



**XII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ФИЗИКА И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА  
В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ»  
с элементами научной молодежной сессии  
ФРЭМЭ'2016**

**XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC  
CONFERENCE  
«PHYSICS AND RADIOPHYSICS  
IN MEDICINE AND ECOLOGY»  
with elements of Scientific Youth Session  
PhREME'2016**

**5-7 июля 2016 г**

**July, 5-7, 2016**

**ТРУДЫ ◆ PROCEEDINGS**

**КНИГА 2 ◆ BOOK 2**

**ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ**

**Владимир – Сузdalь  
2016**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКОЕ НТЦ РЭС ИМ. А.С. ПОПОВА  
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ  
ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ  
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ  
ИМЕНИ В.А. КОТЕЛЬНИКОВА РАН  
ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ А.Г. И Н.Г. СТОЛЕТОВЫХ

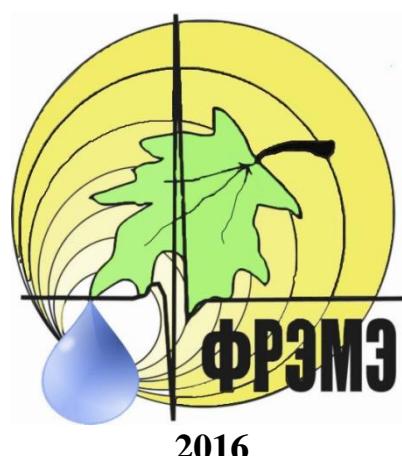
**ХII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ФИЗИКА И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В МЕДИЦИНЕ  
И ЭКОЛОГИИ»**  
с научной молодежной сессией  
**ФРЭМЭ'2016**  
**5-7 ИЮЛЯ 2016**

---

**XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
«PHYSICS AND RADIODEVICE IN  
MEDICINE AND ECOLOGY»**  
with Scientific Youth session  
**PhREME'2016**  
**JULY, 5-7, 2016**

---

**ТРУДЫ ♦ PROCEEDINGS  
КНИГА II ♦ BOOK II**



ВЛАДИМИР-СУЗДАЛЬ ♦ VLADIMIR -SUZDAL

УДК 57.08+615.47+615.8

12-я Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016» – Владимир-Сузdalь, Россия, Доклады, Книга 2. ISBN 978-5-905527-13-5

*Публикуются труды 12-й международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» - ФРЭМЭ'2016. Представлены новые фундаментальные и научно-практические методы и средства ранней диагностики и лечения различных заболеваний; современные способы обработки медико-экологических сигналов и изображений; новые информационные и коммуникационные технологии в медицине и экологии. Рассмотрены вопросы экологии и здоровья человека, а также методы и средства диагностики природной среды. Приведены аналитические и экспериментальные результаты исследований, полезные специалистам в области радиофизики, биомедицины и экологии.*

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

*Л.В.Грунская, д.т.н., профессор*

*В.Н. Ланцов, д.т.н., профессор*

*В.В. Морозов, д.т.н., профессор*

*П.А.Полушкин, д.т.н., профессор*

*В.Г. Прокошев, д.ф-м.н., профессор*

*Л.Т. Суикова, д.т.н., профессор - ответственный редактор*

*К.В. Татмышевский, д.т.н., профессор*

**ISBN 978-5-905527-13-5**



ISBN 978-5-905527-13-5 (Книга 2)

© авторы докладов

© Оргкомитет конференции, 2016

## ПОДДЕРЖКА

Конференция проводится при поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований

Грант № 16-02-20403

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



## СОДЕРЖАНИЕ ♦ CONTENTS

### КНИГА I ♦ BOOK I

<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ♦ PLENARY SECTION</b> <b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 1</b> Методы и средства диагностики и лечения заболеваний Methods and facilities of diagnostics and treatment	31 43
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 2</b> Биокибернетика и математическое моделирование Biocybernetics and mathematical modeling	107
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 3</b> Биомеханика, проблемы коррекции и лечения опорно-двигательного аппарата Biomechanics, problems of correction and treatment of musculoskeletal system	209
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 4</b> Информационные и телекоммуникационные технологии в медицине и экологии Information and telecommunication technologies in medicine and ecology	254

### КНИГА II ♦ BOOK II

<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 5</b> Интеллектуальные биометрические системы и технологии (Научная молодежная сессия ) Smart biometric system and technologies (Scientific Youth Session)	31
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 6</b> Биотехнические и медицинские приборы, аппараты и системы Biotechnical and medical apparatus, systems, complexes	88
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 7</b> Методы и средства диагностики природной среды Methods and facilities for diagnostic of natural environment	180
<b>СЕКЦИЯ ♦ SECTION 8</b> Экология и здоровье человека Ecology and human health	240

## КНИГА I ♦ BOOK I

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 1 ♦ PLENARY SESSION 1

<b>РЕГИОНАЛЬНЫЙ СЕГМЕНТ ЕГИСЗ : ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АРХИВ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ</b> <i>Кирюхин А.В.</i> <b>REGIONAL SEGMENT EGISZ : CENTRAL ARCHIVE OF MEDICAL IMAGES</b> <i>Kiriukhin A.V.</i>	31
<b>APPLICATION OF TELEMEDICINE IN EMERGENCY MEDICAL SERVICES OF AACHEN, GERMANY: PRINCIPLE AND BENEFITS</b> <i>M. Czaplik, R. Rossaint, S. Bergrath, F. Hirsch, S.K. Beckers1, J.C. Brokmann</i> <b>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ В СЛУЖБЕ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ААХЕНА, ГЕРМАНИЯ: ПРИНЦИПЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА</b> <i>M. Czaplik, R. Rossaint, S. Bergrath, F. Hirsch, S.K. Beckers1, J.C. Brokmann</i>	31
<b>KYBERNETIC MODELING OF HUMAN BODY SYSTEM</b> <i>J. Mai</i> <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА КАК КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b> <i>Йохен Б. May</i>	34
<b>БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОГО КАРТИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА.</b> <i>Щукин С.И.</i> <b>BIOPHYSICAL BASICS TECHNOLOGY OF MULTI-CHANNEL BIOIMPEDANCE MAPPING THE CARDIAC ACTIVITY.</b> <i>Shchukin S.I.</i>	37
<b>СОТОВАЯ СВЯЗЬ И ЗДОРОВЬЕ</b> <i>Григорьев О.А., Зубарев Ю.Б.</i> <b>CELLULAR COMMUNICATION AND HEALTH</b> <i>Grigoriev O.A., Zubarev Yu.B.</i>	37
<b>«ИНФОРМАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА» - ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ</b> <i>Юматов Е.А.</i> <b>"INFORMATIONAL MEDICINE" – ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES</b> <i>Yumatov E. A</i>	38

### СЕКЦИЯ 1 ♦ SECTION 1

#### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ

#### ♦

#### METHODS AND FACILITIES OF DIAGNOSTIC AND TREATMENT

<b>ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИК ПОВТОРНЫХ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ ЭКСТРЕМАЛЬНЫМИ СОБЫТИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА</b> <i>Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д</i> <b>DIAGNOSTICS OF HEART DISEASES ON THE BASIS THE STATISTICIAN OF REPEATED INTERVALS BETWEEN EXTREME EVENTS OF THE WARM RHYTHM.</b> <i>Abdullaev N. T. Dyshin O. A. Ibragimova I.D.</i>	43
<b>МОДЕЛЬНЫЙ И СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАГРУЗКИ НА СЕРДЦЕ БОЛЬНЫХ С ДИЛАТАЦИОННОЙ КАРДИОМИОПАТИЕЙ</b> <i>Сазыкина Л.В., Бокерия Л.А., Газизова Д.Ш., Лищук В.А., Колоскова Н.Н., Махмудова А.Н., Соболев А.В.</i> <b>MODEL AND STATISTICAL ANALYSIS OF THE LOAD ON THE HEART OF PATIENTS WITH DILATED CARDIOMYOPATHY</b> <i>Sazykina L V., Bockeria L.A., Gazizova D. Sh., Lischouk V. A., Koloskova N.N., Makhmudova A.N., Sobolev A V.</i>	46

<b>ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЛЕЧЕНИЮ ОСТРОЙСЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ НА СЕРДЦЕ И СОСУДАХ</b>	<b>50</b>
<i>Газизова Д.Ш., Бокерия Л.А., Лищук В.А., Ступаков И.Н., Сазыкина Л.В., Шевченко Г.В., Юрлов И.И.</i>	
<b>INTELLIGENT RECOMMENDATIONS FOR TREATMENT OF ACUTE HEART FAILURE AFTER OPERATIONS ON HEART AND VESSELS.</b>	
<i>Gazizova D. Sh., Bockeria L.A., Lishchuk V. A., Stupakov I. N., Sazykina L. V., Shevchenko V. G., Yurlov I. I.</i>	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО- ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ВЫСОХШИХ КАПЕЛЬ ПЛАЗМЫ КРОВИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАКА ПРОСТАТЫ</b>	<b>54</b>
<i>Савков А.В., Сергей М.А., Булоичик Ж.И., Зажогин А.П., Маслова Г.Т., Мавричев А.С., Державец Л.А.</i>	
<b>THE USE OF MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS AND LASER ATOMIC-EMISSION SPECTROMETRY OF THE DRIED BLOOD PLASMA DROPS FOR DIAGNOSIS OF PROSTATE CARCINOMA</b>	
<i>Savkov A.V., Sergey M.A., Buloichik J.I., Zajogin A.P., Maslova G.T., Mavrichev A.S., Derzhavets L.A</i>	
<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА ПО АНАЛИЗУ ВЫСОХШЕЙ КАПЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ</b>	<b>57</b>
<i>Булоичик Ж.И., Зажогин А.П., Нечипуренко Н.И., Пашковская И.Д.</i>	
<b>THE DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC METHODS FOR HUMAN PATHOLOGIES USING ANALYSIS OF DRIED DROPS OF BIOLOGICAL FLUIDS</b>	
<i>Buloichik J.I., Zajogin A.P., Nechipurenko N.I., Pashkovskaya I.D.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ СУПЕРОКСИДА НА РАНЕВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ОЖОГОВЫХ БОЛЬНЫХ</b>	<b>60</b>
<i>Карпухин В.А., Солянкина Е.М.</i>	
<b>THE STUDY OF THE FLOW OF SUPEROXIDE AT THE WOUND SURFACE OF BURN PATIENTS</b>	
<i>Karpukhin V.A, Solyankina E.M</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ТКАНЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПАЦИЕНТОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ</b>	<b>63</b>
<i>В.В. Дрёмин, Е.В. Жарких, М.А. Филина, И.Н. Маковик, Е.В. Потапова, Е.А. Жеребцов, А.И. Жеребцова, А.В. Дунаев, В.В. Сидоров, А.И. Крупакин</i>	
<b>STUDY OF OXIDATIVE METABOLISM AND HEMODYNAMIC PARAMETERS IN THE DIAGNOSIS OF TISSUE VIABILITY LOWER LIMB PATIENTS WITH DIABETES</b>	
<i>V.V. Dremin, E.V. Zharkikh, M.A. Filina, I.N. Makovik, E.V. Potapova, E.A. Zherebtsov, A.I. Zherebtsova, A.V. Dunaev, V.V. Sidirov, A.I. Krupatkin</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ ГЕПАТОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА</b>	<b>67</b>
<i>Рыхтик П. И., Рябова Е. Н., Демин И. Ю., Загайнов В. Е.</i>	
<b>THE USING OF ELASTOGRAPHY FOR THE DIAGNOSIS OF LIVER FIBROSIS IN THE CLINICAL PRACTICE OF HEPATOLOGY CENTER</b>	
<i>Rykhtik P.I., Ryabova E.N., Demin I.U., Zagaynov V.E.</i>	
<b>УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ ПО СКОРОСТИ СДВИГОВЫХ ВОЛН (ИЗМЕРЕНИЯ В МЯГКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ)</b>	<b>69</b>
<i>Демин И.Ю., Андреев В.Г., Крит Т.Б., Рыхтик П.И., Рябова Е.Н., Сафонов Д.В.</i>	
<b>ULTRASOUND ELASTOGRAPHY, BASED ON THE MEASUREMENT OF THE VELOCITY OF SHEAR WAVE</b>	
<i>Demin I.Yu., Andreev V.G., Krit T.B., Rykhtik P.I., Ryabova E.N., Safonov D.V.</i>	
<b>К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ НЕЙРОГЕННЫХ АРИТМИЙ СЕРДЦА (ОБЗОР)</b>	<b>70</b>
<i>А.А. Кузнецов, В.В. Чепенко</i>	
<b>TO A QUESTION ON MECHANISMS OF NEUROGENIC ARRHYTHMIAS OF HEART (REVIEW)</b>	
<i>Kuznetsov A.A., Chepenko V.V</i>	

<b>ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЕМ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА</b>	75
<i>Степанкевич В.Ю., Аполованова И. А.</i>	
<b>FEATURES OF PHYSICAL ACTIVITY MONITORING AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH IMPAIRED BRAIN CIRCULATION</b>	75
<i>Apollonova I.A., Stepankevich V.Y.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА МЕТОДОМ ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ</b>	77
<i>Волков М.В., Кострова Д.А., Маргарянц Н.Б., Пименов А.Ю</i>	
<b>INVESTIGATION OF CAPILLARY BLOOD FLOW PARAMETERS BY VIDEOCAPILLAROSCOPY METHOD</b>	77
<i>Volkov M.V., Kostrova D.A., Margaryants N.B., Pimenov A.Yu.</i>	
<b>ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНТРАСТОВ ПРИ ОЧАГОВОЙ ПАТОЛОГИИ ПЕЧЕНИ</b>	81
<i>Буранов М.Н., Буренко А.В., Павлова Н.С., Зирин А.Г.</i>	
<b>THE ABILITY OF ULTRASOUND CONTRASTS WITH FOCAL LESIONS OF THE LIVER</b>	81
<i>Bulanov M.N., Burenko A.V., Pavlova N.S., Zirin A.G.</i>	
<b>БРАХИТЕРАПИЯ: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ</b>	82
<i>Белянов А.А.</i>	
<b>BRACHYTHERAPY: PERSPECTIVE RADIONUCLIDES</b>	82
<i>Belianov A.A.</i>	
<b>ДВА ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ТЕРАПИИ</b>	83
<i>Григорьева Е. П.</i>	
<b>TWO METHODS OF EFFICIENCY EVALUATION OF ANTITUMOR THERAPY</b>	83
<i>Grigoryeva E.P.</i>	
<b>СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ</b>	86
<i>Романова М.А.</i>	
<b>A SYSTEMATIC APPROACH TO THE CENTRALIZATION OF LABORATORY RESEARCH IN THE VLADIMIR REGION</b>	86
<i>Romanova M.A.</i>	
<b>АКТИВНО-ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА»</b>	88
<i>Пьянов И.В.</i>	
<b>ACTIVE AND INTERACTIVE METHODS OF STUDENTS TRAINING ON THE EXAMPLE OF DISCIPLINE "HUMAN ANATOMY AND PHYSIOLOGY"</b>	88
<i>Ryanov I.V.</i>	
<b>ЭХОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЙ НАДПОЧЕЧНИКОВ</b>	91
<i>Попов С.В., Андреева О.В., Петросян С.Л.</i>	
<b>ECHOGRAPHY ESTIMATION OF ADRENAL LESIONS</b>	91
<i>Popov S.V., Andreeva O.V., Petrosjan S.L</i>	
<b>ДИАГНОСТИКА ВОСПАЛЕНИЯ, ВЫЗВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ IN VIVO</b>	94
<i>Гусева И. А., Куликова П.А.1, Рогаткин Д. Ал.</i>	
<b>DIAGNOSIS OF INFLAMMATION CAUSED BY IONIZING RADIATION EFFECTS BY LASER FLUORESCENCE SPECTROSCOPY IN VIVO</b>	94
<i>Guseva I. A., Kulikova P. A., Rogatkin D. A.</i>	
<b>ДИАГНОСТИКА ЛЕГОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПУТЕМ АНАЛИЗА ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА И УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРА ВЫДЫХАЕМЫХ АЭРОЗОЛЕЙ</b>	97
<i>Шугайло В.В., Сивашев М.С., Костенко С.А.</i>	

**PULMONARY DISEASES DIAGNOSIS BY ANALYSIS OF EXHALED AIR AND A SETUP FOR COLLECTING EXHALED AEROSOLS**

Shugailo V.V., Sivashev M.S., Kostenko S.A.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЗИТРОНОВ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ** 102  
Черняев А.П., Коков К.В.

**POSITRONS USAGE IN RADIATION THERAPY POSSIBILITY RESEARCH**  
Chernyaev A.P., Kokov K.V.

**МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ И НОГТЕВЫХ ПЛАСТИНОК** 103  
Оленев Е.А., Сушкива Л.Т.

**METHOD OF TREATMENT OF FUNGAL SKIN DISEASES AND THE NAIL PLATE**  
Olenev E.A., Sushkova L.T.

**СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ПРАКТИКЕ ВРАЧА АЛЛЕРГОЛОГА-ИММУНОЛОГА.** 104

Рябинина З.В.

**MODERN ACHIEVEMENTS OF BIOMEDICAL ENGINEERING IN EVERYDAY PRACTICE PHYSICIAN ALLERGIST-IMMUNOLOGIST**  
Ryabinina Z.V.

**СЕКЦИЯ 2 ♦ SECTION 2**  
**БИОКИБЕРНЕТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
♦  
**BIOCYBERNETICS AND MATHEMATICAL MODELING**

**МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ** 107

Кореневский Н.А., Шуткин А.Н., Стародубцева Л.В., Позин А.О.

**METHODOLOGY OF THE SYNTHESIS OF HYBRID FUZZY MODELS FOR ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF BIOTECHNICAL SYSTEMS.**

Korenevskiy N.A., Shutkin A.N., Starodubtseva L.V., Pozin A.O.

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ УРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.** 110

Серегин С.П., Зубарев Д.А., Коцарь А.Г.

**APPLICATION OF EXPERT CONTROL SYSTEMS IN THE MANAGEMENT OF PATIENTS WITH UROLOGICAL DISEASES.**

Seregin S.P., Zubarev D.A., Kotzar A.G.

**РАСЧЕТ ПОТОКОВ СУПЕРОКСИДОВ В МОДЕЛИ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ.** 112

Карпухин В.А., Юшанкова В.Д.

**MODELING OF FLUXES OF SUPEROXIDE IN A HUMAN AIRWAY MODEL**

Karpuhin V.A., Yushankova V.D

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИЗУЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ВИРУСНЫХ ВАКЦИН** 116

Бабушкина Н.А., Глумов В.М., Кузина Е.А.

**MATHEMATICAL MODELING OF THE MECHANISM OF ANTITUMORAL EFFECT OF THE VIRUS-DERIVED VACCINES**

Babushkin N.A., Glumov V.M., Kuzina E.A.

**ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКТИВНОГО ПАТОГЕНЕЗА ПРИ СТРЕССЕ – ДЕПРЕССИИ** 121

Кузнецов А.А., Чепенко В.В.

**PHENOMENOLOGICAL MODEL OF REACTION PATHOGENESIS AT STRESS – DEPRESSIONS**  
Kuznetsov A.A., Chepenko V.V.

<b>ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКЦИНОТЕРАПИИ ОТ ЭКСПЕРИМЕНТА В КЛИНИКУ</b>	125
<i>Кузина Е.А., Бабушкина Н. А.</i>	
<b>SOFTWARE IMPLEMENTATION METHOD OF PREDICTING THE EFFECTIVENESS OF VACCINE THERAPY FROM EXPERIMENT TO THE CLINIC</b>	125
<i>Kuzina E.A., Babushkina N.A.</i>	
<b>ГЛУБИННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КАЧЕСТВА ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b>	130
<i>Крусанов Г.А.</i>	
<b>MEAN VALUE OF PHOTON RADIATION QUALITY FACTOR'S DEPTH DEPENDENCE</b>	130
<i>Krusanov G.A.</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛЕ</b>	132
<i>Аль-Хайдри В.А., Исаков Р.В., Сушкива Л.Т.</i>	
<b>APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR DISTORTIONS DETECTION IN ELECTROCARDIOSIGNAL</b>	132
<i>Al-haidri W.A., Isakov R.V., Sushkova L.T.</i>	
<b>МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА</b>	134
<i>Аль-Хайдри В.А., Исаков Р.В., Сушкива Л.Т.</i>	
<b>EVALUATION OF EFFICIENCY NEURAL NETWORK SYSTEM FOR ELECTROCARDIOGRAPH SIGNAL ANALYSIS</b>	134
<i>Al-haidri W.A., Isakov R.V., Sushkova L.T.</i>	
<b>КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ В МОНОСЛОЕ</b>	137
<i>Пятницкий А. М., Зоберн М.В.</i>	
<b>CRITERIA FOR ESTIMATION OF DISTRIBUTION OF RED BLOOD CELLS IN MONOLAYER</b>	137
<i>Piatnitsky A.M., Zobern M. V.</i>	
<b>ОБЗОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ФОНОКАРДИОГРАММЫ</b>	138
<i>Аед В.М., Исаков Р.В., Сушкива Л.Т.</i>	
<b>A SURVEY OF THE PHONOCARDIOGRAM PROCESSING METHODS</b>	138
<i>Ayedh W.M., Isakov R.V., Sushkova L.T.</i>	
<b>ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОСТРОЕНИЯ РИТМОГРАММЫ СЕРДЦА НА ОСНОВЕ ФОНОКАРДИОГРАММЫ</b>	144
<i>Аед В.М., Аль-Кавати А.А., Исаков Р.В., Сушкива Л.Т.</i>	
<b>SOFTWARE CONSTRUCTION HEART RHYTHMOGRAMS BASED ON PHONOCARDIOGRAM</b>	144
<i>Ayedh W.M., Al-Kawati A.A., Isakov R.V., Sushkova L.T.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ОКНА НА СПЕКТРАЛЬНУЮ ЭНТРОПИЮ ЭЭГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА УЭЛЧА</b>	148
<i>Аль-Гаили М. А.</i>	
<b>STUDY OF INFLUENCE OF LENGTH WINDOWS ON THE SPECTRAL ENTROPY OF EEG USING METHODS WELCH</b>	148
<i>Al-ghaili M.A.</i>	
<b>АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ ПО ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛУ</b>	151
<i>Чан Чонг Хиу</i>	
<b>ALGORITHM OF THE OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA DIAGNOSTICS USING ECG SIGNAL</b>	151
<i>Tran Trong Hieu</i>	
<b>ДВУХУРОВНЕВЫЙ МЕТА-АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА И НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО ВИДАМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	156
<i>Ефремов М.А., Уварова В.В., Шкатова Е.С.</i>	

**TWO-LEVEL META-ANALYSIS ON THE BASIS OF BAYESIAN APPROACH AND NEURAL NETWORK MODELLING FOR THE FORECAST OF THE FUNCTIONAL STATE FOR TYPES OF PROFESSIONAL ACTIVITY**

*Efremov M.A., Uvarova V.V., Shkatova E.S.*

**МЕТОД КОРРЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ, ОСНОВАННЫЙ НА УЧЕТЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИХ СТРУКТУРЕ**

*Кудрявцев П.С., Кузьмин А.А., Филист С.А., Шаталова О.В.*

**THE METHOD OF CORRECTION OF THE IMAGE OF X-RAY PICTURES BASED ON THE ACCOUNTING OF GLOBAL INFORMATION ABOUT THEIR STRUCTURE**

*Kudryavtsev P.S., Kuz'min A.A., Filist S.A., Shatalova O.V.*

**МОДЕЛИ ПРОВОДИМОСТИ БИОМАТЕРИАЛОВ В БИОАКТИВНЫХ ТОЧКАХ ПРИ ДВУХПОЛЯРНОМ ЗОНДИРУЮЩЕМ ТОКЕ**

*Богданов А.С., Мухатаев Ю.Б., Суржикова С.Е.*

**THE MODELS OF CONDUCTIVITY OF BIOMATERIALS IN BIOACTIVE POINTS AT THE BIPOLAR PROBING CURRENT**

*Bogdanov A.S., Mukhataev Yu.B., Surzhikova S.E.*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ С**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК.**

*Зубарев Д.А. З, Кореневская С.Н., Серегин С.П.*

**PREDICTION OF UROLITHIASIS USING INFORMATION ABOUT THE STATE OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS**

*Zubarev D.A., Korenevskaya S.N., Seregin S.P.*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ИШЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЕРДЦА, ГОЛОВНОГО МОЗГА И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

*А.В. Быков, А.Г. Устинов, Л.В. Стародубцева*

**PREDICTION OF THE SEVERITY OF ISCHEMIC HEART PROCESS, BRAIN AND LOWER EXTREMITIES.**

*Biko A. V. v, Ustinov A.G., Starodubtseva L.V.*

**СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ТОНОВ СЕРДЦА ПЛОДА В ФОНОКАРДИОГРАММЕ**

*Буреев А.Ш., Жданов Д.С., Земляков И.Ю., Киселева Е.Ю., Селезнев А. В., Осипов А.В., Хохлова Л.А.*

**A METHOD FOR ISOLATING FETAL HEART TONES IN PHONOCARDIOGRAM**

*Bureev A. Sh., Zhdanov D. S., Zemlyakov I. Yu., Kiseleva E. Yu., Seleznev A. I. , Osipov A. V., Hohlova L. A.*

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ**

*Кротова Е. И.*

**DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF PROCESSING OF THE SIGNAL ON THE BASIS OF MODEL OF PERCEPTION OF THE INFORMATION THE PERSON**

*Krotova E.I.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО ОБМЕНА В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ФИКА И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФОРМУЛЫ СТАРРА**

*Мордовина С. А.*

**SIMULATION OF LUNG AND TISSUE GAS EXCHANGE BASED ON THE FICK PRINCIPLE AND THE MODIFIED STARR EQUATION**

*Mordovina S. A.*

**ВИРТУАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР АВТОДИННОГО СИГНАЛА**

*Ловягин К. Р., Гуржин С. Г.*

**VIRTUAL SELF-MIXING SIGNAL GENERATOR**

*Lovyagin K. R., Gurzhin S. G.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ЧЕРЕЗ ШЕЙНЫЙ ОТДЕЛ**

*Бабич М.В., Фрелих А.В., Шемякин Д.Г., Арсентьев Е.А., Кубланов В.С*

**MODELING OF SURGE CURRENT FLOW THROUGH THE CERVICAL SPINE**

*Babich M.V., Frelich A.V., Shemyakin D.G., Arsentiev E.A., Kublanov V.S.*

<b>О ВОЗМОЖНОСТЯХ АЛГОРИТМА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО РЕГРЕССИОННЫЕ ДЕРЕВЬЯ, ПРИ НАХОЖДЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ЛИЦА</b>	194
Бельков Д. Д., Пуртов К. С., Кубланов В. С.	
<b>EFFICIENCY ASSESSMENT OF THE REGRESSION TREE BASED ALGORITHM FOR LOCATING FACIAL LANDMARKS</b>	198
Belkov D.D., Purtov K.S., Kublanov V.S.	
<b>АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА: УРОВНИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ</b>	198
Гутменный В. Г.	
<b>ALGORITHM FOR SLEEP BREATHING DISORDERS DETECTION FOR CARDIORESPIRATORY MONITORING SYSTEM: DATA REPRESENTATION LEVELS</b>	198
Gutmennyi V.G.	
<b>О РЕКОНСТРУКЦИИ 3D-ТОМОГРАММ ОБЪЕКТОВ ВРАЩЕНИЯ ПО ДВУМЕРНЫМ ПРОЕКЦИЯМ ПРИ ФИКСИРОВАННОМ УГЛЕ НАКЛОНЕНИЯ</b>	201
Агафонов М.И., Сидоров М.Ю.	
<b>CONCERNING 3D-TOMOGRAM RECONSTRUCTION OF ROTATING OBJECTS FROM THE SET OF 2D-PROJECTIONS BY FIXED INCLINATION ANGLE</b>	201
Agafonov M.I., Sidorov M.Yu.	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДРЕЙФА ИЗОЛИНИИ В ЭКГ</b>	206
В.А. Аль-Хайдри, Е.М. Талеб, Л.Т. Сушкива	
<b>BASELINE DRIFT REMOVAL OF ECG USING EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION</b>	206
Al-haidri W.A., Sushkova L.T., Taleb E.M.	

### СЕКЦИЯ 3 ♦ SECTION 3

#### БИОМЕХАНИКА, ПРОБЛЕМЫ КОРРЕКЦИИ И ЛЕЧЕНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

#### BIOMECHANICS, PROBLEMS OF CORRECTION AND TREATMENT OF MUSCULOSKELETAL SYSTEM

<b>ОЦЕНКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ МЕХАНОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА</b>	209
Гиниятуллин Н.И., Жулев В.И., Каплан М.Б.	
<b>ESTIMATION OF MAGNETIC FIELD MAGNETOTHERAPEUTIC SUBSYSTEM DEVICE MECHANOTHERAPY</b>	209
Giniyatullin N.I., Zhulev V.I., Kaplan M.B.	
<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА</b>	211
Новикова В.А., Жданов А.В., Морозов В.В.	
<b>IMPROVED CONTROL ALGORITHMS OF MECHATRONIC UNITS FOR BIOMECHANICAL SIMULATOR</b>	211
Novikova E.A., Zhdanov A.V., Morozov V.V.	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ГОЛЕНОСТОПНОГО ПРОТЕЗА</b>	213
Кочетов Д. О., Шинаков И.В., Жданов А. В.	
<b>STRENG INVESTIGATION OF THE BEARING ELEMENT OF ANKLE PROSTHESIS</b>	213
Kochetov D.O., Shinakov I.V., Zhdanov A.V.	
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИКИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ЛЕВОЖЕЛУДОЧКОВОМ ОБХОДЕ СЕРДЦА НА СОСОМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТИПА</b>	215
Жданов А.В., Штыых Д. В., Иткин Г. П.	

**MODELING BIOMECHANICS CIRCULATION IN LEFT VENTRICLE ASSIST DEVICE WITH  
PULSATIV PUMP**

Zhdanov A.V., Shtyh D.V.

**МЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ОСНОВ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗИРОВАНИЯ** 217  
Чигибаева К.М.

**MECHANICAL APPROACH TO THE DESCRIPTION OF THE BASICS OF BIONIC PROSTHETICS**  
Chigibaeva Kseniya Maratovna

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИ СОЗДАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА** 220  
Жданов А. В., Беляев Л. В., Кочетов Д. О.  
**USING ADDITIVE TECHNOLOGY IN THE CREATING OF ARTIFICIAL VENTRICLE**  
Zhdanov A.V., Belyaev L.V., Kochetov D.O

**СИСТЕМА РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ  
АКТИВНОСТИ** 221  
Хачатуриян Д.А., Пеккер Я.С., Бразовский К.С., Толмачев И.В.  
**SYSTEM OF REHABILITATION OF PATIENTS FOR RESTORATION OF PHYSICAL ACTIVITY**  
Khachaturyan D.A. Tolmachev I.V. Pekker Y. S. Brazovskii K.C.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ОРТОПЕДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ** 224  
Мамаев И.М., Морозов В.В., Федотов О.В., Филимонов В.Н.  
**AUTOMATED ORTHOPEDIC EXTERNAL FIXATION DEVICE**  
Mamaev I.M., Morozov V.V., Fedotov O.V., Filimonov V.N.

**СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО  
АППАРАТА ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ** 226  
Мамаев И.М., Федотов О.В., Филимонов В.Н., Сабуров П.С.  
**A STRUCTURE OF CONTROL SYSTEM OF AUTOMATED ORTHOPEDIC EXTERNAL FIXATION  
DEVICES**  
Mamaev I.M., Fedotov O.V., Filimonov V.N., Saburov P.S.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НА  
БАЗЕ РОЛИКОВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ С ЗУБЧАТЫМИ И РЕЗЬБОВЫМИ  
СИНХРОНИЗАТОРАМИ** 228  
Кириллов А.В., Курилова А.С., Филимонов В.Н.  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF TESTS ON THE BASIS MECHATRONIC  
MODULES ROLLER WITH TOOTHED AND THREADED SYNCHRONIZER**  
Kirillov A.V., Kurilova A.S.. Filimonov, V.N.

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ НАНЕСЕНИЯ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА  
МЕДИЦИНСКИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ** 229  
Вознесенская А.А., Жданов А.В., Морозов В.В.  
**ANALYSIS OF BIOCOMPATIBLE COATINGS APPLICATION TECHNOLOGIES FOR MEDICAL  
POLYURETHANE PRODUCTS**  
Voznesenskaya A.A., Zhdanov A.V., Morozov V.V.

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ  
УСТРОЙСТВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ** 231  
Алексеева А. С.  
**DESIGN AND CREATION OF MECHATRONIC MODULES FOR LOW-POWER MEDICAL DEVICES**  
Alekseeva A.S.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛКТРОПРОВОДЯЩЕГО КОМПОЗИЦИОННОГО НАНОМАТЕРИАЛА НА  
ОСНОВЕ АКРИЛОВОЙ КРАСКИ И МНОГОСЛОЕНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК** 234  
Ичкитидзе Л.П., Тельшев Д.В., Голубева А.О.  
**INVESTIGATING CONDUCTIVITY OF COMPOSITE NANOMATERIAL  
BASED OF ACRYLIC PAINT AND MULTIWALLED CARBON NANOTUBES**  
L.P. Ichkitidze, D.V. Telyshev, A.O. Golubeva

**БИОКОРРЕКЦИЯ СТВОЛОВОГО СИНДРОМА ПРИ ТЕХНОГЕННОМ СТРЕССЕ** 238  
Кудинова Е.В.

**BIO-CORRECTION STEM SYNDROME IN MAN-CAUSED STRESS**

Kudinova E. V.

**КИНЕМАТИКА БОКОВЫХ ДВИЖЕНИЙ В КОЛЕННОМ СУСТАВЕ У ЛЮДЕЙ С ГОНАРТРОЗОМ 241**

Солодилов Р.О.

**KINEMATICS OF LATERAL-DIRECTIONAL MOTION IN THE KNEE JOINT AT PEOPLE WITH GONARTHROSIS**

Solodilov Roman Olegovich

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЕРТИКАЛИЗАЦИИ ПАЦИЕНТА С ПОРАЖЕНИЕМ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА УСТРОЙСТВЕ «ЭКЗОМЕЖУРП» 246**

Яцун С.М., Рукавицын А.Н., Яцун А.С.

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE VERTICALIZATION FOR PATIENT WITH INJURY MUSCULOSKELETAL SYSTEM WITH DEVICE "EKZOMEZHURER"**

Yatsun Svetlana, Rukavitsin Alexander, Yatsun Andrew

**ЭКЗОСКЕЛЕТЫ: АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЙ В МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ 247**

Брумштейн Ю.М.

**EXOSKELETONS: ANALYSIS OF THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT AND APPLICATIONS IN MEDICAL TECHNOLOGIES**

Brumshteyn Yu.M.

**ЭКЗОСКЕЛЕТ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ 252**

Верхов С.С.

**EXOSKELETON WITH HYDRAULIC DRIVE**

Verhov S.S.

**СЕКЦИЯ 4 ♦ SECTION 4****ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ****◆ INFOTELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN MEDICINE AND ECOLOGY****РС ЕГИСЗ «НИ ШАГУ НАЗАД»! 254**

Дегтерева М.И.

**RS EGISZ "Not one step back"!**

Degtereva MI

**СЕГМЕНТАЦИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ ЭЭГ КРЫС 255**

Анциперов В.Е.

**THE RAT'S EEG EPILEPTIC DISCHARGE SEGMENTATION**

Antsiperov V.E.

**СЕГМЕНТАЦИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ И СОННЫХ ВЕРЕТЕН У КРЫС ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАННЕГО ПОСТТРАУМАТИЧЕСКОГО ПЕРИОДА 258**

Кершнер И.А., Обухов Ю.В., Комольцев И.Г.

**EPILEPTIC DISCHARGES AND SLEEP SPINDLES DETECTION IN RATS DURING THE EARLY POSTTRAUMATIC PERIOD**

Kershner I.A., Obukhov Y.V., Komoltsev I.G.

**СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ 261**

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

Кузнецов А.А.

**THE STRUCTURAL - TOPOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAMS**

А.А. Kuznetsov

<b>АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЕ СОПРЯЖЕНИЕ СИСТОЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И РАЗМЕРА КАРДИОЦИКЛА НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЕ</b>	266
<i>Кузнецов А.А. AMPLITUDE-PHASE INTERFACE OF SYSTOLIC POTENTIAL AND THE CARDIO CYCLE SIZE ON AN ELECTROCARDIOGRAM</i>	
<i>A.A. Kuznetsov</i>	
<b>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАРДИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОР ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ</b>	270
<i>Лицук В.А., Бокерия Л.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Сушкива Л.Т., Шевченко Г.В. INTELLIGENT CARDIAC MONITOR FOR PERSONAL THERAPY</i>	
<i>Lischouk V. A., Bockeria L. A., Gazizova D. Sh., Sazykina L. V., Sushkova L. T., Shevchenko V. G.</i>	
<b>ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ПИГМЕНТНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ</b>	273
<i>Римская Е.Н., Апоплонова И.А. ESPECIALLY THE DEVELOPMENT OF THE METHOD OF EXPRESS DIAGNOSTICS OF PIGMENTED SKIN LESIONS</i>	
<i>E.N. Rimskaya, I.A. Apollonova</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВИРТУАЛЬНЫХ ДИАГРАММ РИТМА СЕРДЦА</b>	277
<i>Кузнецов А.А., Пермяков С.А., Сушкива Л.Т. INVESTIGATION OF VIRUAL HEART RATE DIAGRAM PARAMETERS</i>	
<i>Permyakov S.A., Kuznetsov A.A., Sushkova L.T.</i>	
<b>БИНАУРАЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА: АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ</b>	281
<i>Брумштейн Ю.М., Кулаков М.А. BINAURAL PERCEPTION OF THE SOUND: ANALYSIS OF POSSIBLE RESEARCHES DIRECTIONS, HARDWARE AND SOFTWARE FOR THEIR REALIZATION</i>	
<i>Brumshteyn Yu.M., Kulakov M.A.</i>	
<b>ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА МЕТОДОМ ДИАЛОГОВОГО ОКНА</b>	286
<i>Прокошев В.Г., Звягин М.Ю., Голубев А.С., Куприянов А.А. PROCESSING ALGORITHM METHOD "DIALOG BOX"</i>	
<i>Prokoshev V.G., Zvyagin M.U., Golubev A.S., Kupriyanov A.A.</i>	
<b>ИРРЕГУЛЯРНЫЕ УПАКОВКИ ФИГУР РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ И ФОРМ</b>	289
<i>Голубев А.С., Звягин М.Ю., Самойлова Л.И., Куприянов А.А. IRREGULAR FIGURE PACKINGS OF DIFFERENT SIZES AND SHAPES</i>	
<i>Golubev A.S., Zvyagin M.U., Samoilova L.I., Kupriyanov A.A.</i>	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ БАЙЕСА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ HS- И <math>FE^{2+}</math>-ИНТОКСИКАЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ</b>	293
<i>Машевский Г.А., Семеновская М. В. THE APPLICATION OF BAYESIAN NETWORKS FOR PATIENTS HS AND <math>FE^{2+}</math> INTOXICATIONS RECOGNITION</i>	
<i>Mashevskiy G. A., Semenovskaya M. V.</i>	
<b>О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ МЕХАНИЗМА РЕГУЛЯЦИИ РИТМА СЕРДЦА</b>	297
<i>Кузнецов А.А. ABOUT SOME LAWS OF A HEART RHYTHM REGULATION MECHANISM</i>	
<i>A.A. Kuznetsov</i>	
<b>О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ В ЙЕМЕНЕ</b>	301
<i>Левин Е.К., Аль-Дайбани А.М. ABOUT A POSSIBILITY OF USE OF SPEECH RECOGNIZER WHEN FILING APPLICATIONS FOR RECEIVING MEDICAL SERVICES IN YEMEN</i>	
<i>Al-Dhaibani A.M., Levin E.K.,</i>	

<b>РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБОВ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.</b>	303
<i>Проскуряков А. В.</i>	
<b>IMPLEMENTATION OF METHODS OF DIAGNOSIS OF DISEASES IN MEDICAL AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING.</b>	303
<i>Proskuryakov A.V.</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОГРАММЫ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ФОНОКАРДИОГРАММЫ</b>	307
<i>Аед В.М., Исаков Р.В., Сушкина Л.Т.</i>	
<b>APPLICATION SPECTROGRAMS FOR TASK OF ANALYZING PHONOCARDIOGRAM</b>	307
<i>Aeydh W.M., Isakov R.V., Sushkova L.T.,</i>	
<b>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ, МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗУЧЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОНЧИКОВ ПАЛЬЦЕВ РУК</b>	311
<i>Брумштейн Ю.М.</i>	
<b>THE SYSTEM ANALYSIS OF THE DIRECTIONS, METHODS AND TECHNICAL MEANS FOR STUDYING FINGER TIPS SENSITIVITY</b>	311
<i>Brumshteyn Yu.M.</i>	
<b>ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ГЕПАТИТА</b>	316
<i>Астрафьев А.Н.</i>	
<b>INFORMATION MEASURING SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF HEPATITIS</b>	316
<i>Astafyev A.N.</i>	
<b>ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ПАТОЛОГИИ У ДЕТЕЙ</b>	319
<i>Аль-Хулейди Н.А., Аль-Хайдри В.А.</i>	
<b>EXPERT SYSTEM FOR RECOGNITION OF CHILDREN PATHOLOGY</b>	319
<i>Nashwan A. Al-khulaidi, Al-Haidri W.A.</i>	
<b>ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ В ЙЕМЕНЕ</b>	322
<i>Аль-Дайбани А.М.</i>	
<b>POSSIBILITIES OF USE OF THE AUTOMATED SYSTEMS OF FILING OF REQUESTS FOR RECEIVING MEDICAL SERVICES IN YEMEN</b>	322
<i>Al-Dhaibani A.M.</i>	
<b>МЕТОДИКА ИНФОРМАЦИОННОГО НАПОЛНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ХИРУРГА ЭКСТРЕННОЙ ПОМОЩИ ПРИ ВЫБОРЕ ТАКТИКИ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ С ТЯЖЕЛЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЕЧЕНИ</b>	324
<i>Семенова Е. А.</i>	
<b>METHODOLOGY OF CONTENT OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM OF EMERGENCY CARE SURGEON IN THE SELECTION OF TREATMENT FOR PATIENTS WITH SEVERE LIVER DAMAGE</b>	324
<i>Semenova E.A.</i>	
<b>УДАЛЕННОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	327
<i>Попкова В.В., Павлов Д.Д.</i>	
<b>REMOTE VIDEO SURVEILLANCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE FIELD OF BIOTECHNICAL SYSTEMS</b>	327
<i>Popkova V.V., Pavlov D.D.</i>	
<b>АЛГОРИТМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ МЕДИЦИНСКОГО ЦЕНТРА В ИОРДАНИИ</b>	328
<i>Амро М.</i>	
<b>THE ALGORITHM FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION PROTECTION OF THE MEDICAL CENTER IN JORDAN</b>	328
<i>Amro M.</i>	
<b>УЛУЧШЕНИЕ АУТЕНТИФИКАЦИИ И АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ СЕТЯХ ИОРДАНИИ</b>	330
<i>Галкин А.П., Амро М.</i>	

**IMPROVED AUTHENTICATION AND ENCRYPTION ALGORITHMS IN MEDICAL NETWORKS****JORDAN**

Galkin A. P., Amro M. M.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В МЕДИЦИНСКИХ СЕТЯХ ИОРДАНИИ**

Галкин А. П., Суслова Е. Г., Амро Мохаммад

**IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION PROTECTION ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT IN HEALTHCARE NETWORKS OF JORDAN**

Galkin A. P., Suslova E. G., Amro M.M.

**МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА OFDM ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

Полушкин П.А., Лось В.О.

**MODIFICATION OF OFDM METHOD IN WIDEBAND BIOMEDICAL TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

Polushin P.A., Los V.O.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Полушкин П.А., Джулани И., Беляков А.В.

**PARAMETRICAL ADAPTATION OF BIOMEDICAL TELECOMMUNICATION LINES**

Polushin P.A., Julani I., Beliakov A.V

**ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ В ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Полушкин П.А., Мартышевская Д.А., Раджабов У.М.

**POSSIBILITIES OF INCREASING OF SIGNAL INTERFERENCE IN WIDEBAND BIOMEDICAL TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

Polushin P.A., Martyshevskaia D.A., Rajabov U.M.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АПРИОРНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАДИОСЕТЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ**

Уланов Е.А., Никитин О.Р.

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF APRIORI EFFECTIVENESS ESTIMATION OF DIFFERENT TYPES OF RADIO NETWORKS USED TO BUILD REGIONAL TELEMEDICINE SYSTEMS**

Ulanov E.A., Nikitin O.R.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ВИДЕОСЕТЕЙ СОЧИ**

Никитин О. Р., Бухерук К.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS FOR MEDICAL VIDEO NETWORKS SOCHI**

Nikitin O. R., Boukherouk K.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИКИ СВЕРТОЧНЫХ КОДОВ**

Корнеева Н.Н., Никитин О.Р.

**DEVELOPMENT OF ALGORITHMS DIAGNOSTICS CONVOLUTIONAL CODES**

Korneeva N. N., Nikitin O. R.

**DIGITAL COHERENT RECEIVER FOR HOSPITAL NETWORKS SUPPORTING MIXED MODULATION FORMATS AND BIT-RATES**

М.Б. Турей, Ланцов В.Н.

**DIGITAL COHERENT RECEIVER FOR HOSPITAL NETWORKS SUPPORTING MIXED MODULATION FORMATS AND BIT-RATES**

Turay Mohamed Babah, Lantsov V.N.

**КНИГА II ♦ BOOK II****СЕКЦИЯ 5 ♦ SECTION 5****НАУЧНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ СЕССИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ****SCIENTIFIC YOUTH SCHOOL  
SMART BIOMETRIC SYSTEMS AND TECHNOLOGIES**

<b>ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ В УДАЛЕННОМ КАРДИОМОНИТОРИРОВАНИИ</b>	<b>31</b>
<i>Исаков Р.В., Сунцова О.В., Ежков А.В.</i>	
<b>CAPABILITIES OF THE NEURAL NETWORKS TECHNOLOGIES AT PERSONAL IDENTIFICATION IN REMOTE CARDIOMONITORING</b>	
<i>Isakov R.V., Suntsova O.V., Ejkov A.V.</i>	
<b>МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ МНОГОРАЗРЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ</b>	<b>34</b>
<i>Петров Е.П., Харина Н.Л., Сухих П.Н., Чукаев К.Н.</i>	
<b>METHODS OF MULTIDIGIT IMAGES PROCESSING IN MEDICINE</b>	
<i>Petrov E.P., Kharina N.L., Sukhikh P.N., Chukaev K.N.</i>	
<b>СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ РАССТАНОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК НА ЛИЦЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ</b>	<b>37</b>
<i>Бойко А.А. Карапекович А.И.</i>	
<b>COMPARISON OF DIFFERENT FACIAL FEATURE POINTS SETS AND THEIR APPLICABILITY FOR ACTION UNITS DETECTION USING VIDEO</b>	
<i>Boiko A.A., Karankevitch A.I.</i>	
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ ПРОЦЕССА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ Р.Б. КЕТТЕЛА</b>	<b>42</b>
<i>Пилипенко М.Н., Бойко А.А., Спиридонов И.Н.</i>	
<b>ACTION UNITS DETECTION USING VIDEO OF PSYCHOLOGICAL TESTING ACCORDING TO R.B. CATTELL</b>	
<i>Boiko A.A., Pilipenko M.N., Spiridonov I.N.</i>	
<b>НЕКООПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА</b>	<b>46</b>
<i>Таранов А.А., Спиридонов И.Н.</i>	
<b>NON-COOPERATIVE MONITORING OF VITAL FUNCTIONS</b>	
<i>Taranov A. A., I. N. Spiridonov</i>	
<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОНОВ</b>	<b>49</b>
<i>Штадельманн Ж.В.</i>	
<b>LEUKOCYTE CLASSIFICATION USING CONVOLUTIONNAL NEURAL NETWORKS</b>	
<i>Stadelmann Joël Valentin</i>	
<b>ОЦЕНКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ</b>	<b>52</b>
<i>Акуленко Л.О., Штадельманн Ж.В.</i>	
<b>ASSESS THE VARIABILITY OF THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF THE AUTOMATED DETERMINATION OF GAIT PARAMETERS</b>	
<i>L.O. Akulenko, J.V. Stadelmann</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОЧАГОВ ВОСПАЛЕНИЯ В МЯГКИХ ТКАНЯХ ПАРОДОНТА</b>	<b>54</b>
<i>Колпаков А.В., Головцова К.Ю., Зорина О.А., Спиридонов И.Н.</i>	

**STUDY OF INFRARED IMAGES OF INFLAMMATION AREAS IN THE SOFT TISSUES OF PERIODONTAL**

*Kolpakov A.V., Golovcova K.Y., Zorina O.A., Spiridonov I.N.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ НА ПУНКТАХ ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГРАНИЦУ**

*Колпаков А.В., Мавзютов А.А., Чекунков С.Г., Спиридонов И.Н.*

**APPLICATION OF BIOMETRIC VERIFICATION TECHNOLOGIES AT BORDER CHECKPOINT**

*Kolpakov A.V., Mavzyutov A.A., Chekunkov S.G., Spiridonov I.N.*

**ОСОБЕННОСТИ ДЕРМАТОГЛИФИКИ ПРИ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКАХ РАЗВИТИЯ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ У ЖЕНЩИН**

*Мавзютова А.А., Мавзютов А.А., Спиридонов И.Н.*

**THE DERMATOGLYPHIC FEATURES OF GENITAL ORGANS CONGENITAL MALFORMATIONS IN WOMEN**

*Mavzyutova A.A., Mavzyutov A.A., Spiridonov I.N.*

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СКАНИРУЮЩЕГО МИКРОСКОПА**

*Панов С.А., Медовый В.С.*

**SELECTING THE OPTIMUM PERFORMANCE OF EQUIPMENT MULTIFUNCTION SCANNING MICROSCOPE**

*Panov S.A., Medovy V.S.*

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ БОЛЕЗНЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА 2D ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИЦА**

*Кумов В.С., Самородов А.В.*

**RESEARCH OF THE ALGORITHM FOR DIAGNOSIS OF GENETIC DISEASES BY THE MEANS OF AUTOMATED 2D FACIAL IMAGE ANALYSIS**

*Kumov V.S., Samorodov A.V.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОТБОРА ФРОНТАЛЬНЫХ 2D ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ РАКУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕДЕФОРМИРУЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИЦА**

*Лаврова Е.А., Самородов А.В.*

**RESEARCH OF FRONTAL FACE POSE 2D IMAGES SELECTION ALGORITHM BASED ON FACE POSE ESTIMATION METHOD WITH RIGID CYLINDRICAL FACE MODEL**

*Lavrova E.A., Samorodov A.V.*

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ**

*Химич Д.А., Косоруков А.Е., Карпухин В.А.*

**DEVELOPMENT OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF MONITORING THE STATE OF ACUPUNCTURE POINTS**

*D. A. Khimich, A. E. Kosorukov, V. A. Karpukhin*

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ**

*Мордашов А.П., Таранов А.А., Аксенов Д.В.*

**RESEARCH OF A METHOD OF CONTACTLESS MEASRUMENT OF RESPIRATORY RATE OF NEWBORNS**

*A.P. Mordashov, A.A. Taranov, D.V. Aksakov*

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*Абдулракеб А.Р., Сушкива Л.Т., Чирков К.В.*

**DEVELOPMENT SOFTWARE FOR MRI IMAGE PROCESSING**

*Abdulraqeb A.R., Sushkova L.T., Chirkov K.V.*

**МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ КУРЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА ПО ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛУ**

*Исаков Р.В., Шамаров М.И., Сунцова О.В., Ежков А.В.*

**MODEL FOR IDENTIFYING OF A SMOKER BY THE ELECTROCARDIOSIGNALS**

*Isakov R.V., Shamarov M.I., Suntsova O.V., Ejkov A.V.*

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АБИТУРИЕНТОВ И УЧАЩИХСЯ ВТУЗОВ</b>	<b>81</b>
Гогулina Н.С., Спиридовон И.Н.	
<b>STUDY OF DERMATOGLYPHIC FEATURES OF TECHNICAL UNIVERSITIES APPLICANTS AND STUDENTS</b>	<b>83</b>
Gogulina N., Spiridonov I.	
<b>УДАЛЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА</b>	<b>83</b>
Парпулов Д.А., Спиридовон И.Н.	
<b>REMOTE REGISTRATION OF IRIS IMAGES</b>	<b>83</b>
Parpulov D.A., Spiridonov I. N.	

## СЕКЦИЯ 6 ♦ SECTION 6

### БИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ, КОМПЛЕКСЫ

#### BIOTECHNICAL AND MEDICAL APPARATUS, SYSTEMS, COMPLEXES

<b>ТЕЛЕМЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ</b>	<b>88</b>
---	-----------

Пустозеров Е.А., Анисимов А.А., Юлдашев З.М.

<b>REMOTE HEALTH MONITORING TELEMEDICINE SYSTEM FOR PEOPLE WITH CHRONIC DISEASES</b>	<b>88</b>
--	-----------

Pustozerov E.A. Anisimov A.A., Yuldashev Z. M.

<b>ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА</b>	<b>92</b>
--	-----------

Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А.

<b>DEVELOPMENT WAYS OF INSTRUMENTATION FOR DIAGNOSTICS OF THE BLOOD MICRO CIRCULATION SYSTEM</b>	<b>92</b>
--	-----------

Lapitan D.G., Rogatkin D.A.

<b>ОЦЕНКА И ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	<b>95</b>
---	-----------

Шуткин А.Н., Кореневская С.Н., Старцев Е.А.

<b>ASSESSMENT AND SELECTION OF INFORMATIVE FEATURES FOR THE PREDICTION AND DIAGNOSIS OF THE STATE OF BIOTECHNICAL SYSTEMS</b>	<b>95</b>
---	-----------

Shutkin A.N., Korenevskaya S.N., Startsev E.A.

<b>АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗДОРОВЬЕМ МАТЕРИ И РЕБЕНКА</b>	<b>97</b>
---	-----------

Остапенко О.А., Фролов С.В.

<b>THE RELEVANCE OF RESEARCH AND DESIGN OF BIOTECHNICAL SYSTEM TO CONTROL INDIVIDUAL MATERNAL AND CHILD HEALTH</b>	<b>97</b>
--	-----------

Ostapenko O.A., Frolov S.V.

<b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ МОДУЛЯЦИОННОГО РАДИОМЕТРА МЕТОДОМ БЛАНКИРОВАНИЯ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОТОКА ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ</b>	<b>99</b>
---	-----------

Орлов И.Я., Бобрынин А.Ю., Бобрынин Д.Ю.

<b>COMPARATIVE ESTIMATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROTECTION OF THE MODULATION RADIOMETER WITH BLANKING AND THE RADIOMETER WITH ADAPTIVE CONTROL WHEN EXPOSED TO THE FLOW OF IMPULSE NOISE</b>	<b>99</b>
--	-----------

Orlov I.Ya., Bobrynin A.Yu., Bobrynin D.Yu.

<b>ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ В ПОСЛЕИНСУЛЬТНЫЙ ПЕРИОД</b>	<b>102</b>
Белик Д.В., Дмитриев Н.А., Зиневская М.С., Пустовой С.А. <b>BIOENGINEERING SYSTEM TO RESTORE THE LONG-TERM MEMORY OF THE BRAIN AFTER STROKE</b>	
Belik D.V., Dmitriev N.A., Zinevskaya M.S., Pustovoy S.A.	
<b>ИМПЛАНТИРОВАННЫЙ БИОТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ КЛЕТОК GLUCONOBACTER OXYDANS</b>	<b>105</b>
Плеханова Ю.В., Решетилов А.Н., Тарасов С.Е., Китова А.Е. <b>IMPLANTED MICROBIAL FUEL CELL BASED ON GLUCONOBACTER OXYDANS</b>	
Plekhanova Yu.V., Reshetilov A.N., Tarasov S.E., Kitova A.E.	
<b>АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОРСА ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ</b>	<b>109</b>
М.Н. Крамм, Ю.А. Палютина, Н.О. Стрелков <b>ANALYSIS OF ERROR OF CALCULATION OF ELECTRICAL POTENTIALS ON THE SURFACE OF A CYLINDRICAL MODEL TORSO FOR PROBLEMS OF ELECTROCARDIOGRAPHY</b>	
M.N. Kramm, Y.A. Palutina, N.O. Strelkov	
<b>НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СФЕРОЦИТОВ В МАЗКЕ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЯ</b>	<b>111</b>
Пятницкий А.М., Панов С.А., Киселева А. Н., Милокост О., Пулиш А.В. <b>NEW PARAMETERS FOR DETECTION OF SPHEROCYTES IN BLOOD SMEAR BY MEANS OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS</b>	
Pyatnitsky A.M., Panov S.A., Kiseleva A.N., Mylokost O., Pulish A.V	
<b>ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ НАТИВНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНЦИЗИИ</b>	<b>114</b>
Розанов В.В., Матвейчук И.В., Шутеев С.А. <b>TEMPERATURE FIELDS ON THE SURFACE OF THE NATIVE BONE TISSUE AFTER HYDRODYNAMIC INTSIZIYA</b>	
Rozanov V.V., Matveychuk I.V., Shuteev S.A.	
<b>БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ</b>	<b>116</b>
Добролюбова Д.А., Самородов А.В. <b>BIOTECHNICAL SYSTEM FOR THE AUTOMATED ESTIMATION OF RECEPTOR STATUS FOR BREAST CANCER</b>	
Dobrolyubova D.A., Samorodov A.V.	
<b>ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ДЕПРЕССИВНЫХ РАССТРОЙСТВ</b>	<b>119</b>
Багинская А. И. <b>DIAGNOSTIC OPPORTUNITY OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING BY INVESTIGATING OF DEPRESSIVE DISORDERS</b>	
Boginskaya A.I.	
<b>ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФЕРЕНСНЫХ СПЕКТРОВ ДОПЛЕРОВСКОГО УШИРЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯННОГО В КОЖЕ РУК ПРИ ОККЛЮЗИОННОЙ ПРОБЕ</b>	<b>123</b>
Козлов И.О.*., Жеребцов Е.А., Дрёмин В.В., Жеребцова А.И., Дунаев А.В. <b>RECEPTION AND RESEARCH OF REFERENCE SPECTRUM OF DOPPLER BROADENING LASER RADIATION SCATTERED IN THE SKIN OF HANDS AT THE OCCLUSAL TEST</b>	
Kozlov I.O.*., Zherebtsov E.A., Dremin V.V., Zherebtsova A.I., Dunaev A.V.	
<b>АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ R-ПИКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА</b>	<b>126</b>
Ван Г. В., Подмастерьев К. В. <b>THE ANALYSIS OF INFORMATIVE FEATURES FOR R-PEAK DETECTION</b>	
G.V. Van, K.V. Podmasteryev	

<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ</b>	130
<i>Голубятников О.О., Дубровин В.В.</i>	
<b>IMPROVING THE EFFICIENCY EXPRESS ESTIMATE THE HUMAN HEALTH USING ADAPTIVE SYSTEM</b>	130
<i>Golubyatnikov O.O., Dubrovin V.V.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛОКАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ИНСТРУМЕНТА</b>	132
<i>Белов С.А., Ионин В.В., Давыдов Нт.Н., Евстюнин Г.А., Давыдов Н.Н., Данилов С.Ю.</i>	
<b>THE STUDY OF LOCAL MODES OF LASER HEAT STRENGTHENING OF THE WORKING SURFACES OF MEDICAL INSTRUMENTS</b>	132
<i>Belov S.A., Ionin V.V., Davyдов Nt.N., Eustonin G.A., Davyдов N.N., Danilov S.Yu.</i>	
<b>МЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ</b>	141
<i>Каталевский Е.Е.</i>	
<b>MEMBRANE PROCESSES IN BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION</b>	141
<i>Katalevskiy E. E.</i>	
<b>МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.</b>	143
<i>Каталевский Е.Е., Савельев С.П., Копин И.С., Саханенко С.А.</i>	
<b>PORTABLE WATER-TREATMENT SYSTEMS</b>	143
<i>Katalevskiy E. E., Saveliev S.P., Kopin I.S., Sakhanenko S.A.</i>	
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ КРОВИ</b>	144
<i>Истомина Т. В., Истомин В.В., Шачнева Е.А.</i>	
<b>AUTOMATION OF ASSESSMENT OF BLOOD HEMODYNAMICS</b>	144
<i>Istomina T.V., Istomin V.V., Shachneva E.A.</i>	
<b>РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕВА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS</b>	147
<i>Долгов Г.Ф.</i>	
<b>CALCULATION OF TEMPERATURE OF THE OVERHEAT OF CONDUCTORS OF THE PRINTED CIRCUIT BOARD OF THE MEDICAL EQUIPMENT IN THE SOLIDWORKS SYSTEM</b>	147
<i>Dolgov G.F.</i>	
<b>ИНТЕГРАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА</b>	150
<i>Дмитриев В.Б., Шумарин С. В., Сушкива Л. Т.</i>	
<b>INTEGRITY OF CURRICULA AS A WAY OF OPTIMIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS</b>	150
<i>Dmitriev V.B., Shumarin S.V., Sushkova L.T.</i>	
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТУЧНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ АППАРАТОВ</b>	154
<i>Стрыгина Е.В., Куликов А.Ю.</i>	
<b>Modern approaches to the obese patients diagnose the problem with the help of ultrasonic devices</b>	154
<i>Strygina E.V., Kulikov A.Y.</i>	
<b>ТРАНСПОРТИРУЕМЫЕ ПРЕДМЕТЫ И ИНФОРМАЦИЯ В МОДЕЛИ МИРА АВТОНОМНОГО СЕРВИСНОГО МЕДИЦИНСКОГО РОБОТА</b>	156
<i>Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Куликов Д. А., Ивлиева А. Л.</i>	
<b>TRANSPORTED OBJECTS AND INFORMATION IN THE WORLD MODEL OF AN AUTONOMOUS SERVICE MEDICAL ROBOT</b>	156
<i>Rogatkin D.A., Lapitan D.G., Kulikov D.A., Ivlieva A.L.</i>	
<b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ</b>	159
<i>Бабич М.В., Шемякин Д.Г., Фрелих А.В., Арсентьев Е.А., Кубланов В.С.</i>	
<b>DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CONTROL PANEL THAT MANAGES MULTIPLE PHYSIOTHERAPY DEVICES</b>	159
<i>Babich M.V., Shemyakin D.G., Arsentiev E.A., Frelich A.V., Kublanov V.S</i>	

<b>РАЗРАБОТКА МАКЕТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕДУРЫ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ ЧЕЛОВЕКА</b>	<b>163</b>
Буреев А. Ш., Жданов Д. С., Киселева Е. Ю., Земляков И. Ю., Осипов А. В., Селезнев А. И., Хохлова Л. А.	
<b>DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL DEVICE FOR THE CONTROL OF CARDIOPULMONARY RESUSCITATION</b>	
Bureev A. Sh., Zhdanov D. S., Kiseleva E. Yu., Zemlyakov I. Yu., Osipov A. V., Seleznev A. I., Hokhlova L. A.	
<b>ОЦЕНКА ДИФФУЗИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЦЕПТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОБНОГО БИОСЕНСОРА</b>	<b>166</b>
Емельянова Е.В., Решетилов А.Н.	
<b>ESTIMATION OF DIFFUSION FOR DIFFERENT RECEPTOR ELEMENTS OF A MICROBIAL BIOSENSOR</b>	
Emelyanova E.V., Reshetilov A.N.	
<b>РАЗРАБОТКА ИМПЕДАНСНОГО ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКОГО АППАРАТА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОНКОХИРУРГИИ</b>	<b>170</b>
Ефремов А.А., Писарева А.В.	
<b>DEVELOPMENT IMPEDANCE ELECTROSURGICAL APPARATUS AND ITS APPLICATION IN ONCOLOGY SURGERY</b>	
Efremov A.A., Pisareva A.V.	
<b>РЕАЛИЗАЦИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫХ МЕТАТЕЛЬНЫХ ПРИВОДОВ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ И МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	<b>173</b>
Веденеев Н.А.	
<b>IMPLEMENTATION OF THE MAGNETIC-PULSE DRIVERS IN THE FIELD OF BIOTECHNICAL AND MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS</b>	
Vedeneev N.A.	
<b>ДИАГНОСТИКА ИЗОЛЯЦИИ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАФОВ</b>	<b>176</b>
Шахнин В.А., Коробко С.Г., Подачников А.В.	
<b>DIAGNOSTICS OF ISOLATION FOR THE SUPERCONDUCTING MAGNETS OF MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHES</b>	
Shakhnin V.A., Korobko S. G., Podachnikov A.V.	
<b>ОПТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА НА ТОРЕЦ ВОЛОКНА ДЛЯ ПАССИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД. ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b>	<b>177</b>
Лачина А. А., Хорьков К.С.	
<b>Optical deposition of graphene in a fiber ferrule for passive mode-locked lasing</b>	
A.A. Lachina, K.S. Khorkov	

## СЕКЦИЯ 7 ♦ SECTION 7

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

### METHODS AND TOOLS FOR NATURAL ENVIRONMENT DIAGNOSTIC

<b>МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ – ОСНОВА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОЛОГИИ И ЧЕЛОВЕКА</b>	<b>180</b>
Иванников Д.А., Полякова А.Г.	
<b>MONITORING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IS THE BASIS OF SECURITY OF ECOLOGY AND HUMAN</b>	
Ivanников D.A., Polyakova A.G.	

<b>ДВУМЕРНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ</b>	184
<i>Petrov E. P., Кононова В. Ю.</i>	
<b>TWO-DIMENSIONAL NONLINEAR FILTERING OF REMOTE SENSING NONSTATIONARY DIGITAL IMAGES</b>	184
<i>Petrov E.P., Kononova V.J.</i>	
<b>РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СВЕЖИХ ОВОЩЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ СОЕДИНЕНИЯМИ МЕДИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ</b>	188
<i>Патапович М.П., Минько А.А., Булоичик Ж.И., Зажогин А.П.</i>	
<b>INVESTIGATION OF POLLUTION AT THE SURFACE OF FRESH VEGETABLES TREATED WITH COPPER COMPOUNDS BY MEANS OF THE LASER ATOMIC-EMISSION SPECTROMETRY METHOD</b>	188
<i>Patapovich M.P., Minko A.A., Buloichik J.I., Zajogin A.P.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА</b>	190
<i>Патапович М.П., Булоичик Ж.И., Минько А.А., Зажогин А.П.</i>	
<b>INVESTIGATION INTO THE SEASONAL EFFECTS ON TECHNOGENIC AND ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE COMPONENTS OF MINSK BIOSPHERE WITH METALS BY THE METHOD OF LASER ATOMIC-EMISSION SPECTRAL ANALYSIS</b>	190
<i>Patapovich M.P., Buloichik J.I., Minko A.A., Zajogin A.P.</i>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЛАЖНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ПО СПУТНИКОВЫМ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ</b>	194
<i>Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А., Садовский И.Н.</i>	
<b>INVESTIGATION OF HUMIDITY SOUNDING OF THE ATMOSPHERE ABILITY USING SATELLITE MICROWAVE MEASUREMENTS</b>	194
<i>Pashinov E. V., Sterlyadkin V.V., Kuzmin A. V., Sharkov E. A., Sadovsky I.N.</i>	
<b>МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВЗВОЛНОВАННОЙ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. СРАВНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ</b>	198
<i>Сазонов Д. С., Садовский И.Н.</i>	
<b>MICROWAVE ROUGH SEA SURFACE EMISSION. COMPARISON OF EXPERIMENTAL DATA AND MODELS</b>	198
<i>Sazonov D.S, Sadovskii I.N.</i>	
<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЯРКОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СИСТЕМЫ ОКЕАН-АТМОСФЕРА ИЗ КОСМОСА</b>	202
<i>Садовский И.Н., Пашинов Е.В.</i>	
<b>INFLUENCE ASSESSMENT OF WIND WAVES ON RESULTS OF MEASUREMENT OF OCEAN-ATMOSPHERE SYSTEM'S BRIGHTNESS TEMPERATURE FROM SPACE</b>	202
<i>Sadovsky I.N., Pashinov E.V.</i>	
<b>МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТИЛАМИНА МИКРОБНЫМ СЕНСОРОМ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТИЛОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ</b>	205
<i>Кувичкина Т.Н., Капаруллина Е.Н., Доронина Н.В., Троценко Ю.А., Решетилов А.Н.</i>	
<b>METHYLLAMINE DETECTION WITH AMPEROMETRIC MICROBIAL BIOSENSOR USIG METHYLOTROPHIC BACTERIA</b>	205
<i>Kuvichkina T.N., Kaparullina E.N., Doronina N.V., Trotsenro Yu.A., Reshetilov A.N.</i>	
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОТЕПЛОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ</b>	207
<i>Ботова И.В., Гаврилов В.М., Глухов Р.Н., Дементьев В.К., Смирнов Д.С.</i>	
<b>ECOLOGICAL MONITORING OF INDUSTRIAL CENTER BY USING REMOTE RADIOTHERMAL SENSING</b>	207
<i>Botova I.V., Gavrilov V.M., Glukhov R.N., Dementiev V.K., Smirnov D.S.,</i>	
<b>МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ИНФРАНIZКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА</b>	209
<i>Грунсская Л.В., Золотов А.А. Лукьянов В.Е., Рубай Д.В., Лещев И.А., Сныгина И.А., Антонова М.А.</i>	

**MONITORING OF INFRALOW FREQUENCY RANGE ELECTROMAGNETIC FIELDS.**  
Grunskaya L.V., Zolotov A.A., Lukyanov V.E., Rubay D.V., Leshchev I.A.

**АЙГЕНОСКОПИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ  
ЛУННЫХ ПРИЛИВОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ** 214  
Рубай Д.В., Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В.

**AYGENOSKOPIYA OF TIME SERIES IN THE ANNEX TO A PROBLEM OF DETECTION OF LUNAR  
INFLOW IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD OF EARTH**  
Ruby D.V., Grunskaya L.V., Isakevich V. V., Isakevich D. V.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКОВЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ИНДИКАТОРА РИСКА»** 217  
Лукьянов В.Е., Грунской Л.В.  
**PREDICTION OF EMERGENCE OF CATASTROPHIC EVENTS WITH USE  
"RISK INDICATOR"**  
Lukyanov V. E., Grunskaya L.V.

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ** 220  
Орешкин Д.М., Васильев А.С., Давыдов Н.Н., Ефимов В.А., Данилов С.Ю., Давыдов Нт.Н., Разумов Д.А.  
**HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF REGISTRATION OF THE PHYSICAL CHARACTERISTICS  
OF MATERIALS AND ENVIRONMENT PARAMETERS**  
Oreshkin D. M., Vasiliev A. S., Davydov N. N., Efimov V. A., Danilov S. Yu., Davydov Nt.N., Razumov D. A.

**ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ GPS ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ  
ТОЧКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ** 225  
Илюхин А.А., Конешов В. Н.  
**«ASSESSMENT OF METHODS OF PROCESSING OF GPS OF MEASUREMENTS OF GEODYNAMIC  
MOVEMENTS OF THE POINT OF THE TERRESTRIAL SURFACE IN THE HIGH-FREQUENCY  
RANGE»**  
Ilyukhin A. A., Koneshov V. N.

**КРУГЛОГОДИЧНЫЙ МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКИХ И МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ НА СЕЙСМОСТАНЦИИ «ВЛАДИМИР» И ТЕРРИТОРИИ ВЛАДИМИРСКОГО** 229  
Региона  
Малышева, Д.А., Дорожков В.В., Фуров Л.В.  
**YEAR-ROUND MONITORING OF SEISMIC AND MICROSEISMIC PROCESSES ON THE SEISMIC  
STATION "VLADIMIR" AND TERRITORIES OF THE VLADIMIR REGION**  
Malisheva D.A., Dorozhkov V.V., Furov L.V.

**ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОТОЧНЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ  
И ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «ЗАПОЛЬСКОЕ»** 233  
Дорожков В.В. Конешов В.Н. Абрамов Д.В. Фуров Л.В.  
**LONG-TERM HIGH-PRECISION GRAVIMETRIC MEASUREMENTS AND RESEARCHES ON  
GEOPHYSICAL OBSERVATORY OF "ZAPOLSKOYE"**  
Dorozhkov V.V. Abramov D.V. , Furov L.V. Koneshov V.V.

**ВЛИЯНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ  
ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ** 237  
Гаврилова А. А., Чурмасов А. В., Ахматгалиева М. Д.  
**THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION OF NON-THERMAL INTENSITY ON INDICES OF  
GERMINATION AND FERTILITY OF THE SOIL**  
Gavrilova A.A., Churmasov A.V., Ahmatgalieva M.D.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ  
ВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТА** 241  
Архипов И.Е., Архипов Е.А., Никитин О.Р.  
**THE SIMULATION PROCEDURE OF AUTOMATIC RECOGNITION OF VEHICLE TYPES FOR  
SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL MONITORING TRAFFIC**  
Arkhipov I.E., Arkhipov E.A., Nikitin O.R.

<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ</b> Никитин О.Р., Шубин А.А. <i>ENVIRONMENTAL MONITORING OF ENGINEERING STRUCTURES WITH USE OF MEANS FOR DETERMINING THE ORIENTATION IN SPACE</i> Nikitin O. R., Shubin A. A.	243
<b>БИОРИТМЫ ЧЕЛОВЕКА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА</b> Грунскaya Л.В., Лещев И.А., Сныгина И.А., Антонова М.А. <i>BIORHYTHMS PERSON AND THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE EARTH INFRALOW RANGE</i> Grunskaya L.V., Leshchev I.A., Snygina I.A., Antonova M.A.	246

## СЕКЦИЯ 8 ♦ SECTION 8

### ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

#### ♦ ECOLOGY AND HUMAN HEALTH

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ДЫХАНИИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КИСЛОРОДА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА</b> Северин А.Е., Розанов В.В., Торшин В.И., Семенов Ю.Н., Северина Е.А., Зубова О.М	249
--	-----

<b>INVESTIGATION OF VARIABILITY OF THE CARDIAC RHYTHM AT BREATH BY GAS MIXES WITH VARIOUS CONTENT OF OXYGEN AND CARBON DIOXIDE FOR THE VALUATION OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE ORGANISM</b> Severin A.E., Rozanov V.V., Torshin V.I., Sushkova L.T., Severina E.A., Zubova O.M.
---

<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕТСКОМ И ГЕРОДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ КАК ОСНОВА ОЗДОРОВЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ</b> Исаев В.А. <i>INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CHILDREN'S AND GERODIETIC FOOD AS BASIS OF IMPROVEMENT OF THE POPULATION</i> Isaev V.A.	250
---	-----

<b>ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ПОВСЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b> Мельник О.В. <i>PRINCIPLES OF FUNCTIONAL AND PSYCHO-EMOTIONAL STATUS OF THE PERSON MONITORING DURING DAILY ACTIVITIES</i> Melnik O.V.	253
---	-----

<b>АМИНО-СИЛИКО НАНОЧАСТИЦЫ ПОКРЫТИЕ СЛОЯМИ ДНК И ЛИПИДОВ СПОСОБНЫ ЗАМЕНИТЬ ТОКСИЧНЫЕ ЛИПОПЛЕКСЫ В ГЕННОЙ ТЕРАПИИ.</b> Кувичкин В.В. <i>THE AMINO-SILICA NANOPARTICLES COVERED BY LAYERS OF DNA AND LIPIDS CAPABLE TO REPLACE TOXIC LIPOPLEXES IN GENE THERAPY</i> Kuvichkin V.V.	255
--	-----

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ</b> Тужилкин Д.А., Шитова А.В., Бородина А.С.	258
--	-----

**RESEARCH OF ADAPTIVE RESPONSE OF THE HUMAN BODY IN A SPATIALLY  
INHOMOGENEOUS GEOMAGNETIC FIELD**

Tuzhilkin D.A., Shitov A.V., Borodin A.S.

- ГАРМОНИЯ ЗВУКА: ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗВУКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА. ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗ  
ЗВУКА** 261

Ганьков Д.О., Садовский Н.В.

**THE HARMONY OF SOUNDS: SOUND SYNTHESIS AND IMPACT OF SOUNDS ON HUMAN  
ORGANISM**

Gankov Daniil

- НЕМЕДИЦИНСКОЕ СУЖДЕНИЕ ОБ ОБРАТИМОМ НАПРЯЖЕНИИ РЕГУЛЯТОРНЫХ  
СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА** 263

Кузнецов А.А.

**NOT MEDICAL JUDGMENT ABOUT AN INTENSIFICATION OF A PERSON ORGANISM  
REGULATING SYSTEMS**

Kuznetsov A.A.

- ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ  
ПЕРЕМЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ** 266

Решетникова М. А.

**ESTIMATION OF HRV PARAMETERS IN CONDITIONS OF ARTIFICIAL GRAVITY**

Reshetnikova M. A.

- РОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА В ЗАЩИТЕ ОРГАНИЗМА ОТ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ  
ВОЗДЕЙСТВИЙ** 269

Гулидова Г.П., Струкова Е.В.

**THE ROLE OF ENERGY METABOLISM IN THE PROTECTION OF HUMAN ORGANISM FROM  
EXTREME FACTORS**

Gulidova G.P., Strukova E.V.

- ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ  
НА ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ** 274

Фролова Т.Н.

**ASSESSMENT OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF BIOLOGICAL TISSUE  
FOR THERMAL EFFECTS OF HIGH ELECTRIC FIELDS**

Frolova T. N.

- СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В  
СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ** 276

Антипов И.Н., Пименов А.Б.

**SYSTEM RECOVERY AND IMPROVE PHYSICAL PERFORMANCE IN SPORT OF HIGH  
ACHIEVEMENTS.**

Antipov I. N., Pimenov A. B.

- РАЗВИТИЕ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С НАРУШЕНИЕМ ЗРЕНИЯ  
СРЕДСТВАМИ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ** 278

Рассамагин Д. А., Пименов А.Б.

**THE DEVELOPMENT OF YOUNGER STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT  
MEANS OF ADAPTIVE PHYSICAL TRAINING**

Rassamagin D.A., Pimenov A. B.

- ПОДАВЛЕНИЕ ПРОРАСТАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ  
РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ** 280

В.М. Авдюхин\*, У.А. Близнюк, П.Ю. Борщеговская, С.Н. Еланский, А.С. Илюшин\*, И.С. Левин\*, Ф.Р.

Студеникин, А.П. Черняев

**THE INHIBITION OF POTATO TUBER SPROUTING AFTER X-RAY IRRADIATION**

V.M. Avduhina, U.A. Bliznyuk, P.U. Borchegovskaya, S.N. Elansky, A.S. Ilyushin, I.S. Levin, F.R. Studenikin, A.P. Chernyaev

- ИССЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА ИЗНОСА ПОЛИЭТИЛЕНА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДУЛЕ  
ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПОСЛЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ** 283

Колесник А.И., Фролов Е.Б.

**DETERMINING AREA AND TOPOGRAPHY OF POLYETHYLENE WEAR IN EXPERIMENTAL HIP JOINT ENDOPROSTHESIS MODEL AFTER DYNAMIC TESTS**

*Kolesnik A.I., Frolov E.B.*

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РИТМЫ НЕИДЕНТИФИЦИРУЕМОЙ ПРИРОДЫ**

*Кузнецов А.А.*

**NATURAL INFORMATION RHYTHMS OF A NOT IDENTIFIED NATURE**

*Kuznetsov A.A.*

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Буренков В.Н., Яскин Е.Г., Пермяков С.А., Щербович С.Н., Ломалов А.А.*

**SOFTWARE FOR EXPLORING CLINICAL-EPIDEMICAL INVESTIGATIONS**

*Burenkov V.N., Yaskin E.G., Permyakov S.A., Scherbovich S.N., Lomalov A.A.*

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ДИАГРАММ РИТМА СЕРДЦА И ДИАГРАММ АМПЛИТУД СИСТОЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РИТМА СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ**

*Кузнецов А.А., Пермяков С.А., Сушкина Л.Т.*

**INVESTIGATION OF HEART RATE DIAGRAMS AND SYSTOLIC POTENTIAL AMPLITUDE DIAGRAMS PARAMETER CORRELATION IN HEALTHY PERSONS**

*Permyakov S.A., Kuznetsov A.A., Sushkova L.T.*

**ПРОБЛЕМА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ТРАВМАТИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ.**

*Алешин В.Д., Филиппова Н.А., Матанский С.В., Писарева А.В.*

**THE PROBLEM OF ROAD TRAFFIC INJURIES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND METHODS OF ITS SOLUTION.**

*Filippova N.A., Aleshin V.D., Matansky S.V., Pisareva A.V.*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ**

*Филиппова Н.А., Алешин В.Д., Матанский С.В., Писарева А.В.*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DRIVER'S HEALTH MONITORING.**

*Filippova N.A., Aleshin V.D., Matansky S.V., Pisareva A.V.*

**АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

*Талеб Е.М., Исаков Р.В.*

**THE ANALYSIS ELECTROCARDIOGRAPHIC FEATURE OF THE FUNCTIONAL STATE OF HUMAN BODY**

*Isakov R.V., Taleb E.M.*

**БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОМЕЩЕНИЙ**

*Панова А.Д., Оленев Е.А.*

**BIOTECHNICAL SYSTEM OF PROVIDING SANITARY AND HYGIENIC CONDITIONS OF ROOMS**

*Panova A.D., Olenev E.A.*

**ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВОДЫ**

*Коновалова О. Е., Коновалов А. В., Истомина Т. В.*

**PROBABILISTIC NEURAL NETWORK APPROACH FOR ASSESSMENT OF IDENTIFICATION OF DISEASES IN WATER CHEMICAL INDICATORS**

*Konovalova O.E., Konovalov A.V., Istomina T.V.*

**ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА**

*Мельник О.В., Панфилова С.Ю.*

**SOFTWARE FOR ASSESS TO PSYCHO-EMOTIONAL STATUS OF THE PERSON ON THE BASIS OF RESPIRATORY CYCLE PARAMETERS ANALYSIS**

*Melnik O.V., Panfilova S.Y.*

286

290

294

297

300

303

306

308

312

---

<b>РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И БЫТОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КОЭФФИЦИЕНТОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ</b>	<b>315</b>
<i>Orlov Ю.А., Арефьев Е.В., Орлов Д.Ю.</i>	
<b>RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WIND TURBINES WITH VARIABLE DRAG COEFFICIENT OF THE BLADE FOR INDUSTRIAL AND DOMESTIC USE</b>	<b>315</b>
<i>Yu. Orlov, L. Sushkova, E. Arefiev, D. Orlov</i>	
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕПАРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ</b>	<b>318</b>
<i>Кутепов Д.А., Давыдов Н.Н.</i>	
<b>OPTIMIZATION OF AUTOMATED FINE POWDERS MAGNETIC SEPARATION IN RENEWABLE PROCESSES OF PERMANENT MAGNETS PRODUCTION MODES</b>	<b>318</b>
<i>Kutepov D.A., Davydov N.N.</i>	
<b>ТЕХНОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В УРБАНОЗЕМАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ</b>	<b>323</b>
<i>Писарева А.В., Степанова Л.П., Яковлева Е.В.</i>	
<b>TECHNOGEOCHEMICAL ANOMALIES IN URBANOZEM AS A RESULT OF ANTHROPOGENIC INFLUENCES</b>	<b>323</b>
<i>Pisareva A.V., Stepanova L. P., Yakovlev E. V.</i>	
<b>ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)</b>	<b>327</b>
<i>Писарева А.В., Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Мышикян А.И.</i>	
<b>DESCRIPTION OF DEGREE OF INFLUENCE OF ECOLOGICAL TROUBLE ZONES ON HUMAN HEALTH (FOR EXAMPLE OF OREL OBLAST)</b>	<b>327</b>
<i>Pisareva A.V., Stepanova L. P., Yakovlev E. V., Myshkin A.I.</i>	
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА УРОВЕНЬ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПО ВИНЕ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ</b>	<b>329</b>
<i>Широбоков А.В., Ершов А.И.</i>	
<b>THE RESULTS OF THE STUDY OF THE INFLUENCE OF HELIOGEOPHYSICAL PARAMETERS ON THE LEVEL OF ROAD ACCIDENTS CAUSED BY DRIVERS OF VEHICLES.</b>	<b>329</b>
<i>Shirobokov V. A., Ershov A. I.</i>	



## СЕКЦИЯ 5

---

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

---

#### ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ В УДАЛЕННОМ КАРДИОМОНИТОРИРОВАНИИ

Исаков Р.В.<sup>1</sup>, Сунцова О.В.<sup>2</sup>, Ежков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, <sup>2</sup>Медицинский проект CardioQVARK  
[irv-vlsu@mail.ru](mailto:irv-vlsu@mail.ru), [co@cardioqvark.ru](mailto:co@cardioqvark.ru)

В настоящее время, электрокардиография (ЭКГ) является одним из ведущих методов инструментального исследования сердечно-сосудистой системы, который остается наиболее распространенным и доступным для широкого круга людей. В основе этой методики лежит регистрация биопотенциалов возникающих в сердце [1].

Внедрение дистанционного телеметрического контроля функционального состояния человека по электрокардиосигналу в последнее время получило активное развитие. Типовым решением для индивидуального использования является использование смартфонов в паре с блоком регистрации биосигналов. Смартфон при этом осуществляет коммуникационную функцию, отправляя физиологическую информацию на сервер, и принимает результаты анализа. Примером такого подхода является система CardioQVARK [3].

Основное назначение данной системы заключается в мониторинге функционального состояния человека в течение его жизнедеятельности. Ключевым моментом в анализе динамики состояний конкретного человека является отсутствие попадания в набор его данных по ошибке записей от других людей, записанных тем же устройством. Это вызовет противоречивость и недостоверность последующего анализа. Так как данная ситуация потенциально возможна, особенно при использовании в быту, то требуется разработка специальных методов и средств для верификации записей перед включением их в базу данных исследуемого субъекта.

В таком случае, наиболее удобным биометрическим показателем является электрокардиосигнал (ЭКС). Он обладает необходимой информацией не только для оценки функционального состояния человека, но и содержит информацию об его индивидуальных особенностях.

В данной работе был исследован подход к идентификации (верификации) человека по его ЭКС, зарегистрированном устройством CardioQVARK в I отведении [3]. Для выделения модели индивидуальных особенностей человека в работе была использована технология персепtronных искусственных нейронных сетей (ИНС).

Данная технология получила в последнее время широкое распространение благодаря развитию ЭВМ и уникальным свойствам моделирования нейропластичности, обучаемости, адаптированности к реальным данным и автоматическим построением модели под конкретные условия.

Эти факторы позволяют применять ИНС в широких областях сложных прикладных задач, таких как идентификация личности по ЭКС.

#### Материалы и методы

Для проведения исследования был использован набор данных, состоящий из 10 записей идентифицируемого человека и 10 записей разных людей. В обучающую и тестовую базу данных попали по 5 записей из обоих наборов таким образом, чтобы данные в них не пересекались. Большее количество записей использовать не целесообразно, так как объем обучающей базы данных определяет необходимый минимум записей для создания биометрической модели человека.

Для валидации, полученных в исследовании результатов, использовался набор из 40 различных записей, среди которых присутствовали записи идентифицируемого человека. Данные из валидационного набора не пересекаются с записями из обучающей и тестовой базы данных. Результаты валидации оценивают работу системы идентификации в реальных условиях.

Входные образы формируются на основе гипотезы об индивидуальности формы Р-QRS-T комплекса, вследствие особенностей анатомического строения сердца. Для исключения естественных вариаций параметров кардиокомплекса применяется усреднение кардиокомплексов по ансамблю, синхронизация происходит по

максимуму R-зубца. Унификация динамического диапазона кардиоциклов реализуется с помощью нормализации до диапазона от 0 до 1.

Пример, полученного образа, приведен на рисунке 1.

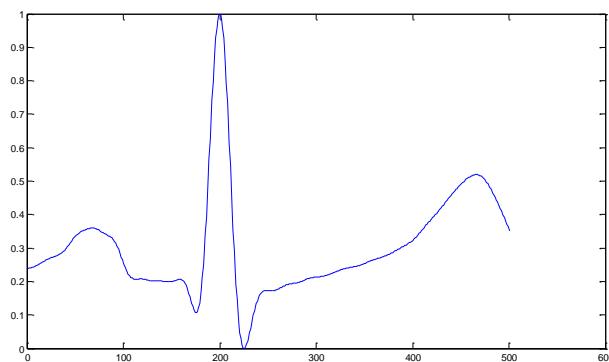


Рис. 1 – Образ ЭКС записи

В качестве основной модели искусственной нейронной сети (ИНС) был выбран многослойный персептрон, т.к. он показывал по результатам литературных и экспериментальных исследований положительные результаты. Важными параметрами, определяющими эффективность нейросетевой системы являются количество нейронов и количество слоёв. Положительные результаты могут дать также введение линейного выхода.

Поэтому были использованы следующие структуры ИНС:

1. Многослойный персептрон с 2 слоями сигмоидальных нейронов (SS)
2. Многослойный персептрон с 2 равными или сужающимися слоями нейронов и линейным выходом (SSP, SSPD)
3. Многослойный персептрон с 3 сужающимися слоями нейронов и линейным выходом (SSSPD)

Основной проблемой при разработке нейросетевой системы является отсутствие аналитических методов расчета количества нейронов в скрытых слоях. Данный параметр имеет существенное значение, т.к. определяет соотношение обобщающей способности и точности результатов нейросети [2]. Обобщающая способность определяет возможности ИНС правильно определять образы, которые никогда не встречались ей во время обучения, на основе накопленного опыта (сформированной модели знаний). Точность определяет величину допустимого отклонения выходного значения.

Обычно оптимальное количество нейронов скрытых слоев определяется сложностью задачи. Для более сложной задачи зачастую требуется большее число нейронов.

Для нахождения оптимального числа нейронов требуется провести вычислительный эксперимент путем обучения и тестирования серии ИНС с разным размером.

Методика исследования:

- 1) Установка значения размера первого скрытого слоя от 10 до 1000;
- 2) Создание ИНС с заданными параметрами и случайно распределенными синаптическими связями;
- 3) Обучение ИНС на обучающей выборке алгоритмом обратного распространения ошибки. Критерий остановки: градиент среднеквадратичной ошибки обучения  $\leq 0.00001$ ;
- 4) Тестирование ИНС на тестовой выборке;
- 5) Расчет показателей эффективности (чувствительность и специфичность) по результатам тестирования;
- 6) Повторение пунктов 1 – 5 для всего диапазона размеров скрытого слоя ИНС;
- 7) Выбор размера скрытого слоя ИНС при наилучшем сочетании значений чувствительности и специфичности процесса идентификации. Наилучшим считается значение количества нейронов при наибольшем одновременном повышении обоих показателей;
- 8) Валидация выбранной ИНС путем подачи независимого валидационного набора данных и определения количества корректно идентифицированных записей.

### Обсуждение результатов

Было проведено несколько исследований двух подходов к идентификации человека для всех описанных выше структур ИНС. Решение об обнаружении идентифицируемого человека принимается при повышении уровня выходного сигнала больше 0.5.

Сравнение полученных результатов для разных нейросетевых структур представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица результатов исследования ИНС в задаче идентификации человека

Тип классификатора	Тестирование		Валидация	
	Чувствительность	Специфичность	Чувствительность	Специфичность
SS	100%	100%	96%	71%
SSPD	100%	100%	91%	88%
SSP	100%	100%	100%	82%
SSSP	100%	100%	100%	75%

Результаты тестирования всех используемых нейросетевых структур при идентификации по форме ЭКГ сигнала показали высокую эффективность на тестовой выборке. Выбор конкретной структуры производился по результатам валидации (форвард-тестирования) на независимой выборке.

Рекомендуемой для практического применения является структура двухслойной персепtronной нейронной сети равного размера скрытых слоев с добавлением линейного выхода. Такая структура дает наилучшее обнаружение искомого субъекта, что является приоритетным в задачах верификации.

Близким по эффективности оказалась структура двухслойной персепtronной нейронной сети с сужающимися скрытыми слоями с добавлением линейного выхода. Такая ИНС позволяет за счет снижения эффективности обнаружения искомого субъекта (на 9%) понизить вероятность ошибочно идентифицировать чужую запись (на 6%).

Дальнейшее повышение числа слоев не приводит к существенному улучшению эффективности системы.

### **Заключение**

В данной работе была разработана и исследована методология биометрической идентификации человека на основе электрокардиосигнала и нейросетевого метода анализа. Предложен подход к идентификации по форме ЭКГ.

Для реализации процесса идентификации требуется получить первоначальный набор записей от исследуемого субъекта (в рамках исследования применялись 5 записей) и обучить на их основе ИНС методом обратного распространения ошибки до получения малого значения градиента среднеквадратической ошибки обучения. Данную сеть (гиперматрицу весов сети) требуется хранить с привязкой к данному субъекту.

Затем при получении новой ЭКС, её образ нужно подать на обученную сеть и при появлении на её выходе значения выше 0.5, принять решение о положительной идентификации.

Также рекомендуется обновлять обученную сеть на новых, проверенных данных от идентифицируемого субъекта.

### **Библиографический список**

1. Суворов А. В. Клиническая электрокардиография. /Нижний Новгород. Изд-во НМИ, 1993. 124 с.
2. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.:ил.
3. Медицинский проект CardioQVARK [www.cardioqvark.ru](http://www.cardioqvark.ru)

### **CAPABILITIES OF THE NEURAL NETWORKS TECHNOLOGIES AT PERSONAL IDENTIFICATION IN REMOTE CARDIOMONITORING**

Isakov R.V.<sup>1</sup>, Suntsova O.V.<sup>2</sup>, Ejkov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vladimir State University named after Alexander and Nicolay Stoletovs, <sup>2</sup>CardioQVARK medical project  
[irv-vlsu@mail.ru](mailto:irv-vlsu@mail.ru), [co@cardioqvark.ru](mailto:co@cardioqvark.ru)

In this paper results of research on the effectiveness of artificial neural networks technology application to the problem of identification (verification) of a person's identity on the single-channel electrocardiosignals (ECS), a registered CardioQVARK device in I lead. Suggests approaches to the processing ECS for the formation of the space of input features (images). Studied approaches to the identification of the person by the shape of the cardiac cycle. Using several structures of the perceptron neural networks. The results showed the possibility of using perceptron neural networks for identification in shape of the cardiac cycle.



## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ МНОГОРАЗРЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ

Петров Е.П., Харина Н.Л., Сухих П.Н., Чукаев К.Н.  
Вятский государственный университет, г.Киров, [natal\\_res@mail.ru](mailto:natal_res@mail.ru)

В настоящее время цифровые изображения (ЦИ), представляющие собой флюорографические, рентгеновские и МРТ снимки используются медиками для постановки и уточнения диагнозов, кроме того, современные клиники ведут базы данных пациентов, осуществляют on-line консилиумы и консультации. В то же время для более точного и своевременного диагностирования удобно использовать много разрядные ЦИ (от 8 бит на пиксель по каждой цветовой компоненте). Увеличение разрядности позволит более точно выделить мелкие детали объектов, но существенно усложняет процесс обработки изображений. Для реализации компьютерной передачи и хранения таких медицинских ЦИ, как правило, в принципе не применимы широко распространенные алгоритмы сжатия с потерями. А известные и доступные форматы для хранения графической информации, такие как PCX, GIF, JPEG, для этого класса изображений не всегда эффективны [1]. Другой важной задачей является сегментация медицинских ЦИ с целью выделения и мониторинга развития патологий. Наиболее распространенными являются методы, построенные на применении операторов Робертса, Превитта и Собеля. Основными недостатками этих методов являются высокая чувствительность к шумам, возможность появления разрывов в контуре и не всегда четкие границы контура. Метод Канни позволяет правильно определять положения границы и дает единственный отклик на одну границу, но является сложным в реализации [2].

Выбор того или иного метода зависит от конечной цели всего процесса обработки изображений, типа обрабатываемых изображений, имеющихся вычислительных мощностей.

В работе предлагаются методы сжатия без потерь и выделения контуров на основе представления медицинского ЦИ двумерной цепью Маркова [3]. Методы отличаются простотой реализации, возможностью обработки ЦИ любой разрядности.

Будем полагать, что  $g$ -разрядное ЦИ является двумерным марковским процессом с несколькими состояниями  $N = 2^g$  с вектором вероятностей начальных состояний  $P = \|p_1, p_2, \dots, p_N\|^T$  и матрицами вероятностей переходов (МВП)  ${}^1\Pi$  и  ${}^2\Pi$  из состояния  $M_i$  в соседнее состояние  $M_j$  ( $i, j \in N$ ) по горизонтали и вертикали соответственно [3]:

$${}^1\Pi = \begin{vmatrix} {}^1\pi_{11} & {}^1\pi_{12} & \dots & {}^1\pi_{1N} \\ {}^1\pi_{21} & {}^1\pi_{22} & \dots & {}^1\pi_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ {}^1\pi_{N1} & {}^1\pi_{N2} & \dots & {}^1\pi_{NN} \end{vmatrix}, \quad {}^2\Pi = \begin{vmatrix} {}^2\pi_{11} & {}^2\pi_{12} & \dots & {}^2\pi_{1N} \\ {}^2\pi_{21} & {}^2\pi_{22} & \dots & {}^2\pi_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ {}^2\pi_{N1} & {}^2\pi_{N2} & \dots & {}^2\pi_{NN} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

Разработка метода сжатия ЦИ в таком представлении требует больших вычислительных ресурсов, особенно для ЦИ с большим разрешением ( $g \geq 8$ ). Поэтому предлагается разделить  $g$ -разрядное ЦИ на  $g$  разрядных двоичных изображений (РДИ).

Каждое РДИ представляет собой двумерную цепь Маркова с двумя ( $N = 2$ ) равновероятными состояниями ( $p_1 = p_2$ ) и МВП  ${}^1\Pi$  и  ${}^2\Pi$  из состояния  $M_i$  в соседнее состояние  $M_j$  ( $i, j \in N$ ) по горизонтали и вертикали соответственно [3]:

$${}^1\Pi = \begin{vmatrix} {}^1\pi_{11} & {}^1\pi_{12} \\ {}^1\pi_{21} & {}^1\pi_{22} \end{vmatrix}, \quad {}^2\Pi = \begin{vmatrix} {}^2\pi_{11} & {}^2\pi_{12} \\ {}^2\pi_{21} & {}^2\pi_{22} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

РДИ представляет марковское случайное поле размером  $m \times n$  на несимметричной полуплоскости, полученной классической разверткой с левого верхнего угла слева направо вниз (рис.1).

Состояние элемента  $M_{i,j}$  ( $i \in m, j \in n$ ) зависит только от известных элементов некоторого подмножества  $\Lambda_{i,j}$ , называемого окрестностью элемента  $M_{i,j}$ . Лучшим образом удовлетворяющее условию каузальности является конфигурация окрестности (рис. 2) [3]:

$$\Lambda_{i,j} = \{M_{i,j-1}, M_{i-1,j}, M_{i-1,j-1}\}. \quad (3)$$

Вероятности перехода от состояний элементов  $\Lambda_{i,j}$  к состоянию  $M_{i,j}$  образуют МВП вида:

$$\Pi = \begin{bmatrix} \pi_{111} & \pi_{121} & \pi_{211} & \pi_{221} \\ \pi_{112} & \pi_{122} & \pi_{212} & \pi_{222} \end{bmatrix}^T. \quad (4)$$

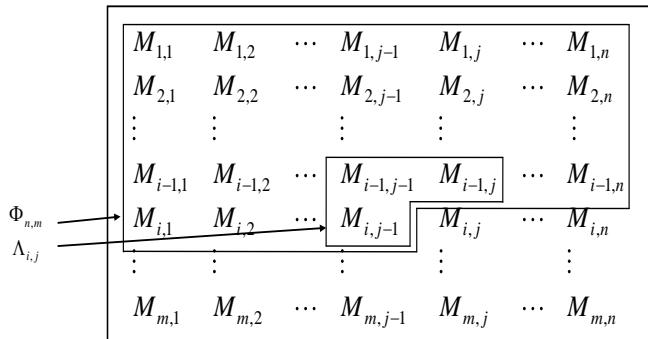


Рис. 1. Модель РДИ

Элементы матрицы  $\Pi$  (4) связаны с элементами МВП (2) следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \pi_{111} &= \frac{^1\pi_{11} \cdot ^2\pi_{11}}{^3\pi_{11}}, \quad \pi_{112} = \frac{^1\pi_{12} \cdot ^2\pi_{12}}{^3\pi_{11}}, \quad \pi_{121} = \frac{^1\pi_{11} \cdot ^2\pi_{21}}{^3\pi_{12}}, \quad \pi_{122} = \frac{^1\pi_{12} \cdot ^2\pi_{22}}{^3\pi_{12}}, \\ \pi_{211} &= \frac{^1\pi_{21} \cdot ^2\pi_{11}}{^3\pi_{21}}, \quad \pi_{212} = \frac{^1\pi_{21} \cdot ^2\pi_{12}}{^3\pi_{21}}, \quad \pi_{221} = \frac{^1\pi_{21} \cdot ^2\pi_{21}}{^3\pi_{22}}, \quad \pi_{222} = \frac{^1\pi_{22} \cdot ^2\pi_{22}}{^3\pi_{22}}. \end{aligned}$$

где  ${}^3\pi_{ii}$  – элементы дополнительной МВП  ${}^3\Pi = {}^1\Pi \times {}^2\Pi'$ .

Основой предложенных методов является процедура предсказания состояния каждого пикселя РДИ на основе известной окрестности  $\Lambda_{i,j}$  и МВП (4). В результате предсказания формируется РДИ по следующему правилу – если состояние пикселя предсказано верно, то этот пиксель в РДИ принимает состояние 0, иначе 1. При восстановлении РДИ нулевые пиксели заменяются состояниями по результатам предсказания, а единичные – неправильно предсказанные – инверсией результата предсказания.

Формализованное описание алгоритма сжатия без потерь [4]:

1. ЦИ разбивается на  $g$  РДИ;
2. Для каждого РДИ из классификатора выбираются МВП вида (2) и (4);
3. Прогнозируется элемент  $\hat{M}_{ij}$  на основе МВП (4) и окрестности  $\Lambda_{i,j}$ .
4. Если  $M_{ij} = \hat{M}_{ij}$ , то элемент предсказан верно;
5. Если  $M_{ij} \neq \hat{M}_{ij}$ , элемент  $M_{ij}$  предсказан неверно;
6. Формирование РДИ после предсказания;
7. РДИ сжимается кодом RLE в одномерный поток;
8. Одномерный поток сжимается кодом Хаффмана;
9. Сжатые данные записываются в файл.

Для исследования эффективности предложенного алгоритма (MRK) произведено сравнение с наиболее известными алгоритмами сжатия без потерь PNG, JPEG-LS, JPEG 2000 на статистике 100 медицинских ЦИ. Результаты сжатия снимков предложенным методом и аналогами представлены в таблице 1. При исследовании предложенный метод применялся в режиме последовательной обработки РДИ из-за трудности реализации режима параллельной обработки.

Таблица 1. Результаты исследований алгоритмов сжатия

Алгоритм сжатия	Коэффициент сжатия реальных снимков	Скорость обработки, Мб/с
PNG	1,86	3,72
JPEG-LS	1,95	15,67
JPEG 2000	1,78	3,88
MRK	1,75	44,8

Для выделения контуров применяется метод предсказания элементов РДИ [3,4], позволяющий удалить статистическую избыточность ЦИ, при этом все «оставшиеся» биты составляют контур объектов изображения.

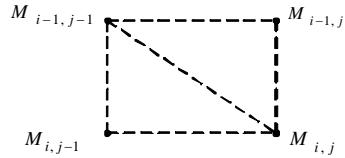


Рис. 2. Окрестность предсказываемого элемента РДИ

В этом случае объединяются в  $g$ -разрядном ЦИ два старших РДИ. Полученное изображение образует плоскость, в которой каждый пиксель может принимать четыре значения, и представляет собой двумерную цепь Маркова с четырьмя ( $N = 4$ ) равновероятными состояниями и МВП  ${}^1\Pi$  и  ${}^2\Pi$  из состояния  $M_i$  в соседнее состояние  $M_j$  по горизонтали и вертикали размерностью  $4 \times 4$ . МВП (4) примет вид [3]:

$$\Pi = \begin{pmatrix} \pi_{iii} & \pi_{iji} & \pi_{iki} & \pi_{ili} & \pi_{jii} & \pi_{jji} & \pi_{jki} & \pi_{jli} & \dots & \pi_{lii} & \pi_{lji} & \pi_{lki} & \pi_{lli} \\ \pi_{ijj} & \pi_{ijj} & \pi_{ikj} & \pi_{ili} & \pi_{jjj} & \pi_{jjj} & \pi_{jkj} & \pi_{jlj} & \dots & \pi_{lij} & \pi_{ljj} & \pi_{lkj} & \pi_{llj} \\ \pi_{iik} & \pi_{ijk} & \pi_{ikk} & \pi_{ilk} & \pi_{jik} & \pi_{jjk} & \pi_{jkk} & \pi_{jlk} & \dots & \pi_{lik} & \pi_{ljk} & \pi_{lkk} & \pi_{llk} \\ \pi_{ill} & \pi_{ijl} & \pi_{ikl} & \pi_{ill} & \pi_{jil} & \pi_{jil} & \pi_{jkl} & \pi_{jll} & \dots & \pi_{lil} & \pi_{ljl} & \pi_{lkl} & \pi_{lll} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Формализованное описание метода выделения контуров [5]:

1. Для цветного изображения выполняется преобразование в YCbCr, объединяются в плоскость два старших РДИ яркостной компоненты Y. Для полутонового изображения объединяются в плоскость два старших РДИ.
2. Для плоскости вычисляются МВП по горизонтали  ${}^1\Pi$  и вертикали  ${}^2\Pi$ , соответственно;
3. Исходя из МВП  ${}^1\Pi$  и  ${}^2\Pi$  вычисляется МВП  $\Pi$ .
4. Прогнозируется элемент  $\hat{M}_{ij}$  на основе МВП (5) и окрестности  $\Lambda_{i,j}$ .
5. Если  $M_{ij} = \hat{M}_{ij}$ , то элемент предсказан верно и заменяется значением 0;
6. Если  $M_{ij} \neq \hat{M}_{ij}$ , элемент  $M_{ij}$  предсказан неверно и заменяется значением 1;
7. Формирование контура ЦИ.

Для демонстрации предложенного метода взято тестовое изображение – рентгеновский снимок (рис. 3а). Далее приведены примеры выделения контуров с применением стандартных методов Канни (рис. 3б), Собела (рис. 3в) и с применением предложенного метода (рис. 3г).



Рис. 3а. Тестовое изображение

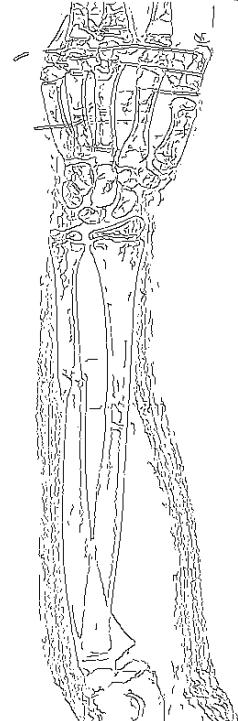


Рис. 3б. Выделение контуров с применением метода Канни

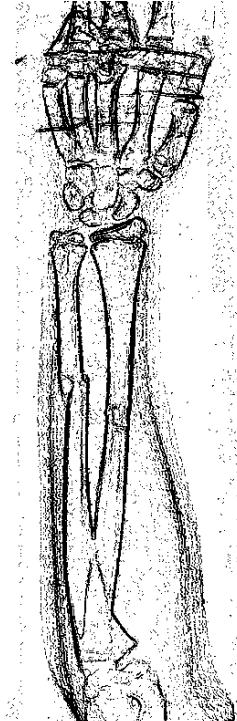


Рис. 3в. Выделение контуров методом Собела

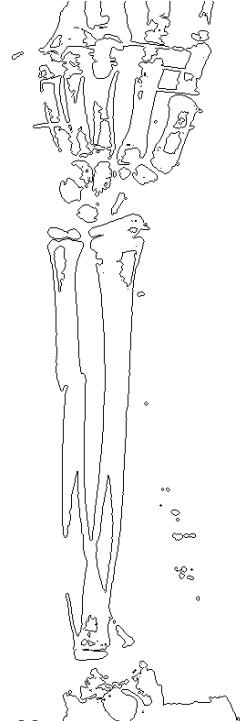


Рис. 3г. Выделение контуров с применением предложенного метода

Таблица 2. Результаты исследований алгоритмов выделения контуров

Метод выделения контура	Скорость обработки, Мб/с
Робертс	739
Превитт	549
Собел	519

Канни	181
Предложенный метод	1131

Исследования скорости выделения контуров на медицинских изображениях проводились на ПК обладающем следующими характеристиками: процессор Intel Celeron G1820 - 2,7 ГГц, 8 Гб оперативной памяти, SSD PLEXTOR M6 Pro 128 Гб, операционная система Windows 7. Результаты приведены в таблице 2.

Анализ результатов показывает, что предложенные методы сжатия медицинских ЦИ и выделения контуров объектов не уступают существующим аналогам по эффективности и превосходят по скорости обработки изображений. Кроме того, применение указанных методов позволит осуществлять обработку ЦИ неограниченной разрядности без сокращения скорости обработки при увеличении разрядности ЦИ за счет возможности распараллеливания процесса.

*Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности по заданию №2014/61.*

#### **Библиографический список**

1. Гладырева А.Ю. Сравнительная оценка методов сжатия медицинских изображений // Электроника и связь. Вып. «Проблемы электроники». Ч.2, 2008. – с. 22-26
2. Фисенко В. Т., Фисенко Т. Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений. – СПб.:СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
3. Петров Е.П., Харина Н.Л., Ржаникова Е.Д. Математическая модель цифровых полутоновых изображений на основе цепей Маркова с несколькими состояниями// Нелинейный мир. – 2013, т.11, № 7. – с. 487-492
4. Харина Н.Л. Метод выделения контуров на спутниковых снимках// Материалы IV Всероссийской НТК «Актуальные проблемы ракетно-космической техники» (IV Козловские чтения) – Самара, 2015. – с. 258-262
5. Харина Н.Л., Чукаев К.Н. Метод выделения объектов на цифровых изображениях на основе двумерной цепи Маркова // Материалы 18 Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение DSPA-2016» - Москва, 2016. Т.2. – с.687-691

#### **METHODS OF MULTIDIGIT IMAGES PROCESSING IN MEDICINE**

Petrov E.P., Kharina N.L., Sukhikh P.N., Chukaev K.N.  
Vyatka State University, [natal\\_res@mail.ru](mailto:natal_res@mail.ru)

In work methods of lossless compression and selections of contours of medical digital images are offered. The image is considered as a two-dimensional Markov chain with several states. The matrix of probabilities of transitions of two-dimensional process allows to consider correlation of elements of the image across and verticals. On the basis of this matrix and the known neighborhood the prediction of the image pixels is carried out. This procedure is a basis of the offered methods. The formalized descriptions of methods and results of research of effectiveness of application of methods are provided. The analysis of results shows that the offered methods of compression of medical images and selection of contours of objects do not concede to the existing analogs by efficiency, surpass in the speed of processing of images and differ in simplicity of realization. Besides, application of the specified methods will allow to carry out image processing of unlimited word length images without reduction of speed of processing at the expense of a possibility of a process parallelizing.

---

#### **СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ РАССТАНОВКИ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК НА ЛИЦЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ**

Бойко А.А., Каракевич А.И.  
Научно-исследовательский и испытательный центр биометрической техники  
Московского государственного технического университета  
имени Н.Э. Баумана (НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана),  
[boiko\\_andrew@mail.ru](mailto:boiko_andrew@mail.ru), [karankevitch@mail.ru](mailto:karankevitch@mail.ru)

Данная статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы (НИР) по теме «Разработка метода автоматизированного определения предрасположенности человека к противоправным действиям по особенностям невербального поведения»; основание для проведения НИР – задание № 2014/104 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России; код проекта – 1765.

В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-5-2013, «контрольная точка (feature point) – опорная точка на изображении лица, используемая алгоритмами распознавания лица» [1, с. 3]. Часто в качестве синонима термина «контрольная точка» употребляется термин «антропометрическая точка» (anthropometric landmark), которая определяется как «контрольная точка на лице, используемая для распознавания и классификации людей» [1, с. 2]. В контексте определения двигательных единиц указанные термины также будут использоваться как синонимы.

Двигательные единицы (ДЕ; англ. Action Unit, AU) «представляют собой основные движения, совершаемые отдельными мышцами или группой мышц» [6]. Двигательные единицы используются для классификации выражений лица человека в системе, разработанной П. Экманом и У. Фризеном в 1978 году [9].

Классификация по видеоизображению эмоций, испытываемых человеком, находит применение в различных областях. Одним из возможных применений является интеграция алгоритмов определения эмоций в системы видеонаблюдения с целью раннего определения предрасположенности человека к противоправным действиям по особенностям невербального поведения и принятия превентивных мер. С этой целью выделяют двигательные единицы, участвующие в формировании негативных эмоций, прежде всего – эмоции гнева (англ. anger) и страха (англ. fear) [2].

В задачах анализа изображения лица часто выделяют четыре этапа [2; 4, с. 58]:

1. Обнаружение лица на изображении.
2. Нормализация изображения лица.
3. Вычисление признаков.
4. Классификация.

Расстановка контрольных точек может быть использована на этапе № 1 и, в особенности, на этапе № 3. При этом в качестве признаков могут использоваться геометрические (англ. geometric features) или текстурные (англ. appearance features) признаки. В первом случае контрольные точки используются непосредственно для вычисления признаков (например, расстояний или углов между отрезками, соединяющими определенные контрольные точки), во втором случае контрольные точки используются для локализации областей, по которым вычисляются текстурные признаки.

Существует несколько различных систем расстановки контрольных точек на изображении лица. Очевидная дихотомия таких систем – их разделение на системы, в которых координаты контрольных точек задаются в двумерном или трехмерном пространстве [1; с. 16; 5, с. 50-51]. Однако в контексте настоящей работы нас прежде все будет интересовать другой классификационный признак: наличие библиотек (в том числе – свободно распространяемых), позволяющих осуществить расстановку контрольных точек в соответствии с выбранной системой. Далее будут рассматриваться только те системы (комплексы) контрольных точек, для которых существуют библиотеки расстановки. К числу таких систем относятся:

- система из 77 контрольных точек, расстановка которых осуществляется с использованием библиотеки STASM [7];
- система из 68 контрольных точек, которые наносились на изображения базы данных Multi-PIE [10]. Расстановка указанного комплекса возможна, в частности, с использованием библиотеки CLM-framework (Cambridge Face Tracker) [11].

В обеих указанных системах контрольные точки расставляются на основных элементах лица, к числу которых относятся:

- брови (правая и левая);
- глаза (правый и левый);
- нос;
- рот (губы);
- абрис лица.

Номера контрольных точек в обеих рассматриваемых системах расстановки, относящихся к основным элементам лица, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Контрольные точки в библиотеках STASM и CLM-framework

Элементы лица	Библиотеки			
	STASM		CLM-framework	
	номера точек	количество точек	номера точек	количество точек
Бровь правая	от 16 до 21	6	от 17 до 21	5
Бровь левая	от 22 до 27	6	от 22 до 26	5
Глаз правый	29; от 30 до 38	10	от 36 до 41	6
Глаз левый	28; от 39 до 47	10	от 42 до 47	6
Нос	от 48 до 58	11	от 27 до 35	9
Губы	от 59 до 76	18	от 48 до 67	20
Абрис лица	от 0 до 15	16	от 0 до 16	17
<b>Общее количество точек</b>		<b>77</b>		<b>68</b>

На рисунке 1 показаны: исходное изображения лица (одного из авторов настоящей работы), изображение лица с точками, расставленными обеими библиотеками, изображение лица с точками, расставленными библиотекой STASM, изображение лица с точками, расставленными библиотекой CLM-framework.

В результате сравнения схем расстановки контрольных точек рассматриваемыми библиотеками можно сделать следующие выводы:

- обе библиотеки осуществляют расстановку контрольных точек на основных элементах лица;
- на брови библиотека STASM осуществляет расстановку точек по верхнему и нижнему контурам, в то время как библиотека CLM-framework осуществляет расстановку точек преимущественно по средней линии;
- в библиотеке STASM существенно большее количество точек приходится на глаза (правый и левый) – 10 точек в библиотеке STASM против 6 точек в библиотеке CLM-framework. В частности, в библиотеке STASM одна из точек соответствует центру зрачка, что может использоваться в алгоритмах определения направления взгляда;
- количество точек, расстановка которых осуществляется на носу, в рассматриваемых библиотеках близко (11 точек в библиотеке STASM и 9 точек в библиотеке CLM-framework), однако характер расстановки этих точек различается: в библиотеке STASM основное количество точек расставляется на крыльях носа, а в библиотеке CLM-framework – на переносице;
- количество точек, расстановка которых осуществляется на губах, практически одинаковое (18 точек в библиотеке STASM и 20 точек в библиотеке CLM-framework), в библиотеке CLM-framework на внутреннем контуре губ расставляется на 2 точки больше;
- количество точек на абрисе лица практически одинаково, различие заключается в том, что в библиотеке CLM-framework точки расставляются от правого до левого виска, в то время как в библиотеке STASM 3 точки дополнительно очерчивают верхний контур лба.

В целом, можно выделить три основные преимущества системы расстановки контрольных точек с помощью библиотеки STASM: большее общее количество точек, большее количество точек на глазах, включая контрольную точку в центре зрачка, и большее количество точек на абрисе лица, включая контрольные точки на верхнем контуре лба.

Однако у системы контрольных точек, расставляемых с помощью библиотеки CLM-framework, есть серьезное преимущество, заключающееся в том, что с использованием именно этой системы выполнена разметка большого количества баз данных изображений лица, и именно эта система используется при проведении соревнования для разработчиков алгоритмов расстановки контрольных точек [7].

Очевидно, что расстановка контрольных точек на лице – не самоцель. Как указано выше, основное назначение расстановки контрольных точек – последующее вычисление признаков. В простейшем случае с использованием координат контрольных точек могут вычисляться расстояния (для этого используются две контрольные точки) или углы (по трем контрольным точкам). Вычисленные признаки могут использоваться для определения параметров более высокого порядка, например, двигательных единиц, которые, в свою очередь, выступают в качестве основы для определения эмоционального состояния. В соответствии с [3], гнев является основным эмоциональным проявлением агрессии. В [3] также представлен перечень двигательных единиц, которые участвуют в формировании эмоции гнева. В таблице 2 приведены данные двигательные единицы с указанием номеров контрольных точек библиотек STASM и CLM-framework, которые могут использоваться для вычисления признаков с последующим определением двигательной единицы.

Таким образом, обе указанные библиотеки могут использоваться для определения двигательных единиц AU4, AU5, AU7, AU10, AU22, AU23, AU25 и AU26, которые участвуют в формировании эмоции гнева, а значит, потенциально могут использоваться для определения агрессии, которая является основной клинической формой делинквентного (а следовательно – и девиантного) поведения.

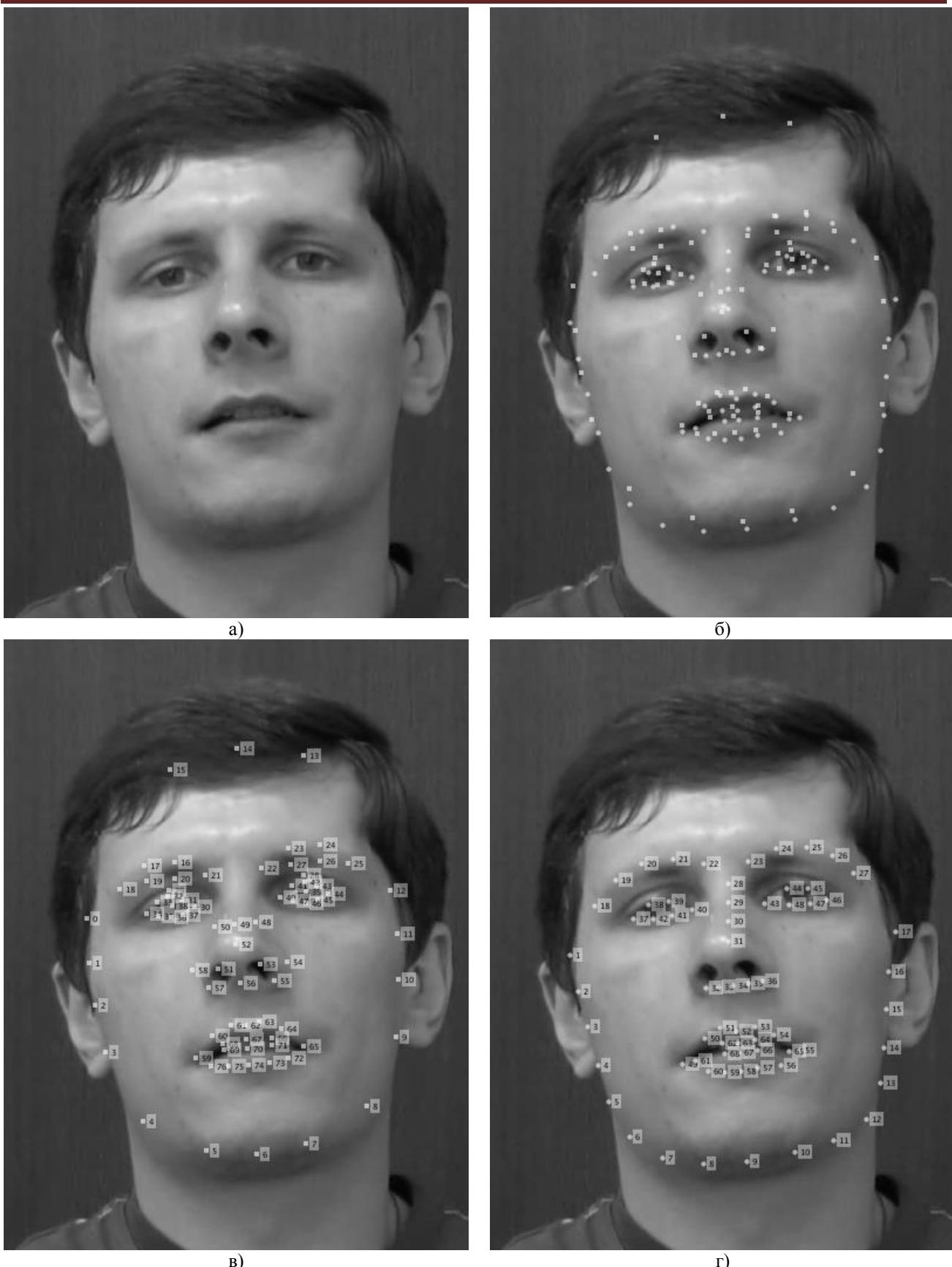


Рис. 1 – Изображение лица с точками, расставленными различными библиотеками

а) – исходное изображение лица; б) – изображение лица с точками, расставленными библиотеками STASM (квадраты белого цвета) и CLM-framework (круги белого цвета); в) – изображение лица с точками, расставленными библиотекой STASM (с номерами точек); г) – изображение лица с точками, расставленными библиотекой CLM-framework (с номерами точек)

Таблица 2 – Перечень двигательных единиц, участвующих в формировании эмоции гнева

Номер двигательной единицы	Оригинальное название двигательной единицы (на английском языке)	Двигательная единица	Номера контрольных точек библиотеки STASM	Номера контрольных точек библиотеки CLM-framework
4	brow lowerer	опускание брови	от 16 до 21; от 22 до 27; 30; 40; 52	от 18 до 22; от 23 до 27; 34; 40; 43
5	upper lid raiser	поднимание верхнего века	от 30 до 38; 29; от 39 до 47; 28	от 37 до 42; от 43 до 48
7	lid tightener	натягивание века	то же	то же
10	upper lip raiser	поднимание верхней губы	от 59 до 76; 30; 40; 52	от 49 до 68; 34; 40; 43
22	lip funneler	губы воронкой	то же	то же
23	lip tightener	натягивание губ	--/--	--/--
25	lips part	губы разведены	--/--	--/--
26	jaw drop	челюсть опущена	от 4 до 8; 30; 40; 52	от 6 до 12; 34; 40; 43

### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-5-2013. Информационные технологии. Биометрия. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 5. Данные изображения лица. Введ. 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 118 с.
2. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц. – Режим доступа <https://habrahabr.ru/company/synesis/blog/238129/> (дата обращения 08.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русск.
3. Бойко А.А. Подходы к автоматизированному определению склонности человека к противоправным действиям по мимическим проявлениям // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады XI МНТК с элементами научной молодежной школы, Владимир, 1-3 июля 2014 г. – Владимир, 2014. – Книга 2. – С. 36-39.
4. Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридов И.Н. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2011. - № 2. – С. 58-63.
5. Петрук В.И., Прояев П.О. Исследование алгоритма определения ракурса лица по 2D изображению // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. - № 8. – С. 50.
6. Система кодирования лицевых движений. – Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_кодирования\\_лицевых\\_движений#cite\\_note-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_кодирования_лицевых_движений#cite_note-1) (дата обращения 11.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русск.
7. 300 Faces In-the-Wild Challenge (300-W), ICCV 2013. – Режим доступа <http://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/300-W/> (дата обращения 13.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
8. Active shape models with Stasm. – Режим доступа <http://www.milbo.users.sonic.net/stasm/index.html> (дата обращения 12.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
9. Ekman P., Friesen W. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. – Palo Alto: Consulting psychologists press, 1978.
10. Gross R., Matthews I., Cohn J., Kanade T., Baker S. Multi-PIE // Image and vision computing. – 2010. - № 28 (5). – Р. 807-813.
11. TadasBaltrusaitis/CLM-framework (Cambridge Face Tracker). – Режим доступа <https://github.com/TadasBaltrusaitis/CLM-framework> (дата обращения 12.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

### COMPARISON OF DIFFERENT FACIAL FEATURE POINTS SETS AND THEIR APPLICABILITY FOR ACTION UNITS DETECTION USING VIDEO

Boiko A.A., Karankevitch A.I.

Biometric research and development center of Bauman Moscow state technical university  
(BMSTU Biometric R&D Center)

[boiko\\_andrew@mail.ru](mailto:boiko_andrew@mail.ru), [karankevitch@mail.ru](mailto:karankevitch@mail.ru)

Two facial feature points sets are described. The first set consists of 76 feature points that can be set by STASM library. The second set consists of 68 feature points that can be set by CLM-framework library. Each points set has

different number of feature points on particular face part, so comparison of these feature points sets has been performed. It is shown that in general these feature points sets have much in common with each other. Both of them can be used for particular distances and angles calculation to determine AUs 4, 5, 7, 10, 22, 23, 25 and 26 that are considered to be indicators of anger emotion and thus aggression and deviant behavior. Numbers of feature points to recognize the abovementioned action units are given.

---

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ ПРОЦЕССА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ Р.Б КЕТТЕЛА

Бойко А.А., Пилипенко М.Н., Спиридонов И.Н.  
 Московский государственный технический университет  
 имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана),  
[boiko\\_andrew@mail.ru](mailto:boiko_andrew@mail.ru), [mash\\_id@hotmail.com](mailto:mash_id@hotmail.com), [inspiridonov@yandex.ru](mailto:inspiridonov@yandex.ru)

Данная статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы (НИР) по теме «Разработка метода автоматизированного определения предрасположенности человека к противоправным действиям по особенностям невербального поведения»; основание для проведения НИР – задание № 2014/104 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России; код проекта – 1765.

В настоящее время интенсивно развивается направление автоматизации анализа мимики человека по видеоизображению. Области применения анализа мимики весьма разнообразны. К их числу могут быть отнесены:

1. Психология и психиатрия, в т.ч. – детская.
2. Криминалистика.
3. Профайлинг.
4. Подбор персонала.
5. Маркетинговые исследования.

Все существующие системы решают одну или несколько из перечисленных задач:

1. Определение одной из базовых эмоций, предложенных П. Экманом и У Фризеном (гнев, отвращение, страх, радость, печаль, удивление).
2. Определение степени выраженности состояния нервно-психического напряжения (например, в терминах «слабая», «умеренная», «чрезмерная») [5].
3. Определение степени искренности респондента.
4. Определение эмоционального отклика респондента на предъявляемый стимул.

При решении любой из указанных задач целесообразно осуществление декомпозиции мимической активности на некоторые атомарные паттерны. В задачах анализа мимики такими паттернами являются двигательные единицы (ДЕ; англ. Action Unit, AU) – «основные движения, совершаемые отдельными мышцами или группой мышц» [6]. Выделение двигательных единиц осуществляется с помощью методов распознавания образов, одним из этапов которого является обучение классификатора, которое требует наличия обучающей выборки.

Обучающая выборка формируется на основе баз данных видеоизображений, содержащих выражение эмоций. Эмоции, демонстрируемые респондентами на видеоизображениях базы, относят к одной из двух групп:

- произвольные (постановочные) эмоции (англ. “posed emotions” [11], “deliberate facial action tasks”, “artificial facial expression” [13]);
- непроизвольные эмоции (англ. “spontaneous facial expressions” [11], “authentic emotion” [13]).

Наиболее часто в исследованиях мимической активности анализируют изображения базы MMI Facial expression database. Указанная база обладает рядом преимуществ, к которым относятся доступность для научных групп на безвозмездной основе и возможность поиска по базе по заданным критериям (в частности, по номеру AU). Однако база MMI обладает двумя недостатками, которые часто ограничивают возможность анализа мимической активности. Во-первых, изображения базы имеют низкое разрешение (640x480 точек). Во-вторых, эмоции, представленные на видеоизображениях базы, являются произвольными. Основная сложность исследования произвольных эмоций заключается в том, что данных эмоции характеризуются чрезмерной выраженностью составляющих их двигательных единиц. Классификаторы, обученные на таких изображениях, показывают хорошие результаты на изображениях данной базы и весьма посредственные – на других изображениях.

Для разрешения описанного противоречия коллективом Научно-исследовательского и испытательного центра биометрической техники МГТУ им. Н.Э. Баумана была предпринята попытка регистрации базы данных видеоизображений, содержащей спонтанные эмоции. В качестве стимульного материала взят тест Р.Б. Кеттелла [3]. Опросник «Шестнадцать личностных факторов» Р.Б. Кеттелла (Опросник 16 ЛФ) является одним из

наиболее популярных личностных опросников [2]. Количество вопросов, соответствующих основным личностным факторам, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Основные личностные факторы, выявляемые тестом Р.Б. Кеттелла

Индекс	Название личностного фактора	Количество вопросов теста	Индекс	Название личностного фактора	Количество вопросов теста
1	Замкнутость – общительность	10	9	Подозрительность – доверчивость	10
2	Конкретное мышление – абстрактное мышление	13	10	Практичность – мечтательность	13
3	Эмоциональная нестабильность – эмоциональная стабильность (устойчивость)	13	11	Прямолинейность (наивность) – проницательность (искусственность, дипломатичность)	10
4	Подчиненность – доминантность	13	12	Спокойствие – тревожность	13
5	Сдержанность – экспрессивность	13	13	Консерватизм – радикализм	10
6	Низкая нормативность поведения – высокая нормативность поведения	10	14	Конформизм (зависимость от группы) – нонконформизм (самостоятельность)	10
7	Робость – смелость	13	15	Низкий самоконтроль – высокий самоконтроль	10
8	Реализм – [эмоциональная] чувствительность	10	16	Расслабленность – эмоциональная напряженность	13

Общее количество вопросов составило 184. Тест Кеттелла позволяет выявить индивидуальные различия в развитии свойств личности, является стандартизированной тестовой методикой, что позволяет говорить об объективности психологической диагностики. Достоинства теста Кеттелла:

- хороший охват личностной сферы;
- доказанность на основе статистических методов.

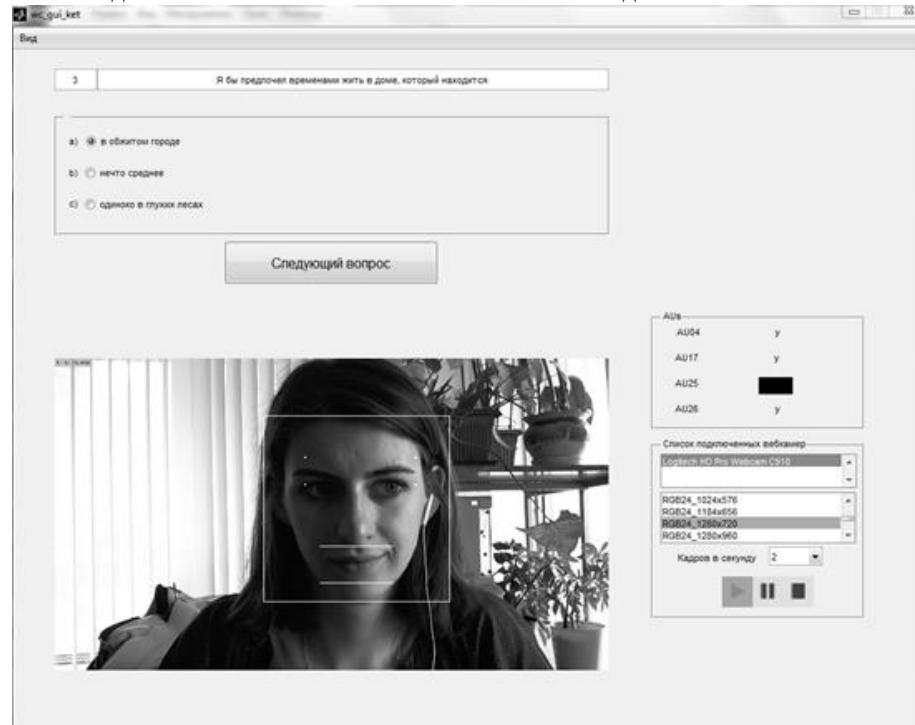


Рис.1 – Внешний вид рабочего окна программы для регистрации двигательной активности лица во время прохождения теста Кеттелла (на фотографии – Пилипенко М.Н.)

Недостатком теста является отсутствие выявленной взаимосвязи факторов в целостной личности, регуляции поведения человека.

Для регистрации базы данных видеоизображений, содержащих спонтанные эмоции, в MATLAB R2014a была разработана программа, позволяющая респонденту отвечать на вопросы теста Кеттелла в режиме реального времени. Вопросы и возможные варианты ответа предъявлялись на экране монитора. Внешний вид рабочего окна программы показан на рисунке 1.

Во время прохождения теста осуществлялась видеорегистрация лица респондента с помощью вебкамеры Logitech HD Pro Webcam C910 [10]. Управление вебкамерой также осуществлялось с применением разработанной программы, которая позволяла выполнять следующие настройки (см. рис. 1):

- выбор устройства регистрации из списка подключенных камер;
- выбор формата сохранения изображений;
- выбор частоты следования кадров.

При этом осуществлялась автоматическая детекция AU04, AU17, AU25 и AU26, которые являются признаками негативных эмоций (гнева и страха) [1].

В исследовании приняли участие 15 человек в возрасте от 22 до 30 лет, из них 6 человек женского и 9 мужского пола, обучающихся в МГТУ им. Н.Э. Баумана или уже получивших высшее образование. Количество кадров каждого из видеоизображений приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Количество кадров видеоизображений собранной базы данных

Видео	Количество кадров	Видео	Количество кадров	Видео	Количество кадров
01	1 728	06	1 924	11	1 311
02	1 624	07	3 195	12	2 117
03	1 928	08	1 610	13	1 233
04	2 331	09	3 044	14	1 646
05	2 356	10	2 423	15	1 485

Общее количество зарегистрированных кадров видеоизображений составило 29 955. Основные характеристики кадров видеоизображений представлены ниже:

- ширина 1 280 точек;
- высота 720 точек;
- горизонтальное и вертикальное разрешение 96 точек на дюйм;
- отношение площади изображения лица к площади всего изображения от 15 до 20 %.

Выделение области лица на изображении осуществлялось детектором Виолы-Джонса [9, 14]. На основе геометрических соотношений между элементами лица выделялись области глаз и бровей, а также губ (рисунок 1). По данным областям вычислялись текстурные признаки - локальные бинарные шаблоны [4]. В пространстве вычисленных признаков методом k-средних осуществлялась детекция AU04, AU17, AU25 и AU26.

В разработанной программе выполнена ручная разметка двигательных единиц по кадрам. Результаты ручной разметки представлены в таблице 3. Видео 01 не обрабатывалось и не представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты ручной разметки двигательных единиц

Двигательные единицы	Видео															Всего
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15		
AU01	0	0	0	0	0	0	168	8	0	2	0	0	0	0	0	178
AU02	0	19	74	49	0	12	25	143	3	1	3	0	19	74	354	
AU04	5	0	3	13	1	20	98	340	1650	21	0	5	0	3	2160	
AU06	0	0	0	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
AU07	0	1	0	0	1	0	23	13	61	56	0	0	1	0	0	314
AU10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
AU12	6	20	19	628	0	1	0	80	374	4	0	6	20	19	1154	
AU13	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
AU14	5	0	1	2	2	55	14	25	26	100	10	5	0	1	282	
AU15	0	0	0	2	0	2	0	10	5	0	3	0	0	0	0	22
AU16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AU17	1	2	6	3	0	14	0	6	0	12	6	1	2	6	83	
AU18	0	1	0	1	0	0	0	9	1	0	0	0	1	0	0	13
AU19	0	8	0	1	0	3	0	4	0	3	0	0	8	0	0	19
AU20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
AU21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AU23	0	17	2	5	0	6	0	9	4	2	8	0	17	2	72	
AU24	0	82	0	1	0	0	14	3	1	0	2	0	82	0	0	131
AU25	0	361	18	125	0	33	1	24	151	2	8	0	361	18	732	
AU26	0	1	0	23	0	38	0	30	31	1	0	0	1	0	0	125
AU28	0	13	0	9	6	18	11	0	0	5	15	0	13	0	0	83

Двигательные единицы	Видео														Всего
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
AU32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AU35	0	21	0	1	0	0	1	11	0	5	0	0	21	0	47
AU36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7
AU38	0	0	4	0	0	0	1	79	0	2	0	0	0	4	86
AU42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
AU43	46	25	66	77	41	49	50	132	143	60	0	46	25	66	817
всего AU	63	572	194	1073	51	251	406	929	2450	277	58	174	190	133	6821

Следующие двигательные единицы: AU03, AU05, AU08, AU09, AU11, AU22, AU27, AU29, AU30, AU31, AU33, AU34, AU37, AU39, AU40, AU41 не обнаружены ни у одного из респондентов и потому не включены в таблицу 3.

Анализ данных таблицы 3 позволяет сделать следующие выводы:

- распределение количества двигательных единиц по респондентам крайне неравномерно и различается на 2 порядка: так, у 6-го респондента общее количество двигательных единиц составляет 51, а у 10-го респондента общее количество двигательных единиц составляет 2 450.
- распределение количества по видам двигательных единиц также неравномерно. Меньше всего обнаружено двигательных единиц AU16, AU21, AU32, AU42 (1). Больше всего обнаружено AU04 (2160);
- примеры демонстрации AU01, AU02, AU04, AU06, AU07, AU12, AU14, AU17, AU23, AU24, AU25, AU26, AU28, AU38, AU43 могут быть взяты для повторного обучения классификатора;
- примеров демонстрации других двигательных единиц для повторного обучения классификатора недостаточно. Следует или отказаться от их анализа, или изменить методику проведения эксперимента таким образом, чтобы увеличить количество наблюдений данных двигательных единиц;
- выделенные двигательные единицы (AU01, AU02, AU04, AU06, AU07, AU12, AU14, AU25 – для LAUD; AU01, AU02, AU04, AU06, AU07, AU12, AU14, AU17, AU24, AU25, AU26 – для TAUD) входят в перечень двигательных единиц, автоматически детектируемых программами LAUD [6, 11] и TAUD [7, 11], а следовательно, изображения собранной базы данных могут быть проанализированы в ходе тестирования названных программ.

В целом, предложенный подход может быть применен для формирования баз данных спонтанных проявлений отдельных двигательных единиц.

#### Библиографический список

1. Бойко А.А. Подходы к автоматизированному определению склонности человека к противоправным действиям по мимическим проявлениям // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады XI МНТК с элементами научной молодежной школы, Владимир, 1-3 июля 2014 г. – Владимир, 2014. – Книга 2. – С. 36-39.
2. Вещугина Т.С. Применение психоdiagностических методов в работе с персоналом деловой организации // Личность. Культура. Общество. – 2004. – Т. IV. № 3 (23). – С. 105-118.
3. Капустина А.Н. Многофакторная личностная методика Р. Кеттелла. – СПб.: Речь, 2007. – 104 с. – (Практикум по психоdiagностике).
4. Кашапова Л.Х., Бойко А.А., Спиридовон И.Н. Разработка алгоритма оценки эмоционального состояния по изображению лица с использованием локальных бинарных шаблонов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011. № 10. – С. 105-109.
5. Немчин Т.А. Состояния нервно-психического напряжения. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 167 с.
6. Система кодирования лицевых движений. – Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_кодирования\\_лицевых\\_движений#cite\\_note-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_кодирования_лицевых_движений#cite_note-1) (дата обращения 11.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. русск.
7. AU detector (LAUD 2010). – Режим доступа <http://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/laud-programme-20102011/> (дата обращения 18.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
8. AU detector (TAUD 2011). – Режим доступа <http://ibug.doc.ic.ac.uk/resources/temporal-based-action-unit-detection/> (дата обращения 18.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
9. Bettadarupa V. Face expression recognition and analysis: The state of the art. Tech report. – 2012.
10. Logitech support. HD Pro Webcam C910. Режим доступа [http://support.logitech.com/en\\_us/product/hd-pro-webcam-c910](http://support.logitech.com/en_us/product/hd-pro-webcam-c910) (дата обращения 18.04.2016), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
11. Sebe N., Lew M.S., Sun Y., Cohen I., Gevers T., Huang T.S. Authentic facial expression analysis // Image and vision computing. – 2007. – Vol. 25. № 12. – P. 1856-1863.
12. Valstar M.F., Pantic M., Jiang B. Action Unit detection using sparse appearance descriptors in space-time video volumes // Proceedings of Int'l Conf. on Automatic face and gesture recognition (FG'11). – 2011. – P. 1-8.

13. Valstar M.F., Pantic M. Induced disgust, happiness and surprise: an addition to the MMI Facial expression database // Proceedings of Int'l Conf. Language resources and evaluation, Workshop on EMOTION. – 2010. – P. 65-70.
14. Viola P., Jones M.J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // Proceedings of IEEE Conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). – 2001. – Vol. 1. – P. I-511-I-518.

### ACTION UNITS DETECTION USING VIDEO OF PSYCHOLOGICAL TESTING ACCORDING TO R.B. CATTELL

Boiko A.A., Pilipenko M.N., Spiridonov I.N.  
Bauman Moscow state technical university (BMSTU)  
[boiko\\_andrew@mail.ru](mailto:boiko_andrew@mail.ru), [mash\\_id@hotmail.com](mailto:mash_id@hotmail.com), [inspiridonov@yandex.ru](mailto:inspiridonov@yandex.ru)

Necessity of acquisition of database that contains videos of spontaneous Action Units exposure is shown. An approach towards acquisition such a database by means of video recording person's face while taking R.B. Cattell psychological test is described. Brief description of R.B. Cattell psychological test is given, psychic traits that could be detected through the use of R.B. Cattell test are presented. Application software that had been written in MATLAB R2014b for acquisition the abovementioned database is described. Characteristics of collected images are given. Structure of the database is talked about as well as number of particular Action Units in it. A conclusion about reasonability of using aforementioned approach towards considered Action Units database acquisition is drawn.

### ◆ НЕКООПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

А.А. Таранов\*, И.Н. Спиридовон\*

\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: [pi-null-mezon@yandex.ru](mailto:pi-null-mezon@yandex.ru)

Проведено исследование методов некооперативного контроля показателей жизненно важных функций организма человека. Особое внимание удалено методам, основанным на обработке цифровых видеоизображений. В результате аналитического исследования установлено, что современные технические средства позволяют проводить некооперативный контроль таких показателей как: частота сердечных сокращений, частота дыхания, периферическая капиллярная сатурация крови и температура лба. При этом относительная погрешность некооперативных методов измерения находится в диапазоне от 5 % до 15 %. Также установлено, что применение методов некооперативного контроля сопряжено с необходимостью решения ряда общих проблем, таких как: перемещения объекта, изменение условий окружающей среды, кратковременность наблюдений и обсервационный характер измерений.

К показателям жизненно-важных функций организма, согласно разным источникам, относят от четырёх до восьми характеристик, отражающих состояние функциональных систем организма [1]. При этом, только шесть могут быть измерены инструментально. К группе основных показателей относят:

- температуру тела, измеряется в градусах по шкале Цельсия,
- частоту сердечных сокращений, измеряется в ударах в минуту,
- частоту дыхательных движений, измеряется во вдохах в минуту,
- артериальное давление, мм рт. ст.

И группу дополнительных показателей, к которым относят:

- степень оксигенации артериальной крови, измеряется в %,
- концентрация глюкозы в крови, измеряется в ммоль/л.

Такое деление обусловлено историческими причинами и не отражает степени важности показателей. По значениям показателей накоплен обширный клинический опыт и установлены популяционные нормы, которые используются в медицине для диагностики различных заболеваний, контроля процессов лечения и реабилитации, наблюдения за состоянием пациента во время операций и др.

Некооперативное измерение предполагает, что объект измерения (т.е. человек у которого непосредственно измеряется значение показателя) не изменяет своё поведение из-за измерения. При этом, чаще всего, неявно предполагается, что объект не информируется о самом акте измерения. Отметим, что все без исключения классические методы измерения показателей жизненно важных функций не являются некооперативными. Например, измерение температуры подмышечной впадины требует установки термометра в место назначения и удержания его до наступления теплового равновесия. Естественно, что такой метод измерения требует, чтобы объект сотрудничал или, в крайнем случае, не оказывал сопротивления. В обоих

случаях, тем не менее, акт измерения прямым образом действует на объект и его поведение. Если для решения медицинских задач это допустимо, то для решения ряда других задач кооперативные методы не подходят. К таким задачам, например, относится обеспечение безопасности в местах массового скопления людей, выявление лиц, угрожающих общественному порядку и др.

Современная техника предоставляет широкие возможности для некооперативного измерения показателей жизненно важных функций. За исключением артериального давления и концентрации глюкозы в крови, т.е. для всех прочих показателей, уже была доказана принципиальная возможность некооперативного измерения. Для частоты сердечных сокращений это было сделано несколькими методами: в 2010 г. посредством анализа цифрового видеоизображения лица человека [2] и чуть раньше биорадиолокационным методом [3], - причём второй позволял измерять ещё и частоту дыхания. Примерно в то же время стали появляться сообщения о бесконтактных измерениях периферической оксигенации крови [4]. Некооперативные методы измерения температуры тела при помощи тепловизионных и пирометрических приборов известны уже относительно давно.

Интересно отметить, что все некооперативные методы измерения показателей жизненно важных функций являются бесконтактными. Именно поэтому ни для артериального давления, ни для концентрации глюкозы в крови до сих пор не было предложено точных методов некооперативного измерения. Все сообщения о создании подобных средств измерения основаны на применении косвенных измерений и регрессионных зависимостей. На поверку, такие методы не являются универсальными и не могут обеспечить независимость метрологических характеристик от индивидуальных особенностей биообъекта.

В то же время бесконтактные методы измерения нужно разделить на три класса по направленности воздействия на объект. К первому классу следует отнести методы, которые требуют применения активного зондирования биообъекта, например биорадиолокацию. Биорадиолокационный метод измерения основан на эффекте модуляции радиолокационного сигнала колебательными движениями и перемещениями органов биологического объекта. Для измерения биорадиолокационного сигнала требуется зондировать биообъект электромагнитными волнами высокой частоты (от 1,0 до 15,0 ГГц). Погрешность измерения частоты сердечных сокращений в некооперативном режиме составляет до 5-ти ударов в минуту, частоты дыхания до 3-х вдохов в минуту [3]. К преимуществам биорадиолокации следует отнести возможность измерения через непрозрачные для света диэлектрические преграды, к недостаткам – дорогостоящее измерительное оборудование.

Ко второму классу следует отнести методы, которые основаны на пассивном зондировании биообъекта, как например видеоплетизмография. Этот метод не требует применения специальных источников излучения, вместо этого регистрируется естественный световой поток, отражаемый от поверхности тела. Источником излучения в этом случае служит Солнце и приборы искусственного освещения. В некооперативном режиме погрешность измерения частоты сердечных сокращений достигает 9-ти ударов в минуту [5]. Известно также, что проводятся активные исследования способов измерения по видеоплетизмограмме частоты дыхания и степени оксигенации артериальной крови, но относительная погрешность таких измерений всё ещё больше 10 %. К преимуществам видеоплетизмографии следует отнести расширяемость (видеоизображение служит ценным источником вспомогательной информации) к недостаткам – низкую точность.

Наконец, к третьему классу следует отнести методы, которые основаны на регистрации собственного излучения биообъекта. К этому классу относится тепловидение, источником информации для которого является собственное тепловое излучение биообъекта в среднем инфракрасном диапазоне (максимум светимости собственного излучения тела человека приходится на диапазон длин волн от 5 до 10 мкм). Погрешность измерения температуры таким способом для отдельных средств измерения не превышает 0,2 градусов по шкале Цельсия (заметим, что это больше, чем погрешность знакомого всем ртутного термометра ГОСТ 13646), а чувствительность может достигать тысячных долей градуса. Тем не менее, нужно отметить, что измеряемая таким способом температура отражает температуру поверхности биообъекта. При этом известно, что среднеквадратическое отклонение разницы между температурой поверхности лба и температурой подмышечной впадины составляет от 1,0 до 1,5 градусов. Это значит, что по измерению температуры лба нельзя узнать точную температуру тела (под температурой тела понимается температура подмышечной впадины) и на практике затруднено даже распознавание таких состояний как озноб и жар. Тем не менее, температура лба имеет свой диапазон нормальных значений и может использоваться для распознавания людей с отклонениями. Известно, что сейчас во многих международных аэропортах для этого применяются тепловизоры.

Очевидно, что методы второго и третьего классов являются более предпочтительными для некооперативного контроля. В этом случае отсутствует направленное измерительное воздействие на объект, которое само по себе изменяет его состояние. Тем не менее, несмотря на возможность некооперативного измерения показателей нерешённой остаётся проблема интерпретации их значений. Дело в том, что некооперативные измерения, как уже было сказано, не предполагают активного участия объекта в акте измерения, поэтому все результаты некооперативного контроля являются обсервационными. Недостатком такого рода наблюдений является невозможность однозначного определения причины, вызывающей получение того или иного значения. Например, повышение значения частоты сердечных сокращений может быть в равной степени обусловлено эмоциональным возбуждением и выполнением активной физической работы.

Это не единственная проблема некооперативных методов контроля показателей жизненно важных функций. Другой существенной проблемой является ограничение на время измерения. Так как естественным

поведением биологического объекта является перемещение в пространстве, то он остаётся в поле зрения средств измерения ограниченное время. Его величина зависит от ширины поля зрения средств измерения и скорости перемещения объекта. Для таких показателей как частота сердечных сокращений и частота дыхания, ограничения времени существенно влияют на погрешность измерения. Так как сами единицы измерения этих величин: ударов в минуту, вдохов в минуту, – требуют подсчёта количества движений в течение одной минуты. Также собственные движения объекта сами по себе являются источником помех для некооперативных измерений, это отмечают все источники.

Наконец следует отметить, что на погрешность некооперативных измерений влияют изменения условий окружающей среды. Причём они оказывают действие не только на измерительные приборы, но также на биологический объект. Например, изменения температуры воздуха приводят к изменению температуры кожного покрова. Изменения освещённости приводят к необходимости регулировки экспозиции и усиления средств видеорегистрации. Подобных примеров можно привести множество. Все они усложняют задачу некооперативного контроля показателей жизненно важных функций.

Остановимся подробнее на рассмотрении методов некооперативного контроля показателей жизненно важных функций, основанных на применении средств цифровой видеорегистрации. Эти методы следует признать наиболее перспективными, так как они позволяют измерять максимальное количество показателей (частоту сердечных сокращений, частоту дыхания, степень оксигенации) при помощи минимального набора технических средств, которые к тому же имеют гораздо более широкое распространение, чем биорадиолокаторы и тепловизоры. В этом случае основным прибором для регистрации первичных сигналов является цифровая видеокамера, которая обладает пространственным, временным, спектральным и яркостным разрешениями. За счёт этого цифровой видеосигнал содержит в себе большой объём информации, которая может быть использована не только для измерения показателей, но также для трекинга объектов, одновременного контроля показателей нескольких объектов [2], распознавания принадлежности объекта тому или иному классу (например, распознавание пола и возраста человека, его расовой принадлежности и т.п.). Перспективным также является применение цифровых видеокамер, объединяющих в себе два спектральных канала: для регистрации видимого диапазона спектра и среднего инфракрасного, – такие средства измерения позволяют дополнительно измерять температуру поверхности биообъекта.

В настоящее время существует несколько подходов к обработке цифровых видеоизображений для измерения частоты сердечных сокращений. Все они основаны на обработке той части изображения, которая изображает лицо. Хотя есть сообщения о том, что другие участки кожного покрова (например, тыльная сторона кистей рук) также позволяют зарегистрировать сигнал видеоплетизмограммы, лицо является более удобным объектом для некооперативного контроля. Исторически первым алгоритмом расчёта сигнала видеоплетизмограммы был алгоритм покадрового пространственного усреднения яркости пикселей, он был наиболее простым, но не был устойчив к помехам связанным с собственными движениями головы объекта. Позже были предложены методы компенсации двигательной помехи посредством отслеживания положения лица, а также расчёта пульсовой компоненты сигнала изменения оптической плотности кожи методом независимых компонент. Известны сообщения о применении техники Эйлеровского усиления видеоизображения для решения задачи измерения частоты сердечных сокращений и частоты дыхания. Регистрация изменений коэффициента отражения кожи не является единственным способом применения видеоизображения для измерения частоты сердечных сокращений. Альтернативный подход заключается в отслеживании периодических наклонов головы, связанных с движением пульсовой волны кровотока по сонной артерии. Однако, такой метод имеет сравнительно низкую устойчивость к помехам обусловленным движениями объекта и для некооперативного контроля на практике не применим.

Если для измерения частоты сердечных сокращений по видеоизображению было предложено множество подходов, то измерения частоты дыхания и степени оксигенации исследованы в меньшей степени. Тем не менее, известно, что для измерения частоты дыхания применяется всё тот же сигнал видеоплетизмограммы, но в нём анализируются более низкочастотные чем для сердцебиения компоненты гармонического спектра сигнала. Для измерения степени оксигенации применяется так называемый метод отношения отношений, который также основан на гармоническом анализе сигнала видеоплетизмограммы, но требует как минимум двух спектральных каналов для расчёта. Нужно отметить, что, несмотря на успешное развитие алгоритмов измерения частоты сердечных сокращений и частоты дыхания, алгоритмы измерения степени оксигенации предъявляют к видеоизображению повышенные требования и стандартные цифровые видеокамеры (с 8-битным трёхканальным RGB датчиком) уже не могут обеспечить относительную погрешность измерений менее 5 %.

Проведён аналитический обзор области некооперативного контроля показателей жизненно важных функций организма. Определён список показателей, проанализированы методы их измерения, установлены предельные значения погрешностей, описаны общие проблемы методов контроля. В силу отсутствия достоверных источников, не были затронуты такие экзотические методы некооперативного контроля как использование магнитных и звуковых полей, а также применение терагерцевого излучения.

#### **Библиографический список**

1. Malcolm Elliott and Alycia Coventry «Critical care: the eight vital signs of patient monitoring», British Journal of Nursing, 2012, Vol 21, No 10;

2. Ming-Zher Poh, Daniel J. McDuff and Rosalind W. Picard «Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation», OPTICS EXPRESS, 2010, Vol. 18, No 10;
3. Анищенко Л.Н., Парашин В.Б. Технология биорадиолокационного мониторинга двигательной активности, дыхания и пульса человека // Технологии живых систем. 2009. №3. С. 50 – 58.
4. Humphreys K., Ward T., Markham C. «Noncontact simultaneous dual wavelength photoplethysmography: a further step toward noncontact pulse oximetry», Rev Sci Instrum. 2007 Apr;78(4):044304. PubMed PMID: 17477684.
5. Таранов А.А., Спиридов И.Н. «Регистрация фотоплетизмограммы и измерение частоты артериального пульса при помощи вебкамеры», Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 10. с.71-80.

### **NON-COOPERATIVE MONITORING OF VITAL FUNCTIONS**

Taranov A. A.\*; I. N. Spiridonov\*

\*Federal state budgetary educational institution of higher professional education  
BAUMAN MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY,  
105005, Moscow, 2-nd Baumanskaya, 5/1, e-mail: [pi-null-mezon@yandex.ru](mailto:pi-null-mezon@yandex.ru)

An study of the methods of non-cooperative monitoring indicators of vital functions of the human body was performed. Special attention was paid to the methods based on processing of digital video images. As a result of the analytical study were found that modern techniques allow for non-cooperative monitoring of such indicators as heart rate, respiratory rate, peripheral capillary saturation of blood and forehead temperature. In this case the relative error of non-cooperative measurement methods is in the range from 5% to 15 %. It is also established that the application of methods of non-cooperative control deals with the necessity of solving some common problems, such as moving of the object, changes in environmental conditions, the short duration of observations and observational nature of the measurements.

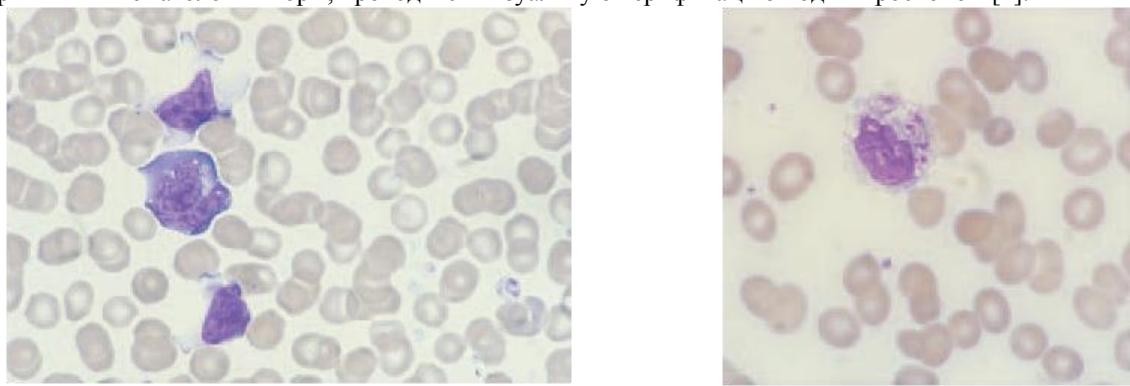
---

### **КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОНОВ**

Штадельманн Жоэль Валентин  
БМТ-1 «Биомедицинские технические системы»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[joel.stadelmann@gmail.com](mailto:joel.stadelmann@gmail.com)

Анализ крови – наиболее часто востребованный врачами вид лабораторного исследования [1, 2]. В процессе клинического анализа крови осуществляется подсчёт тромбоцитов и клеток крови, в том числе лейкоцитов. Лейкоциты – главные агенты иммунной системы, поэтому определение их формулы используется при диагностике большинства заболеваний. Количественные отклонения её состава, так же как особенности клеточной морфологии, являются признаками для определения диагноза (Рисунок 1) [2, 3].

Для определения лейкоцитарной формулы можно применить метод проточной цитометрии, при котором анализируются импеданс и рассеивающие характеристики клеток. В результате определены общее число лейкоцитов каждого класса и их относительные концентрации. Однако анализировать морфологию лейкоцитов с использованием аппаратов проточной цитометрии невозможно, и если полученные результаты отличаются от принятых в гематологии норм, проводится визуальную верификацию под микроскопом [4].



Рису. 1. Изображения лейкоцитов, показывающих морфологические маркеры (а) мононуклеоза и (б) ВИЧ [2]

Второй метод определения формулы крови – микроскопическое исследование мазка крови. Для применения этого метода необходимо приготовить мазок, который анализируется врачом-лаборантом под микроскопом. Стандартная процедура визуального анализа учитывает то что клеток [5, 6], что не обеспечивает статистическую достоверность результатов. Поэтому разработка комплекса автоматического визуального определения формулы белой крови является актуальным.

Процесс, обычно применен для автоматического визуального анализа, включает в себе ряд этапов: сначала проведена оценка качества изображений препаратов [5, 7, 8]. Далее решается задача обнаружения лейкоцитов, в результате которого каждый лейкоцит представлен отдельно в центре одного изображения. Сегментация обнаруженных лейкоцитов позволяет выделить лейкоцит от фона и окружающих фрагментов эритроцитов. Для сегментации необходимы существенные временные затраты и качество её результатов не поддается объективной оценке. Результатом сегментации являются выделения отдельных изображений ядра и цитоплазмы анализируемого лейкоцита [7, 8]. После выполнения сегментации, рассчитывается комплекс признаков, которые используются для многомерной логистической регрессии, что позволяет осуществлять классификацию.

Если сравнить различные этапы визуального определения формулы белой крови с его автоматизированным аналогом, то можно заметить, что два этапа автоматизированного процесса – обнаружение и сегментации – не найдут аналога при визуальном анализе. Так как плохую сегментацию можно определить визуально (Рисунок 2), то в первой очереди для усовершенствования автоматизированной классификации лейкоцитов необходимо разработать классификатор без сегментации.

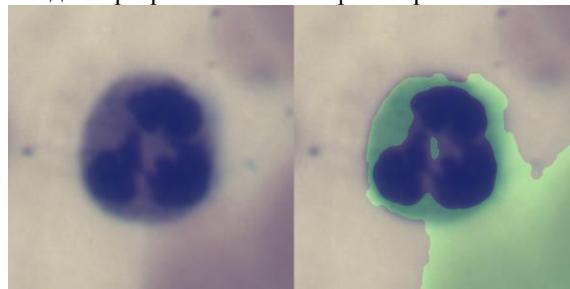


Рис.2. Пример неудачной сегментации

Искусственные нейроны являются простыми расчётными единицами, которые выполняют взвешенную сумму их входов, и затем выполняют по этой сумме определённую математическую функцию, чаще всего сигмоиду или арктангенс [9, 10].

Использование этих простых расчётных единиц в сочетании, называемым сетью, позволяет аппроксимировать сложные функции. Например, аппроксимация тождественности между входом и выходом позволяет в автоматическом режиме минимизировать пространство признаков для описания входа [9, 10]. Для этого необходимо определить топологию и веса соединений сети. Топология обычно определяется исследователем. Для определения весов принято использовать алгоритм обратного распространения ошибок [9].

Свёрточные нейроны представляют себя вариантом искусственных нейронов, для которого входом является не вектор, а матрица. Нейрон выполняет свёртку этой матрицы с заранее определённым ядром, что позволяет в этой матрице выделить особенные характеристики. Использование свёрточных нейронов позволяет выделить визуальные особенности изображений, что снижает размерность входных данных [10]. Так как пространственно близкие точки входной матрицы выдают подобные результаты свёртки, лучшие из них необходимо отобрать, поэтому после слоя свёрточных нейронов используется слой отбора по максимуму значений.

Для классификации лейкоцитов были собраны две сети, описанные в научной литературе для классификации образцов по изображениям: сеть LeNet-5 и сеть CIFAR-10 [11].

Первая сеть, использованная для оценки свёрточных нейронов в классификации лейкоцитов без сегментации представляет собой вариантом сети LeNet-5. Сеть LeNet-5 была разработана для распознавания рукописных цифр и часто применяется с использованием базы изображений цифр MNIST для оценки работы систем распознавания образов. В этом варианте последний радиально-базисный слой был заменён на полностью связанный слой с активационной функцией арктангенс. Схема и характеристики сети – показаны на рисунке 3.

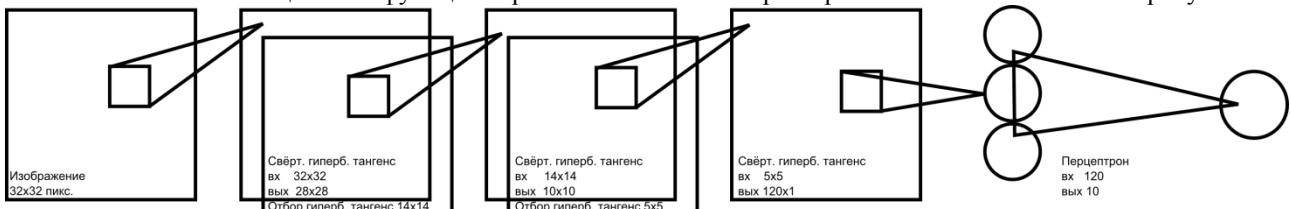


Рис.3. Структура сети LeNet-5

Сеть CIFAR-10 представляет собой расширением сети LeNet-5, которой были добавлены слой отбора. Эта сеть используется совместно с базой изображений CIFAR-10 для оценки систем оценки работы систем распознавания образов. База CIFAR-10 содержит 60000 цветных изображений из 10 разнообразных классов, таких как «самолёт» или «олень» [12]. Вывод осуществляется с использованием двух полно-связанный слоёв, осуществляющих функцию идентичности. Схема и характеристики сети – показаны на рисунке 4.

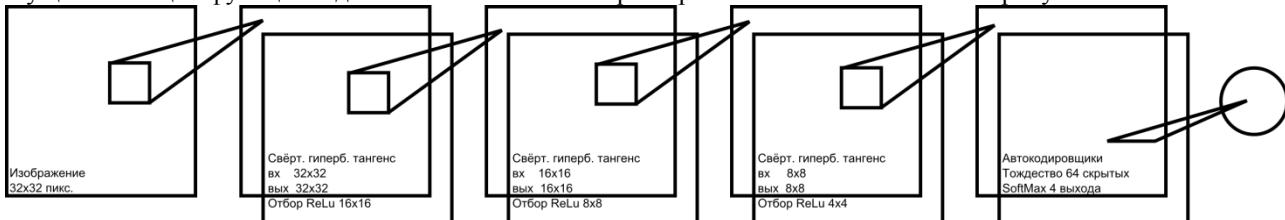


Рис. 4. Структура сети CIFAR-10

Эффективность классификации была проверена с использованием базы данных изображений лейкоцитов, проверенных врачом-гематологом. Численности различных групп приведены в таблице 1. Результаты классификации с использованием сетей LeNet-5 и CIFAR-10 показаны в таблицах 2 и 3 соответственно.

Таблица 1 – Состав базы данных изображений лейкоцитов

	Обучение	Контроль
Эозинофилы	18	19
Лимфоциты	100	185
Моноциты	24	24
Нейтрофилы	100	233

Таблица 2 – результаты классификации лейкоцитов с использованием сеть LeNet-5

	Общее число	Результаты классификации			
		Эозинофилы	Лимфоциты	Моноциты	Нейтрофилы
Эозинофилы	19	0	0	0	0
Лимфоциты	185	1	159	4	96
Моноциты	24	0	0	0	0
Нейтрофилы	233	18	26	20	137

Таблица 3 – результаты классификации лейкоцитов с использованием сеть CIFAR-10

	Общее число	Результаты классификации			
		Эозинофилы	Лимфоциты	Моноциты	Нейтрофилы
Эозинофилы	19	3	4	5	7
Лимфоциты	185	0	172	5	8
Моноциты	24	1	6	16	1
Нейтрофилы	233	1	9	0	223

Вероятность правильной классификации составляет 64,2% при использовании сети LeNet-5 и 89,8% при использовании сети CIFAR-10. Эта разница обусловлена топологией сетей, что происходит от их предназначения: изображения базы данных CIFAR-10 более разнообразны, чем изображения базы MNIST. Поэтому для их классификации было необходимо разработать более выносливую сеть, что отражается, когда сеть применена для распознавания других образов. Низкая вероятность корректного распознавания эозинофилов и моноцитов обусловлена малой размерностью этих классов в базе изображений.

Таким образом сформируется вывод о возможности использовать сети свёрточных нейронов для классификации лейкоцитов. Их работы без сегментации и без определения вектора признаков позволяет так приблизиться к когнитивному процессу распознавания, осуществленному лаборантом, как и убрать два этапа, что являются источниками понижений вероятностей правильной классификации.

Сравнение результатов, полученных с использованием двух различных сетей LeNet-5 и CIFAR-10, позволяет сделать вывод, что топология сети является решающим фактором для качества распознавания, что можно будет оптимизировать эволюционными методами.

#### Библиографический список

1. Козинец Г.И. Атлас клеток крови и костного мозга. – М., Л.: Триада-Х, 1998. – 150 с.
2. Bain B.J. Blood Cells – A Practical Guide. Malden: Blackwell Publishing Ltd, 2006. 476 p.

3. Воробьев А.И. Клинико-диагностическое значение лабораторных показателей в гематологии // РАМН ГНЦ. 2001. 17 с.
4. Hyun B.H., Gulati G.L., Ashton J.K. Differential Leukocyte Count: Manual or Automated, What Should It Be? // Yonsei Medical Journal. 1991. Vol. 32. №. P. 283 – 291.
5. Самородов А.В. Биотехническая система для анализа морфологии эритроцитов: Дис. ...канд. техн. наук. М. 2002. 168 с.
6. Штадельманн Ж.В. Биотехническая система для автоматического определения формулы белой крови: Дис. ... канд. техн. наук. М. 2012. 96с.
7. Samorodov A.V. Building intelligent systems for the analysis of microscopic images in medicine and biology // Pattern Recognition and Image Analysis. (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2013. Т. 23. № 4. С. 508-511.
8. Штадельманн Ж. В., Спиридовон И.Н. Автоматическая классификация лейкоцитов на изображениях мазков крови // Медицинской Техники. 2012. №2. С. 43 – 47.
9. A. Ng, J. Ngiam, C.Y. Foo, Y. Mai, C. Suen. Unsupervised Feature Learning and Deep Learning Tutorial // Standford University Ressources, Режим доступа : [http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/UFLDL\\_Tutorial](http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/UFLDL_Tutorial) (дата обращения 01.04.2016)
10. Y. Bengio, Practical Recommendation for Gradient-Based Training of Deep Architectures arXiv:1206.5533v2, 2012 Режим доступа : <http://arxiv.org/pdf/1206.5533v2.pdf> (дата обращения 01.04.2016)
11. Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, Gradient-based learning applied to document recognition // Proceedings of the IEEE, 86, 1998, pp. 2278-2324.
12. A. Krizhevsky. Learning Multiple Layers of Features from Tiny Images // Computer Science Department, Toronto University, Toronto, 2009, 60p.

### LEUKOCYTE CLASSIFICATION USING CONVOLUTIONNAL NEURAL NETWORKS

Stadelmann Joël Valentin  
 BME-1 « Biotechnical Systems and Devices »  
 Bauman Moscow State Technical University  
[joel.stadelmann@gmail.com](mailto:joel.stadelmann@gmail.com)

Leukocyte classification is one of the most frequently required analyses in clinical practice. It is usually performed using flow cytometry apparatuses. Those apparatuses do not make possible to analysis leukocyte morphological features. Moreover they must be completed by visual confirmation whenever the received results differ from haematological norms.

Visual blood smear examination is error prone and not statistically reliable. Therefore automated vision systems are being developed. This article presents a vision system that realizes leukocyte classification using convolutionnal neural networks thus removing two sources of error: leukocyte segmentation and feature space creation. The correct classification rate using the presented network structure is 89%.

---

### ОЦЕНКА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ

Л.О. Акуленко, Ж.В. Штадельманн  
 БМТ-1 «Биомедицинские Технические Системы», МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[akulenko.leonid@protonmail.com](mailto:akulenko.leonid@protonmail.com)

Артроз – дегенеративно-дистрофическое заболевание суставов, причиной которого является поражение хрящевой ткани суставных поверхностей [1]. Изменение морфологии сустава приводит к нарушению функциональности сустава, вследствие чего возникает боль и снижается уровень жизни пациента [2, 3].

Существующие аппаратно-программные комплексы и методы визуальной диагностики, используемые для оценки состояния коленного сустава, обладают рядом недостатков, такими как субъективность, вызванная зависимостью результатов диагностики от показаний пациента и личного опыта врача, и недоступность, обусловленная высокой стоимостью и большим количеством периферийных элементов аппаратно-программного комплекса [4, 5].

Первичные исследования по разработке биотехнической системы автоматизированного определения параметров ходьбы доказали работоспособность метода бесконтактного определения параметров коленного сустава, который базируется на измерении значений угла сгибания-разгибания коленного сустава [6, 7, 8].

Для оценки метрологической характеристики разработанной системы проводилось определение точности измерения угла на испытательной установке (рис. 1), состоящей из:

1. камеры;

2. плоскости положения угла;
3. средства измерения углов.

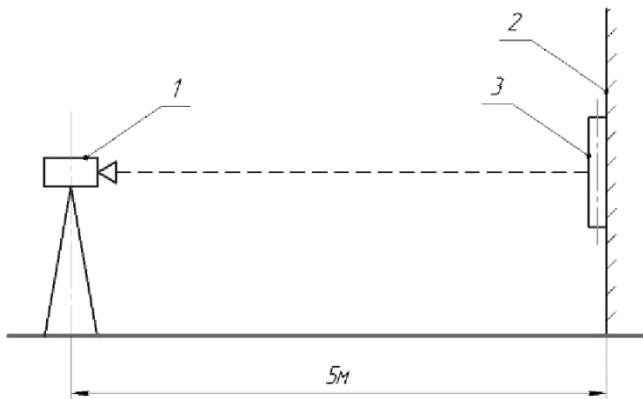


Рис. 1. Схема испытательной установки.

Средство измерения углов является эталонным средством измерения, которое позволяет определить известный статический угол, установленный на транспортире и являющийся аналогом динамического угла сгиба-разгиба коленного сустава в фиксированном моменте. Для определения угла используются ИК-маркеры, которые устанавливаются в вершину и на стороны измеряемого угла.

Определение точности измерения угла производилось с учетом суммарной погрешности работы системы. Из анализа процесса измерения угла выявлены причины возникновения погрешностей измерений:

1. средства измерения угла;
2. методика измерения;
3. влияние оператора.

Процесс измерения угла состоит из последовательности этапов. В начале оператор биотехнической системы устанавливает три ИК-маркера в положения вершины и на стороны измеряемого угла, делает снимок и удаляет ИК-маркеры из плоскости положения угла. Затем оператор производит цифровую фильтрацию полученного изображения и расчет значений измеряемого угла. В конце оператор производит сравнение измеренного значения угла с измеряемым и оценку суммарной погрешности системы.

Для оценки суммарной погрешности биотехнической системы были произведены две серии (двумя разными операторами) из десяти измерений для углов:  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ, 180^\circ$  (табл. 1). Оценка производилась из сравнительного анализа среднего квадратичного отклонения значений погрешности измеряемого статического угла.

Таблица 1.

Абсолютные показатели вариации значений суммарной погрешности системы.

Угол	Среднее квадратичное отклонение	
	Серия измерений №1	Серия измерений №2
$30^\circ$	0.1	0.1
$45^\circ$	0.1	0.2
$60^\circ$	0.1	0.1
$90^\circ$	0.2	0.2
$120^\circ$	0.2	0.3
$135^\circ$	0.3	0.1
$150^\circ$	0.2	0.2
$180^\circ$	0.1	0.1

При анализе показателей вариации суммарной погрешности биотехнической системы наблюдается следующее: максимальная вариабельность погрешности разработанной системы не превышает  $0.3^\circ$ , что позволяет сделать вывод о воспроизводимости измерений, реализованных с использованием разработанного комплекса.

#### Библиографический список

1. Малая медицинская энциклопедия. В 12 т. Т. 1. А – Бронхит / ред. В.Х. Василенко. М.: Советская энциклопедия, 1965. 1135 с.

2. Беневоленская. Л.И., Бржезовский М.М. Эпидемиология ревматических болезней. М.: Медицина, 1988. 237 с.
3. Gray H. Anatomy of human body. – New York: Bartleby, 2000. 1576 p.
4. Walsh M., Woodhouse LJ, Thomas SG, Finch E. Physical impairments and functional limitations: a comparison of individuals 1 year after total knee arthroplasty with control subjects // Journal of the American Physical Therapy Association. 1998. №78.
5. Vicon Motion Systems. Technical Report / Motion Analysis & Instrumented Treadmill Laboratories, Department of Physical Therapy, University of Delaware, 2002.
6. Мессаж К.А., Штадельманн Ж.В., Спиридовон И.Н. Биотехническая система для автоматизированного определения параметров ходьбы человека // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. №4. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/773814.html> (дата обращения: 20.10.2015)
7. Соя Д.М., Жук Д.М. Моделирование двигательного аппарата спортсмена // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 7. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/717982.html> (дата обращения 12.10.2015).
8. Мессаж К.А., Штадельманн Ж.В., Спиридовон И.Н. Метод бесконтактного измерения параметров ходьбы // Медицинская техника. 2015. №5.

## ASSESS THE VARIABILITY OF THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF THE AUTOMATED DETERMINATION OF GAIT PARAMETERS

L.O. Akulenko, J.V. Stadelmann  
 BME-1 « Biotechnical Systems and Devices »  
 Bauman Moscow State Technical University  
[akulenko.leonid@protonmail.com](mailto:akulenko.leonid@protonmail.com)

Osteoarthritis is the most common form of joint disease and a major cause of disability, which affects the decrease in quality of life and leads to disability. Existing methods of diagnosis of osteoarthritis of the knee have a number of disadvantages, such as subjectivity and inaccessibility. Therefore, the development of new tools for the objective diagnosis of the knee is an urgent task.

The researches on exploration of biotechnical system of the automated determination of gait parameters proved the efficiency of the method of non-contact determination the angle of flexion-extension of the knee joint. The article presents an evaluation of the metrological characteristics of the biotechnical system by means of reference measurement. The results showed the congruence errors occur and reproducibility of the measurement results.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОЧАГОВ ВОСПАЛЕНИЯ В МЯГКИХ ТКАНЯХ ПАРОДОНТА

Колпаков А.В.<sup>1</sup>, Головцова К.Ю.<sup>1</sup>, Зорина О.А.<sup>2</sup>, Спиридовон И.Н.<sup>1</sup>

1- Кафедры БМТ-1, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

2- ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России, г. Москва, Россия

[kolpakovalexx@yandex.ru](mailto:kolpakovalexx@yandex.ru)

### Введение

На ранней стадии очаги воспаления в мягких тканях пародонта зачастую не проявляются клинически и, следовательно, остаются незамеченными как пациентами, так и врачами. Это, в свою очередь, приводит к развитию воспалительно-деструктивных процессов в тканях пародонта и необратимой потере зубов. Диагностика воспалительных заболеваний пародонта в большей степени основана на клинических проявлениях и носит субъективный характер. В большинстве случаев у пациентов диагностируется уже развившиеся признаки пародонтита, а на ранних стадиях заболевания врач не может диагностировать первые проявления воспаления [1-4].

Перечисленные недостатки существующих методов диагностики могут быть в значительной мере устранены внедрением в клиническую практику метода инфракрасной (ИК) диафаноскопии тканей пародонта (далее – метод ИКД) [5 - 7].

Применение метода ИКД сдерживается отсутствием алгоритма автоматического обнаружения очагов воспаления мягких тканей пародонта (далее – МТП) на ИК изображениях.

### Материалы и методы

В целях разработки алгоритма автоматического обнаружения очагов воспаления МТП на ИК изображениях проведены исследования свойств изображений интактных и воспаленных МТП.

Исследования проведены на выборке изображений, зарегистрированной в ходе проведения эксперимента на добровольцах [7]. В соответствии с оценкой врачей, зарегистрированные выборки видимых и ИК изображений МТП следует соответственно разделить на: выборки изображений интактных МТП, выборки изображений МТП на стадии раннего воспаления, выборки изображений МТП на стадии выраженного воспаления. Размеры указанных выборок представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Размеры выборок изображений интактных и воспаленных МТП

№ п/п	Наименование выборки	Размер, ед.
1	Выборка видимых изображений	50
1.1	Выборка видимых изображений интактных МТП	10
1.2	Выборка видимых изображений МТП на стадии раннего воспаления	20
1.3	Выборка видимых изображений МТП на стадии выраженного воспаления	20
2	Выборка ИК изображений	150
2.1	Выборка ИК изображений интактных МТП	20
2.2	Выборка ИК изображений МТП на стадии раннего воспаления	70
2.3	Выборка ИК изображений МТП на стадии выраженного воспаления	60

Для сегментации очагов воспаления на изображениях МТП построены изолинии функции интенсивности изображений МТП  $I(x,y)$ .

В результате визуальной оценки экспертом на ИК изображениях воспаленных МТП обнаружены замкнутые изолинии, соответствующие контурам очагов воспаления на изображении (Рисунок 1).

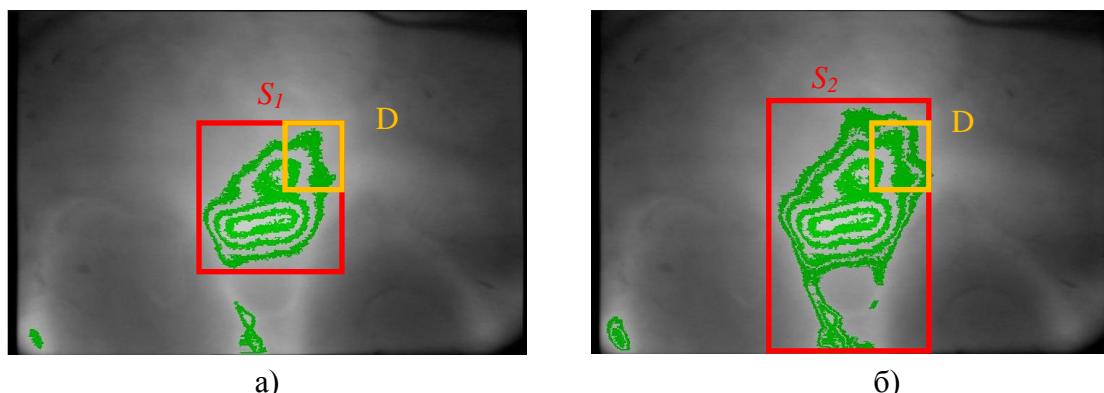


Рис. 1 - Изолинии очагов воспаления МТП на ИК изображениях: а) для значений интенсивности  $I = 250, 240, 230$ ; б) для значений интенсивности  $I = 250, 240, 230, 200, 190$ ; «D» - окрестность участка изолинии

Для определения отличительных признаков изолиний очагов воспаления МТП, проанализированы параметры, характеризующие распределение интенсивности и контраст ограниченной изолиниями области изображения (Рисунок 1) с  $N$  значениями интенсивности  $I_i$  ( $i=1..N$ ). Распределение интенсивности ограниченной изолиниями области характеризуется средней интенсивностью  $I_{cp}$ , выборочным СКО  $S_I$ , третьим моментом  $m_3$ . Контраст ограниченной изолиниями области характеризуется коэффициентом контраста по сравнению с окружающими областями  $C_a$ , модулем  $G$  и направлением  $\alpha$  градиента интенсивности в окрестности участка изолинии, отношение интенсивности очага воспаления к средней интенсивности изображения  $r$ .

Формулы для определения указанных параметров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры изолиний изображения

№	Параметр	Формула для расчета	Обозначения
1	Средняя интенсивность	$I_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i$	$I_i$ – интенсивность $i$ -го элемента изображения
2	Выборочное СКО	$S_I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - I_{cp})^2}$	
3	Третий момент	$m_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - I_{cp})^3$	
4	Коэффициент контраста	$C_a = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$	$I_{max}, I_{min}$ – максимальная и минимальная моды гистограммы интенсивности в окрестности изолинии
5	Модуль градиента	$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$	$G_x = dI/dx, G_y = dI/dy$ – градиенты

6	Направление градиента	$\alpha = \arctg(G_x / G_y)$	интенсивности в окрестности изолинии в горизонтальном и вертикальном направлении соответственно
7	Отношение средних интенсивностей	$r = \frac{I_{cp}}{I_o}$	$I_o$ – средняя интенсивность изображения

Границы доверительных интервалов указанных параметров  $p_i$  ( $i=1..7$ ) определены по неравенству Чебышева.

Результаты определения параметров очагов воспаления представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения параметров изображений

№ п/п	Класс изображений	$I_{cp}$	$S_I$	$m_3$	$C_a$	$G$	$\alpha$ , град	$r$
		p±Δp						
1	Интактные МТП	60±10	7±2	3±5	0,15±0,05	10±5	12±7	1,7±0,7
2	МТП на стадии раннего воспаления	30±10	5±2	14±2	0,37±0,05	25±8	44±8	0,7±0,3
3	МТП на стадии развивающегося воспаления	150±30	6±2	1±2	0,55±0,08	30±10	156±18	2,5±0,5

Таким образом, в результате анализа параметров изображений очагов воспаления МТП (Таблица 2) установлено, что изолинии очагов воспаления МТП отличаются от других изолиний средним значением интенсивности, третьим моментом, коэффициентом контраста, направлением градиента интенсивности на границе с соседними областями.

### Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что для автоматического обнаружения очагов воспаления на ИК изображениях целесообразно применять критерий превышения пороговых значений среднего значения интенсивности, третьего момента, коэффициента контраста и направления градиента.

### Библиографический список

- 1 Armitage GC. Learned and unlearned concepts in periodontal diagnostics: a 50-year perspective. *Periodontol 2000*. 2000;62(1):20-36. doi: 10.1111/prd.12006.
- 2 T.Newman, K. Carranza Carranza's Clinical Periodontology. 11th Edition, 2012.- 825 p.
- 3 Wolf D.L., Lamster I.B. Contemporary concepts in the diagnosis of periodontal disease. // *Dent. Clin. North Am.* – 2011. – Vol.55(1). – P.47–61 doi: 10.1016/j.cden.2010.08.009
- 4 Грудянов А.И., Зорина О.А. Методы диагностики воспалительных заболеваний пародонта. М.: ООО "Медицинское информационное агентство", 2009. - 112 с.
- 5 Колпаков А.В., Макаров А.Л., Спиридовон И.Н. Использование метода инфракрасной диафаноскопии для оценки состояния мягких тканей ротовой полости в стоматологии// Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2013.№12.C.297-306.
- 6 Колпаков А.В., Макаров А.Л., Спиридовон И.Н.. Исследование процесса поглощения оптического излучения мягкими тканями пародонта// Наука и образование: электронное научно- техническое издание. 2014.№11.C.444-457
- 7 Колпаков А.В., Юдин И.Н., Зорина О.А., Спиридовон И.Н. Раннее обнаружение очагов воспаления в мягких тканях пародонта с помощью инфракрасной диафаноскопии//Медицинская техника. 2016. №2.C.10 - 13

### STUDY OF INFRARED IMAGES OF INFLAMMATION AREAS IN THE SOFT TISSUES OF PERIODONTAL

Kolpakov A.V.<sup>1</sup>, Golovcova K.Y.<sup>1</sup>, Zorina O.A.<sup>2</sup>, Spiridonov I.N.<sup>1</sup>

1- BME-1 Department, BMSTU, Moscow, Russia

2- Department of therapeutic dentistry, BMSTU, Moscow, Russia

kolpakovalexx@yandex.ru

The article is dedicated to the investigation the infrared images of periodontal soft tissue in order to create an algorithm of automatic detection of inflammation areas.

The study found that for the automatic detection of inflammation areas in the infrared images, it is advisable to apply the criterion of exceeding the thresholds of the of the average intensity values, third point, contrast and gradient direction.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ НА ПУНКТАХ ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГРАНИЦУ**

Колпаков А.В., Мавзютов А.А., Чекунков С.Г., Спиридовон И.Н.  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия  
kolpakovalexx@yandex.ru

Актуальность применения технологий биометрической верификации на пунктах пропуска через государственную границу обусловлена необходимостью повышения пропускной способности и уровня безопасности пограничных пропускных пунктов различных видов.

Мировая практика осуществления пограничного контроля показывает эффективность применения технологий биометрической верификации в совокупности с технологиями проверки подлинности паспортно-визовых документов для повышения пропускной способности и уровня безопасности пограничных пропускных пунктов различных видов. Возрастающий уровень террористических и биологических угроз обуславливает целесообразность применения технологий биометрического контроля психофизиологического и эмоционального состояния для повышения безопасности пунктов пропуска через государственную границу.

**Разработка автоматического пропускного модуля для применения в пунктах пропуска**

В научно-исследовательском и испытательном центре биометрических технологий (НИИЦ БТ) МГТУ им. Н.Э. Баумана выполнена опытно-конструкторская работа (ОКР) по созданию автоматической системы паспортного контроля для ускорения пропуска через государственную границу и повышения эффективности деятельности органов пограничного контроля, в результате испытаний которой показана возможность применения технологий верификации личности на пунктах пропуска через государственную границу по изображениям лица и отпечатков пальцев [1,2].

На базе сформированного в результате выполненной ОКР задела, в НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан автоматический пропускной модуль для применения в пунктах пропуска через государственную границу, а также для контроля допуска на особо важные объекты (далее – АПМ).



Рис. 1 – Автоматический пропускной модуль для применения в пунктах пропуска через государственную границу

АПМ позволяет осуществлять проверку подлинности документа, верификацию личности и идентификацию по спискам учетов лиц, которым запрещено или ограничено пересечение государственной границы (Рисунок 2).

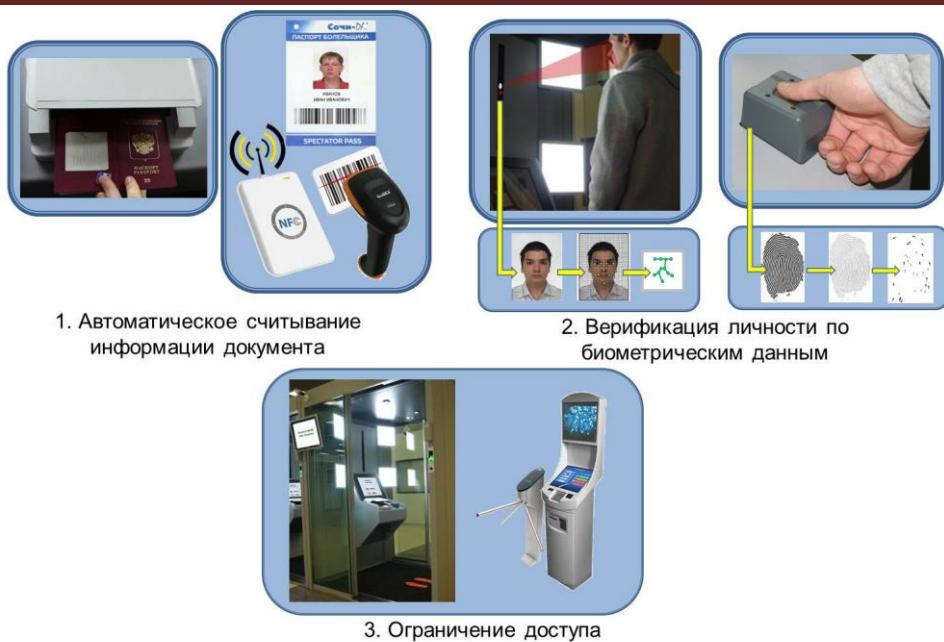


Рис. 2– Основные функции, реализованные в автоматическом пропускном модуле

Для применения в составе систем обеспечения безопасности массовых спортивных мероприятий, а также для контроля медико-биологических угроз на пунктах пропуска, в АПМ реализованы функции автоматического считывания идентификационной карты и аккредитационного удостоверения, дистанционной регистрации температуры тела, регистрации частоты сердечных сокращений и частоты дыхания по видеоизображению, выявления напряженного состояния по видеоизображению.

#### Результаты апробации

Проверка эффективности разработанных технических решений АПМ осуществлена в ходе циклов испытаний, проведенных в период с 04.02.2013 по 15.03.2013 и с 01.07.2013 по 31.07.2013, и с 10.12.2014 по 15.12.2014 в терминале «Е» международного аэропорта «Шереметьево». В ходе указанных циклов испытаний через АПМ осуществлено 6820 проходов пассажиров, добровольно согласившихся принять участие в тестировании.

В результате испытаний установлено, что применение АПМ обеспечивает относительные частоты ложного допуска и ложного задержания на пунктах пропуска через государственную границу, соответствующие требованиям Пограничной службы РФ.

#### Заключение

В НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан автоматический пропускной модуль для применения в пунктах пропуска через государственную границу, а также для контроля допуска на особо важные объекты. Результаты апробации технологий, реализованных в АПМ, позволяют прогнозировать повышение эффективности функций контроля документов, верификации личности, контроля медико-биологических угроз на пунктах пропуска через государственную границу и при контроле допуска на особо важные объекты.

#### Библиографический список

- Спиридов И.Н. Биометрические технологии в интегрированных автоматизированных системах безопасности государства//Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана спец. выпуск «Биометрические технологии», 2011. – с. 3-10.
- Колпаков А.В., Чубуков Н.Н., Моисеева Т.В., Терехин С.А., Мавзютов А.А., Столбецова Е.С., Копылов Д.Н., Спиридов И.Н. Автоматическая система паспортного контроля на основе биометрических технологий // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана спец. выпуск «Биометрические технологии», 2011. – с. 64-68.

#### APPLICATION OF BIOMETRIC VERIFICATION TECHNOLOGIES AT BORDER CHECKPOINT

Kolpakov A.V., Mavzyutov A.A., Chekunkov S.G., Spiridonov I.N.  
BMSTU, Moscow, Russia

The article is devoted to the use of biometric verification technologies at border checkpoint in order to increase the capacity and safety of the border checkpoints of various kinds.

The results of the development of automatic crossing module allow to predict efficiency monitoring functions of documents, verification of identity, control medical and biological threats at checkpoints across the state border and controlling access to critical facilities.

---

## ОСОБЕННОСТИ ДЕРМАТОГЛИФИКИ ПРИ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКАХ РАЗВИТИЯ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ У ЖЕНЩИН

Мавзютова А.А., Мавзютов А.А., Спиридонов И.Н.  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
[nastyu\\_nekhina@mail.ru](mailto:nastyu_nekhina@mail.ru)

К настоящему времени уровень гинекологической заболеваемости среди девочек составляет 10-12%. Среди всех гинекологических заболеваний врожденные пороки развития (ВПР) половых органов у девочек составляют 6,5% и имеют тенденцию к росту [1]. Аномалии развития органов репродуктивной системы являются полизиологическими пороками, связанными, с хромосомными, генными аномалиями, тератогенным воздействием на плод различных экзогенных и эндогенных факторов, гормональными нарушениями в период органогенеза [2]. Происхождение различных форм пороков развития матки и влагалища зависят от того, на каком этапе эмбриогенеза оказал действие тератогенный фактор или реализовалась наследственная патология [3].

В связи с многообразием форм аномалий половых органов, диагностика пороков развития матки и влагалища и выбор наиболее эффективных реконструктивно-пластиических операций при пороках развития гениталии остается достаточной сложной проблемой [4]. Особого внимания заслуживают сложные сочетанные пороки влагалища, опорно-двигательного аппарата и мочевыделительной системы. Трудно диагностируемые из-за редкой встречаемости данной патологии, различного характера сопутствующих заболеваний и пороков развития других органов и систем. Значительные трудности в этой области приводят к ошибкам в распознавании характера порока, что приводит к неправильному ведению и лечению, необоснованным оперативным вмешательствам в 23-24% случаев и как следствие, осложнениям [5].

Таким образом, задача разработки метода оценки наличия хромосомных и генных отклонений, влияния тератогенов во время внутриутробного развития с помощью анализа особенностей фенотипа является актуальной. Медицинская дерматоглифика – наука, занимающаяся изучением проявлений генотипа в фенотипе - особенностях гребешковой кожи рук и подошв. С конца 19 века были накоплены статистически значимые закономерности взаимосвязи особенностей узора гребешковой кожи, называемые редкой дерматоглификой, с генными и хромосомными заболеваниями, временные этапы морфогенеза которых совпадают с периодом формирования кожных покровов [7,10]. Морфогенез гребешковой кожи происходит с 6 по 17 неделю внутриутробного развития, формирование мочеполовой системы – со 2 по 16 неделю.

Подтверждением того, что дерматоглифика может являться маркером ВПР половых органов, является положительный опыт применения дерматографического исследования для диагностики синдрома Шершевского-Тернера [6]. Данное заболевание появляется вследствие моносомии X хромосомы и диагностируется у 27% девочек с ВПР половых органов. Для диагностики был разработан комплекс из семи информативных дерматографических параметров: тотальный гребневой счет, ab гребневой счет, узор на гипотенаре, угол atd, радиальных выход А линии, отсутствие трирадиуса с, поперечная складка ладони.

Перечисленные параметры относятся к глобальным характеристикам дерматоглифики ладони и пальцев. Их использование в первой половине XX века обусловлено исключительно мануальными способами обработки данных [8,9]. В настоящее время развитие компьютерных технологий и алгоритмов обработки изображений, а также высокий интерес криминалистики к отпечаткам пальцев, сделал возможным автоматический поиск более тонких особенностей гребешковой кожи – минуций. На рисунке 1 приведены различные типы минуций или локальных характеристик узора.

Научная новизна данной работы заключается в анализе распределения локальных характеристик двух типов: бифуркаций и окончаний. Для проверки информативности распределения этих типов минуций были сформированы три группы. Группа 1- пациентки с изолированным пороком развития половых органов, группа 2 - пациентки с сочетанным пороком развития половых органов, группа 3 – контрольная. Первая группа включает 6 пациенток с наиболее распространёнными нозологиями ВПР половых органов: аплазия матки и влагалища, двуорогая матка. Вторая группа включает 9 пациенток, диагноз которых содержит ВПР матки и влагалища и сопутствующие заболевания почек, дисгармоничное физическое развитие, клинодактилия и пр. Контрольная группа включает 56 испытуемых женского пола без ВПР половых органов. Данные были собраны на базе отделения детской гинекологии ФГБУ НЦАГиП им. Кулакова.



Рис.1. – Типы минуций:

1 - фрагмент папиллярной линии, 2 - начало папиллярной линии, 3 – глазок, 4, бифуркация-разветвление, 5 – крючок, 6 – мостик, 7 – островок, 8 – точка, 9 - окончание папиллярной линии, 10 - бифуркация-слияние, 11 – включения.

Регистрация изображения отпечатков пальцев и автоматическая обработка изображений осуществлялась с помощью аппаратно-программного комплекса для дерматоглифических исследований «Малахит» (АПК ДИ «Малахит»), разработанном в НИИЦ БТ им. Н.Э. Баумана.

Объектом исследования работы было распределение окончаний и бифуркаций на каждом из десяти пальцев рук. Сравнивалось среднее удельное (на 1 см<sup>2</sup>) количество бифуркаций на большом пальце правой руки в трех группах, среднее удельное (на 1 см<sup>2</sup>) количество бифуркаций на указательном пальце правой руки в трех группах и так далее до мизинца левой руки. Аналогично сравнивались значения для окончаний и совместного распределения бифуркаций и окончаний. Выбор статистической процедуры сравнения средний значений в трех группах зависит от результатов проверки на нормальность. В таблице 1 приведены значения описательной статистики распределения бифуркаций и окончаний отдельно, а также их совместного распределения для группы контроля.

Таблица 1. Описательная статистика распределения локальных характеристик

	N выборки	Среднее	Мин	Макс	СКО	асимметрия	экспесс
Среднее удельное значение бифуркаций	560	10,54	1,75	24,13	3,35	0,62	0,7
среднее удельное значение окончаний	560	12,44	3,641	25,58	3,65	0,57	0,2
среднее удельное значение окончаний и бифуркаций	560	22,99	10,5	44,76	5,63	0,79	0,7

Приведенные данные позволяют осуществить проверку на нормальность распределений локальных характеристик. Для 95% диапазона вероятность верного принятия нулевой гипотезы о нормальности распределения локальных характеристик менее 1%. Нулевую гипотезу отвергаем – данные распределены не по нормальному закону. Наличие значимого экспесса и асимметрии, достаточной для отрицания нормальности распределения гребневого счета было исследовано в середине XX века группой английских ученых [11]. Причиной отклонения от нормального распределения считают мультигенное наследование дерматоглифических параметров.

На основании результатов проверки на нормальность для сравнения средних в трех группах целесообразно использовать непараметрический дисперсионный анализ или критерий Краскала-Уоллиса, представляющий собой множественное применение критерия Манна-Уитни. Были получены следующие результаты:

- 1.1 Различия в распределении бифуркаций оказались значимы для пар групп 3-1 и 3-2 на большом пальце правой руки ( $p=0,004$ ,  $p=0,009$ ), мизинце правой руки ( $p=0,002$ ,  $p=0,003$ ), среднем пальце левой руки ( $p=0,010$ ,  $p=0,043$ ) и безымянном пальце левой руки ( $p=0,003$ ,  $p=0,009$ );
- 1.2 Различия в распределении бифуркаций оказались значимы для пар групп 3-1 на среднем пальце правой руки ( $p=0,039$ ) и большом пальце левой руки ( $p=0,008$ );
- 1.3 Различия в распределении бифуркаций оказались значимы для пар групп 3-2 на безымянном пальце правой руки ( $p=0,001$ ).
- 2.1 Различия в распределении окончаний оказались значимы для пар групп 3-1 и 3-2 на указательном пальце левой руки ( $p=0,003$ ,  $p=0,003$ ) и среднем пальце левой руки ( $p=0,013$ ,  $p=0,005$ );

2.2 Различия в распределении окончаний оказались значимы для пар групп 3-1 на безымянном пальце правой руки ( $p=0,046$ ), мизинце правой руки ( $p=0,001$ ), большом пальце левой руки ( $p=0,047$ ), безымянном пальце левой руки ( $p=0,002$ ) и мизинце левой руки ( $p=0,036$ ).

Интересно, что совместное распределение бифуркаций и окончаний в трех группах оказалось незначимо различно за исключением большого пальца левой руки: с уровнем значимости  $p=0,021$  различными оказались группы 3-1.

**Вывод:** Приведенные данные являются статистически значимым подтверждением информативности распределения таких локальных характеристик отпечатка пальца, как бифуркации и окончания, для определения наличия изолированного или сочетанного ВПР половых органов у женщин. Имеется тенденция к увеличению удельного числа бифуркаций в исследуемых группах по сравнению с контрольной и снижению удельного числа окончаний в исследуемых группах по сравнению с контрольной. При этом интенсивность повышения и снижения удельного числа минуций совпадает, так, на совместном распределении значимых отличий практически нет. Однако малая численность исследуемых групп позволяет говорить о наличии гипотезы. Для ее проверки необходимо провести более масштабное исследование. В случае подтверждении тенденций, обнаруженных в данной работе, анализ локальных дерматоглифических параметров может быть использован при проведении скринингового исследования пациенток, поступающих в отделение детской гинекологии, так как он позволяет установить наличие ВПР половых органов и сочетанных заболеваний неинвазивным доступным способом.

### **THE DERMATOGLYPHIC FEATURES OF GENITAL ORGANS CONGENITAL MALFORMATIONS IN WOMEN**

Mavzyutova A.A., Mavzyutov A.A., Spiridonov I.N.

Bauman Moscow State Technical University,

[nastya\\_nekhina@mail.ru](mailto:nastya_nekhina@mail.ru)

There were compared the dermatoglyphics of patients with congenital malformations of the genital organs with the control group in the article. To increase the practical relevance of the research the group of interest was divided into patients with isolated and combined malformations. The distributions of local characteristics of the two types - bifurcations and endings - were analyzed. Application of the Mann-Whitney test showed that the distribution of such local characteristics of the fingerprint as bifurcations and ending, to determine whether isolated or combined congenital malformations of the genital organs in women are statistically significantly informative . There is a tendency to increase the specific number of bifurcations in groups of interest compared to the control and the reduction in the number of endings in groups of interest compared to the control. The intensity of raising and lowering the number of minutia matches, so that the joint distribution has almost none of significant differences. Based on the results of this work the analysis of local dermatoglyphic features may be used when conducting screening studies of patients arriving in the Department of pediatric gynecology, since it allows to establish the existence of the congenital malformations of the genital organs and associated diseases in non-invasive way.



### **ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СКАНИРУЮЩЕГО МИКРОСКОПА**

Панов С.А., Медовый В.С.

ООО Медицинские Компьютерные системы (МЕКОС)

[panovstepan@gmail.com](mailto:panovstepan@gmail.com)

В статье рассматривается архитектура и основные характеристики элементов конструкции многофункционального сканирующего микроскопа (МСМ), обеспечивающего возможность выполнения широкой группы анализов на одном и том же составе оборудования. Сформулирован количественный критерий оптимизации МСМ по разрешению цифрового изображения и скорости сканирования, зависящий от характеристик комплектующих. Даны оценки множества комбинаций характеристик известных комплектующих по выбранному критерию оптимизации. Определена архитектура и состав МСМ с оптимизированными характеристиками комплектующих. Представлены экспериментальные проверки критерия оптимизации на серийном МСМ МЕКОС-Ц2.

#### **1. Введение.**

В данной статье рассмотрена методика проектирования МСМ МЕКОС-Ц3 с использованием аналитического критерия оптимизации, определенного на множестве основных параметров комплектующих. Определены ограничения на характеристики комплектующих, обеспечивающие заданные требования к качеству цифрового изображения. Даны оценки множества комбинаций характеристик комплектующих по выбранному критерию. Определена архитектура и состав МСМ с оптимизированными характеристиками. Представлены экспериментальные результаты проверки адекватности критерия оптимизации на МСМ МЕКОС-

Ц2. Дано сравнение эффективности оптимизированного МСМ и ССМ типа Aperio AT2. Представлены характеристики оптимизированного модельного ряда МСМ МЕКОС-Ц3 разного уровня автоматизации и производительности для применения в лабораториях с разным бюджетом и разным объемом анализов.

## 2. Тип модели МСМ – критерия оптимальности скорости сканирования.

Разные методики анализа биоматериалов требуют применения в МСМ разных увеличений на объективах с разными апертурами и с разными условиями съемки. Для автоматизации работы с группой объективов можно использовать оптические и электромеханические элементы конструкции автоматизированных универсальных микроскопов исследовательского класса производства ряда фирм. В таких микроскопах (например, Axio Imager 2 [4]) могут быть моторизованы и/или управляться компьютером все элементы конструкции, изменяющие свое положение/значение в процессе настройки или в процессе выполнения исследования.

Будем рассматривать конструкцию МСМ МЕКОС-Ц3 с использованием, как и в МСМ МЕКОС-Ц2, в основном серийных комплектующих.

Экспериментальная проверка значительного числа вариантов комплектаций и настроек параметров МСМ практически неосуществима. Для оценки эффективности применения доступных покупных и специально разработанных комплектующих будем использовать аналитический критерий качества МСМ. Таким групповым критерием качества МСМ будем считать группу времен сканирования препарата при производстве виртуальных слайдов заданного размера без потерь разрешения на заданном (полном) наборе объективов массового производства с известными характеристиками. Критерий качества должен позволять дать оценки эффективности МСМ при применении в составе МСМ известных современных моделей цветных цифровых камер, микроскопов и оборудования перемещения препарата массового производства.

Будем считать, что затраты времени сканирования связаны в основном с процессом линейного перемещения препарата, затраты на остальные необходимые операции (фокусировка, смена направлений, обработка изображений в компьютере и др.) сравнительно малы или могут выполняться не в реальном времени.

## 3. Условия достаточного разрешения цифрового изображения съемки при сканировании

Разрешение изображения в окулярах LimRes соответствует апертуре используемого объектива. Для обеспечения разрешения цифрового изображения, не уступающего разрешению в окулярах, необходимо, чтобы на каждый микрон препарата приходилось достаточное количество пикселей размером Lpix матрицы камеры L x M.

В соответствии с соотношением Рэлея интервал максимального разрешения объектива  $LimRes = 0.61 \cdot \lambda / NA$ , где  $\lambda$  – длина волны, NA – апертура объектива.

Чтобы не потерять разрешение объектива, нужно, чтобы увеличенное тубусом пятно разрешения покрывало не менее 2-х пикселей длиной Lpix мкм в камере:

$$K \times MAGtm \times LimRes \geq 2 \text{ Lpix} \quad (1)$$

Если калибровка тубуса и объективов в микроскопе подтверждает соотношение, то

$$K \times Mo \times LimRes \geq 2 \text{ Lpix}. \quad (2)$$

Дополнительные пиксели сверх минимально необходимого числа по (2) не улучшают разрешение цифрового изображения объектов анализа, а лишь увеличивают их размеры на экране монитора. При применении эргономичных мониторов это дает не положительный, а отрицательный эффект, уменьшая объем одновременно наблюдаемой визуальной информации. При необходимости увеличить размер изображения на экране можно программно.

Чем больше увеличение в адаптере K, тем больше допустимый размер пикселя матрицы камеры LpixMax:

$$LpixMax \leq K \times Mo \times LimRes / 2 \quad (3)$$

В процессе сканирования препарата (сверху вниз) при непрерывном равномерном движении максимально допустимая скорость перемещения увеличенного изображения препарата в плоскости камеры Vyc мкм/сек соответствует максимальной скорости перемещения оцифрованного изображения из камеры в компьютер:

$$Vyc1 = fps \times M \times Lpix \text{ мкм/сек} \quad (4)$$

Необходимая для этого скорость перемещения препарата (стола микроскопа) Vy1 мкм/сек в K x Mo раз меньше:

$$Vy1 = Vyc1 / (Mo \times K) = fps \times M \times Lpix / (Mo \times K) \quad (5)$$

Чтобы избежать смазывания при съемке движущегося препарата применяемое время экспозиции Te1 сек должно быть не больше времени перемещения увеличенного изображения препарата на высоту пикселя матрицы камеры:

$$Te1 \leq Lpix / Vyc1 = 1 / (fps \times M) \quad (6)$$

Условия (9) - (11) определяют скорость перемещения стола и соответственно скорость сканирования в предположении, что минимальное время экспозиции, чувствительность элементов матрицы и условия освещения достаточны, чтобы реализовать максимальную для данной камеры скорость съемки fps. Если минимальное (эффективное) время экспозиции данной камеры при конкретных условиях освещения в микроскопе  $Te2 > 1 / (fps \times M)$ , то необходимо снизить скорость изображения в плоскости камеры до значений Vyc2, соответствующих выполнению условия, аналогичного (7) :

$$\begin{aligned} \text{Te2} &\leq \text{Lpix} / \text{Vyc2}, \\ \text{Vyc2} &= \text{Lpix} / \text{Te2} \end{aligned} \quad (8)$$

Чтобы выполнять съемку на скорости  $\text{Vyc2}$  нужно в соответствии с условием, аналогичным условию, снизить скорость ввода кадров до значения  $\text{fps}=\text{fps2}$ :

$$\begin{aligned} \text{Lpix} / \text{Te2} &= \text{fps2} \times M \times \text{Lpix}, \\ \text{fps2} &= 1 / (\text{Te2} \times M) \end{aligned} \quad (9)$$

Получить необходимое значение  $\text{fps2}$  можно, синхронизируя съемку с перемещением стола на скорости

$$\text{Vy2} = \text{Lpix} / (\text{Te2} \times M \times K) \quad (10)$$

на расстояние, равное высоте видимого камерой фрагмента препарата  $M \times \text{Lpix} / (M \times K)$ .

Из (8) для каждой рассматриваемой камеры  $j$ ,  $j=1,2,\dots,J$ , можно получить значение оптимального увеличения в адаптере  $K=K_{\text{opt}}(j)$ , обеспечивающее цифровую съемку без потери разрешения на каждом объективе заданной группы  $i=1,2,\dots,I$ :

$$K_{\text{opt}}(j) \geq 2\text{Lpix}(j) / M(i) \times \text{LimRes}(i))$$

На максимальном  $K_{\text{opt}}(j)$  по группе объективов  $i$

$$K_{\text{opt}}(j) = \max (2\text{Lpix}(j) / M(i) \times \text{LimRes}(i)) \quad (11)$$

мы получим цифровое изображение, соответствующее для всех объективов.

Применение  $K_{\text{opt}}(j)$  может потребовать изготовления нестандартных адаптеров со сложной оптикой. С использованием калибровки раздела 3 можно рассчитать для МСМ эффективность применения дешевых стандартных адаптеров с близкими к  $K_{\text{opt}}(j)$  значениями  $K$ .

#### 4. Результаты эксперимента с оптимизацией МСМ МЕКОС-Ц2 в комплектациях с микроскопами Olympus.

На рис.1 показаны результаты измерений KxFOT MCM МЕКОС-Ц2 в комплектациях с микроскопом Olympus BX51, объективами 10x, 20x, 100x ми, видеокамерами PointGrey GS3-U3-41C6C-C (матрица 1", C-mount, 4 М пиксель 5.5 мкм) и Impex IGV B2020C (1,6", F-mount, 4 М пиксель 8 мкм), адаптерами C-mount 1.0, 0.65 и 0.5 и адаптером F-mount 1.0.

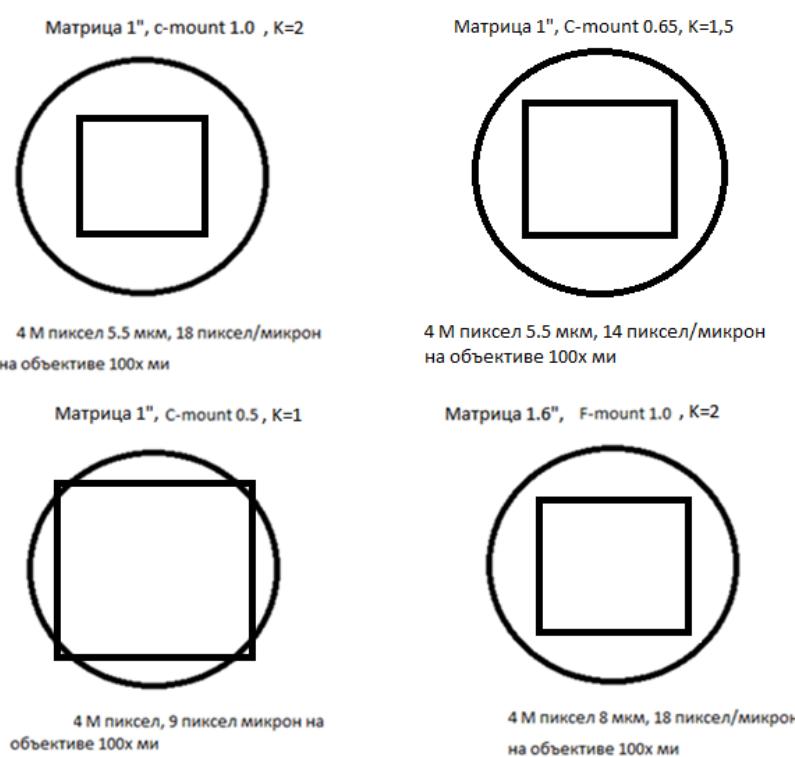


Рис.1. Соотношение площадей цифрового изображения видеокамеры (в прямоугольнике) и наблюдаемого изображения в окулярах (круг) в эксперименте с МСМ МЕКОС-Ц2.

На рис. 1 даны вычисленные с помощью объект-микрометра значения  $PpM$  для видеокамер с матрицей  $4M=2048 \times 2048$  с разными размерами пикселей и разными значениями  $K$ . Вопреки ожиданию рекомендованный производителем адаптер C-mount 1.0 для камеры с матрицей 1" соответствует значению  $K \approx 2$ .  $K \approx 1$  соответствует адаптеру C-mount 0,5, адаптер C-mount 0,65 дает  $K \approx 1,5$ . Адаптер C-mount 0,5 для матрицы 4М 1" дает близкое к оптимальному заполнение поля зрения, что соответствует максимальной снимаемой площади препарата. При  $K=2$  площадь съемки падает почти в 4 раза с соответствующим двукратным увеличением  $PpM$ .

до 18. При двойном увеличении размера пикселя в камере (внизу справа) приходится увеличивать значение K (применять адаптер F-mount 1.0) с соответствующей потерей покрытия поля зрения.

Соотношение площадей на других объективах Olympus (10x, 20x) сохранялось.

Как следует из таблицы 3, применение камеры PointGrey GS3-U3-41C6C-C (матрица 1", C-mount, 4 М пиксел 5.5 мкм) на микроскопе Olympus с уменьшающим адаптером C-mount 0,65 позволяет сохранить полное цифровое разрешение и увеличить примерно вдвое скорость сканирования на всех объективах по сравнению с рекомендованным производителем адаптером C-mount 1.0.

### Библиографический список

1. [http://drp8p5tqcb2p5.cloudfront.net/fileadmin/downloads\\_lbs/Aperio%20AT2/Material%20Safety%20Data%20Sheets/95.12130\\_rev\\_D\\_Aperio\\_AT2\\_data\\_sheet.pdf](http://drp8p5tqcb2p5.cloudfront.net/fileadmin/downloads_lbs/Aperio%20AT2/Material%20Safety%20Data%20Sheets/95.12130_rev_D_Aperio_AT2_data_sheet.pdf)
2. Dirk G. Soenksen, FULLY AUTOMATIC RAPID MICROSCOPE SLIDE SCANNER. Patent US 2012/0075457 A1, Mar. 29, 2012 U.S. Patent 6,711,283
3. EO Edmund. Optics and optical instruments annual catalog. 2016. Edmund Optics Inc. 2016.
4. [http://applications.zeiss.com/C125792900358A3F/0/891098B9675D5CE2C1257DF60035A176/\\$FILE/60-2-0037\\_e.pdf](http://applications.zeiss.com/C125792900358A3F/0/891098B9675D5CE2C1257DF60035A176/$FILE/60-2-0037_e.pdf)
5. [http://s.baslerweb.com/media/documents/BAS1503\\_White\\_Paper\\_Microscopy\\_EN.pdf](http://s.baslerweb.com/media/documents/BAS1503_White_Paper_Microscopy_EN.pdf)
6. <http://www.leicabiosystems.com/digital-pathology/aperio-digital-pathology-slide-scanners/details/product/aperio-versa/>
7. <http://www.leicabiosystems.com/digital-pathology/image-analysis-solutions/details/product/ariol/>
8. [http://applications.zeiss.com/C125792900358A3F/0/EC2B774E2EB1662AC1257ACB00506F68/\\$FILE/EN\\_4\\_1\\_011\\_023\\_Axio\\_Scan\\_Z1.pdf](http://applications.zeiss.com/C125792900358A3F/0/EC2B774E2EB1662AC1257ACB00506F68/$FILE/EN_4_1_011_023_Axio_Scan_Z1.pdf)
9. <http://www.olympus-lifescience.com/en/objectives/uplsapo>
10. <https://www.ptgrey.com/sony-pregius-global-shutter-cmos-technology>

### SELECTING THE OPTIMUM PERFORMANCE OF EQUIPMENT MULTIFUNCTION SCANNING MICROSCOPE

Panov S.A., Medovy V.S.  
Medical Computer Systems (MECOS Co)  
[panovstepan@gmail.com](mailto:panovstepan@gmail.com)

The article discusses the architecture and main features of the design elements of the multi-scanning microscope (MFM), which provides the ability to perform a broad group of analyzes on the same part of the equipment. MSM formulated quantitative optimization criterion resolution digital imaging and scanning speed, which depends on the characteristics of the components. Defined architecture and the IMS components with optimized performance. Experimental verification criterion optimization series MSM MEKOS-C2.

---

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА 2D ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИЦА

Кумов В.С., Самородов А.В.  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
[slava.kumov@rambler.ru](mailto:slava.kumov@rambler.ru), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

Почти 8% населения имеют генетические болезни (Baird и соавт., 1988), известно более 7000 подобных заболеваний. Для дифференциации генетических болезней назначаются специальные генетические экспертизы, призванные подтвердить или опровергнуть гипотезу о конкретном заболевании. Формирование такой начальной гипотезы в ходе предварительной диагностики является одним из наиболее ответственных этапов диагностики генетических заболеваний.

От 30 до 40 % генетических заболеваний приводит к изменениям формы лица и черепа, т.е. к изменению взаимного расположения контрольных точек (КТ) лица. Анализ черепно-лицевых характеристик может рассматриваться как вспомогательный для формирования диагностических гипотез, которые будут подтверждены или отклонены в дальнейшем в ходе соответствующего генетического исследования [1, 2]. Выявление генетических болезней по результатам автоматизированного анализа 2D изображения лица имеет ряд преимуществ перед другими методами. Для алгоритма требуется лишь 2D изображение пациента. При использовании 2D изображений лиц не требуется специального оборудования для регистрации в отличие от 3D сканирования. Также важным преимуществом 2D изображений является наличие больших баз данных, что в

настоящий момент затруднительно для 3D сканирования. Таким образом, разработка алгоритма предварительной диагностики генетических болезней по результатам автоматизированного анализа 2D изображения лица является актуальной.

Целью работы являлось определение возможности выявления генетических заболеваний по координатам КТ лица. Были обозначены следующие задачи: формирование вектора признаков 2D изображения лица, выбор и реализация алгоритма классификации генетических заболеваний, исследование точности работы алгоритма классификации в зависимости от используемых методов, числа КТ, числа распознаваемых заболеваний, числа изображений в обучающей выборке.

Вектор признаков был составлен из координат 36 КТ лица (рис.1). Данный набор содержит наиболее важные антропометрические точки и сформирован с учетом возможностей существующих программных комплексов по автоматическому их поиску на изображении лица [3, 4].

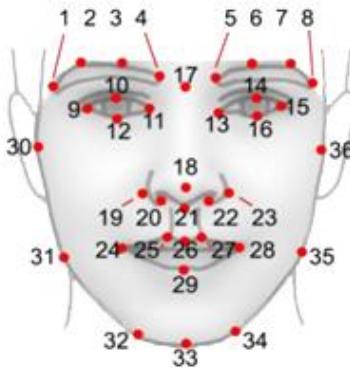


Рис. 1. Антропометрические точки лица

Для исследования была выбрана база данных 2D изображений лиц пациентов с генетическими заболеваниями, используемая в работе [1].

Для обучения алгоритма классификации были отобраны изображения пациентов с 4-мя наиболее распространенными генетическими синдромами: Аперта, Дауна, Корнелии де Ланге, Вильямса. Для каждого из синдромов была сформирована выборка из 40 изображений, 30 из которых использовались для обучения алгоритма, 10 - для его тестирования. Аналогичная выборка была сформирована и для здоровой группы. Таким образом, обучающая и тестовая выборка включала 150 и 50 изображений соответственно. На изображениях вручную были расставлены упомянутые выше 36 антропометрических точек лица, и проведена нормализация координат КТ.

Для классификации был выбран метод k-ближайших соседей (k-nearest neighbor classification). Для оценки меры близости между классифицируемым объектом и объектами из группы обучения, кроме евклидовой, используются различные метрики. В данной работе для построения меры близости был использован алгоритм Large Margin Nearest Neighbor (LMNN). Этот алгоритм строит псевдометрику, соответствующую эллиптической форме локальной окрестности.

Без использования метода LMNN частота ошибок классификации на 5 классов по тестовой выборке составила 50 %. Использование метода главных компонент для снижения размерности входных данных не повлияло на результаты классификации. После преобразования метрики с помощью LMNN частота ошибок классификации уменьшилась до 18 %.

Следующей задачей исследования являлось определение точности работы алгоритма классификации в зависимости от используемых методов, числа КТ, числа распознаваемых синдромов, числа изображений в обучающей выборке.

При наборе из 20 КТ не удается достичь приемлемой точности классификации (частота ошибок классификации составляет 50 % после преобразования метрики). Увеличив набор до 29 КТ, удается существенно снизить частоту ошибок классификации до 24 % для LMNN. Наименьшие значения частоты ошибок получены при наборе из 36 КТ (18 % для LMNN).

Исследование алгоритма классификации при различном числе изображений в обучающей выборке показывает, что размер обучающей выборки, равный 50 изображениям, недостаточен для удовлетворительной точности классификации, объем выборки должен составлять не менее 100 изображений. При увеличении числа распознаваемых синдромов от одного до 4-х частота ошибок классификации увеличивается, но остается в пределах 20 % после преобразования метрики.

Таким образом, разработан и исследован алгоритм предварительной диагностики генетических заболеваний по результатам автоматизированного анализа 2D изображения лица. Разработанный алгоритм может быть использован для формирования гипотезы о наличии заболевания, которая будет подтверждена или отклонена в дальнейшем в ходе соответствующего генетического исследования.

#### Библиографический список

1. Diagnostically relevant facial gestalt information from ordinary photos / Q. Ferry et al. // eLife. 2014. No. 3. Art. No. e02020.
2. Quantitative measures of craniofacial dysmorphology in a family study of schizophrenia and bipolar illness / C.K. Deutsch et al. // Schizophr Bull. 2015. Vol.41, No.6. P.1309-1316.
3. Поставнин В.И., Буданов С.А., Черкашина И.И. Применение компьютерных технологий при производстве портретной экспертизы: Методические рекомендации. М.: ЭКЦ МВД России, 2006. 24 с.
4. Кумов В.С., Самородов А.В. Разработка и исследование метода оценки ракурса по координатам контрольных точек 2D изображения лица // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2016. № 01. С.78-89.

## RESEARCH OF THE ALGORITHM FOR DIAGNOSIS OF GENETIC DISEASES BY THE MEANS OF AUTOMATED 2D FACIAL IMAGE ANALYSIS

Kumov V.S., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, [slava.kumov@rambler.ru](mailto:slava.kumov@rambler.ru), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

In this paper, algorithm for classification of genetic diseases by the means of automated 2D facial image analysis was elaborated. The accuracy of the classification algorithm was investigated depending on its inner parameters, the number of facial points, the number of classified diseases, and the number of images in the training set. The obtained values of classification error rates indicate that the developed algorithm can be used to form the hypothesis of the presence of particular disease that can be accepted or rejected during relevant genetic research.

---

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОТБОРА ФРОНТАЛЬНЫХ 2D ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ РАКУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕДЕФОРМИРУЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИЦА

Лаврова Е.А., Самородов А.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
[lavrovaliz@gmail.com](mailto:lavrovaliz@gmail.com), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

В настоящее время для обеспечения безопасности широкое распространение получили системы видеонаблюдения. Системы видеонаблюдения устанавливаются на таких объектах, как места массового пребывания людей (площади, стадионы), транспортные узлы (аэропорты, вокзалы), общественные учреждения, пограничные паспортно-визовые контрольные пункты, проходные и контрольно-пропускные пункты. Для автоматизации процесса распознавания человека в кадре видеопотока применяются биометрические технологии. По типу взаимодействия с объектом распознавание человека в кадре видеопотока является некооперативным, так как оно не предполагает взаимодействия с объектом распознавания.

Некооперативное распознавание человека по изображению лица затрудняется наличием следующих факторов: отсутствие специального позиционирования лица относительно камеры, наличие неконтролируемых мимических изменений, неконтролируемого освещения и возможности окклюзии элементов лица.

Задача распознавания человека по изображению лица при условии фронтальности положения лица относительно камеры является хорошо изученной [1], поэтому для разработки биометрической системы некооперативного распознавания человека по 2D изображению лица актуальным является решение задачи оценки ракурса лица с целью отбора фронтальных изображений.

Для оценки ракурса лица в биометрических системах некооперативного распознавания применяют методы, не требующие локализации контрольных точек. Выделяют методы, основанные на наборах детекторов и шаблонах внешнего вида [2]. По способу формирования вектора признаков методы, основанные на шаблонах внешнего вида, подразделяются на методы, основанные на сравнении изображений, на сравнении отфильтрованных изображений и на использовании жестких моделей. Использование жестких моделей обеспечивает устойчивость результата к изменениям внешнего вида изображения лица, не связанным с изменением ракурса, а также высокую скорость вычислений.

В литературе описаны методы, использующие в качестве жестких моделей плоскость, цилиндр, эллипсоид и модель среднего профиля лица [3, 4, 5]. Наилучшим образом зарекомендовало себя применение жесткой цилиндрической модели лица: с одной стороны, цилиндрическая поверхность имеет большее сходство с формой лица, чем плоскость, и ее использование позволяет учитывать эффект самоокклюзии, а с другой стороны, цилиндрическая модель обладает большей простотой по сравнению с моделью среднего профиля лица и не требует точной инициализации [3].

В работе приводятся описание и результаты экспериментального исследования разработанного алгоритма оценки ракурса лица на 2D изображении и отбора фронтальных изображений с использованием метода, предложенного в [3] и основанного на жесткой цилиндрической модели лица.

При использовании жесткой цилиндрической модели лица его поверхность аппроксимируется прямым круговым цилиндром. Цилиндрическая сетка с прямоугольными ячейками и заданной пространственной ориентацией  $\theta$  ортогонально проецируется на изображение  $I$  лица. Вектор признаков  $F$  представляет собой набор значений средней интенсивности внутри спроектированных на изображение видимых ячеек сетки (см. рис. 1).

В общем случае пространственная ориентация  $\theta$  жесткой модели лица задается шестью параметрами: тремя координатами перемещения и тремя угловыми координатами. Определение ракурса движущегося лица может рассматриваться как задача определения неизвестного динамического состояния  $\theta$  методом случайного блуждания, который заключается в определении  $\theta$  по набору зашумленных наблюдений. Для определения ракурса вначале формируется опорный вектор признаков  $F^{(0)}$  – вектор признаков для изображения  $I_0$  лица, ракурс которого известен. При этом пространственная ориентация сетки  $\theta^{(0)}$  соответствует данному ракурсу лица. Затем формируются векторы признаков  $\{F^{(j)}\}_{j=1}^N$  для входного изображения  $I$  и сеток различных ориентаций  $\{\theta^{(j)}\}_{j=1}^N$  (см. рис. 2).

Для векторов признаков, соответствующих  $j$ -м ориентациям модели, вычисляются значения функции правдоподобия:

$$p(I|\theta^{(j)}) = e^{-\lambda dist(F^{(0)}, F^{(j)})},$$

где  $dist(F^{(0)}, F^{(j)})$  – расстояние между векторами признаков  $F^{(0)}$  и  $F^{(j)}$ :

$$dist(F^{(0)}, F^{(j)}) = \frac{\sum_{m,n} \eta^{(j)}(m,n) d^{(j)}(m,n)}{\sum_{m,n} \eta^{(j)}(m,n)},$$

где  $m, n$  – индексы ячеек сетки, для которых значения элементов матрицы видимости рассчитываются как:

$$\eta^{(j)}(m,n) = \frac{S^{(j)}(m,n)}{S_{max}^{(j)}},$$

где  $S^{(j)}(m,n)$  – площадь проекции ячейки с индексами  $(m,n)$  для сетки с ориентацией  $\theta^{(j)}$ ; если ячейка полностью закрыта другими ячейками сетки, то  $\eta^{(j)}(m,n) = 0$ ;

$$d^{(j)}(m,n) = \begin{cases} \rho_2^{(j)}(m,n), & \text{если } \rho_2^{(j)}(m,n) < c(m,n) \\ c(m,n), & \text{если } \rho_2^{(j)}(m,n) \geq c(m,n) \end{cases}$$

где

$$\rho_2^{(j)}(m,n) = (F^{(0)}(m,n) - F^{(j)}(m,n))^2, \\ c(m,n) = \text{median}_j(\rho_2^{(j)}(m,n)).$$

Окончательный выбор ракурса лица из набора сгенерированных состояний  $\{\theta^{(j)}\}_{j=1}^N$  производится по максимуму функции правдоподобия  $p(I|\theta^{(j)})$ , соответствующему совпадению ориентации сетки и действительного ракурса лица. Более подробное описание метода приведено в [3].

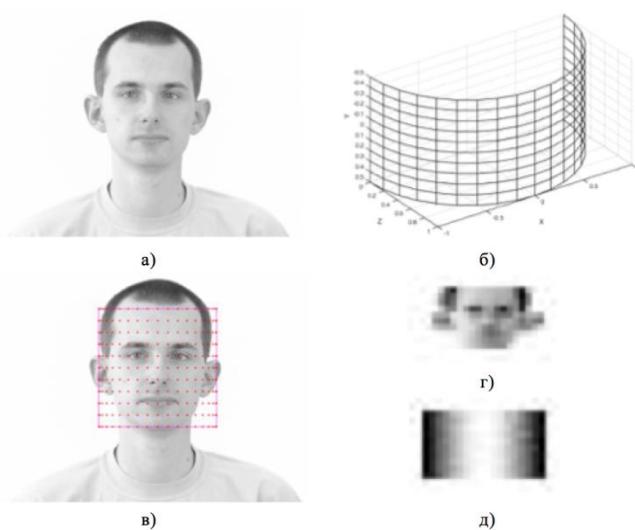


Рис. 1. Формирование вектора признаков изображения лица: а) изображение  $I$  лица, б) цилиндрическая сетка с прямоугольными ячейками и некоторой пространственной ориентацией  $\theta$ , в) проекция сетки на изображение, г) значения средних интенсивностей внутри спроектированных на изображение видимых ячеек сетки, д) матрица видимости ячеек сетки

Алгоритм оценки ракурса лица с использованием жесткой цилиндрической сетки требует обучения с целью формирования опорного вектора признаков  $F^{(0)}$  по опорному изображению  $I_0$  лица известного ракурса. На этапе классификации генерируется набор векторов  $\theta^{(j)}$  ориентации модели, затем модели проецируются на входное изображение  $I$ , и для каждой ориентации модели вычисляется вектор признаков  $F^{(j)}$ . В качестве искомого ракурса лица на изображении  $I$  принимается ориентация  $\theta^{(j)}$  модели, максимизирующая функцию правдоподобия  $p(I|\theta^{(j)})$  (см. рис. 2).

Для экспериментального исследования алгоритма выбрана база изображений лиц PUT Face Database [6]. Данная база содержит 9971 изображений лиц 100 индивидов, полученных в условиях контролируемого освещения на однородном фоне. Источником изменения биометрической характеристики является изменение ракурса: изменение угла поворота, изменение угла наклона, изменение угла поворота при положительном угле наклона, изменение угла поворота при отрицательном угле наклона, случайное изменение ракурса. Недостатком базы является отсутствие данных об изменениях угловых координат, что делает невозможной численную оценку эффективности работы алгоритма. В связи с этим проведено сравнение результатов работы алгоритма и результатов визуальной классификации с целью разделения изображений на 9 классов в зависимости от ракурса: фронтальный ракурс, наклон вниз, наклон вверх, поворот вправо, поворот влево и 4 комбинации наклона и поворота.

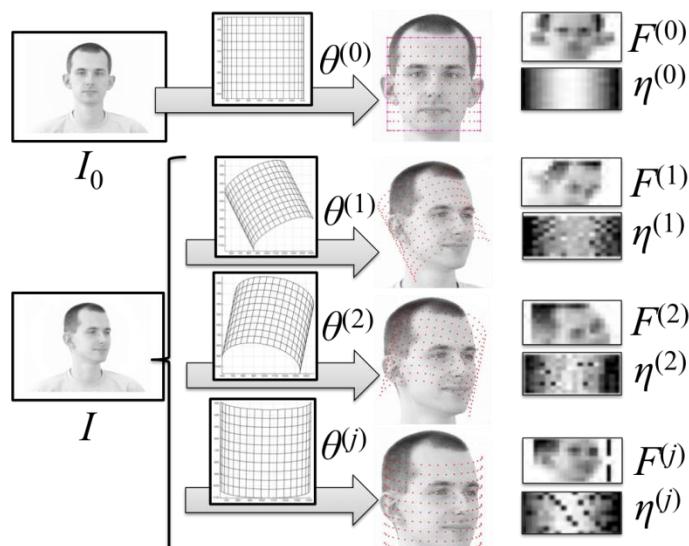


Рис. 2. Процесс оценки ракурса

Исследования проведены на 894 изображениях первых 10 индивидов из указанной базы данных с предварительным снижением разрешения до расстояния между центрами глаз в среднем 120 пикселей. Используемая модель обладала 2 степенями свободы, соответствующими изменениям углов поворота и наклона.

Согласно полученным данным, оценка вероятности верного определения ракурса составляет 65,7% для девяти ракурсов и 95,3% при классификации ракурсов на два класса: фронтальные и все остальные. Результаты исследования реализованного алгоритма указывают на перспективность его применения для отбора фронтальных изображений в некооперативной биометрической системе распознавания лиц.

#### Библиографический список

1. Zhang X., Yongsheng G. Face recognition across pose: A review // Pattern Recognition. 2009. Vol. 42(11). P. 2876 – 2896. DOI: 10.1016/j.patcog.2009.04.017.
2. Murphy-Chutopian E., Triverdi M. M. Head pose estimation in computer vision: A survey // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2009. Vol. 31(4). P. 607 – 626. DOI: 10.1109/TPAMI.2008.106.
3. Aggarwal G., Veeraraghavan A., Chellappa R. 3D facial pose tracking in uncalibrated video // Proceedings of International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence. 2005. Vol. 3776. P. 515 – 520. DOI: 10.1007/11590316\_81.
4. La Cascia M., Scarloff S. Fast, reliable head tracking under varying illumination: An approach based on registration of texture-mapped 3D models // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2000. Vol. 22(4). P. 322 – 336. DOI: 10.1109/34.845375.
5. Encyclopedia of biometrics / S.Li, A. Jain (Eds.). New York: Springer. 2009. 1452 p. DOI: 10.1007/978-3-642-27733-7

6. Kasiński A., Florek A., Schmidt A. PUT Face Database // Image Processing & Communications. 2008. Vol. 13 (3-4). P. 59-64.

**RESEARCH OF FRONTAL FACE POSE 2D IMAGES SELECTION ALGORITHM BASED ON FACE POSE ESTIMATION METHOD WITH RIGID CYLINDRICAL FACE MODEL**

Lavrova E.A., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, [lavrovaliz@gmail.com](mailto:lavrovaliz@gmail.com), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

The report presents a face pose estimation algorithm applicable in non-cooperative biometric systems in order to select frontal face images. A brief survey of corresponding face pose estimation methods is provided. Face pose estimation algorithm based on rigid cylindrical model is implemented; its operational parameters are estimated. Rates of correct pose classification were experimentally evaluated and applicability of the algorithm for rough face pose estimation is demonstrated. Experimental results show that application of presented algorithm for selecting frontal faces is promising in non-cooperative face recognition biometric systems.

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ**

Д.А. Химич, А.Е. Косоруков, В.А Карпухин

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, Москва,  
[khimichd@gmail.com](mailto:khimichd@gmail.com)

В последние годы медицинская техника идет по пути совершенствования существующих методов диагностики, уже ставших классическими. Речь идет об анализе электрокардиограмм, энцефалограмм, использовании различных систем визуализации внутренних органов человека – рентгеновской и магнитно-резонансной томографии, термографии. Однако приведенные методы либо не дают общей картины, либо слишком сложные и дорогостоящие, а также не настолько безопасные, чтобы использовать их часто. Одним из методов, удовлетворяющих требованию простоты и экономичности является электропунктурная диагностика.

Кожа является местом, содержащим множество небольших областей – «точек», обладающих выраженной морфологической индивидуальностью, которые несут информацию о состоянии внутренних органов и всех происходящих в них процессах. Этими точками являются так называемые биологически активные точки (БАТ) [1]. В области БАТ имеет ряд контрастно отличимых физических особенностей, которые поддаются количественным измерениям, что указывает на физическую реальность БАТ. Каждая точка акупунктуры обладает преимущественной связью с определенным органом или системой, что позволяет рассматривать их как каналы информации о состоянии организма [2]. Изучение электропроводности БАТ при различных патологических процессах показало, что характеристики точек акупунктуры изменяются в зависимости от характера и локализации процесса [3]. Одной из наиболее популярных диагностических методик является методика Е. Накатани, или, как ее еще называют, методика Риодораку. Она основана на регистрации сопротивления репрезентативных точек двенадцати каналов (всего двадцать четыре точки) электрическому току. Данные заносятся в специальную карту, на которой нанесен «физиологический коридор» – так называемая норма, представляющая собой величины электропроводности, характерные для здоровых лиц. В зависимости от величины отклонения от физиологического коридора судят о патологии и характере поражения. В настящее время данная методика претерпела значительные изменения, т.к. в первоначальном варианте не выполнялось условие интактности, а также предполагаемая технология измерения вносила многочисленные погрешности, которые не учитывались при трактовке результатов [4].

Существует множество систем и комплексов, так или иначе реализующих метод электропунктурной диагностики, но даже самые продуманные и обоснованные из них нуждаются в постоянном улучшении. На кафедре БМТ1 МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве развития системы "Прогноз®" была разработана биотехническая система, позволяющая осуществлять измерение электрического импеданса кожи в зоне точки акупунктуры. Она предназначалась для не инвазивной скрининг-диагностики всех систем организма. Интерпретация результатов не отличалась от таковой в системе "Прогноз®" [7]: для диагностики использовались результаты точечных измерений по всем двадцати четырём БАТ, расположенных на фалангах пальцев, т.к. дистальные точки меридианов более чувствительны к сдвигам состояния соответствующих органов, чем местные точки, и, следовательно, более информативны [5].

Ввиду высокой межиндивидуальной вариабельности компонент импеданса в области БАТ, было признано целесообразным произвести оценку их внутрииндивидуальной вариабельности на длительном промежутке времени. Таким образом встал задача построения системы мониторинга импеданса в зоне БАТ. Подобная система в перспективе должна позволить производить оценку динамики состояния различных систем организма, а также отслеживать их реакцию на физическое или химическое воздействие, т.е. следить за ходом физиотерапии или контролировать влияние на организм лекарственных средств.

В качестве зондирующего сигнала использовался тот же сигнал, что и в системе для однократных измерений. Его параметры были подобраны таким образом, чтобы соответствовать требованиям электробезопасности и интактности. Исследования показали, что для соблюдения условия интактности скорость нарастания тока не должна превышать 600 мкА/с [6]. Амплитудное значение должно быть таким, чтобы среднее энергетическое воздействие одного диагностического цикла не превышало 0,5 мДж [7]. Исходя из этого, амплитудное значение тока было принято равным 500 нА. Энергетическое воздействие при единичном измерении составило 0,0001 мДж [7]. Кожа моделировалась как нелинейная схема замещения, состоящая из параллельно включённых нелинейной проводимости и линейной ёмкости[8]

В качестве диагностических данных было решено использовать только линейные составляющие импеданса БАТ, не учитывая нелинейные компоненты более высоких порядков. Ввиду высокой чувствительности нелинейных компонент к изменению состояния организма исследование их вариабельности на длительных (несколько часов) промежутках времени не целесообразно на данном этапе.

Эксперимент был организован следующим образом. Электроды диаметром 2 мм были установлены в точки НТ9 (канал сердца) и SI1 (канал тонкого кишечника), локализованные на дистальной фаланге мизинца. Выбор точек обусловлен тем, что соответствующие им системы органов функционально удалены друг от друга. Третий электрод большей площади был закреплен на запястье соответствующей руки. После проведения калибровки была инициирована серия измерений с периодичностью 2 с. Так как целью эксперимента было изучение динамики состояния БАТ в покое, то никаких контрольных действий объектом не производилось. Эксперимент проводился длительное время (от 12 до 20 часов), поэтому обеспечить состояние полного покоя объекта не удалось. Основные совершаемые объектом действия заносились в протокол эксперимента. После окончания измерений производился расчет компонент импеданса, их обработка и визуализация.

Эксперимент на объекте мужского пола (21 год) проводился с 21.30 до 9.00 (11,5 часов). Графики емкостных составляющих импеданса приведены на рисунке 1, резистивных составляющих на рисунке 2.

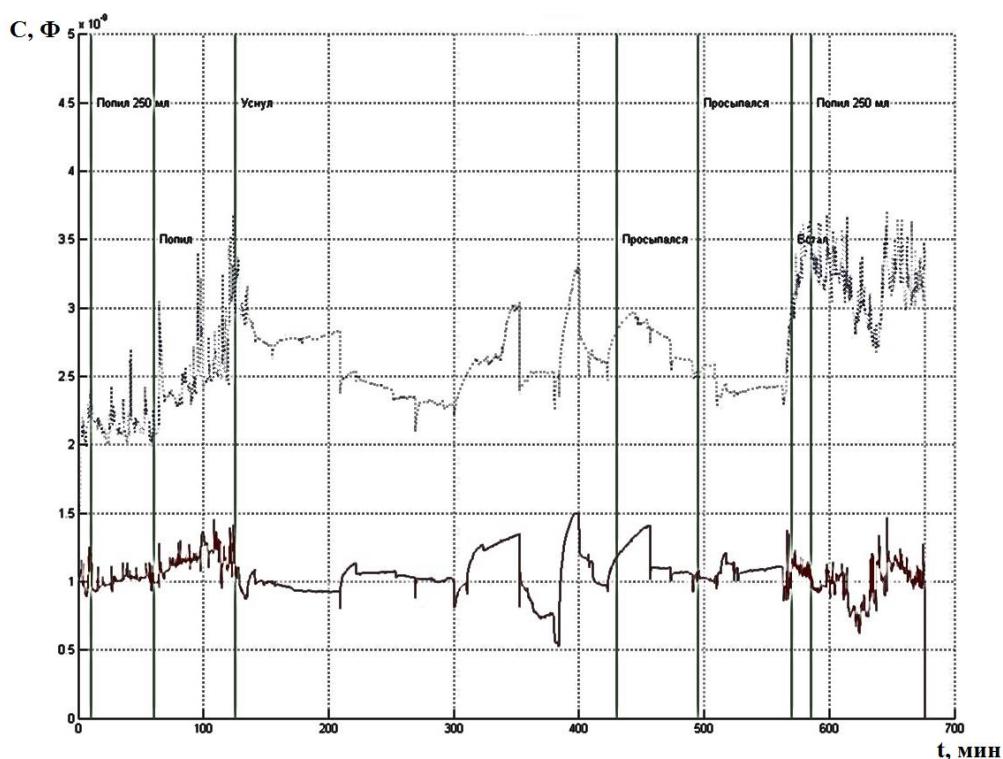


Рис. 1 – Емкостные составляющие импеданса БАТ. Сплошная линия – точка НТ9 (канал сердца).  
Пунктирная линия – точка SI1 (канал тонкого кишечника)

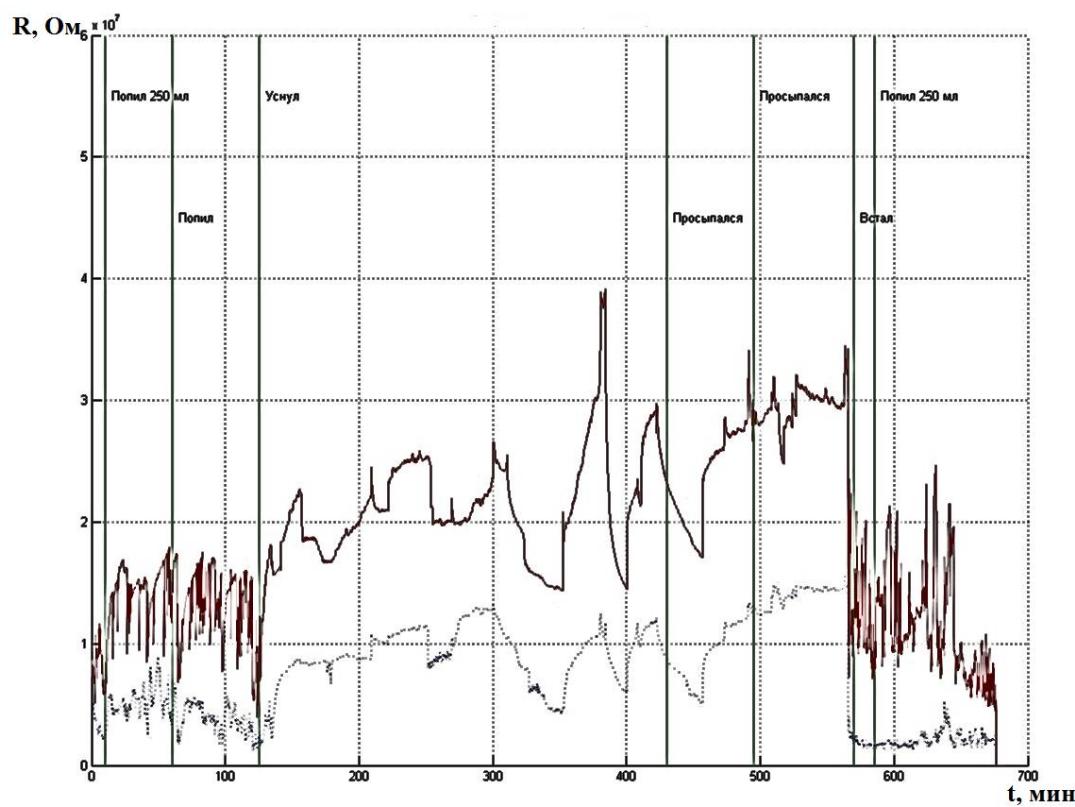


Рис. 2 – Резистивные составляющие импеданса БАТ. Сплошная линия – точка HT9 (канал сердца).  
Пунктирная линия – точка SI1 (канал тонкого кишечника)

Эксперимент на объекте женского пола (23 года) проводился с 16.50 до 15.00 (22 часа). Графики емкостных составляющих импеданса приведены на рисунке 3, резистивных составляющих на рисунке 4.

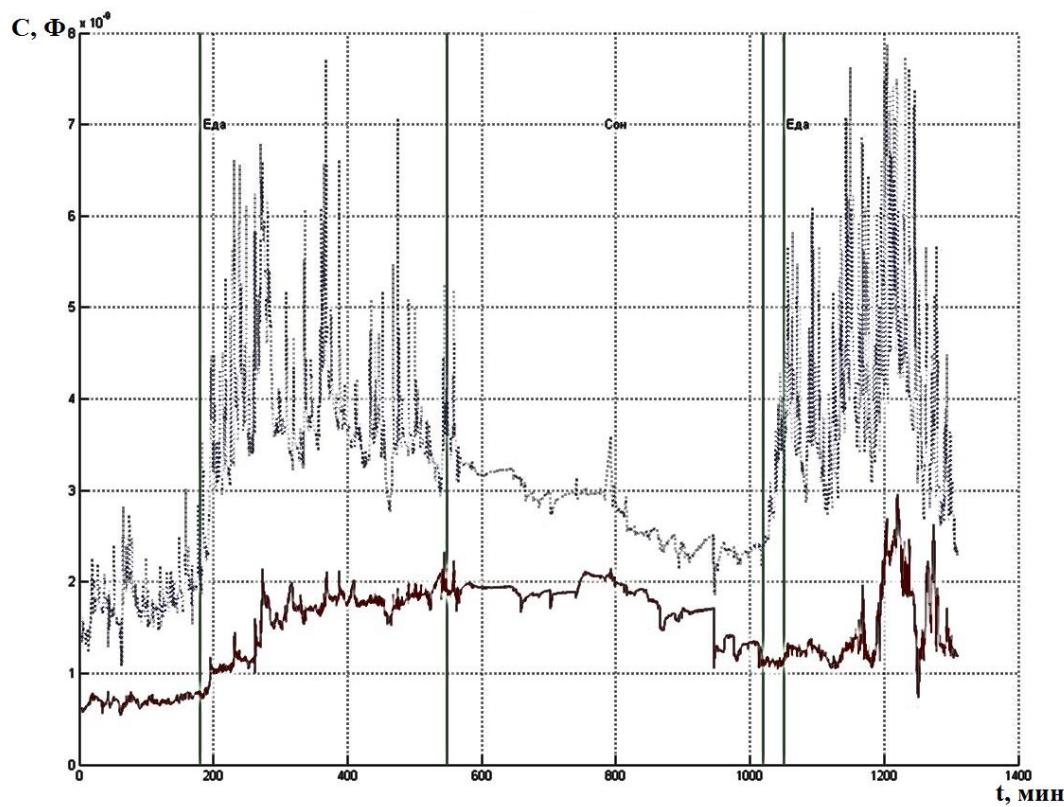


Рис. 3 - Емкостные составляющие импеданса БАТ. Сплошная линия – точка HT9 (канал сердца). Пунктирная линия – точка SI1 (канал тонкого кишечника)

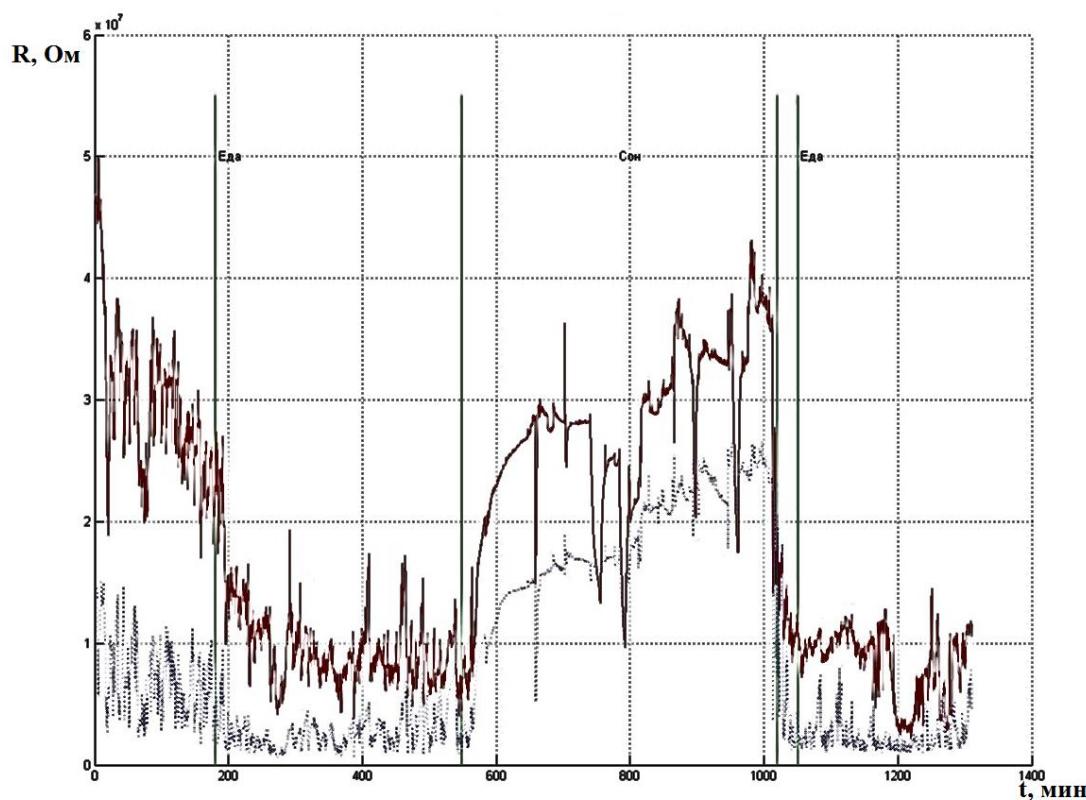


Рис. 4 - Резистивные составляющие импеданса БАТ. Сплошная линия – точка HT9 (канал сердца). Пунктирная линия – точка SI1 (канал тонкого кишечника)

Статистические оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1

	Среднее значение емкостной составляющей (HT9), Ф	Оценка СКО емкостной составляющей (HT9), Ф	Среднее значение резистивной составляющей (HT9), Ом	Оценка СКО резистивной составляющей (HT9), Ом	Среднее значение емкостной составляющей (SI1), Ф	Оценка СКО емкостной составляющей (SI1), Ф	Среднее значение резистивной составляющей (SI1), Ом	Оценка СКО резистивной составляющей (SI1), Ом
Эксперимент 1 (муж.)	$1,05 \cdot 10^{-9}$	$1,77 \cdot 10^{-10}$	$1,90 \cdot 10^7$	$6,99 \cdot 10^6$	$2,63 \cdot 10^{-9}$	$4,30 \cdot 10^{-10}$	$7,53 \cdot 10^6$	$4,02 \cdot 10^6$
Эксперимент 2 (жен.)	$1,51 \cdot 10^{-9}$	$4,60 \cdot 10^{-10}$	$1,86 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^7$	$3,17 \cdot 10^{-9}$	$9,66 \cdot 10^{-10}$	$8,83 \cdot 10^6$	$7,78 \cdot 10^6$

На графиках четко локализуется период сна: он сопровождается уменьшением ритмических составляющих всех компонент и увеличением резистивной компоненты в порядка полутора раз. Также наблюдается реакция на приемы пищи, однако из имеющихся данных невозможно вывести количественную зависимость. Полученные значения средних значений резистивной и емкостной составляющих импеданса для точек HT9 и SI1 имеют один порядок в обоих экспериментах. Большая величина среднеквадратичного отклонения показывает, что электрокожный импеданс не имеет стационарного постоянного значения, относительного которого возникают локальные «всплески». Его среднее значение меняется с течением времени. Возможно таким образом выражается суточная периодичность, согласно [9].

Проведенный эксперимент показывает целесообразность дальнейших исследований в области мониторинга состояния БАТ. Для изучения суточной вариабельности состояния БАТ необходимо провести более длительные измерения, для целей чего требуется разработка более эргономичной измерительной системы.

#### Библиографический список

1. Нехаенко, Н.Е. Рациональная микроволновая терапия на основе мониторирования потенциала биологически активных точек / Н.Е. Нехаенко. – Воронеж: ВГТУ, 2002. – 113 с. (Моделирование, оптимизация и компьютеризация в сложных системах; Кн. 23).

2. Вельховер, Е. Локаторы здоровья. / Е. Вельховер, В. Никифоров, Б. Радыш. – М.: Молодая гвардия, 1991. 208 с.
3. Тальфельдт, Г.О. Использование электрокожного сопротивления точек акупунктуры для прогнозирования функционального состояния организма в условиях высокогорья / Г.О. Тальфельдт // Медико-биологические аспекты рефлексотерапии и оценки функциональных состояний. – Калинин: Изд-во КГУ, 1988. – С. 32 - 36.
4. Портнов, Ф.Г. Электропунктурная рефлексотерапия / Ф.Г. Портнов. – Рига: Зинатне, 1982. – 352 с.
5. Быстров, Ю.Г. Измерение удельного электрокожного сопротивления в точках акупунктуры / Ю.Г. Быстров, // Медикобиологические и технические аспекты рефлексотерапии и оценки функциональных состояний. – Калинин: КГУ, 1988. – С. 4 - 8.
6. Ермолов Ю.Н. Пространственная и электродинамическая модели биологически активной точки // Биомедицинская радиоэлектроника, 2000, №4. – с. 24 – 31.
7. Загрядский В.А., Косоруков А.Е., Карпухин В.А. Электробезопасность электропунктурной диагностики и некоторые метрологические аспекты // Рефлексотерапия. 2004, №2(9). С.22-25.
8. V. A. Karpukhin, A. E. Kosorukov. A Method for Identification of Nonlinear Equivalent Circuit Parameters of Electric Admittance of Skin. Biomedical Engineering, 2010, No. 2, 62-65;
9. Спиридонов И.Н. Методы традиционной функциональной диагностики / И.Н. Спиридонов. – Москва: Изд-во МГТУ, 1993. – 46с.

## **DEVELOPMENT OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF MONITORING THE STATE OF ACUPUNCTURE POINTS**

D. A. Khimich, A. E. Kosorukov, V. A. Karpukhin

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, [khimichd@gmail.com](mailto:khimichd@gmail.com)

Based on the System for skin impedance one-short measurements was developed the System for skin impedance monitoring. Was carried out the experimental investigation the skin impedance variability during prolonged measuring cycle.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ДЫХАНИЯ НОВОРОЖДЁННЫХ ДЕТЕЙ**

А.П. Мордашов\*, А.А. Таранов\*, Д.В. Аксенов\*\*

\* МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5/1,

\*\* ГКБ им. С.П. Боткина Филиал № 2, 123317, г. Москва, 3-я Красногвардейская ул., д. 1, стр. 1

[mordashov.ap@gmail.com](mailto:mordashov.ap@gmail.com)

Было проведено исследование бесконтактного метода измерения частоты дыхания новорождённых, основанного на обработке цифрового видеоизображения ребёнка. На группе, состоящей из 10 новорождённых, было установлено, что существует корреляция между значениями случайной величины, полученной с помощью метода и частотой дыхания, установленной референсным средством измерения.

### **1. Введение**

Частота дыхательных движений (далее, ЧД) – число дыхательных движений за единицу времени [1]. При рождении младенца, его легкие резко принимают на себя выполнение функции дыхания. При этом происходят серьезные изменения в системах кровотока и дыхания, которые продолжаются в течение нескольких дней после рождения. В это время, могут проявиться такие расстройства дыхательных путей как респираторный дистресс, апноэ или брадикардия и обструкция верхних дыхательных путей. Любой патологический процесс, возникающий в это время может серьезно навредить здоровью ребенка, поэтому важно постоянно мониторировать дыхательный процесс и своевременно сигнализировать о любых нарушениях.

В настоящее время для измерения частоты дыхания у новорождённых применяются специализированные тензометрические датчики, подключаемые к прикроватному монитору и обеспечивающие контроль частоты дыхания в режиме мониторинга. Недостатком такого метода измерения является необходимость обеспечения прямого контакта измерительного оборудования с кожным покровом ребёнка. Тем не менее, чаще, измерения частоты дыхания выполняются вручную, методом непосредственного подсчёта количества вдохов за минуту. Но, такие измерения выполняются по расписанию и не гарантируют обнаружения опасных для здоровья ситуаций. Таким образом, актуальной является задача разработки новых методов измерения частоты дыхания, таких, которые обеспечат измерения в режиме мониторинга и решат проблему прямого контакта.

## 2. Материалы и методы

Эксперимент был проведен на базе государственного бюджетного учреждения здравоохранения Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы, филиал № 2 "Родильный дом с женскими консультациями". Анализ видеоизображений новорождённых детей проводился при помощи программно-алгоритмических средств, описанных в [2], ссылка для доступа <https://github.com/pi-null-meson/QPULSECAPTURE>.

Экспериментальная установка представляет собой штатив Manfrotto MK294A3-D3RC2. К нему крепится цифровая RGB камера Logitech C920, подключенная к ноутбуку с помощью USB-кабеля. Одновременно с измерением с помощью СПО проводился подсчет ЧДД с помощью референсного средства измерения. Объем выборки данного эксперимента составляет 9 детей, из которых 6 мужского пола и 3 женского пола. Для каждого ребенка эксперимент проводился 1 минуту, во время которого выполнялось вычисление ЧДД с помощью СПО и подсчет врачом. Для определения погрешностей был проведен кросс-корреляционный анализ [3].

Алгоритм вычисления частоты дыхания состоит из нескольких этапов, первым из которых является подготовка сигнала ФПГ к гармоническому анализу. Поскольку он нестационарен, а его средний уровень и величина разброса отсчетов относительно среднего постоянно изменяются случайным образом, то при его подготовке проводится процедура, при которой отсчеты сигнала нормируются и центрируются [5]. Затем, с помощью быстрого преобразования Фурье был получен спектр сигнала, на котором производится поиск локального максимума на частотах, находящихся в диапазоне ЧД новорожденных детей (30-70 вдохов в минуту [6]). БПФ реализован на базе прикладной программной библиотеке FFTW, в основе которой лежит алгоритм Кули-Тьюки [7]. В качестве референсного средства измерения используется модульный портативный монитор GE Dash 4000, использующийся в отделении больницы.

В процессе проведения эксперимента были измерены показания 4 новорожденных, показатели частоты дыхания которых, согласно референсному средству измерения, варьировались от 35 до 75 вдохов в минуту. Помимо этих показаний были обработаны видео, снятые врачом больницы с помощью камеры мобильного телефона. Затем, был проведен кросс-корреляционный анализ полученных результатов (рис. 1).

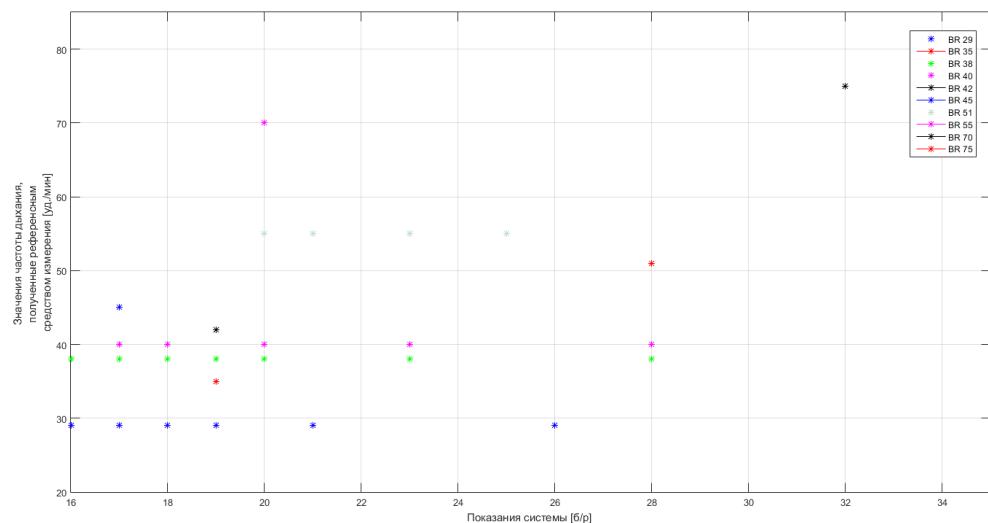


Рис. 1. Кросс-корреляционный анализ полученных результатов

В результате проведенного эксперимента было установлено, что метод позволяет произвести измерение частоты дыхания младенца по его видеоизображению как в реальном времени, так и на заранее записанном видео.

Полученные в результате измерений значения говорят о наличии корреляции между значениями, полученными с помощью системы и с помощью референсного средства измерения.

## Библиографический список

1. Мазурин А. В., Воронцов И. М. Пропедевтика детских болезней. — 1-е изд. — М.: Медицина, 1986. — С. 118—119. — 432 с. — (Учебная литература для студентов медицинских институтов). — 100 000 экз.;
2. Таранов А.А., Спиридовон И.Н. Регистрация фотоплетизмограммы и измерение частоты артериального пульса при помощи вебкамеры // Биомед. радиоэлектроника. 2014. № 10. С. 71-80;
3. С. Гланц. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. — М., Практика, 1998. — 459 с.;

4. Ming-Zher Poh, Daniel J. McDuff, Rosalind W. Picard «Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation», OPTICS EXPRESS, Vol. 18, No. 10, 10763-10774, 2010;
5. W. Verkruyse, L. O. Svaasand, and J. S. Nelson «Remote plethysmographic imaging using ambient light», Opt. Express, 16(26), 21434–21445, 2008;
6. Berkowitz's Pediatrics: A Primary Care Approach, 5th Edition Copyright. — American Academy of Pediatrics, 2014. — C. 353;
7. Frigo M, Johnson SG. "FFTW: an adaptive software architecture for the FFT". Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing 3: 1381–1384.

**RESEARCH OF A METHOD OF CONTACTLESS MEASUREMENT OF RESPIRATORY RATE OF NEWBORNS**

A.P. Mordashov, A.A. Taranov, D.V. Aksenov  
BME-1 « Biotechnical Systems and Devices »  
Bauman Moscow State Technical University  
Botkin Moscow City Clinical Hospital  
[mordashov.ap@gmail.com](mailto:mordashov.ap@gmail.com)

Constant measurement of newborns health parameters is extremely important. The body starts to reconstruct itself, especially lungs, so breath problems may occur. So, to find an easy way to constantly monitor breath rate without contact, this research was held.

The article presents the basis for this method and describes the process of experiment that was made. The results proved the correlation between measured parameters and respiratory rate that was measured using the monitor.

---

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ МРТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Абдулракеб А.Р., Сушкова Л.Т., Чирков К.В.  
Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых  
[atef\\_alsanawy@mail.ru](mailto:atef_alsanawy@mail.ru), [ludm@vlsu.ru](mailto:ludm@vlsu.ru), [chrky@mail.ru](mailto:chrky@mail.ru)

**Введение**

Большинство медицинских изображений, в том числе магнитно-резонансные томографические (МРТ), характеризуются низким качеством вследствие воздействия различных случайных помех и шумов в процессе их формирования. Использование математических методов и алгоритмов для обработки изображений позволяет получать точные и достоверные результаты.

Автоматизация анализа и сегментации МРТ изображений позволяет ускорить процесс диагностики и повысить достоверность обнаружения изменений внутренних органов при онкологических заболеваниях, а также расширяет возможности профилактики и предупреждения появления злокачественных новообразований.

Одной из основных задач автоматизации обработки МРТ изображений является обнаружение и измерение параметров опухолей (размеры, масса, место положения). Эта задача может быть эффективно решена с помощью методов и средств цифрового анализа изображений.

Применение методов цифровой обработки изображений в задачах МРТ методов исследований связано с рядом специфических особенностей данных изображений, обусловленных технологией их получения. К основным этапам получения подобных изображений относятся: подготовка пациента (в т.ч., снятие одежды и металлических украшений, ведение контрастного вещества внутривенно); получение МРТ цифрового изображения с помощью специализированных сканирующих систем (подбор оптимальных параметров таких как толщина срезов, время релаксации T1 и T2 и т.д.).

К основным этапам процесса обработки медицинских изображений относятся: предварительная обработка; фильтрация; морфологические операции; сегментация изображений и распознавание объектов [1]. С помощью сегментации осуществляется процесс разбиения изображения на области или объекты, обладающие одинаковыми (похожими) свойствами или признаками [2]. Среди методов сегментации с точки зрения простоты реализации наиболее предпочтительными являются пороговые методы, суть которых заключается в определении значения порога и последующем сравнении с ним каждого из пикселей изображения. Пикселям с яркостью превышающей величину порога, присваивается значение «1», а всем остальным пикселям - значение «0»[3]. Пороговые методы достаточно эффективны при сегментации изображений с большим контрастом между областями.

При проведении МРТ с контрастированием, опухоль имеет более высокую интенсивность по сравнению с остальными мозговыми тканями. Поэтому применение пороговых методов может успешно сегментировать

опухоль. Однако, некоторые сосуды проходят порога из-за всасывания контрастного вещества. Поэтому в данной программе применяется процедура «Эрозия» со структурным элементом вида диска.

В настоящее время существующие системы для обработки и анализа МРТ изображений такие как: Codonics Clarity Viewer, eFilm Workstation, Radiant viewer и Multivox Dicom Viewer не позволяют сегментировать объёмные образования, что делает разработку программного комплекса позволяющего сегментировать объёмные образования очень актуальной.

#### *Разработка программного комплекса обработки и анализа МРТ изображений*

Работа посвящена решению задачи сегментации опухолей на МРТ изображениях, а также измерение её параметров. Обобщенная структурная схема разрабатываемой системы, включает в себя блоки автоматического получения, обработки и анализа МРТ изображения, с выдачей предварительного результата исследования. На рисунке 1 показан алгоритм сегментации опухоли на МРТ изображений.

Модуль анализа МРТ изображения включает в себя алгоритм сегментации опухоли на изображении и имеет следующий вид.

На первом этапе работы алгоритма происходит загрузка исходного изображения. Затем пользователь выбирает тип фильтра для удаления шума ( фильтр Гаусса, либо медианный фильтр). Если оператор не выбрал тип фильтра, то автоматически выбирается фильтр Гаусса со стандартным отклонением, равным 0,5. Это обусловлено тем, что в случае малозашумлённых изображений он имеет высокое пиковое отношение сигнал/шум.

После этого пользователь вводит порог для осуществления сегментации, указывает радиус диска для осуществления процесса эрозии и удаления мелких объектов, которые прошли порог. Затем, нажав на кнопку параметры опухоли, можно получить размеры опухоли.

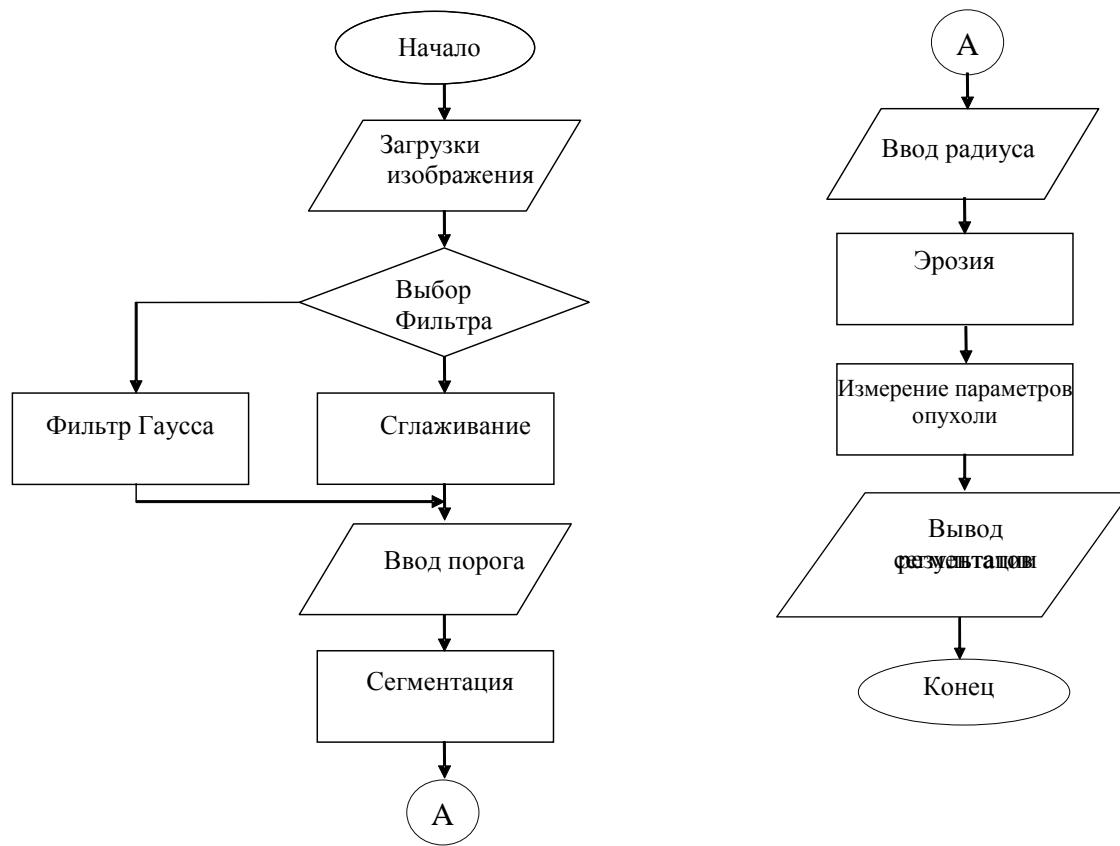


Рис. 1– Алгоритм сегментации опухоли на МРТ изображении  
Пример работы программного комплекса показан на рисунке 2.

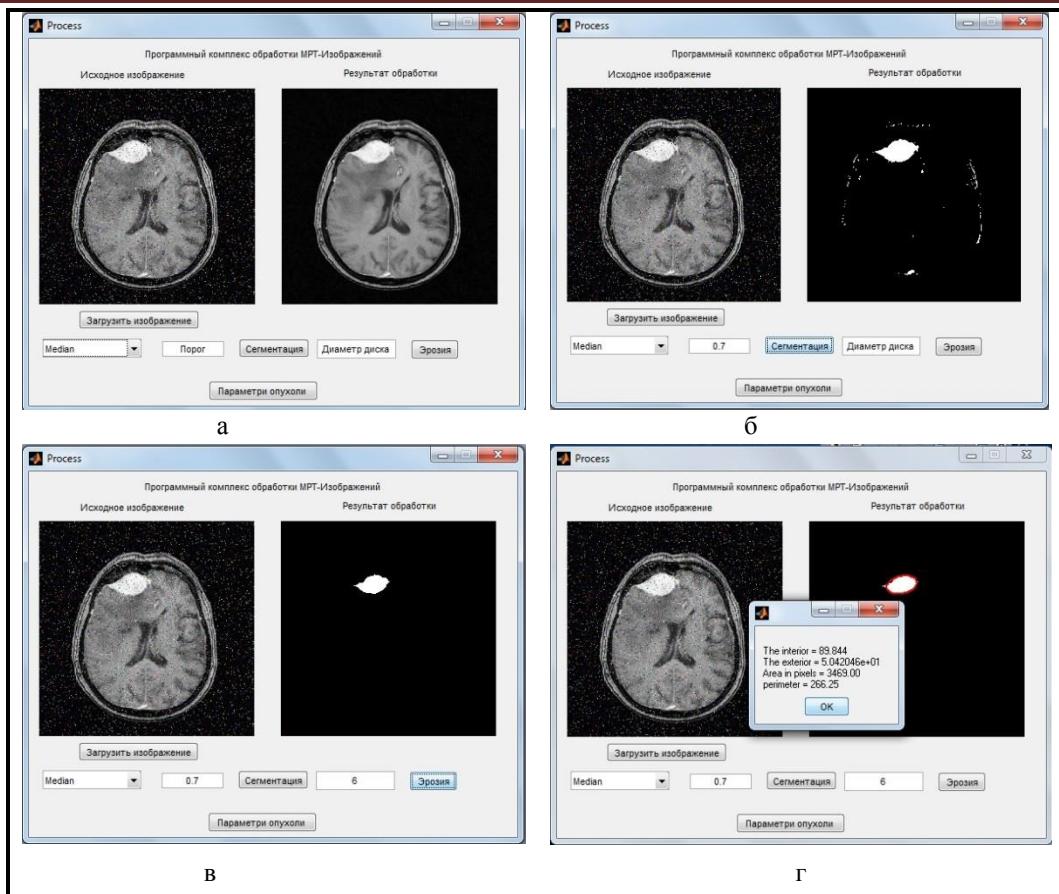


Рис. 2 – Пример работы программного комплекса: а - фильтрация медианным фильтром; б - сегментация с порогом=0,7; в - эрозия со структурным диском радиусом 6; г - измерение параметров опухоли.

**Заключение:** Разработанный программный комплекс в среде MATLAB позволяет с высокой точностью удалить шум и сегментировать объемные образования на МРТ-изображениях головного мозга.

#### Библиографический список

1. Neeraj Sharma, Aggarwal Lalit M. Automated medical image segmentation techniques. *Journal of medical physics*, 2010, no 35, pp. 3-14.
2. Swe Z.O. Aung S.K. Brain tumor detection and segmentation using watershed segmentation and morphological operation, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2014, vol. 3, issue 03, pp. 367-374.
3. Гонсалес Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Э. Вудс. Москва : Техносфера, 2005. - 1072 с.

#### DEVELOPMENT SOFTWARE FOR MRI IMAGE PROCESSING

Abdulraqeab A.R., Sushkova L.T., Chirkov K.V.  
 Vladimir State University named after A.&N. Stoletovs  
[atef\\_alsanawy@mail.ru](mailto:atef_alsanawy@mail.ru), [ludm@vlsu.ru](mailto:ludm@vlsu.ru), [chrkv@mail.ru](mailto:chrkv@mail.ru)

The aim of this work is to develop an interface in MATLAB for MRI image processing. After loading the image, the user can chose the type of filter to enhance the quality of the image before farther processing. In the paper was shown the algorithm of tumor segmentation based on threshold method and erosion procedure. The interface measures tumor parameters: interior, exterior, area and perimeter.

## МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ КУРЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА ПО ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛУ

Исаков Р.В.<sup>1</sup>, Шамаров М.И.<sup>1</sup>, Сунцова О.В.<sup>2</sup>, Ежков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, <sup>2</sup>Медицинский проект CardioQVARK  
[irv-vlsu@mail.ru](mailto:irv-vlsu@mail.ru), [co@cardioqvark.ru](mailto:co@cardioqvark.ru)

Своевременное выявление социально-значимых заболеваний является важной задачей медицинской профилактики, поэтому требуется разработка новых методов и средств раннего обнаружения отклонений в физиологических процессах человека. Немаловажным является также доступность метода получения исходных данных для массовых обследований.

Одним из информативных и доступных сигналов организма человека является электрокардиосигнал (ЭКС). С введением инновационных систем телеметрического мониторинга ЭКС данный сигнал стал доступен для массовых персонализированных обследований функционального состояния организма в свободных условиях.

Так как задача выявления не сердечно-сосудистых заболеваний при помощи ЭКС является новой и не достаточно исследованной, было решено исследовать подходы к выявлению отклонений в организме на основе данных о курении человека, т.к. эта информация более доступна для получения. В тоже время, курение является не малозначимым негативным фактором, приводящим к патологическим изменениям в организме человека.

В данной работе была использована база данных системы кардиомониторинга CardioQVARK (рис.1), позволяющая собирать большое число реального, аннотированного экспериментального материала от мобильных точек регистрации ЭКС (приставка к смартфону), отправляющих данные на облачный сервер, где производится хранение и анализ данных [1]. Таким образом, она может являться хорошим средством массовой медицинской персональной профилактики.



Рис. 1 – Регистрирующее устройство CardioQVARK

Решение поставленной задачи основывалось на гипотезе о зависимости вариабельности ритма сердца (ВСР) от функционального состояния организма, известной из работ Р.М.Баевского. Данная зависимость включает в себя обратную связь посредством периферической нервной системы через головной мозг, позволяющую управлять потоком крови, в том числе путем динамического управления частотой ритма сердца [2].

### Материалы и методы

Для проведения исследования был использован набор данных, состоящий из 200 записей людей разного пола и возраста, зарегистрированных устройствами CardioQVARK [1]. Данные отбирались с приоритетом максимального разнообразия людей в выборке.

На основе этих данных было сформировано две базы данных: обучающая и тестовая. Критерии формирования баз данных (для предотвращения искусственного перекоса вероятностных параметров результатов исследований):

- 1) Размер данных в обоих базах должен быть одинаковый;
- 2) Количество записей курящих и не курящих людей должны быть равны в рамках одной базы;
- 3) Данные в обучающей и тестовой базах не должны пересекаться.

Таким образом, в обучающую и тестовую базу данных попали по 100 записей, 50 из которых принадлежали одному классу (курит/не курит).

В качестве пространства входных признаков для построения модели были использованы следующие параметры:

1. Данные исследуемого человека: возраст, пол, вес, рост.
2. Показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР): частота пульса, количество экстрасистол, СКО, коэффициент вариации, pNN50, TP, VLF, LF, HF, LF/HF, стресс-индекс, ПАРС.

Набор параметров был также нормирован до диапазона от 0 до 1. Для устранения разницы в масштабах переменных.

В качестве математической основы модели была использована технология искусственных нейронных сетей.

### Выбор нейросетевых моделей

В качестве основной модели искусственной нейронной сети (ИНС) был выбран многослойный персептрон, т.к. он показывал по результатам литературных и экспериментальных исследований положительные результаты. Важными параметрами, определяющими эффективность нейросетевой системы, являются количество нейронов и количество слоёв.

Исследование проводилось с использованием следующих моделей ИНС:

- 1) Многослойный персептрон с 2 слоями сигмоидальных нейронов (SS) (рис.2)
- 2) Многослойный персептрон с 2 равными слоями нейронов и линейным выходом (SSP) (рис.3).
- 3) Многослойный персептрон с 2 сужающимися слоями нейронов и линейным выходом (SSPD) (рис.3).

Первой моделью ИНС, применяемой в исследовании, является классическая структура многослойного персептрана, изображенная на рисунке 2.

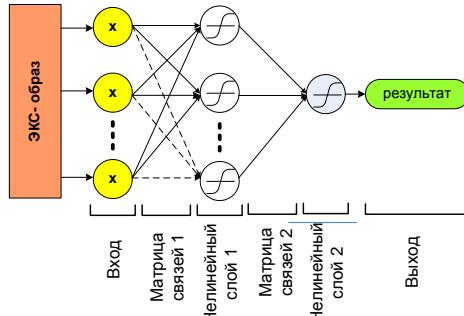


Рис. 2 - Многослойный персептрон

Особенности структуры:

- 1) Входной слой используется для хранения и передачи входного образа и не содержит пороговых элементов;
- 2) Скрытый и выходной слой содержит логистические нелинейные элементы для моделирования потенциала действия нейронов;
- 3) В выходном слое находится один нейрон, сигнал которого напрямую подключен к выходу.
- 4) Выходной сигнал ограничен диапазоном от 0 до 1.

Модель ИНС типов SSP и SSPD (рис.3) является развитием первой, путем добавления к нейронным слоям линейной функции с весовыми коэффициентами (цифровой фильтр). Данная модификация позволяет использовать второй нейронный слой более эффективно, т.к. его размер увеличивается, а выход формируется путем линейного взвешенного суммирования.

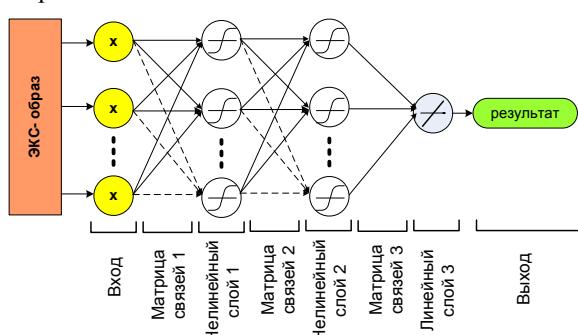


Рис. 3 – Многослойный персептрон с линейным выходом

Особенности структуры:

- 1) Входной слой используется для хранения и передачи входного образа и не содержит пороговых элементов;
- 2) Скрытые слои нейронов содержат логистические нелинейные элементы;
- 3) В выходном слое находится один линейный элемент, формирующий один выход от нескольких нейронов;
- 4) Выходной сигнал не ограничен и может принимать отрицательные значения.

В отличие от первого варианта (SS), нет строгого определения соотношения числа нейронов в скрытых слоях. Для целей обобщения информации подходят сужающиеся структуры, также имеет смысл рассмотреть равный размер скрытых слоев.

Поэтому, в исследовании применялись две вариации данной структуры:

- SSPD – сужающаяся с соотношением нейронов в скрытых слоях 2:1;
- SSP – равная с соотношением нейронов в скрытых слоях 1:1.

#### Обсуждение результатов

Основной проблемой при разработке нейросетевой системы является отсутствие аналитических методов расчета количества нейронов в скрытых слоях. Данный параметр имеет существенное значение, т.к. определяет соотношение обобщающей способности и точности результатов ИНС. Обобщающая способность определяет возможности ИНС правильно определять образы, которые никогда не встречались ей во время обучения, на основе накопленного опыта (сформированной модели знаний). Точность определяет величину допустимого отклонения выходного значения.

Для нахождения оптимального числа нейронов требуется провести вычислительный эксперимент путем обучения и тестирования серии ИНС с разным размером.

Алгоритм исследования:

1) Установка значения размера первого скрытого слоя от 2 до 1000;

2) Создание ИНС с заданными параметрами и случайно распределенными синаптическими связями;

3) Обучение ИНС на обучающей выборке алгоритмом обратного распространения ошибки. Критерий остановки: градиент среднеквадратичной ошибки обучения  $\leq 0.0000001$  (синапсы ИНС стабилизированы) или среднеквадратичная ошибка обучения  $\leq 0.00001$  (образы в обучающей базе данных распознаны);

4) Тестирование ИНС на тестовой выборке;

5) Расчет показателей эффективности (чувствительность (Ч), специфичность (С), точность (Т), предсказательная значимость положительного результата (ПЗПР), предсказательная значимость отрицательного результата (ПЗОР), вероятность ошибки 1 рода (Р1), вероятность ошибки 2 рода (Р2)) для разных значений порога отсечения в пределах от 0 до 1.

6) Построение ROC-кривой и площади под её кривой (AUC).

7) Повторение пунктов 1 – 6 для всего диапазона размеров скрытого слоя ИНС;

8) Поиск оптимального порога отсечения по критерию минимизации разницы  $|\text{Ч}-\text{С}|$ .

9) Выбор размера скрытого слоя ИНС при наилучшем сочетании значений AUC, чувствительности, специфичности и минимальному отклонению порога отсечения от середины (0.5).

В результате проведения вычислительных экспериментов были обучены и протестированы более 6000 ИНС разных типов. Лучшие результаты показала структура SS.

ROC-анализ результатов тестирования типа SS показал следующие результаты (рис.4а): облако ROC-кривых лежит по обе стороны диагонали, показывая как хорошие, так и неудовлетворительные ИНС модели.

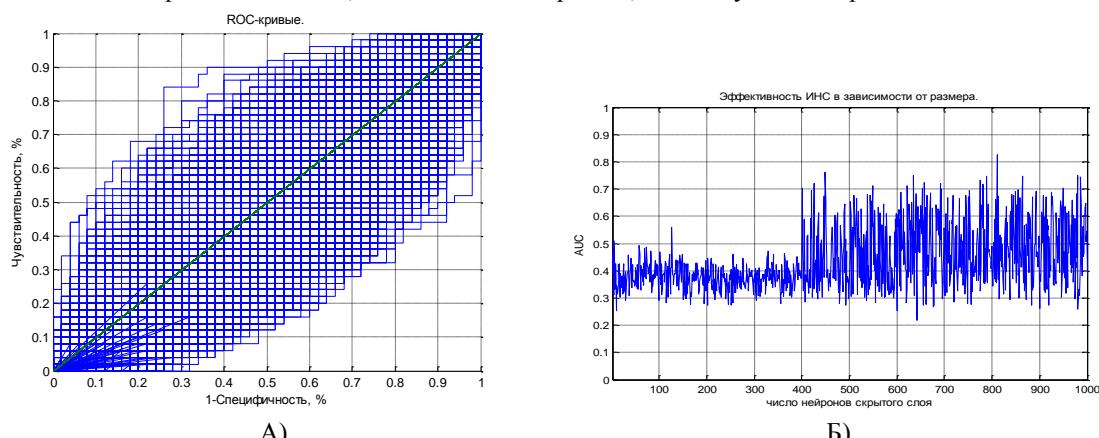


Рис. 4 – Результаты ROC-анализа ИНС разных размеров: А) ROC-кривые, Б) зависимость AUC от размера ИНС

Из рисунка 4а видно, что выделяется одна модель, отличающаяся от остальных в лучшую сторону.

Анализ результатов исследования площади ROC-кривой от размера ИНС (количество нейронов первого скрытого слоя) (рис.4б) показывает видимое улучшение эффективности ИНС модели при увеличении количества нейронов первого скрытого слоя выше 400 нейронов.

В результате поиска оптимальной модели по соотношению чувствительности и специфичности были получены следующие показатели эффективности модели на тестовой выборке:

- Чувствительность: 72%;
- Специфичность: 72%;
- Точность: 72%;
- Предсказательная значимость положительного результата: 72%;
- Предсказательная значимость отрицательного результата: 72%;
- Вероятность ошибки первого рода: 14%;
- Вероятность ошибки второго рода: 14%.

#### Заключение

Полученная модель прошла верификацию на независимой базе данных, включающей более чем 7000 записей ЭКС людей разного пола и возраста. Результаты показали сравнимые результаты, что говорит о корректности построенной модели.

Проведенная работа позволила выявить базовую нейросетевую модель для решения задачи идентификации курящего человека на основе анализа параметров электрокардиографического сигнала, что говорит о перспективности данного подхода для разработки методов выявления социально-значимых заболеваний человека.

### **Библиографический список**

1. Медицинский проект CardioQVARK [www.cardioqvark.ru](http://www.cardioqvark.ru)
2. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М.Баевский. М.: Медицина, 1979. 298 с.

### **MODEL FOR IDENTIFYING OF A SMOKER BY THE ELECTROCARDIOSIGNALS**

Isakov R.V.<sup>1</sup>, Shamarov M.I.<sup>1</sup>, Suntsova O.V.<sup>2</sup>, Ejkov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vladimir State University named after Alexander and Nicolay Stoletovs, <sup>2</sup>CardioQVARK medical project  
[irv-vlsu@mail.ru](mailto:irv-vlsu@mail.ru), [co@cardioqvark.ru](mailto:co@cardioqvark.ru)

Timely detection of socially significant diseases prevention is an important medical task, requiring the development of new methods and tools for early detection of abnormalities in the physiological processes of man.

Since a new problem of identifying non-cardiovascular diseases by means of electrocardiosignal (ECS) is not sufficiently studied, it was decided to investigate approaches to identifying abnormalities in the organism based on human smoking data, as this information more accessible for obtaining.

For the study was used a data set consisting of 200 records of people different genders and ages, registered CardioQVARK devices.

The following parameters were used as a space of input features for the model:

1. The data of the person: age, gender, weight, height.
2. Heart rate variability parameters.

As the basic model of an artificial neural network was chosen as a multilayer perceptron.

As a result of search the optimal model by the relation of sensitivity and specificity, performance indicators were obtained at 72%, as confirmed by validation set with more than 7000 records.

---

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АБИТУРИЕНТОВ И УЧАЩИХСЯ ВТУЗОВ**

Гогулина Н.С., Спиридов И.Н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,  
[Natalya.Gogulina@gmail.com](mailto:Natalya.Gogulina@gmail.com), [INSpiridonov@yandex.ru](mailto:INSpiridonov@yandex.ru)

Наличие особенностей физиологии и психики человека, склонного к определенному виду деятельности, известно с древних времен, так, в пифагорейской школе проходил отбор будущих учеников по их сообразительности, нравственности, смелости, уделялось внимание походке и мимике. Система посвящения в жреческий сан у древних египтян в храмах Фив и Мемфиса носила многоступенчатый характер и позволяла отбирать наиболее пригодных к этой почетной у древних египтян профессии. В Древнем Китае за 2200 лет до н.э. была создана и длительное время успешно функционировала отложенная система проверки способностей и отбора персонала для различных государственных должностей.

Многочисленные исследования показывают наличие взаимосвязи особенностей физиологии и психики человека с отпечатками пальцев. Для обучения инженерному и делу и работы технических специалистов осуществляется отбор абитуриентов согласно правилам приема, в 2014 году абитуриенты при приеме и студенты старших курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана общим количеством 134 человека проходили дерматоглифическое исследование, результаты которого позволяют сделать описание фенотипических признаков типичного студента технического ВУЗа.

Распределение дерматоглифических признаков является типичным для населения Москвы (рис 1-6). Наиболее часто встречающимся типом узора является петля (L), около трети узоров составляют завитки (W), присутствуют дуги (A), а также неклассифицируемые сложные узоры (C). Дельтовый индекс (ДИ) в среднем составляет 13. Более сложные узоры встречаются чаще на большом пальце левой руки (1 палец) и на безымянных (4 и 9 пальцы), наибольший гребневой счет чаще встречаются чаще на больших (1 и 6 пальцы) и безымянных пальцах (4 и 9 пальцы). Преобладает ульнарный гребневой счет на всех пальцах, асимметрия, как узорная, так и гребневая выражена на больших пальцах с преобладанием правой руки.

Для сравнения дерматоглифики студентов МГТУ и поступивших абитуриентов с непоступившими абитуриентами были выделены 2 группы из студентов и поступивших на факультеты Научно-учебного

комплекса «Радиоэлектроника, лазерная и медицинская техника» (НУК РЛМ) и абитуриенты, не поступившие или не подавшие документы в МГТУ, объемами 71 и 48 человек соответственно. Исследование дерматоглифических данных при помощи критерия Манна-Уитни с поправкой Йейтса показало статистически значимое отличие между группами только по значениям гребневой асимметрии больших пальцев с уровнем значимости 0,05. Так как отсутствуют данные о причинах того, почему абитуриенты не поступили в МГТУ (недостаточно баллов, предпочтение другому ВУЗу), можно сделать предположение, что выборка по абитуриентам недостаточна для исследования с целью применения дерматоглифики в качестве маркера возможности поступления в МГТУ.

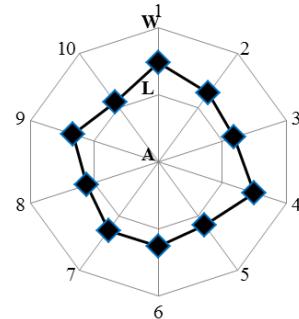
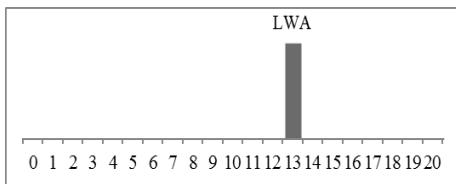
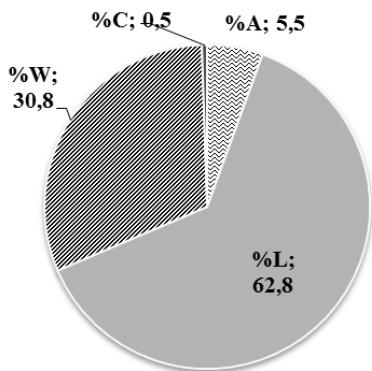


Рисунок 1. Доли узоров

Рисунок 2. Дельтовый индекс и возможный фенотип

Рисунок 3. Распределение типа узора

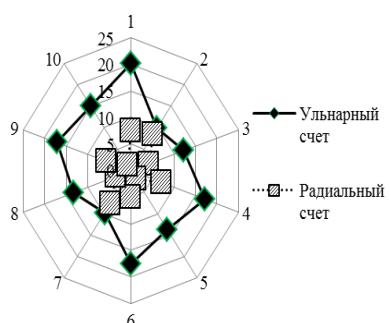


Рисунок 4. Распределение гребневого счета

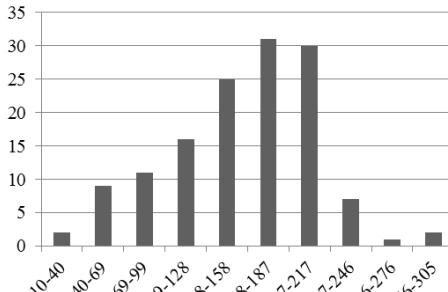


Рисунок 5. Гистограмма гребневого счета

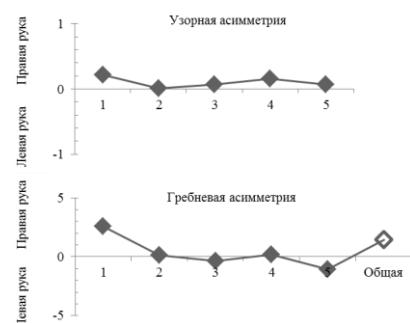


Рисунок 6. Асимметрия дерматоглифических признаков

Для сравнения дерматоглифики студентов МГТУ по успеваемости для 71 студента НУК РЛМ были вычислены средние баллы за 1 и 3 сессию и рассчитана относительная разница между средними оценками. Были получены группы, в которых успеваемость в 3 семестре не ухудшилась, по сравнению с первым, объемом 35 человек, и группа с ухудшившейся успеваемостью объемом 36 человек. В результате исследования, были получены следующие результаты:

- Группы различаются по типу узора на указательном пальце левой руки (7 палец) с уровнем значимости 0,1 (Чаще встречается завиток у первой группы, рисунок 7)
- Группы различаются по гребневому счету на больших пальцах левой руки, указательных пальцах правой руки (6,2 и 7 пальцы) с уровнем значимости 0,05, по гребневому счету на большом пальце правой руки (1 палец) с уровнем значимости 0,06 (Больший гребневой счет у первой группы, рисунок 8)
- Для других параметров дерматоглифики статистически значимых различий не найдено, однако просматривается тенденция к увеличению числа завитковых узоров у группы студентов с улучшившейся успеваемостью (рисунок 9)

Таким образом, изменение успеваемости у студентов коррелирует с дерматоглифическими признаками, причинами могут являться способность адаптироваться к новым условиям, скорость усвоения технических предметов, выносливость, общительность, ответственность и многие другие, что дает почву для дальнейших исследований в этом направлении.

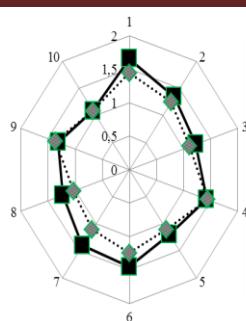


Рисунок 7. Распределение типа узора по пальцам у студентов по успеваемости

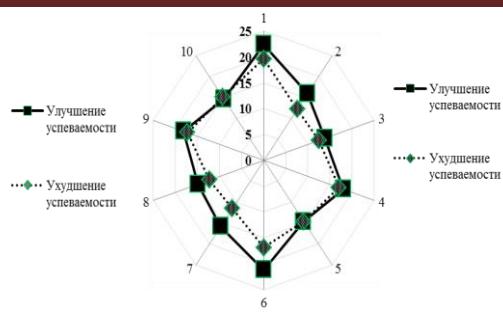


Рисунок 8. Распределение требевого счета у студентов по успеваемости

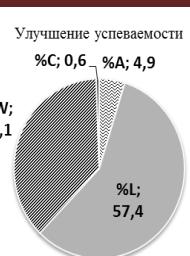


Рисунок 9. Соотношение типов узоров у студентов по успеваемости

## STUDY OF DERMATOGLYPHIC FEATURES OF TECHNICAL UNIVERSITIES APPLICANTS AND STUDENTS

Gogulina N, Spiridonov I

Bauman Moscow State Technical University [Natalya.Gogulina@gmail.com](mailto:Natalya.Gogulina@gmail.com), [INSpiridonov@yandex.ru](mailto:INSpiridonov@yandex.ru)

The article investigates the fingerprint dermatoglyphic parameters of BMSTU students and entrants. Dermatoglyphic differences in students and entrants are expressed weakly. It is shown that there is a statistically significant difference in dermatoglyphic parameters of students with different academic progress.

### УДАЛЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА

Парполов Д.А., Спиридов И.Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, [parpulov.dmitriy@yandex.ru](mailto:parpulov.dmitriy@yandex.ru)

В настоящее время оценка функционального статуса (ФС) человека и его устойчивости к воздействию стресса является объективной необходимостью. Несоответствие ФС сотрудника условиям выполняемой задачи приводит к формированию физиологических, биологических и информационных факторов стресса. Факторы стресса, изменяя функциональное состояние организма, становятся причиной развития психосоматических заболеваний, увеличения числа хронических заболеваний, наследственных и врожденных пороков развития у детей [9, 31, 34, 36]. Несоответствие состояния сотрудника занимаемой должности обусловлено в том числе превышением адаптационных возможностей организма [1, 19].

Закономерности развития функционального состояния определяются особенностями ФС и проявляются в закономерностях физиологических реакций, биохимических характеристиках, фенотипических показателях и поведенческих реакциях [5, 31, 34]. Установлено, что особенности ФС закреплены в фенотипе и находят отражение в информативных морфогенетических вариантах, одним из которых является радужная оболочка глаза (РОГ). Общность эмбрионального происхождения центральной нервной системы (ЦНС) и РОГ обуславливает связь особенностей ФС и иридоглифических параметров, что подтверждено исследованиями Е.С. Вельховера, В.Ф. Ананина, Ф.З. Галимуллина [1, 2, 6-10]. Показано, что анализ цвета, плотности стromы РОГ, хроматических и структурных особенностей ее строения позволяет проводить оценку адаптивных способностей, репаративных возможностей организма, а также его функционального состояния [3-5, 8, 15]. Данная работа посвящена исследованию возможности удаленной регистрации изображений РОГ для задачи оценки функционального состояния.

Появление и развитие теории функциональных систем позволило сделать вывод о том, что функциональное состояние организма можно оценить, изучая состояние экстерорецептивных зон (ЭРЗ). К ЭРЗ тела человека относят кожу (зоны Захарьина-Геда), слизистые носа и рта, ушные раковины и РОГ [15, 17, 19, 20]. Одной из наиболее информативных ЭРЗ, представляющей совокупность экстерорецепторов и отражающей функциональное состояние организма, является РОГ. Исследования ученых показали, что анализ структурных и хроматических особенностей РОГ позволяет оценить функциональное состояние всего организма и отдельных органов и систем, а также определить наличие патологического процесса до его клинического проявления [1, 2, 4].

Одним из неинвазивных методов профотбора является иридоглифическое исследование (ИИ), основанное на определении изменений в зонах РОГ, функционально связанных с внутренними органами и системами [1, 2, 5-7]. В процессе ИИ выделяют два типа иридоглифических признаков (ИП): интегральные (цвет РОГ, степень плотности стromы, адаптационные кольца, токсическая и белая луцистость, дистрофический

ободок, лимфатический розарий, гетерохромия, зашлакованность автономного кольца) и локальные (лакуны, токсические пятна, пигментные пятна) (Рис. 1) [1, 4, 5].

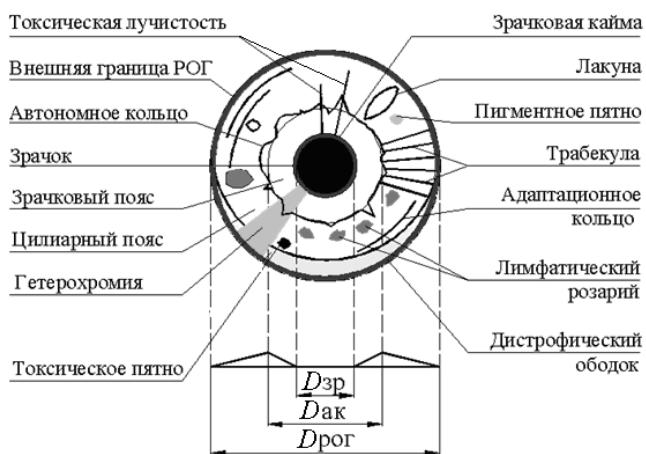


Рис.1.Иридографические признаки РОГ

Для определения размеров локальных ИП авторами были проведены дополнительные исследования. В Таблице 1 приведены размеры локальных ИП относительно горизонтального диаметра РОГ.

Таблица 1 – Относительные размеры локальных ИП РОГ

№	Локальный ИП	Размер ИП относительно горизонтального диаметра РОГ
1	Автономное кольцо (зрачковый пояс)	0.35 – 0.5
2	Лакуна	0.02 – 0.12
3	Пигментное пятно	0.03 – 0.07
4	Токсическое пятно	0.03 – 0.07

Согласно литературным данным, для выделения ИП РОГ с характерными размерами более 50 мкм (усредненное значение толщины трабекулы) регистрирующая оптическая система “объектив - матрица” должна обеспечивать разрешающую способность, отнесенную к плоскости предмета, не менее  $50 \text{ мкм}^{-1}$  [9]. При проведении экспериментов для получения изображений РОГ был использована оптическая система из фотоаппарата Canon EOS 6D и объектива Canon EF 70-300mm f/4-5.6. В результате установлено, что суммарная разрешающая способность оптической системы составляет  $R_{\Sigma} \approx 63 \text{ мкм}^{-1}$  и, таким образом, удовлетворяет требованиям к регистрации РОГ.

Пусть  $\Delta$  – размер объекта,  $L$  – расстояние от объекта до оптической системы,  $\delta \cong \frac{1}{R_{\Sigma}}$  – размер минимально различимого объекта на изображении, построенном на матрице оптической системы,  $f' = 300 \text{ мм}$  – фокусное расстояние применяемой оптической системы. Тогда, считая пучок квазипараллельным ( $L \gg f'$ ):

$$\frac{\Delta}{L} = \frac{\delta}{f'} \quad (1)$$

Таким образом, расстояние, с которого объект размером  $\Delta$  различим, составляет:

$$L = \frac{\Delta * f'}{\delta} = \Delta * f' * R_{\Sigma} \quad (2)$$

Однако, выражение (2) справедливо при регистрации изображения объекта, имеющего коэффициент контраста с областью фона, равного  $K_{\phi-\phi} = 1$ . Для оценки поправочного коэффициента, связанного с тем, что коэффициент контраста “ИП - строма” при регистрации изображения РОГ отличен от единицы, были проведены соответствующие эксперименты. Изображения РОГ переводились в полутонаовое представление, после чего по формуле (3) вычислялся коэффициент контраста.

$$K = \frac{|I_{\text{стромы}}^{\text{уср}} - I_{\text{ИП}}^{\text{уср}}|}{I_{\text{стромы}}^{\text{уср}} + I_{\text{ИП}}^{\text{уср}}} \quad (3),$$

где  $I_{\text{ИП}}^{\text{уср}}$  – усредненное по площади значение интенсивности пикселей полутонаового изображения в области изучаемого локального ИП,  $I_{\text{стромы}}^{\text{уср}}$  – усредненное по площади значение интенсивности пикселей стромы. По результатам экспериментов сформирована Таблица 2, в которой приведены значения коэффициентов контраста между стромой и локальными ИП.

Таблица 2 – Значения коэффициентов контраста между областью стромы и локальными ИП на изображениях РОГ

№	Локальный ИП	Коэффициент контраста между областью стромы и областью ИП на изображении
1	Автономное кольцо (область зрачкового пояса)	0.1 – 0.3
2	Лакуна	0.2 – 0.4
3	Пигментное пятно	0.2 – 0.35
4	Токсическое пятно	0.3 – 0.6

При оценке расстояния различимости локальных ИП введем для каждого из них поправочный коэффициент, численно равный верхней границе найденного диапазона коэффициента контраста. Используя данные об относительных размерах локальных ИП и принимая горизонтальный диаметр РОГ равным 13,5 мм [1,4,6], получим оценки расстояний различимости локальных ИП (Таблица 3) при данных характеристиках оптической системы.

Таблица 3 – Оценка расстояний различимости различных локальных ИП при данных характеристиках оптической системы.

№	Локальный ИП	Максимальное расстояние различимости для данного локального ИП, м
1	Автономное кольцо (зрачковый пояс)	17.8 – 22.1
2	Лакуна	2.1 – 5.6
3	Пигментное пятно	4.7 – 6.6
4	Токсическое пятно	10.7 – 11.4

Для оценки разрешения изображения РОГ, на котором эксперты в состоянии выделить ИП, была выполнена следующая последовательность действий. Для каждого из анализируемых локальных ИП составлялась выборка из 50 изображений РОГ, полученных с помощью АПК ИИ “Лазурит”. Затем программными средствами изменялись размеры изображения, и экспертом проводился анализ различимости текущего ИП. Таким образом, были установлены минимальные размеры изображения в пикселях, необходимые для выделения локального ИП. В качестве общей численной характеристики было выбрано значение количества пикселей вдоль горизонтального диаметра РОГ. Полученные для каждого локального ИП данные сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Различимость ИП РОГ в зависимости от размера изображения в пикселях при данных характеристиках оптической системы

Горизонтальный размер изображения РОГ, пиксель	Выводы экспертов о различимости локальных ИП РОГ
20-25	Возможно определить цвет РОГ, определить наличие центральной гетерохромии
30-35	См. выше + возможно определить наличие выраженного дистрофического ободка
40-50	См. выше + возможно определить границу зрачкового пояса для серых и серых с гетерохромией глаз, различимы крупные темные пятна на светлых РОГ
50-60	См. выше + возможно выделить крупные лакуны
60-80	См. выше + возможно выделить адаптационные кольца на карих РОГ, небольшие пигментные пятна
> 150	Локальные ИП однозначно выделяются экспертами на изображении РОГ

Из таблицы следует, что при горизонтальном размере изображения РОГ больше 60 пикселей эксперты в состоянии выделить ряд локальных ИП, характеризующих адаптационные возможности, репаративные способности и функциональное состояние организма.

При проведении эксперимента исследовалось влияние расстояния до объекта на различимость локальных ИП РОГ. Удаленная регистрация изображений РОГ проводилась для 15 человек. Из них 9 человек имели серый цвет РОГ, 6 - карий цвет РОГ. Для каждого объекта регистрировались изображения РОГ на расстоянии 2 – 12 м с шагом 1 м. Полученные экспериментальные данные были сведены в Таблицу 5.

Таблица 5 – Различимость различных локальных ИП РОГ в зависимости от расстояния до объекта при данных характеристиках оптической системы.

Расстояние до	Различимость локальных ИП РОГ
---------------	-------------------------------

объекта, м	
<b>Серые РОГ</b>	
2	Возможно различить отдельные трабекулы
3	Различимы крупные лакуны, токсические и пигментные пятна, автономное кольцо
4	Предел различимости крупных лакун нелакунарной РОГ, различима граница зрачкового пояса, токсические и пигментные пятна, области гетерохромии
5,6,7	Различима граница зрачкового пояса, предел различимости пигментных пятен
7,8,9,10	Различима граница зрачкового пояса, предел различимости крупных токсических пятен
10,11,12	Предел различимости зрачкового пояса, можно получить информацию только о цвете РОГ
<b>Карие РОГ</b>	
2	Различим зрачковый пояс, наличие астенических трещин зрачкового пояса, наличие адаптационных колец
2,3	Различим зрачковый пояс, предел различимости астенических трещин зрачкового пояса
4,5	Предел различимости границы зрачкового пояса, предел различимости адаптационных колец

Таким образом, на основе полученных данных были сформированы следующие требования для удаленной регистрации РОГ:

–для РОГ серого цвета максимальное расстояние, достаточное для различения экспертами локальных ИП без потери информативности, при данных характеристиках оптической системы составляет 4 м; минимальное расстояние, на котором уже не различаются ИП (кроме цвета РОГ) – 12 м;

–для РОГ карого цвета пороговое расстояние, достаточное для различения экспертом ИП без потери информативности, при данных характеристиках оптической системы составляет 2 м; минимальное расстояние, на котором уже не различаются ИП (кроме цвета РОГ) – 5 м.

В результате проведенных экспериментов сформированы требования к размерам изображения РОГ, достаточного для выделения локальных ИП без потери информативности, и требования к расстоянию для удаленной регистрации изображений РОГ серого и карого цвета. Результаты получены для оптической системы с фокусным расстоянием 300 мм и суммарной разрешающей способностью  $63 \text{ mm}^{-1}$ . Установлено, что при соблюдении данных требований информативность изображений РОГ, получаемых в результате удаленной регистрации, позволяет экспертам оценить функциональное состояние организма испытуемого, его адаптационные и репаративные возможности.

#### Библиографический список

1. Ананин, В. Ф. Рефлексология: теория и методы.– М.: Изд-во Рос. ун-та Дружбы народов : Биомединформ, 1992.– 168 с.
2. Ананин В.Ф. Теоретические основы иридологии. Монография / Под ред. акад. В.В.Куприянова: В 2-х томах. М.: Изд. ЛЭТМО, 1993. Т.1. 184 с.
3. Аполлонова И. А., Парпулов Д. А., Семикопенко В. А. Неинвазивный метод формирования группы риска заболеваний молочной железы./ Электронное научно-техническое издание “Наука и образование”, 2014. №12. С. 504-520.
4. Вельховер Е.С. Клиническая иридология. М.: Орбита, 1992. 432 с.
5. Вельховер Е.С., Ананин В.Ф. Иридология: теория и методы. М.: Изд-во РУДН и Биомединформ, 1992. 296 с.
6. Вельховер Е.С., Шульпина Н.Б., Алиева З.А. Иридодиагностика. М.: Медицина, 1988. 398 с.
7. Галимуллин Ф. З. Оценка конституциональных особенностей организма с применением методики иридодиагностики // Иридолог: Сборник материалов Всесоюзной ассоциации иридологов. 1990. № 2. С.6–14.
8. Галимуллин Ф. З. Оптимизация организации медицинской помощи пострадавшим в шахтах Печорского угольного бассейна в период реструктуризации производства: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.00.33. Казань, Казан. гос. мед. ун-т, 2004. 24 с.
9. Желтов Г.И. Идентификация по радужке: проблемы фотoreгистрации. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”. 2012. – С.62-72.
10. Корнеева Я. А., Симонова Н. Н., Дегтева Г. Н. Компоненты адаптационных стратегий как профессионально важные качества специалистов, работающих вахтовым методом в условиях Севера // Экология человека. 2011. №6. С.17-21.
11. Куцарев И.П., Мамакеев М.М. Иридодиагностика – как скрининг-тест при массовых медицинских осмотрах // Здравоохранение Киргизии. – 1991. - №3. – С.46-47.
12. Потебня Г.П., Лисовенко Г.С., Кривенко В.В. Клиническая и экспериментальная иридология. Киев: Наукова Думка, 1995. 262 с.
13. Пряжников Н.С., Пряжникова Е.Ю. Профориентация - М.: Academia , 2005, 496 стр.
14. Солониченко В.Г., Делоне Н.Л. Адаптивные фенотипы человека в физиологии и медицине //Успехи физиологических наук. №30. Т.2. 1999. С.1–13.
15. Спиридонов И.Н. Медицинские и социальные аспекты дерматоглифической и иридоскопической диагностики //Сознание и физическая реальность. 1999. Т.4, №1. С. 47–57.

16. Спиридов И.Н. Измерение особенностей структуры и формы на медико-биологических изображениях // Сборник статей науч.-техн.конф. “Медицинские технологии на страже здоровья” М., 2009. С. 82–85.
17. Спиридов И.Н., Семикин Г.И. Особенности иридодиагностики рефлекторной системы человека// Актуальные проблемы психофизиологического обеспечения учебно-боевой деятельности личного состава вооруженных сил: Тез. докл. науч.-техн.конф. М., 1997. С. 180–181.
18. Спиридов И.Н., Хрусталев А.В, Крылов Ю.В. «Оценка функционального состояния, адаптационных возможностей и reparативных способностей человека», М., Научный вестник, 2006. - 48 с.
19. Хрусталев А.В., Спиридов И.Н. Особенности измерения геометрических параметров радужной оболочки глаза //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2005, № 9. С.17–21.
20. Функциональные системы организма //Руководство под ред. Судакова К.В. М: Медицина, 1987. 432 с.

### **REMOTE REGISTRATION OF IRIS IMAGES**

Parpulov D.A., Spiridonov I. N.  
Bauman Moscow State Technical University, [parpulov.dmitriy@yandex.ru](mailto:parpulov.dmitriy@yandex.ru)

Iridoglyphics research is one of the method of professional selection, based on the analysis of the structural and chromatic characteristics of iris. This method allows to evaluate the functional state of the organism and separate organs and systems, as well as to determine the presence of the pathological process before clinical appearances. This work is devoted to research of possibility of remote registration of iris images for the task of assessing the functional state of the human organism.

The article presents the results of measurements of various local iridoglyphics signs, the results of analytical calculations of the distances for remote registration of iris images. As a result of research, requirements for the size of the iris images for sufficient allocation of local iridoglyphic signs without information loss were formed, also requirements for distance for remote registration irises of gray and brown colors were determined. The results were obtained for the optical system with a focal length of 300 mm and overall resolution of  $63 \text{ mm}^{-1}$ .

It is established that at observance of these requirements, the information content of iris images, obtained while remote registration allows experts to assess the functional state of the organism of the subject, and its adaptive and reparative capabilities.



## СЕКЦИЯ 6

### БИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ, КОМПЛЕКСЫ

#### ТЕЛЕМЕДИЦИНСКАЯ СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЛЮДЕЙ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Пустозеров Е.А., Анисимов А.А., Юлдашев З.М.  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

**Актуальность.** Проблема развития телемедицинских систем диагностического назначения и широкого их внедрения в клиническую практику сегодня становится чрезвычайно актуальной в следствие ряда объективных и субъективных причин: увеличения численности населения планеты, особенно людей пожилого возраста, которые в большей степени нуждаются во внимании врачей, снижения удельных, на единицу численности населения затрат на медицинское обслуживание даже при возрастании объемов финансирования системы здравоохранения, необходимости расширения доступности и повышения качества медицинского обслуживания населения. Эффективное решение этой проблемы может быть достигнуто за счет совершенствования технологии телемедицинского мониторинга состояния здоровья людей [1] особенно по социально-значимым заболеваниям, профилактики заболеваний и прогнозирования риска обострения хронических заболеваний.

**Цель исследования.** Цель работы – разработка многоуровневой интеллектуальной системы удаленного мониторинга состояния здоровья человека и прогнозирования риска обострения хронического заболевания. Социально-значимые заболевания – заболевания, которые наиболее распространены в обществе и охватывают широкие слои населения, требуют значительных финансовых и кадровых ресурсов. Эти заболевания при недостаточном лечении часто переходят в хроническую форму. Поэтому решение проблемы мониторинга и прогнозирования риска обострения хронических заболеваний способствует решению проблемы лечения социально-значимых болезней.

Для достижения поставленной цели необходимо основополагающими являются **следующие задачи:**

- обоснование технологии и структуры системы длительного удаленного мониторинга состояния здоровья человека, прогнозирования обострения заболевания;
- формирование комплекса показателей для описания состояния здоровья пациента и прогнозирования обострения заболевания;
- обоснование и разработка структуры системы съема и регистрации носимого устройства интеллектуальной системы удаленного мониторинга состояния здоровья;
- разработка алгоритмов, решающих правил и критериев оценки текущего состояния здоровья пациента, интеллектуального мониторинга и прогнозирования обострения хронического заболевания.

**Решения задач исследования.**

**1. Обоснование технологии и структуры системы длительного удаленного мониторинга состояния здоровья человека, прогнозирования обострения заболевания.**

Для мониторинга состояния здоровья человека и прогнозирования обострения заболевания система должна решать комплекс задач, связанных с регистрацией сигналов, характеризующих деятельность систем организма, обработку и анализ биомедицинской информации, оценку текущего состояния организма, выявления динамики изменения и прогнозирование обострения заболевания. Очевидно, что для решения комплекса задач система должна иметь многоуровневую иерархическую структуру, каждый уровень которой должен обеспечивать оптимальность решения конкретной задачи.

**Первый уровень системы** (носимое пациентом устройство) обеспечивает решение задачи объективной и достоверной регистрации комплекса биомедицинских сигналов и показателей деятельности систем организма. Минимизация методических погрешностей регистрации сигналов достигается снижением влияния технических средств регистрации на функционирование систем организма и привычную для пациента

жизнедеятельность. Датчики и сенсоры носимого пациентом устройства должны иметь минимальные габариты и вес, обеспечивать неинвазивную оценку показателей, быть биологически совместимыми, не влиять на пространственно-временное распределение регистрируемых биомедицинских сигналов. Для обеспечения продолжительной надежной регистрации биомедицинских сигналов носимое устройство должно обладать высокой автономностью работы (до нескольких суток). Это означает, что в носимом устройстве не целесообразно использовать предварительную обработку сигналов: обработка комплекса биомедицинских сигналов вызывает необходимость использования высокопроизводительного процессора, что приводит к увеличению тока потребления и снижению автономности работы. Использование интеллектуальных алгоритмов регистрации и передачи биомедицинских сигналов на второй уровень системы – приемник биомедицинских сигналов позволяет существенно снизить ток потребления и увеличить автономность устройства. Интеллектуализация заключается в исходном использовании для контроля состояния индивидуальной нормы (например, ЭКГ и дыхание) ограниченного набора регистрируемых биомедицинских сигналов. В случае выявления функциональных сдвигов в деятельности систем организма в носимом устройстве обеспечивается подключение дополнительных каналов регистрации биомедицинских сигналов, изменение алгоритмов и параметров регистрации биомедицинских сигналов с целью повышения точности и достоверности оценки текущего состояния здоровья пациента. Мощность передачи сигналов по радио каналу от носимого устройства к приемнику не должна превышать десятков мВт. Это способствует дополнительному увеличению автономности работы носимого устройства. **Целевая функция системы первого уровня** может быть сформулирована так: точность и достоверность регистрации и передачи сигналов в условиях продолжительной автономной работы.

**Второй уровень иерархической системы мониторинга** – приемник сигналов. Он обеспечивает предварительную обработку биомедицинских сигналов, оценку диагностически значимых показателей, характеризующих состояние здоровья пациента, оценку текущего состояния здоровья организма пациента, управление режимом работы и изменение параметров каналов регистрации носимого устройства. Здесь же осуществляется анализ показателей функционирования систем организма, формирование сигналов оповещения пациента об изменении состояния его здоровья, передача биомедицинской информации по каналу WLAN на сервер лечебного учреждения, осуществляющего мониторинг состояния здоровья и прогнозирование обострения хронического заболевания. В целях эффективного использования оперативной памяти продолжительность хранения диагностически значимых показателей состояния здоровья пациента приемником не должна превышать одной недели. Запись и хранение этих показателей за более продолжительный период мониторинга состояния пациента осуществляется на сервере лечебного учреждения. Для решения всех выше перечисленных задач второй уровень системы должен иметь высокопроизводительный процессор. Учитывая современный уровень развития компьютерных технологий, он реализуется на смартфоне или планшете с использованием автономного или сетевого источника питания. **Целевая функция системы второго уровня** может – достоверная оценка текущего состояния пациента и передача медико-биологической информации на третий уровень для осуществления длительного мониторинга и прогнозирования состояния здоровья пациента.

**Третий уровень системы** представлен облачными средствами и технологиями сервера лечебного учреждения, осуществляющего мониторинг состояния здоровья пациента.

Здесь осуществляется детальный анализ динамики функционального состояния систем организма, интегральная оценка состояния здоровья, корректировка показателей индивидуальной нормы мониторируемого пациента, критерии диагностики заболеваний и прогнозирования его обострения, формирование для лечащего врача информационного сообщения об угрожающих здоровью пациента функциональных изменениях систем организма. **Целевая функция системы третьего уровня** – длительный мониторинг состояния здоровья пациента и прогнозирование обострения заболевания пациента.

**Четвертый уровень системы** образован микропроцессорной системой лечащего (семейного) врача и реализуется на носимом (планшете) или стационарном компьютере. Врач получает подробнейшую информацию о текущем состоянии пациента, динамике изменения состояния здоровья в процессе длительного мониторинга, прогноз состояния здоровья на ближайшие дни. Здесь же лечащему врачу могут быть рекомендованы типовые решения по использованию медицинских технологий и лекарственных средств для нормализации состояния здоровья пациента в случае появления угрожающих его жизни и здоровью функциональных нарушений.

Информационное взаимодействие второго, третьего и четвертого уровней системы мониторинга осуществляется с использованием канала связи WLAN. На сервер лечебного учреждения со стороны второго уровня системы поступает медико-биологическая информация о текущем состоянии здоровья пациента, в обратном направлении – на приемник пациента обновления программных модулей, уточненные по результатам длительного мониторинга критерии оценки текущего состояния пациента, управляющие команды для реализации интеллектуального режима регистрации и обработки биомедицинских сигналов. Использование канала WLAN между сервером лечебного учреждения и компьютером лечащего врача обеспечивает доступ врача к данным пациента, контроль состояния здоровья пациента, медицинское консультативное сопровождение пациента без ограничений в пространстве и во времени. Врач, используя облачные средства, может корректировать программу мониторинга, средства оценки текущего состояния и прогнозирования состояния здоровья пациента. **Целевая функция системы четвертого уровня** – обеспечение контроля

состояния здоровья пациента и принятия решения лечащим (семейным) врачом, медицинского сопровождения пациента врачом.

В соответствии с приведенным обоснованием предлагается обобщенная структура интеллектуальной системы удаленного мониторинга состояния здоровья (рис. 1).

Представленная обобщенная структура пригодна для описания практически всех интеллектуальных систем удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов и прогнозирования обострения заболевания. Различия будет касаться структуры Hardware носимого устройства и Software всех уровней системы. Очевидно, что для оценки текущего состояния пациента, имеющего конкретный вид хронического заболевания, требуются вполне определенные алгоритмы, решающие правила и критерии диагностики заболевания, прогнозирования обострения болезни. Поэтому особенности реализации Hardware системы первого уровня и Software будут определяться исключительно целевой функцией всей системы удаленного мониторинга, хотя будут иметь место и общие инструментальные и программные модули для всех систем удаленного мониторинга.

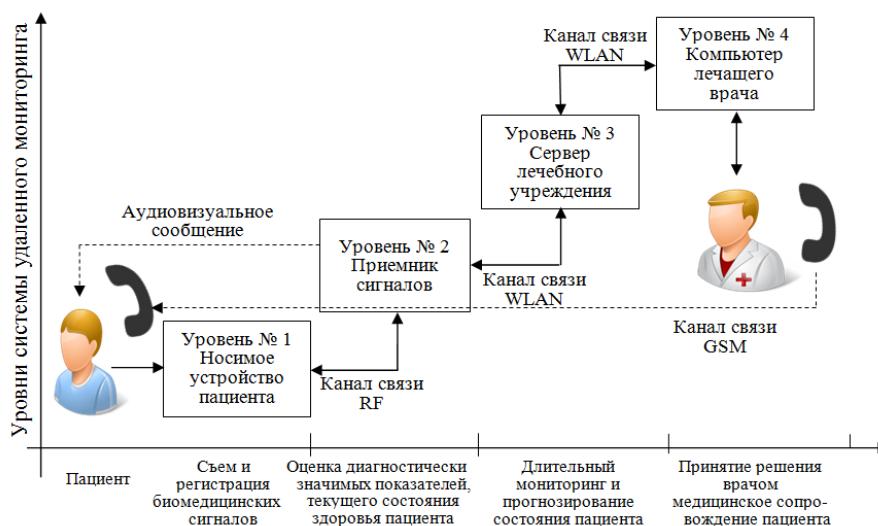


Рис.1. Архитектура системы удаленного мониторинга

## 2. Формирование комплекса показателей для описания состояния здоровья пациента и прогнозирования обострения заболевания.

Процесс оценки текущего состояния пациента и диагностики заболевания, осуществляемый врачом, представляет собой процесс поиска некоторой модели (описания) из известной совокупности моделей состояний (в том числе заболеваний) наиболее близкой к модели текущего состояния пациента. Поэтому точность формирования модели текущего состояния пациента, моделей заболеваний, реализуемость и оптимальность алгоритмов поиска и сравнения моделей, принятия решения, объективность критериев диагностики в значительной степени влияют на точность диагностики заболевания. Модели состояний здоровья пациента (в норме и при заболеваниях) описываются совокупностью (комплексом) диагностически значимых показателей. В общем случае состав показателей для различных заболеваний не совпадает. Для формирования комплекса значимых показателей, необходимых для диагностики заболеваний, рекомендуется следующий подход. Формируется группа из числа врачей, имеющих большой опыт клинической работы по профилю заболевания. Группа дает экспертную оценку значимости показателей для диагностики заболеваний. Далее по результатам клинических исследований на представительной выборке различных групп пациентов с использованием предложенного комплекса показателей формируется база данных для состояния физиологической нормы и конкретного заболевания. Формируемые группы должны учитывать возрастные и гендерные различия пациентов, наличие сопутствующих заболеваний. Поученные экспериментальные данные используются для проведения факторного анализа с целью определения факторов (показателей), обладающих наибольшей мощностью при идентификации заболевания, и формирования уровня значимости (рейтинга) факторов. Мощности диагностически значимых факторов используются для формализации моделей (математических, табличных), а уровень значимости факторов используется для организации процесса интеллектуального мониторинга. Он заключается в проведении оценки текущего состояния и мониторинга по ограниченному количеству наиболее значимых показателей (имеющих высокий уровень значимости) в фоновом режиме работы системы, а при отклонении текущего состояния здоровья пациента от зоны индивидуальной нормы в подключении каналов регистрации биомедицинской информации для оценки дополнительных показателей модели состояния. Таким образом, состав комплекса показателей, используемых в моделях состояний пациента, позволяет определить состав измерительных каналов для регистрации биомедицинских сигналов, а уровень значимости диагностических показателей – для определения последовательности подключения измерительных каналов и запуска программных модулей оценки показателей.

Безусловно, для диагностики значительного количества функциональных нарушений систем организма и заболеваний в системах мониторинга состояния здоровья пациента используется каналы регистрации ЭКГ, артериального давления, пульсовой волны, дыхания, температуры тела, а, оценка диагностически значимых показателей осуществляется последовательно, с учетом уровня значимости показателя.

### 3. Обоснование и разработка структуры системы съема и регистрации носимого устройства интеллектуальной системы удаленного мониторинга состояния здоровья.

Функциональные возможности интеллектуальной системы удаленного мониторинга состояния здоровья в значительной степени определяются функциональными возможностями измерительных каналов носимого устройства, так как с его помощью обеспечивается съем и регистрация биомедицинской информации, на основе которой осуществляется оценка текущего состояния здоровья, мониторинг и прогнозирование обострения заболевания. Для обеспечения улучшенных технических и метрологических характеристик измерительных каналов целесообразно использовать высоко интегрированные модули Analog Front End (AFE) медицинского назначения, предназначенные для регистрации ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ,  $SO_2$ , пульсограммы, параметров дыхания, температуры. Большинство современных модулей AFE имеют цифровые выходы UART и SPI, что позволяет предложить следующую унифицированную структуру носимого устройства (рисунок 2).

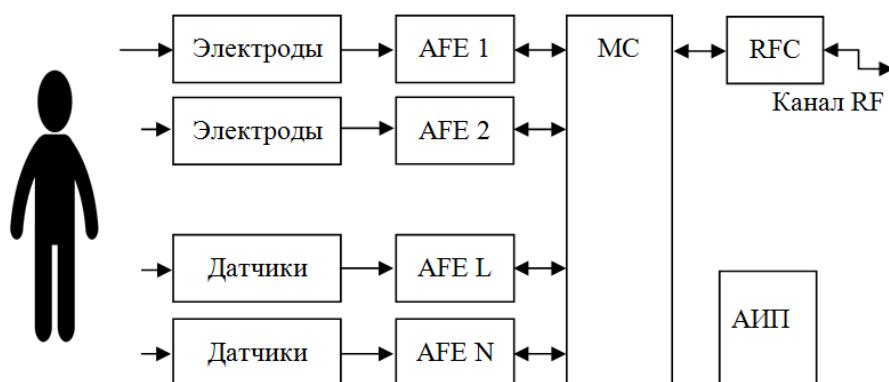


Рис. 2. Универсальная структура носимого устройства

Носимое устройство содержит блок электродов и датчиков для регистрации сигналов с пациента, модули N каналов модулей AFE, микроконтроллер MC для сбора цифровой информации с измерительных каналов и управления режимами их работы, радиомодуль RF для передачи/приема сигналов с системы второго уровня и автономный источник питания АИП. Выбор конкретных типов модулей системы осуществляется с учетом обеспечения требуемой скорости передачи регистрируемой с пациента биомедицинской информации.

### 4. Разработка алгоритмов, решающих правила и критерии оценки текущего состояния здоровья пациента, интеллектуального мониторинга и прогнозирования обострения хронического заболевания.

Разрабатываемый Software системы мониторинга состояния здоровья и прогнозирования хронического заболевания должны обеспечивать решение целевой функции, поставленной перед системой. В докладе рассматриваются алгоритмы, решающие правила и критерии оценки текущего состояния и мониторинга состояния здоровья больных, страдающих повышенным артериальным давлением [2], сахарным диабетом второго типа [3], с нарушением сердечной деятельности (мерцательная аритмия, фибрилляция предсердия) [4], пациентов с хроническими заболеваниями легких [5].

Обсуждаются вопросы практической реализации систем удаленного мониторинга здоровья.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16-07-00599 «Модели, методы и система интеллектуального телемедицинского мониторинга состояния здоровья человека и прогнозирования обострения заболеваний»

#### Библиографический список:

- Пустозеров Е.А., Юлдашев З.М. Дистанционный мониторинг состояния больных сахарным диабетом. Медицинская техника. 2014. № 2. С. 15-18.
- Анисимов А.А., Юлдашев З.М., Бибичева Ю.Г. безокклюзионная оценка динамики артериального давления по времени распространения пульсовой волны. Медицинская техника. 2014. № 2. С. 8-12.
- Пустозеров Е.А., Юлдашев З.М. Система mhealth для информационной поддержки больного сахарным диабетом. Биотехносфера. 2013. № 1 (25). С. 39-44.
- Нгун Ч.Т., Юлдашев З.М. Носимая система для предупреждения у пациента мерцательной аритмии. Биотехносфера. 2015. № 4 (40). С. 25-27.
- Глазова А.Ю., Бибичева Ю.Г., Юлдашев З.М., Похазникова М.А. технология и система удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов с хронической обструктивной болезнью легких. Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 11. С. 022-027.

## REMOTE HEALTH MONITORING TELEMEDICINE SYSTEM FOR PEOPLE WITH CHRONIC DISEASES

Pustozerov E.A. Anisimov A.A., Yuldashev Z. M.  
[yuld@mail.ru](mailto:yuld@mail.ru)

The article presents the substantiation of the technology and the structure of the continuous remote monitoring system of the person's health status, the descriptions of system hierarchy levels and requirements at each of the levels. The set of indicators for description of patient's health status and prediction of future disease exacerbation as well as the structure of wearable patient device were developed during the study.

## ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А.  
 ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт "МОНИКИ"  
 им. М.Ф. Владимирского, ООО "Центр исследований и разработок ЭОС-Медика"  
 E-mail: [lapitandenis@mail.ru](mailto:lapitandenis@mail.ru)

Проблемы микроциркуляции, связанные с выявлением фундаментальных закономерностей крово- и лимфотока в микрососудах, на сегодняшний день привлекают все больше внимания исследователей-медиков, медицинских физиков, биологов и практикующих врачей самых разных специальностей [1]. В последнее время Лазерная доплеровская флюметрия (ЛДФ) стала хорошо отработанной технологией в современной медицине, которая позволяет неинвазивно исследовать систему микроциркуляции крови [2]. В ЛДФ регистрируется суммарный сигнал, обратно рассеянный как от движущихся эритроцитов крови с доплеровским сдвигом частоты, так и от неподвижных неоднородностей внутри биоткани. Суммируясь на фотоприемнике, эти два сигнала образуют низкочастотные биения, регистрация и обработка которых позволяют получать важную медицинскую информацию о потоке крови в сосудах микроциркуляторного русла. Таким образом, в ЛДФ оценивается некий интегральный параметр – показатель микроциркуляции. Он пропорционален скорости движения эритроцитов и количеству эритроцитов (основных рассеивателей света) в зоне обследования [3]:

$$PM = K \cdot N_{cp} \cdot V_{cp},$$

где:  $PM$  – показатель микроциркуляции (пф. ед.),  $K$  – коэффициент пропорциональности,  $N_{cp}$  – количество эритроцитов в зоне обследования,  $V_{cp}$  – средняя скорость эритроцитов в зондируемом объеме.

1 Тем не менее, многие аспекты образования входного сигнала, а также его обработки в приборах ЛДФ до сих пор остаются слабо изученными. В частности, широко используемая в российских и зарубежных флюметрах двухканальная схема обработки сигнала, разработанная Nilsson и др. [4], имеет определенные недостатки, подробно описанные в работе [5]. Считается, что такая схема обеспечивает подавление синфазного сигнала, источником которого могут быть различные шумовые помехи. На рис. 1 представлена типичная двухканальная схема приборов ЛДФ, которая соответствует лазерному анализатору микроциркуляции крови ЛАКК-02 производства НПП «ЛАЗМА», Москва.

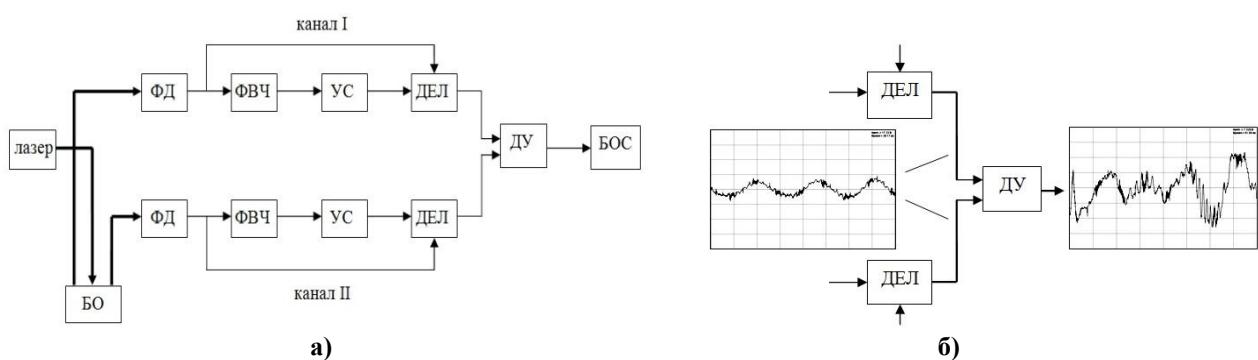


Рис. 1. Блок-схема дифференциальной схемы ЛДФ прибора "ЛАКК-02". БО – биологический объект, ФД – фотодетектор, ФВЧ – фильтр высоких частот, УС – усилитель, ДЕЛ – делитель, ДУ – дифференциальный усилитель, БОС – блок обработки сигнала (а). Осцилограммы сигнала, снятые до и после дифференциального усилителя в схеме (б), демонстрирующие искажения сигнала.

В данной схеме было обнаружено возникновение низко- и высокочастотных биений в выходном сигнале после дифференциального усилителя (рис. 1б). Это приводит к образованию ложных спектральных компонент

в выходном сигнале [5], что является причиной возникновения дополнительных диагностических ошибок в ЛДФ, особенно по оценке ритмов микроциркуляции. Данные биения возникают из-за присутствия переменных компонент сигнала, на которые осуществляется нормировка в делителях обоих каналов. Кроме того, было также обнаружено, что некоторая часть полезного сигнала, коррелированная в обоих каналах, подавляется в дифференциальном усилителе, что уменьшает диагностическую чувствительность прибора. Как видно, данная двухканальная схема приборов ЛДФ обладает недостатками, требующими исправления. Таким образом, одним из направлений развития приборов ЛДФ может являться усовершенствование существующей дифференциальной схемы обработки сигнала, которое должно приводить к более точной и информативной диагностике микроциркуляторного звена кровообращения.

Для полноценной оценки параметров микроциркуляции крови необходима функциональная диагностика – количественная сравнительная оценка основных параметров работоспособности системы микроциркуляции в покое и при разных нагрузочных тестах на эту систему, включая оценку динамики частотных ритмов микроциркуляции и тесты в движении пациента. Важными элементами нагрузки на систему микроциркуляции являются тесты, требующие движений пациента: постуральный тест, ортостатический, тесты с физическими упражнениями. Без нагрузочных тестов и без оценки частотных ритмов микрогемодинамики, оценка только базового уровня кровотока – мало информативна [6]. Однако, ни методы УЗИ, ни методы капилляроскопии не позволяют проводить тесты в движении, т.к. ограничивают движение пациента во время проведения диагностики – пациент должен сидеть или лежать неподвижно. Для выполнения нагрузочных тестов в движении и для диагностики ритмов микроциркуляции сегодня в клиниках приборы ЛДФ тоже применимы с большими ограничениями. Они ограничивают движение испытуемого, т.к. пациент во время диагностики связан с прибором оптическими волокнами.

Такие ограничения на движение заставляют исследователей по всему миру искать другие технические решения. Это другое направление развития приборов ЛДФ. Например, недавно коллектив из Японии под руководством проф. R.Sawada предложил устройство портативного прибора ЛДФ без оптических волокон [7]. Но для производства такого прибора необходимо закупить достаточно дорогую технологическую линию для изготовления микрочипов с лазерами. Это приемлемо для Японии, но трудно реализуемо в России. У нас в МОНИКИ также ведется работа по миниатюризации и портативности устройств диагностики микроциркуляторного русла, но на другой основе. Предпосылкой возникновения такой работы стало подробное изучение физических основ метода ЛДФ.

Основная теория ЛДФ была построена в 1980-е годы с большим числом допущений и упрощений. Одним из таких грубых допущений является стационарная амплитуда обратно рассеянного пучка. На практике же наблюдаются флюктуации обратно рассеянного потока, поскольку биологический объект является живой, изменчивой системой, и изменения его оптических свойств, за счет действия различных ритмических процессов, участвующих в механизмах регуляции системы микроциркуляции, отражаются на уровне регистрируемого сигнала, что было показано в работах [8, 9]. Суммарная амплитуда обратно рассеянного потока сильно и нелинейно зависит от уровня кровенаполнения ткани. Амплитудная модуляция интенсивности падающего на фотоприемник потока передается и дальше по тракту обработки сигнала и накладывается на определяемое значение перфузии. На сегодняшний день в существующих методах и моделях обработки сигнала в ЛДФ данный эффект амплитудной модуляции не учитывается, что позволяет говорить о том, что изучение причин и частотных параметров низкочастотных флюктуаций оптических свойств объекта диагностики вследствие протекания естественных физиологических процессов в системе микроциркуляции крови не полностью доступно исследователям. В работе [9] было показано, что при нормальном кровенаполнении возникают амплитудно-модулированные биения в сигнале, подобно доплеровским биениям, а отношение доплеровской компоненты к амплитудно-модулированной обратно рассеянного потока, которое соответствует отношению сигнал/шум в ЛДФ, лежит в диапазоне 0,5–3,5 в зависимости от среднего уровня кровенаполнения и плотности рассеивателей внутри среды. Это говорит о том, что шум вследствие амплитудной модуляции регистрируемого опорного потока в ЛДФ может быть равен или даже больше мощности полезного доплеровского сигнала. Это приводит к ошибкам в вычислении кровотока и в интерпретации результатов в ЛДФ, особенно для ритмов микрогемодинамики, которые часто используются как дополнительный параметр при исследовании микроциркуляции крови в клинике [10].

Данный результат позволил сделать предположение, что, регистрируя данные амплитудно-модулированные биения обратно рассеянного потока, можно получить на выходе (при применении определенных методов обработки сигналов) сигнал, пропорциональный количеству и скорости эритроцитов, как в классическом методе ЛДФ, но уже без доплеровского эффекта. Это третье направление развития. Для проверки данной гипотезы был изготовлен макет прибора, который состоит из головки излучателей, блока обработки сигнала и кабеля для подключения к компьютеру. В качестве источников излучения в приборе выступают 6 светодиодов, работающих в красном и инфракрасном диапазонах длин волн и радиально расположенных вокруг фотоприемника (см. рис. 2а). Таким образом, такая конструкция прибора, в отличие от приборов ЛДФ, использующих оптическое волокно, является наиболее дешевой в изготовлении, а также предоставляет свободу передвижения испытуемого во время проведения функциональных проб.

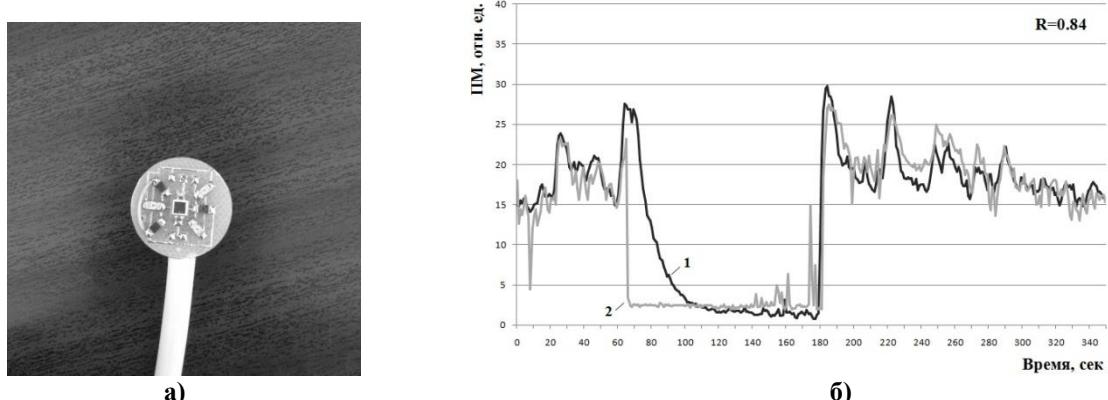


Рис. 2. Внешний вид головки излучателей разработанного макета прибора (а). Записи сигнала при помощи стандартного прибора ЛДФ (1) и разработанного прибора (2) во время проведения окклюзионной пробы на здоровом добровольце (б).

С помощью данного прибора были проведены тестовые эксперименты на здоровом добровольце. Датчик прибора крепился на подушечку среднего пальца испытуемого, примерно на то же место крепился зонд стандартного прибора ЛДФ ЛАКК-02. Испытуемому была проведена окклюзионная пробы, записи сигналов с двух датчиков представлены на рис. 2б. Как видно из рис. 2б, первые тестовые исследования показали, что сигналы, полученные двумя приборами, очень близки (коэффициент корреляции  $R = 0,84$ ). Таким образом, полученные результаты позволяют говорить о разработке нового оптического метода диагностики системы микроциркуляции крови, основанного на регистрации низкочастотных флюктуаций сигнала, вызванных изменениями объема крови в ткани за счет различных ритмических процессов в системе микроциркуляции, и создании прибора, реализующего данный метод. Данное техническое решение, возможно, улучшит и оценку частотных ритмов регуляции, и позволит проводить диагностику системы микроциркуляции в движении пациента, но более дешевыми средствами. Дальнейшие исследования будут направлены на доработку данного метода в плане его аппаратного, алгоритмического и метрологического обеспечения.

Таким образом, создание компактных и миниатюрных устройств, позволяющих неинвазивно исследовать систему микроциркуляции крови человека, предоставляя ему максимальную свободу передвижения, является одним из наиболее перспективных направлений развития приборов диагностики системы микроциркуляции.

Работа выполняется при поддержке гранта Фонда "Сколково".

#### Библиографический список

- 1.Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Колбас Ю.Ю., Шумский В.И. Индивидуальная вариабельность параметров микроциркуляции крови и проблемы функциональной диагностики системы микроциркуляции // Функциональная диагностика, № 4, 2012. - с.24-29.
- 2.Rajan V., Varghese B., van Leeuwen T.G., Steenbergen W. Review of methodological developments in laser Doppler flowmetry // Lasers Med Sci, 2009, V.24. – pp.269-283.
- 3.Лазерная допплеровская флюметрия микроциркуляции крови // Под ред. А.И. Крупинкина и В.В. Сидорова – М.: медицина, 2005г.
- 4.Nilsson G.E., Tenland T., Oberg P.A. A new instrument for continuous measurement of tissue blood flow by light beating spectroscopy // Biomed Eng, IEEE Trans on, 1980, No. 1. - pp.12-19.
- 5.Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А., Милищинский Э.М. Образование ложного спектра в схеме обработки сигнала приборов лазерной допплеровской флюметрии серии «ЛАКК» // VI Троицкая конференция «Медицинская физика и инновации в медицине» (ТКМФ-6). Сборник материалов. 2014. – с.279-281.
- 6.Fredriksson I., Larsson M., Nyström F.H., Länne T., Ostgren C.J., Strömberg T. Reduced arteriovenous shunting capacity after local heating and redistribution of baseline skin blood flow in type 2 diabetes assessed with velocity-resolved quantitative laser Doppler flowmetry // Diabetes, V.59, №7, 2010. - pp.1578-1584.
- 7.Kimura Y., Goma M., Onoe A., Higurashi E., Sawada R. Integrated laser Doppler blood flowmeter designed to enable wafer-level packaging // Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. V.57, №8, 2010. – pp.2026-2033.
- 8.Lapitan D.G., Rogatkin D.A. Evaluation of the Doppler component contribution in the total backscattered flux for noninvasive medical spectroscopy // Proc. of SPIE, Vol. 9129, 2014, 91292X.
- 9.Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А. Переменное кровенаполнение биоткани как источник шума во входном оптическом сигнале медицинского лазерного допплеровского флюметра // Оптический журнал, т. 83, №1, 2016. – с.41-46.
- 10.Dunaev A., Sidorov V., Krupatkin A., Rafailov I., Palmer S., Sokolovski S., Stewart N., Rafailov E. The study of synchronization of rhythms of microvascular blood flow and oxygen saturation during adaptive changes // Proc. SPIE, v. 8935, 2014, 89350A.

## DEVELOPMENT WAYS OF INSTRUMENTATION FOR DIAGNOSTICS OF THE BLOOD MICRO CIRCULATION SYSTEM

Lapitan D.G., Rogatkin D.A.

Moscow Regional Research and Clinical Institute “MONIKI” named after M. F. Vladimirskiy,

LLT “R&amp;D Center EOS-Medica”

E-mail: lapitandenis@mail.ru

The research of the microcirculation system associated with the study of fundamental laws of the blood and lymph flow in the microvasculature is topical for medics, medical physicists, biologists and physicians of different specialties for today. Laser Doppler Flowmetry (LDF) - well-known technology in modern medicine which allows to non-invasive investigate the blood microcirculation system. The article is dedicated to development ways of LDF method. One of the directions of development of LDF instruments is improvement of the existing differential signal processing circuit which should lead to more accurate and informative diagnostics of microcirculatory blood flow. The second direction of development is miniaturization of devices of this class providing the maximum freedom of movement of testee. And the third direction of development is creation of new diagnostic method based on detection of low-frequency signal fluctuations caused by blood volume changes in the tissue due to different rhythmic processes in the microcirculation system.



### ОЦЕНКА И ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шуткин<sup>1</sup> А.Н., Кореневская<sup>2</sup> С.Н., Старцев<sup>3</sup> Е.А.

1. Воронежский институт государственной противопожарной службы МЧС, канд. физ.-мат. наук., заместитель начальника института по учебной работе, Воронеж, Россия e-mail: [vigps@mail.ru](mailto:vigps@mail.ru)
2. Юго-Западный государственный университет, инженер кафедры биомедицинской инженерии, Курск, Россия, e-mail: [kstu-bmi@yandex.ru](mailto:kstu-bmi@yandex.ru)
3. Юго-Западный государственный университет, аспирант кафедры биомедицинской инженерии, Курск, Россия, e-mail: [kstu-bmi@yandex.ru](mailto:kstu-bmi@yandex.ru)

При решении задач оценки состояния и управления биотехническими системами (БТС) различного типа и назначения (медицинские, биологические, эрготические, аналитические, экологические и др.) одной из важных задач является задача оценки и выбора информативных (наиболее существенных) признаков. В практических приложениях наиболее часто для оценки информативности данных используются различные статистические методы, например, на основе методов классификации, на основе энтропии, на основе непараметрических оценок плотности и др. [3]

Однако использование широко распространенных методов анализа и выбора информативных признаков предъявляет целый ряд формальных требований к структуре данных. Эти требования при решении задач прогнозирования и диагностики состояния БТС всегда имеющих в своем составе такое сложное звено как человек не всегда выполнимо или приводит к низкой эффективности принимаемых решений.

С учетом этого, в данной работе рассматривается возможность использования теории измерения латентных переменных и метода группового учета аргументов при решении задач оценки и выбора информативных признаков в условиях недостаточной статистики при плохоформализуемой структуре данных.

В теории измерения латентных переменных Item Response Theory (IRT) устанавливается связь между двумя множествами значений латентных переменных. Первое множество – значения латентных переменных, характеризующих уровень качества объектов наблюдения  $\theta_i$ , где  $i$  – номер объекта ( $i=1,2, \dots, n$ ). Второе множество – значения латентных переменных, определяющих значимость  $j$ -го индикатора  $\beta_j$ , ( $j=1,2, \dots, m$ ).

Применимо к оценке состояния биотехнических систем исследуемое состояние является латентной переменной, а признаки, описывающие это состояние, являются индикаторными переменными. Практическое использование IRT для решения различных задач показало, что для решения задач оценки информативности индикаторных переменных наиболее адекватной является модель Г.Раша [10], аналитически описываемая выражением вида:

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \quad (1)$$

где  $P_{ij}$  – вероятность достижения  $i$ -м объектом значения латентной переменной  $\theta_i$  при значении  $j$ -ой индикаторной переменной  $\beta_j$ .

Графики данной функции называются характеристическими кривыми индикаторов.

Для исследования роли индикаторных переменных в формировании латентной переменной разработан пакет прикладных программ RUMM 2020 (*Rasch Unidimensional Measurement Models*) [7,10]. Используя значения индикаторных переменных переведенных в логиты, пакет RUMM 2020 строит теоретические (характеристические) кривые модели Г.Раша, по которым судят о соответствии индикаторных переменных этой модели и в ходе итерационных процедур формируют пространство информативных признаков.

В ходе реализации пакета RUMM 2020 рассчитываются:

- степень соответствия индикаторных переменных модели измерения - *ChiSq Prob* ( $\chi^2_{\text{критич}} \text{Prob}$ );
- местоположения индикаторной переменной измеряемой в логитах – *Location*;
- погрешность измерения местоположения индикаторной переменной измеряемой в логитах *SE*;
- величина, характеризующая суммарное отклонение значений данного индикатора от ожидаемых значений на основе модели – *FitResid*.

Считается, что индикаторная переменная, для которой  $\chi^2_{\text{критич}} \text{Prob} \geq 0,5$  (при доверительной вероятности 0,95) удовлетворяет модели Г. Раша и может быть использована для описания исследуемой переменной. В работах [6,7,8] можно найти подробное описание процедуры формирования списков индикаторных переменных адекватных модели Г. Раша и пригодных для оценки исследуемой латентной переменной.

Мерой информативности индикаторных переменных  $X_i$  по отношению к латентной переменной является переменная *Location* ( $l_i$ ).

Основным ограничением использования модели Г. Раша для оценки информативности является наличие обучающего материала достаточного объема, а так же то, что структура исходных данных должна удовлетворять используемой математической модели, в частности логистической модели Г. Раша.

Менее жесткие ограничения к структуре данных предъявляются методом группового учета аргументов (МГУА) [1,2], однако это метод имеет менее развитый доказательный механизм степени доверия к информативной ценности анализируемых показателей.

Метод группового учета аргументов характеризуется использованием моделей структурно параметрической идентификации представленных полиномами Колмогорова-Гabora, который в исследуемых приложениях реализуется моделью вида [1,2].

$$Y_{kl} = F_l(\overline{X}_{jkl}, \overline{A}_{jkl}), \quad (2)$$

где  $Y_{kl}$  – целевая функция (прогноз, диагноз, состояние окружающей среды и т.д.) по группе признаков определяемых вектором  $\overline{X}_{jkl}$  для класса  $\omega_l$ ;  $\overline{X}_{jkl}$  – вектор признаков с номером  $j$  группы  $k$  класса  $\omega_l$ ;  $\overline{A}_{jkl}$  – вектор настраиваемых параметров.

После синтеза правил (2) из всех исходных признаков отбираются те, которые имеют устойчивые связи с  $Y_{kl}$ . Эти отобранные признаки предлагается считать информативными по отношению к классу  $\omega_l$ . Величины элементов вектора  $a_i$  определяют меры информативности признаков  $x_i$ . В моделях типа (2) настраиваемые параметры по отношению к  $x_i$  могут включаться как множители и показатели степени, поэтому числовые значения  $a_i$  нельзя “напрямую” использовать как меру информативности. Задачу определения числовых значений меру информативности  $m_i$  признаков  $x_i$  для модели (2) могут решать эксперты исходя из свойств модели и знаний предметной области [4,5,9].

С учетом достоинств и недостатков методов, использующих модели Г.Раша и МГУА для решения задач оценки и выбора информативных признаков, предлагается объединить эти два подхода, добавив к ним экспертную составляющую.

Экспертная оценка информативности  $e_i$  (важности) признаков определяется по методикам хорошо отработанным в рамках квадиметрии.

Полученные величины информативности целесообразно для каждого из признаков агрегировать в интегральный показатель по формуле:

$$I_i = \frac{\gamma_1 \cdot l_i + \gamma_2 \cdot m_i + \gamma_3 \cdot e_i}{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3} \quad (3)$$

где  $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3$  – коэффициенты определяющие вклад каждой из трех составляющих в интегральную оценку информативности признака  $x_i$ .

Таким образом, предложенные методы оценки информативности могут быть использованы не только по своему прямому назначению, но и при синтезе прогностических и диагностических моделей для медицины, биологии и других смежных областей.

#### Библиографический список

- 2 Ивахненко, А.Г. Самообучающиеся системы распознавания и автоматического регулирования. [Текст] / А.Г. Ивахненко – Киев. Техника, 1969. – 392 с.

- 3 Ивахненко, А.Г., Юрачевский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. М.: Радио и связь 1987, 118 с.
- 4 Колосникова, С.Н. Методы анализа информативности разнотипных признаков. Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – № 1 (6). – 2009. – С.48-54.
- 5 Кореневский, Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил на основе моделей системных взаимосвязей для решения задач прогнозирования и диагностики заболеваний / Н.А. Кореневский, М.В. Артеменко, В.Я. Провоторов, Л.А. Новикова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах – 2014. – Т.13, №4. – С.881-886.
- 6 Кореневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем. Медицинская техника. – 2015. - №1(289). – С. 33-35.
- 7 Кореневский, Н.А. Оценка и управление состоянием здоровья на основе моделей Г. Раша / Н.А. Кореневский, А.Н. Шуткин, Е.А. Бойцова // Медицинская техника, 2015 №6. – С.37-40.
- 8 Маслак, А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах. Монография. М.: 2006. – 333 с.
- 9 Шуткин, А.Н. Оценка функционального состояния и здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г.Раша [Текст] А.Н. Шуткин // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2014. – Т13. - №4. – С. 927-932.
- 10 Korenevskiy, N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems/ N.A. Korenevskiy//Biomedical Engineering, May 2015, Volume 49, Issue 1, pp 46-49.
- 11 Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword bu Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980.-199p.

#### ASSESSMENT AND SELECTION OF INFORMATIVE FEATURES FOR THE PREDICTION AND DIAGNOSIS OF THE STATE OF BIOTECHNICAL SYSTEMS

Shutkin<sup>1</sup>A.N., S.N. Korenevskaya<sup>2</sup>, Startsev<sup>3</sup>E.A.

1. Voronezh Institute of the State Fire Service , Candidate of Sciences, Deputy Head of the Institute for Academic Affairs, Voronezh, Russia, e-mail: [vigps@mail.ru](mailto:vigps@mail.ru)
2. Southwest State University, Engineer of the Department of Biomedical Engineering, Kursk, Russia, e-mail: [kstu-bmi@yandex.ru](mailto:kstu-bmi@yandex.ru)
3. Southwest State University, Postgraduate of the Department of Biomedical Engineering, Kursk, Russia, e-mail: [kstu-bmi@yandex.ru](mailto:kstu-bmi@yandex.ru)

The paper considers the evaluation of the information signs on the basis of integral criterion combining the measurement theory of latent variables to the model G. Rush, group method of elementary and evaluation. It shows how to use the proposed criteria to define some of the parameters of membership functions in the fuzzy decision rules.



#### АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗДОРОВЬЕМ МАТЕРИ И РЕБЕНКА

Остапенко О.А., Фролов С.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов  
E-mail: [oliaost156@mail.ru](mailto:oliaost156@mail.ru)

Мониторинг здоровья детей является одним из наиболее актуальных направлений в области здравоохранения в настоящий момент. Именно в детском возрасте у человека происходит формирование свойств организма, которые будут определять его здоровье на протяжении последующих периодов жизни. Кроме того, огромное влияние на эти свойства оказывает развитие ребенка в утробе матери. Не случайно одним из главных направлений деятельности здравоохранения является обеспечение охраны материнства и детства [1].

Довольно часто приходится наблюдать последствия сложившегося в сознании людей определенного психологического стереотипа понимания медицины исключительно как «медицины болезней». Немалая часть населения отвергает профилактические и диагностические мероприятия до наступления болезни, несмотря на старания врачей, ученых-медиков и деятелей здравоохранения в направлении формирования общественного здоровья и оценки риска донозологических состояний. Недостаточное внимание родителей к своему собственному здоровью, к профилактике заболеваний ребенка с самого раннего возраста (включая внутриутробный период развития), несвоевременное обращение к специалистам ввиду отсутствия личного

понимания этой проблемы и живого интереса к ней, - все это может стать причинами нереализации генетического потенциала развития ребенка.

Тем не менее, сегодня мы можем наблюдать активное вовлечение концепций профилактики в поток медицинских исследований и усилий здравоохранения наряду с бурным развитием мобильной цифровой техники, а также возрастающий интерес взрослого населения fertильного возраста к использованию мобильных приложений в различных сферах жизни. В этой связи актуален вопрос создания системы для оценки состояния здоровья ребенка и выдачи рекомендаций по его улучшению применительно к мобильным платформам. Система должна быть ориентирована на родителя, не обладающего специальными медицинскими знаниями, и в то же время основываться на междисциплинарных научных подходах и методах.

Большой интерес в настоящем исследовании представляют методики оценки показателей здоровья, использующиеся в современных информационных системах и продуктах мобильной медицины, и нормативы этих показателей, взятые разработчиками за основу. Как известно, эти нормативы могут варьироваться в весьма широких пределах в зависимости от региона, в котором приняты и используются. Необходимо четко определить «зону интереса» - те показатели состояния здоровья беременных и ребенка, которые будут оцениваться в системе. Оценку состояния здоровья ребенка целесообразно проводить по следующим группам показателей:

1. Физическое развитие (длина тела, масса тела, окружность головы, окружность груди, соответствие развития новорожденного гестационному возрасту, биологическая зрелость ребенка и пр.).
2. Нервно-психическое развитие (зрительные и слуховые реакции, эмоции и социальное поведение, речь, сон и пр.).
3. Резистентность (оценка частоты заболеваний).
4. Функциональное состояние органов и систем (поведение, рефлексы, частота дыхания, частота пульса, артериальное давление и пр.)
5. Питание (нормы потребления, расчет рациона питания).
6. Физическая подготовленность (оценка спортивных показателей) [2, 3].

Центральным блоком системы является мобильное приложение, установленное на устройстве родителя, которое производит экспертную оценку на основе введенных в устройство показателей и содержащихся в базе знаний нормативов и алгоритмов оценки. Кроме того, управление показателями состояния организма осуществляется посредством формирования системой рекомендаций к дальнейшим действиям (посещение специалистов, проведение диагностических мероприятий, общепринятые неспецифические рекомендации по питанию, двигательной активности и пр.).

Организация процесса управления индивидуальным здоровьем матери и ребенка с помощью мобильного приложения должна учитывать не только непосредственную работу пользователя с программным продуктом, но и взаимодействие всех технических и биологических звеньев системы в едином контуре управления. По этой причине настоящее исследование проводится с применением системного подхода.

Поскольку разрабатываемая система представляет собой сложную по структуре совокупность биологических и технических объектов большой размерности, целесообразно понимать ее как биотехническую систему (БТС) целенаправленного действия. Целевая функция БТС - оценка и улучшение показателей состояния индивидуального здоровья матери и ребенка - определяет ее общее построение и средства разработки. С целью определения алгоритмов функционирования технических блоков производится синтез и исследование всей системы методом поэтапного моделирования.

На подготовительном этапе необходимо составить функциональное и морфологическое описание БТС, конкретизировать ее целевую функцию. Также на данном этапе определяются модели биологических звеньев, связывающие их входные и выходные параметры в условиях взаимодействия с техническими звеньями [4, 5].

Второй и третий этапы моделирования посвящены управлению и информационному согласованию технических и биологических звеньев в рамках общей модели БТС соответственно. Итогом этих этапов исследования БТС является разработка требований к техническим и программным средствам системы.

Заключительный этап – это полунатурные или натурные исследования БТС, апробация разработанных методов и средств, формулировка медико-технических требований к опытным образцам аппаратуры [5].

Таким образом, применение системного подхода и современных программных средств разработки позволит достичь цели улучшения показателей индивидуального здоровья матери и ребенка.

#### **Библиографический список**

1. Воронцов И.М., Шаповалов В.В., Шерстюк Ю.М. Здоровье. Опыт разработки и обоснование применения автоматизированных систем для мониторинга и скринирующей диагностики нарушений здоровья. – СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2006. – 432 с.
2. Участковый педиатр: Справочное руководство/ Под ред. М.Ф. Рязаниной, В.Г. Молочного. – Ростов н/Д. : Феникс, 2005. – 313 с.
3. Мазурин А.В., Воронцов И.М. Пропедевтика детских болезней: учебник. – М. : Медицина, 1985. – 432 с.
4. Лошилов В.И., Калакутский Л.И. Биотехнические системы электростимуляции.- М. МГТУ, 1991.-168с.
5. Биотехнические системы: Теория и проектирование / Под. ред. В.М. Ахутина.- Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.-220с.

## THE RELEVANCE OF RESEARCH AND DESIGN OF BIOTECHNICAL SYSTEM TO CONTROL INDIVIDUAL MATERNAL AND CHILD HEALTH

Ostapenko O.A., Frolov S.V.  
 Tambov state technical university,  
 E-mail: oliaost156@mail.ru

The article offers an estimating biotechnical system of the children health's state giving recommendations of health improvement.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ МОДУЛЯЦИОННОГО РАДИОМЕТРА МЕТОДОМ БЛАНКИРОВАНИЯ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОТОКА ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

Орлов И.Я., Бобрынин А.Ю., Бобрынин Д.Ю.  
 (Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Н.Новгород)

Интенсивное развитие средств передачи информации (радиосвязи, телеметрии, радиолокации и т.д.) привело к значительной насыщенности эфира электромагнитными излучениями. В последние два десятилетия наблюдается резкий рост количества помех, осложняющих работу радиометрических систем. Об этом говорит опыт использования медицинской радиометрической аппаратуры [1, 2] и радиотелескопов [3].

Защита радиометров от негативного воздействия помех осуществляется в основном с помощью методов, разработанных для систем связи. Используется полосовая фильтрация, модификация, компенсация и бланкирование (вырезание импульсов) [4].

В работе [5] предложены структуры адаптивного модуляционного радиометра с защитой от импульсных помех.

Методом математического моделирования в среде MatLab оценим эффективность предложенных в работе [5] алгоритмов подавления импульсных помех в модуляционном приемнике шумового сигнала по сравнению с методами бланкирования.

Управление измерениями в адаптивном модуляционном радиометре в соответствии с текущими параметрами импульсного потока можно организовать следующим образом. При воздействии хаотических импульсных помех осуществляется обнаружение их передних фронтов, по которым формируются управляющие импульсы. С момента поступления фронта импульса помехи в течение времени  $\Delta t_f/2$ , равного предыдущему интервалу времени измерения мощности шумового сигнала, измеряется мощность излучения от эталонной нагрузки. В результате такого способа управления опорным колебанием мощность эталонного излучения измеряется во время действия помехи. При этом сохраняется равенство временных интервалов  $\Delta t_{iA}$  и  $\Delta t_{iE}$  измерения эталонного излучения и шумового сигнала.

### Алгоритм моделирования адаптивного управления.

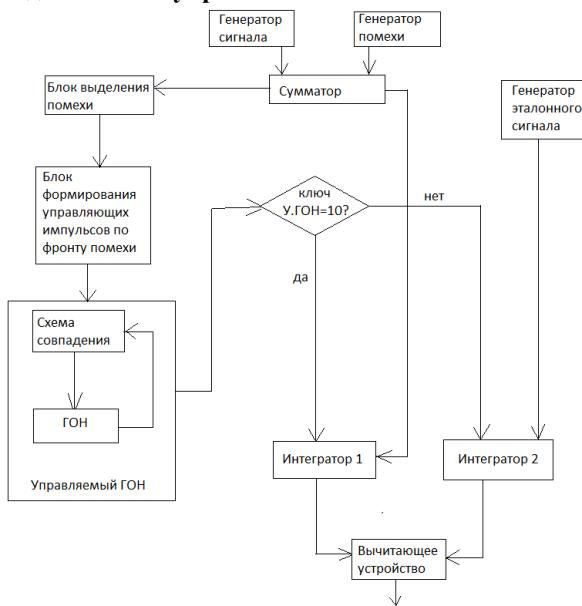


Рис. 1

Действие обычного бланкирования моделировалось путем выключения сигнального тракта на время действия импульса помехи.

Бланкирование с запоминанием осуществлялось выключением сигнального тракта на время действия импульса помехи и запоминанием последнего мгновенного значения амплитуды сигнала на время действия импульса помехи.

**Параметры моделирования:**

- Длительность эксперимента 30 секунд,
- Математическое ожидание мощности измеряемого сигнала – 2, его СКО – 0.1,
- Математическое ожидание мощности эталонного сигнала – 5, его СКО – 2,
- СКО внутреннего шума – 0.5,
- $\tau$  интегрирования – 1 с.

**Параметры потока импульсных помех:**

- Средняя скважность потока  $q_1=5$ , среднеквадратичное отклонение (СКО) скважности  $\sigma_q=0.003$  (период следования помехи  $T_n=0.05$  с, математическое ожидание длительности импульса  $\tau_n=0.1$  с, СКО длительности импульса  $\sigma_n=0.03$  с)
- Средняя скважность потока  $q_2=2$

На рис. 2 приведена осциллограмма напряжения на выходе квадратичного детектора сигнального канала в незащищенном радиометре. Как видно из этого рисунка помехи проходят в сигнальный канал, что приводит к увеличению напряжения на сигнальном интеграторе и, как следствие, к ошибке измерений.

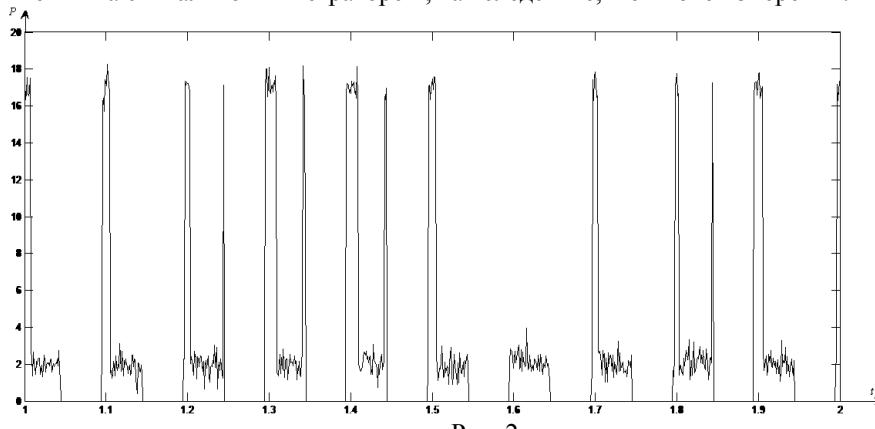


Рис. 2

На рис. 3 приведено напряжение на сигнальном интеграторе в зависимости от скважности импульсного потока (I –  $q=5$ , II –  $q=2$ ) для трех постоянных времени интегрирования  $\tau$  (0.5 с, 1 с, 5 с). При поступившей на интегратор мощности  $P_c=1$ , на выходе в присутствии помех  $P_I=4.7$ ,  $P_{II}=2.5$ .

Ниже приводятся некоторые результаты моделирования для трех методов защиты от импульсных помех.

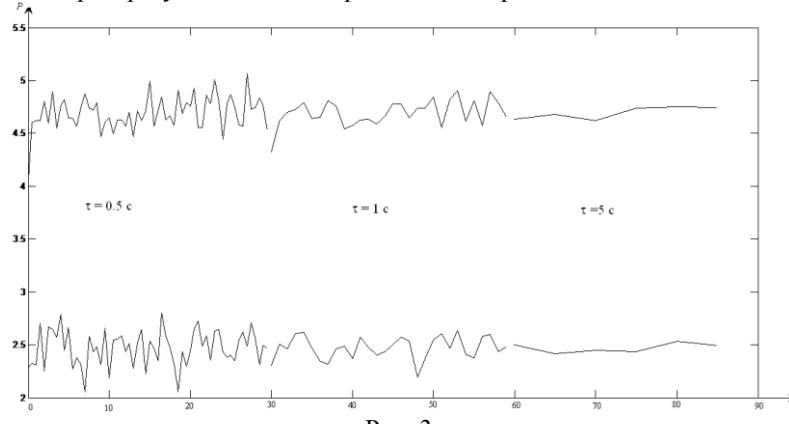


Рис. 3

На рис. 4 изображены зависимости математического ожидания сигнала на выходе интегратора от средней скважности помехи. 1 – для метода адаптивного управления, 2 – для бланкирования, 3 – для бланкирования с запоминанием, 4 – для случая отсутствия помех.

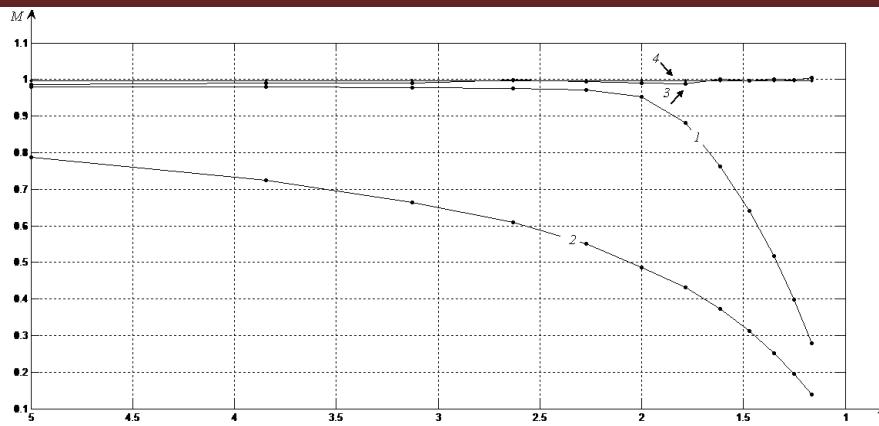


Рис. 4

На графиках видно, что математическое ожидание сигнала для метода бланкирования без запоминания (далее – метод 2) уменьшается быстро и почти линейно с уменьшением скважности, для метода адаптивного управления (далее – метод 1) математическое ожидание начинает уменьшаться только при скважности помехи  $q < 2$  и уменьшается довольно быстро. Для метода бланкирования с запоминанием (далее – метод 3) математическое ожидание не уменьшается. Эти результаты можно объяснить тем, что при воздействии помехи для метода 2 появляется асимметрия между временем измерения сигнала и эталонного сигнала, для метода 1 она появляется только при скважностях  $q < 2$ , а для метода 4 этой асимметрии нет.

На рис. 5 представлены зависимости СКО сигнала на выходе интегратора от средней скважности помехи (СКО длительности оставалось постоянным: 0.005с, математическое ожидание длительности менялось от 0.01с до 0.043с с шагом 0.003с, период помехи – 0.05с, таким образом, скважность уменьшалась от 5 до 1.16). 1 – зависимость для метода с адаптивным управлением частотой опорного колебания на генераторе опорного напряжения, 2 – для бланкирования, 3 – для бланкирования с запоминанием.

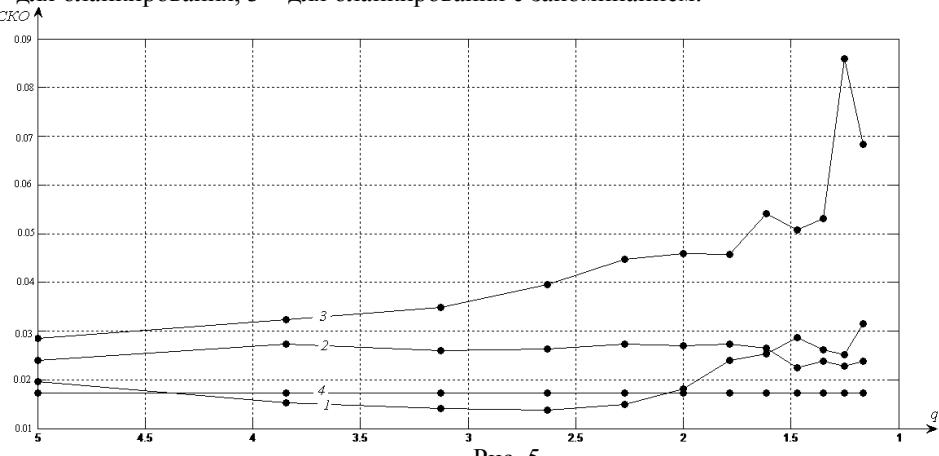


Рис. 5

**Выводы.** Приведенные результаты показывают, что использование адаптивного управления частотой опорного колебания позволяет при мгновенной скважности импульсного потока хаотических импульсных помех  $q \leq 2$  существенно уменьшить ошибку измерения сохраняя низкую дисперсию выходного сигнала.

Вследствие существенной асимметрии формы сигнального напряжения и уменьшения времени измерения при простом бланкировании с увеличением скважности резко возрастает ошибка измерения. При бланкировании с запоминанием возрастает дисперсия сигнала на выходе интегратора.

#### Библиографический список

1. Kuzmin V., Shkelev E., Orlov I. Automate system for studying man's physiological condition and adaptive capabilities under normal conditions and under physical overload //Journal of applied electromagnetism v. 4, №1, 2002г., p. 43-49.
2. Ивлев Д.Н., Орлов И.Я. Полигауссовская аппроксимация и адаптивная обработка в задаче выделения электрокардиографического сигнала на фоне помех //«Известия вузов – Радиофизика» 2004г., т. XLVII, №7, с. 601-609.
3. Цыбулев П. Г., Берлин А. Б., Нижельский Н.А. и др. // Астрофиз. бюлл. 2007. Т. 62, № 2. С. 208.
4. Пат. № 2022286 РФ. Модуляционный радиометр / В.С.Лебедев, И.Я.Орлов, В. А. Кошечкин. Заявл. 30.01.1991; Опубл. 30.10.1994. Бюл. № 20.
5. Орлов И.Я., Снегирев С.Д. // Известия вузов. Радиофизика. 2014. Том LVII, № 10. С. 807-816.

**COMPARATIVE ESTIMATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROTECTION OF THE MODULATION RADIOMETER WITH BLANKING AND THE RADIOMETER WITH ADAPTIVE CONTROL WHEN EXPOSED TO THE FLOW OF IMPULSE NOISE**

Orlov I.Ya., Bobrynin A.Yu., Bobrynin D.Yu.

We have developed the modulation radiometer with adaptive controlling the frequency of the reference generator on exposure to random periodic noise in programming MatLab environment and have made comparative estimate of the radiometer with adaptive controlling of frequency and the radiometer with blanking.



**ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ В ПОСЛЕИНСУЛЬТНЫЙ ПЕРИОД**

Белик Д.В., Дмитриев Н.А., Зиневская М.С., Пустовой С.А.

Научно-исследовательский институт медицинской инженерии, Новосибирский государственный технический университет

sibniicmt@mail.ru, nikolay19.05@mail.ru, maria-zin@mail.ru, serj\_pus@mail.ru

**Введение**

Количество людей перенесших инсульт или инфаркт головного мозга постоянно растет. Большая часть этих людей - это люди старше 60 лет, так как именно в этот период жизни шанс развития инсульта или инфаркта головного мозга значительно возрастает. Последствия инсульта различны и зависят от области и степени поражения головного мозга. Одна из таких проблем - это снижение прежней активности головного мозга и различные проблемы, возникающие с памятью человека перенесшего инсульт.

Для пациентов перенесших инсульт, очень важно восстановление функций организма, связанных с затронутыми патологическими процессами зон коры головного мозга, в том числе полей памяти. С учетом теории резервирования долговременной памяти и ее распределением по коре головного мозга, актуальна проблема восстановления элементов памяти не только с помощью медикаментов, но и физическими воздействиями, которые позволяют стимулировать восстановление памяти.

**Постановка задачи**

Учитывая актуальность восстановления активности мозга и памяти в послеинсультный период, была поставлена задача создания биотехнической системы аудиоцветавизуальной и магнитной стимуляции полей мозга и проведение исследований, которые позволяют получить различные варианты лечебных методик эффективных воздействий для решения поставленных задач.

**Методика исследования и реализация**

Было предложено проводить стимулирование полей памяти мозга следующими путями: воздействием на зрительную и слуховую системы, поскольку, информация от данных рецепторных систем проходит через гиппокамп, а после обработки в гиппокампе, она поступает в области коры головного мозга, возбуждая нейронные поля, запуская механизмы реконструкции разрушенных связей и генерации новых между нейронами благодаря процессам нейропластичности [1], а также воздействием магнитного излучения амплитудой до 5 мТл непосредственно на кору головного мозга.

При этом для повышения эффективности этих воздействий, авторами предложены воздействия на рецепторные системы, конкретно глаза и уши пациента, на которые подавались частоты светоцветовоздействий и аудиовоздействий, которые различались по частоте. Разность частот от этих воздействий была равна альфа, бета, тета, дельта ритмам пациента, которые были определены с помощью электроэнцефалограмм перед началом стимулирования. А при цветовоздействиях выставлялись разные цвета и их сочетания.

Особенно эффективны аудиовоздействия и светоцветовоздействия с разницей частот равной бета и тета ритмам, так как эти частоты генерируются нейронными полями гиппокампа, что вызывает резонансы, при которых амплитуда ритмов растет.

Аналогично, предложено воздействие на кору головного мозга несколькими магнитными потоками, с разницей частот на излучающих соленоидах равной альфа и бета ритмам пациента. Спектральный состав магнитных потоков должен соответствовать сигналам частотной модуляции межнейронного взаимодействия [2].

В научно-исследовательском институте медицинской инженерии НГТУ (НИИМИ НГТУ) была разработана техническая система для восстановления долговременной памяти в послеинсультный период, функциональная схема которой изображена на рис. 1.

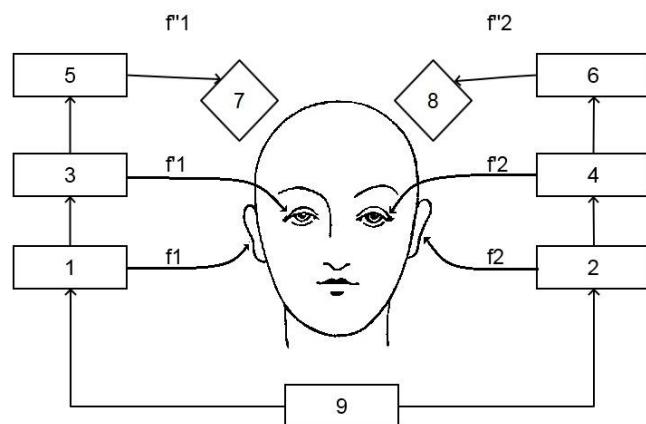


Рис. 1. Блок-схема исследовательской технической системы для восстановления долговременной памяти в послеинсультный период. Где: 1,2 – Блоки аудиовоздействий; 3,4 – Блоки свето- и цветовоздействий; 5,6 – Блоки магнитного воздействия; 7,8 – Излучатели магнитного воздействия; 9 – Блок управления и синхронизации воздействий.

$\Delta f = f1 - f2$  - разница частот воздействия соответствует альфа, бета, тета, дельта ритмам

$\Delta f' = f'1 - f'2$  - разница частот воздействия соответствует альфа, бета, тета, дельта ритмам

$\Delta f'' = f''1 - f''2$  - разница частот воздействия соответствует альфа, бета, тета, дельта ритмам

Технические характеристики биотехнической системы.

1. Частотный диапазон световоздействий от 1 до 60 Гц.

2. Частотный диапазон аудиовоздействий от 100 до 2000 Гц интенсивность не более 70 дБ.

3. Цветовоздействие – красный, зеленый и синий цвета, а также их сочетание, интенсивность не менее 300-350 Люкс.

4. Величина магнитного поля воздействия - от 1 мТл до 5 мТл.

#### Результаты экспериментов.

С помощью данной технической системы для восстановления долговременной памяти в послеинсультный период были проведены исследования по стимуляции полей памяти мозга с помощью световоздействий, аудиовоздействий и различных цветовоздействий. Оценка изменений активности полей головного мозга проводилась с помощью электроэнцефалографа и по полученным им топограммам.

Был проведен ряд экспериментов на добровольцах по стимулированию активности головного мозга. Частоты воздействия были кратны альфа, бета и дельта ритмам головного мозга.

Нужно отметить, что все испытуемые - это здоровые люди.

В качестве примера рассмотрим один из проведенных экспериментов.

ТАБЛИЦА 1. РЕЗУЛЬТАТЫ БЕТА СТИМУЛЯЦИИ ЗЕЛЕНЫМ ЦВЕТОМ ИСПЫТУЕМОГО.

Характеристика	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
Частота звукового воздействия, Гц	440-455,9	440-456,9	440-457,9
Частота светового воздействия, Гц	4-19.9	4-20.9	4-21.9
Спектральная мощность минимальная, мкВ <sup>2</sup>	2.13	1.69	1.83
Спектральная мощность максимальная, мкВ <sup>2</sup>	3.14	3.15	3.03
Разность Частот, Гц	15.9	16.9	17.9
Цвет	Зеленый	Зеленый	Зеленый

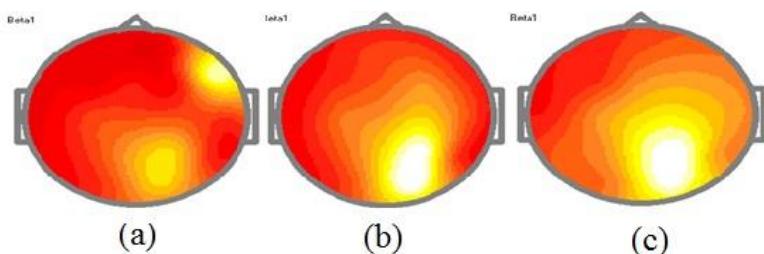


Рис. 2. (а) Топограмма, полученная стимуляцией зеленым цветом с разницей частот равной 15.9 Гц, (б) Топограмма, полученная стимуляцией зеленым цветом с разницей частот равной 16.9 Гц, (с) Топограмма, полученная стимуляцией зеленым цветом с разницей частот равной 17.9 Гц.

Для оценки активности нейронных объединений коры головного мозга, был введен коэффициент стимуляции  $K_{st}$  – соотношение общей площади коры головного мозга (S2) и площади наиболее активной стимулированной части мозга (S1).

$$K_{st} = S1/S2$$

ТАБЛИЦА 2. ТАБЛИЦА КОЭФФИЦИЕТОВ СТИМУЛЯЦИИ ИСПЫТУЕМОГО.

Разность частот, Гц	15.9	16.9	17.9	15.9	16.9	17.9	15.9	16.9	17.9
Цвет	Красный	Красный	Красный	Синий	Синий	Синий	Зеленый	Зеленый	Зеленый
$K_{st}$ , %	8	14	16	8	12	15	3	22	36

В результате предварительной апробации технической системы для восстановления долговременной памяти в послеинсультный период была подтверждена эффективность стимуляции полей памяти мозга пациента в послеинсультный период по предложенным методикам светоцветовоздействий и аудиовоздействий с разницей частот подаваемой на глаза и уши равной альфа, бета, тета, дельта ритмам испытуемого. Была произведена оценка результата воздействий на память по следующим методикам - методика определения кратковременной памяти, методика "Определение объема кратковременной зрительной памяти", а также тест «Телевизор», тест «Определение оперативной зрительной памяти» и другим. По результатам тестов было подтверждено улучшение долговременной памяти на 15-20% от первоначально оцененных параметров памяти.

#### Заключения

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

Разница частот свето-цвето-аудио-магнитных воздействий соответствующих ритмам головного мозга влияют на степень активности полей головного мозга и позволяют реконструировать нейронные поля и восстанавливать долговременную память.

Воздействие одной и той же разницей частот светоцветовоздействий, но различной цветовой гаммой оказывает различное стимулирующее воздействие с ростом  $K_{st}$ .

Полученные результаты показывают целесообразность проведения дальнейших исследований с помощью разработанной биотехнической системы и методик для реабилитации больных перенесших инсульт и восстановления активности полей памяти мозга.

Учитывая потребность реабилитации больных в домашних условиях, в дальнейшем авторами предполагается создание данной биотехнической системы в двух вариантах, - для реабилитации в лечебных учреждениях и для реабилитации в домашних условиях.

#### Библиографический список

1. Е.В. Екушева, И.В. Дамулин. Реабилитация после инсульта: значение процессов нейропластичности и сенсомоторной интеграции // Журнал Неврологии и Психиатрии, 12, 2013; Вып. 2, стр. 44-50.
2. Белик Д.В. Магнитобиосфера // Новосибирск: Издательство «Сибпринт», 2016, стр. 81-87.
3. Бинги В. Н., Савин А. В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы //Успехи физических наук. – 2003. – Т. 173. – №. 3. – С. 265-300.
4. Бинги В. Н. Магнитобиология. Эксперименты и модели. – 2002.
5. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов //Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – №. 5. – С. 56-66.
6. Белик Д. В., Дмитриев Н. А., Пустовой С. А. Исследование путей аудиоцветовизуальной стимуляции полей памяти мозга в послеинсультный период.
7. Белик Д. В. Дмитриев Н. А., Пустовой С. А., Зиневская М.С. Техническая система для стимуляции полей памяти мозга и гиппокампа с целью реабилитации в послеинсультный период //Биотехносфера. – 2015. – №. 6. – С. 20-25.

8. Винокуров А. А. и др. Пространственная локализация функций в коре головного мозга. – 2007.
9. Bliss T. V. P., Collingridge G. L., A synaptic model of memory: long-term potentiation in the hippocampus //Nature. – 1993. – Т. 361. – №. 6407. – С. 31-39.
10. Bliss T. V. P., Lømo T., Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path //The Journal of physiology. – 1973. – Т. 232. – №. 2. – С. 331-356.
11. Collingridge G. L., Kehl S. J., McLennan H. Excitatory amino acids in synaptic transmission in the Schaffer collateral-commissural pathway of the rat hippocampus //The Journal of physiology. – 1983. – Т. 334. – №. 1. – С. 33-46.
12. Larry R. Squire, Memory and Brain, Oxford University Press, 1987.
13. G. Oster, Auditory beats in the brain, Scientific American, pp. 94-102.

**BIOENGINEERING SYSTEM TO RESTORE THE LONG-TERM MEMORY OF THE BRAIN AFTER STROKE**

Belik D.V., Dmitriev N.A., Zinevskaya M.S., Pustovoy S.A.

Medical Engineering Research Institute

Novosibirsk State Technical University (NSTU)

sibniicmt@mail.ru, nikolay19.05@mail.ru, maria-zin@mail.ru, serj\_pus@mail.ru

The paper represents a bioengineering system and approaches to stimulating the brain areas responsible for long-term memory and its hippocampus by means of applying brain wave frequencies (alpha, beta, theta and delta), auditory, visual, color and magnetic stimulation of the brain fields which allow conducting research aimed at finding the ways to restore long-term memory after stroke.

---

**ИМПЛАНТИРОВАННЫЙ БИОТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ КЛЕТОК GLUCONOBACTER OXYDANS**

Плеханова Ю.В., Решетилов А.Н., Тарасов С.Е., Китова А.Е.

ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов

им. Г.К. Скрябина Российской академии наук, г. Пущино, [plekhanova@ibpm.pushchino.ru](mailto:plekhanova@ibpm.pushchino.ru)

Аутотолерантные метаболические источники энергии являются крайне перспективным источником питания для автономных биоэлектронных устройств, функционирующих в имплантируемом режиме, а также без имплантации. Именно отсутствие высокоэффективного источника питания в большей мере ограничивает развитие технологий изготовления адаптивных контактных линз, нейростимуляторов, слуховых устройств, тревожных gsm-кнопок и их выход на потребительский рынок. Такие источники энергии должны быть малотравматичны для организма и работать непрерывно в течение достаточно длительного периода времени. Кроме того, после использования такие элементы должны быть легко утилизируемы, а вред, наносимый ими окружающей среде, должен быть минимален.

В связи с этим перспективным способом получения электрической энергии может быть генерация ее при помощи биокатализа - преобразование химической энергии окисляемого соединения в электрическую в биотопливных элементах (БТЭ) [1]. Применение микробных клеток в БТЭ имеет некоторые преимущества по сравнению с ферментами [2]: субстратная специфичность микроорганизмов весьма разнообразна, что позволяет использовать широкий круг окисляемых субстратов при создании БТЭ; при окислении используемого субстрата в несколько стадий электрохимический сигнал целых клеток будет выше, чем в случае применения изолированного фермента; в микроорганизмах ферментам обеспечивается лучший способ защиты от мешающих растворенных веществ и кроме того, некоторые потенциально пригодные для БТЭ ферменты неустойчивы; стоимость производства биокатализаторов на основе микроорганизмов более низкая по сравнению со стоимостью выделения фермента.

Наружные оболочки большинства видов микроорганизмов состоят из непроводящих липидных мембран, пептидогликанов и липополисахаридов, которые замедляют перенос электронов к электроду. Клетки *Gluconobacter oxydans* имеют преимущественно мембранолокализованные ферментные комплексы, что упрощает электронный перенос в системе и позволяет использовать их в биосенсорных и биотопливных системах [3, 4].

Важнейшей задачей при создании БТЭ является увеличение мощности системы. Этот вопрос связан с конструкцией электродов, их типом, материалом и видом топлива. Электроды для БТЭ должны обладать целым рядом уникальных свойств: высокой электропроводностью, химической стойкостью, биосовместимостью, высокой удельной поверхностью, а также возможностью технологической обработки, включая армирование и

введение в композитные материалы. Появление широкого спектра проводящих наноматериалов позволяет модифицировать с их помощью комплекс "биокатализатор – электрод" для более эффективного обмена электронов с электродом, уменьшения сопротивления последнего, и таким образом, увеличения мощность БТЭ в целом.

Встраивание БТЭ в живой организм может позволить получать электроэнергию за счет состава физиологических жидкостей, например, наличия глюкозы в крови живого организма. Количество окисляемой глюкозы незначительно, что не приводит к ее существенной потери как метаболита и не ограничивает за счет этого потребности живого организма. Такие живые реакторы не загрязняют окружающую среду и не требуют значительных ресурсов для утилизации. За последние 5 лет в литературе были описаны биотопливные элементы, генерирующие постоянные токи малых мощностей, лежащие в диапазоне от  $10^{-9}$  до  $10^{-5}$  Вт, и имплантированные *in vivo* в различные виды беспозвоночных животных, например, членистоногих [5, 6]. Эти беспозвоночные обладают незамкнутой системой циркуляции жидкости, играющей роль крови, что позволяет сравнительно просто имплантировать компоненты биотопливной ячейки в такой организме, не вызывая повреждений у животного. Описанные ранее аноды биотопливных элементов были основаны на использовании ферментов, в частности, PQQ-зависимой дегидрогеназы.

Целью данной работы было создание миниатюрного микробного биотопливного элемента, имплантация его в живой организм травяной лягушки *Rana temporaria* и получение электрической энергии с помощью имплантированного в живой организм микробного биотопливного элемента.

## МЕТОДИКА

**Получение клеток микроорганизмов.** В работе использовали штамм *Gluconobacter oxydans* ВКМ В-1280 (Всероссийская коллекция микроорганизмов). Выращивание проводили в течение 18 ч в колбах Эрленмейера объемом 750 мл, содержащих 100 мл ростовой среды (сорбит – 10%, дрожжевой экстракт – 0.2%, дистиллированная вода – 100 мл) при перемешивании (200 об/мин, 28°C). Клетки отделяли центрифугированием при 10000 г в течение 5 мин и отмывали дважды калий-фосфатным буфером (25 mM, pH 6.5).

**Формирование биоанода.** Основным материалом рабочего электрода являлся спектральный графит, общая площадь электрода составляла 56.6  $\text{mm}^2$ .

На анод наносили на каждую сторону 5 мкл смеси, состоящей из суспензии клеток в концентрации 1 мг/мкл и 2%-го раствора хитозана, растворенного в 1%-й уксусной кислоте [8], в соотношении 2:1 и подсушивали при комнатной температуре. Использовали низкомолекулярный хитозан (Sigma-Aldrich, Co, США). В случае модификации биоанода в смесь добавляли 0,5 мг порошка углеродного материала (порошок спектрального графита, функционализированные многостенные нанотрубки (ФМНТ), графен, оксид графена, углеродное волокно).

**Схема измерения.** Циклические вольтамперограммы (ЦВА) записывали с использованием 2-х электродной схемы при скорости сканирования потенциала 3 мВ/с. В качестве катода использовался электрод из спектрального графита, анодное и катодное отделение ячейки были разделены протонселективной мембраной МФ-4СК («Пластполимер», Санкт-Петербург, Россия). Хронопотенциометрические исследования проводили путем измерения зависимости стационарного потенциала рабочего электрода от времени относительно катода. Измерения проводили в 25 mM калий-фосфатном буферном растворе (pH 6.5), содержащем 10 mM хлорида натрия. Объем анодного и катодного отделения ячейки составлял по 5 мл. Концентрация субстрата (этиловый спирт) в рабочем электролите составляла 10 mM. В качестве редокс-медиатора в анодном отделении использовали 2,6-дихлорофенолиндофенол в концентрации 42 мкМ (ДХФИФ, Sigma-Aldrich, США), а в катодном отделении – гексацианоферрат калия (II) в концентрации 4 mM (ГЦФ, Sigma-Aldrich, США). Измерения вольтамперных характеристик выполняли на гальванопотенциостате VersaSTAT 4 (Princeton Applied Research, США). Измерения импеданса проводили в диапазоне от 40 кГц до 0,02Гц, амплитуда 10 мВ. Измерения проводили при двух потенциалах – 0 мВ и 200 мВ.

**Проведение измерений в живом объекте.** 2 мг диметилферроцена растворяли в 1 мл ацетона. 20 мкл раствора наносили на поверхность анода и подсушивали на воздухе в течение 5-10 мин, затем 20 мкл наносили на другую сторону электрода и подсушивали еще 5- 10 мин. На каждую сторону анода наносили 5 мкл смеси, состоящей из суспензии клеток и раствора хитозана, в соотношении 2:1 и подсушивали при комнатной температуре. Спинализированную лягушку фиксировали на пенопластовой пластинке ( $15 \times 10 \text{ см}^2$ ) центральной (брюшной) стороной вверх. Электроды, катод и анод, с размещенным на нем медиатором и биокатализатором, вводили через надрезы в брюшной части лимфатической пазухи животного. После введения места надрезов в брюшной части изолировали с помощью клея БФ-6. Проводили хронопотенциометрические измерения генерируемого потенциала (зависимость разности потенциалов между анодом и катодом,  $\Delta U = f(t)$ , где  $\Delta U$  – разность потенциалов,  $t$  – время). Измерения проводили при температуре 20-22°C.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Первой задачей, решаемой в данной работе, было оценить характер влияния углеродных наноматериалов (порошок спектрального графита, функционализированные многостенные нанотрубки (ФМНТ), графен, оксид графена, углеродное волокно, графеноподобный терморасширенный графит, высокоориентированный

пиролитический графит) на окислительную активность микробных клеток *Gluconobacter oxydans* в составе биоанода биотопливного элемента.

1. *Хронопотенциометрия.* Модификация электродов наноматериалами не приводила к резким изменениям в окислительной активности клеток, что говорит о нетоксичности этих материалов при кратковременном применении. Амплитуда сигнала практически не изменялась при модификации электрода и составляла 45-55 мВ.. Максимальные амплитуды сигнала (55 и 56 мВ соответственно) наблюдали при модификации электрода из спектрального графита нанотрубками и графеном.

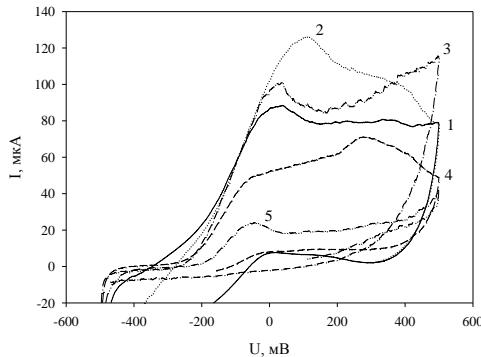


Рис. 1. Вольтамперные характеристики электродов, модифицированных наноматериалами.

1 – спектральный графит; 2 – спектральный графит с ФМНТ; 3 – спектральный графит с восстановленным оксидом графена; 4 – спектральный графит с ТРГ; 5 – спектральный графит с ВОПГ.

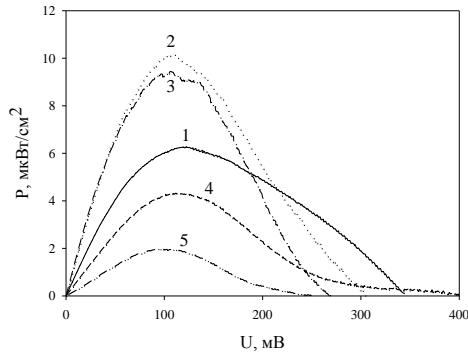


Рис. 2. Мощностные характеристики электродов, модифицированных наноматериалами.

1 – спектральный графит; 2 – спектральный графит с ФМНТ; 3 – спектральный графит с восстановленным оксидом графена; 4 – спектральный графит с ТРГ; 5 – спектральный графит с ВОПГ.

2. *Вольтамперные характеристики.* На рис. 1 представлены вольтамперные характеристики электрода из спектрального графита (кривая 1) и электродов на основе спектрального графита, модифицированных некоторыми наноматериалами (кривые 2-5). Модификация электрода из спектрального графита многостенными углеродными нанотрубками приводила к уменьшению сопротивления электрода и существенному увеличению тока окисления в диапазоне 0-300 мВ при подаваемом потенциале в 200 мВ, что заметно на вольтамперных кривых (рис. 1, кривые 1 и 2 для электрода из спектрального графита и спектрального графита, модифицированного нанотрубками). Применение многостенных нанотрубок также позволяло повысить мощность БТЭ в 1,7 раза (рис. 2). Модификация спектрального графита восстановленным оксидом графена приводила к увеличению тока окисления в диапазоне 0-400 мВ (рис. 1, кривая 3), в то же время модификация терморасширенным графитом и высокоориентированным графитом уменьшала токи окисления в диапазоне -200 – 400 мВ (рис.1, кривые 4 и 5, соответственно) и приводила к снижению мощности БТЭ (рис. 2, кривые 4 и 5).

3. *Измерения методом импедансной спектроскопии.* Для определения значений сопротивлений модифицированных анодов использовали метод электрохимической импедансной спектроскопии. В наиболее простом случае, процессы в ячейке анодном и катодном отделениях биотопливного элемента могут быть описаны эквивалентной схемой Эршлера-Рэндлса, которая состоит из трёх основных элементов  $R_a$ ,  $R_{p3}$  и  $C$ . Емкость двойного слоя ( $C$ ) находится параллельно с сопротивлением переноса заряда ( $R_{p3}$ ), и эта параллельная комбинация соединена последовательно с сопротивлением электролита ( $R_a$ ). При описании целого БТЭ две схемы Рэндлса, описывающие процессы в анодном и катодном отделениях, объединяются в одну схему, состоящую из двух пар «сопротивление-емкость», соответствующих аноду и катоду и общего сопротивления электролита. Значение  $R_a$  и  $R_k$  во всех опытах было одинаково, т.к. состав электролита и материал катода не менялись. Значение сопротивления анода характеризует электропроводность данной системы, и чем меньше значение этого параметра, тем большей мощностью будет обладать биотопливный элемент на основе этого анода.

На рис. 3 представлены диаграммы Найквиста для некоторых электродов, измеренные при потенциале холостого хода после установления равновесного состояния в системе при добавлении субстрата.

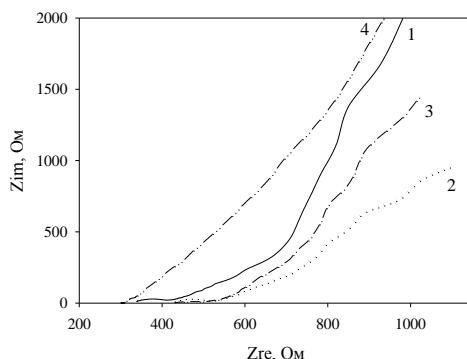


Рис. 3. Диаграммы Найквиста для биоанодов, модифицированных некоторыми углеродными наноматериалами: 2 – функционализированными многостенными нанотрубками; 3 – восстановленным оксидом графена; 4 – терморасширенным графеном. 1 – немодифицированный электрод из спектрального графита.

Из обработанных диаграмм Найквиста видно, что модификация электрода из спектрального графита многостенными углеродными нанотрубками и графеном приводила к уменьшению сопротивления анода. Так как сопротивление катода и сопротивление электролита в процессе измерений оставалось неизменным, можно сделать вывод, что модификация анода биотопливного элемента углеродными нанотрубками и графеном уменьшает общее внутреннее сопротивление биотопливного элемента и, соответственно, увеличивает его мощность.

4. *Измерения в живом объекте.* Исследовали генерацию разности потенциалов между электродами – катодом и анодом, которая отражает работу биокатализатора (микробные клетки, иммобилизованные на аноде) и использование глюкозы из организма лягушки в качестве окисляемого органического субстрата (топлива). Схема установки для измерения потенциала, генерируемого микробным БТЭ, имплантированного в травяную лягушку показана на рис. 4. Эндогенной глюкозы, содержащейся в организме лягушки, достаточно для функционирования БТЭ, при этом количество окисляемой глюкозы незначительно, что не приводит к ее существенной потери как метаболита и не ограничивает за счет этого потребности живого организма. Биотопливный элемент генерирует разность потенциалов  $\sim 50$  мВ; стационарное значение разности потенциалов достигается за время порядка 600 – 800 с (рис. 5).

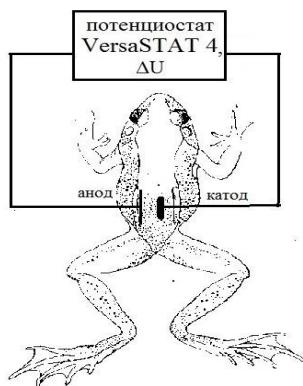


Рис. 4. Схема установки для измерения потенциала, генерируемого м-БТЭ, имплантированного в травяную лягушку *Rana temporaria*.

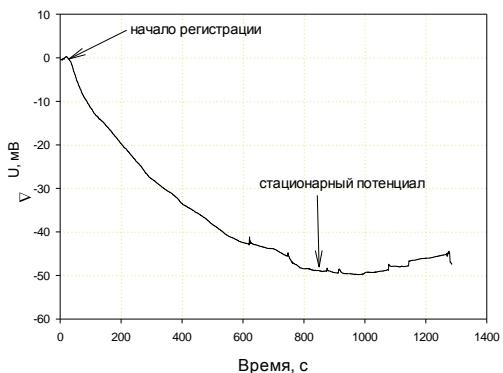


Рис. 5. Зависимость генерируемой разности потенциалов от времени при окислении собственной глюкозы организма травяной лягушки *Rana temporaria* встроенным микробным биотопливным элементом.

В заключение отметим, что модификация электродов из спектрального графита функционализированными многостенными углеродными нанотрубками и восстановленным оксидом графена позволяет увеличить активность клеток *Gluconobacter oxydans* при окислении этилового спирта. Модификация этими наноматериалами приводит к уменьшению сопротивления электродов и, в целом, к увеличению мощности БТЭ, что было показано методами циклической вольтамперометрии и импедансной спектроскопии. Была показана возможность получения электрической энергии от имплантированного в организм травяной лягушки *Rana temporaria* микробного биотопливного элемента. Такие биотопливные элементы в будущем могут быть использованы для электрического питания различных электронных приборов, обладающих малым энергопотреблением, в биотехнологии, медицине, энергетике, космической технике, робототехнике, в специальных технологиях, требующих постоянных токов малых мощностей.

Работа была поддержана грантом РФФИ 13-07-12052 (ОФИ\_М\_2013) «Исследование и создание нового класса источников питания для биосенсоров на основе биотопливного элемента, содержащего контроллер преобразования электрической энергии».

## Библиографический список

1. Василов Р.Г., Решетилов А.Н. Шестаков А.И. // Природа. 2013. № 12. С. 65-70.
2. Logan B. E. Microbial Fuel Cells / Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008. 200 p. ISBN 978-0-470-23948-3.
3. Svitel J., Tkac J., Vostiar I., Navratil M., Stefuka V., Bucko M., Gemeiner P. // Biotechnol Lett. 2006. V. 28. P. 2003–2010.
4. Gupta A., Singh V.K., Qazi G.N., Kumar A. // J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 2001. V. 3(3). P. 445-456.
5. MacVittie K., Halámek J., Halámková L., Southcott M., Jemison W.D., Lobel R., Katz E., From “cyborg” lobsters to a pacemaker powered by implantable biofuel cells // Energy Environ. Sci. – 2013. – Vol. 6. - 81–86.
6. Szczupak A., Halamek J., Halamkova L., Bocharova V., Alfonta L., Katz E. Living battery – biofuel cells operating in vivo in clams // The Royal Society of Chemistry 2012. Energy Environ. Sci. DOI: 10.1039/c2ee21626d.

IMPLANTED MICROBIAL FUEL CELL BASED ON *GLUCONOBACTER OXYDANS*

Plekhanova Yu.V., Reshetilov A.N., Tarasov S.E., Kitova A.E.

G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences, Pushchino, [plekhanova@ibpm.pushchino.ru](mailto:plekhanova@ibpm.pushchino.ru)

In this paper we studied influence of carbon nanomaterials (high purity graphite, functionalized multiwalled nanotubes (FMNT), graphene, graphene oxide, carbon cloth fiber, thermally expanded graphite, highly oriented pyrolytic graphite) on the oxidative activity of microbial cells of *Gluconobacter oxydans* composed bioanode of microbial biofuel cell (MFC). It was shown that the modification of spectral graphite electrodes with FMNT and graphene can increase the activity of *Gluconobacter oxydans* cells in the oxidation of ethanol. Modification of the bioanodes by these nanomaterials leads to reduction of electrode resistance and, in general, to the increase of the MFC power, as shown by cyclic voltammetry and impedance spectroscopy. Microbial biofuel cell was implanted in a living organism - grass frog *Rana temporaria*. It was shown that a biofuel cell generates the difference between the potentials of the order of 50 mV; a stationary value of the difference between the potentials is achieved for the period of about 600-800 sec. The results obtained opens new possibilities for implantation of biofuel cells into the living systems.



**АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОРСА ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ**

М.Н. Крамм, Ю.А. Палютина, Н.О. Стрелков

Национальный исследовательский университет «МЭИ», [palyutina\\_y\\_a@rambler.ru](mailto:palyutina_y_a@rambler.ru)

В работе анализируется погрешность расчета электрических потенциалов на поверхности торса, возбуждаемых распределением источников на поверхности эпикарда. Актуальность связана с использованием таких расчетов при решении обратной задачи электрокардиографии, в которой по измеренным на поверхности торса потенциалам реконструируют распределение источников на поверхности эпикарда.

Для расчета потенциала на поверхности сердца и торса в работе используется метод граничных элементов (МГЭ), который требует существенно меньшего объема вычислений, чем метод конечных элементов (МКЭ). В рамках МГЭ исходное уравнение для расчета электрического потенциала на поверхности торса включает следующие поверхностные интегралы [1]:

$$\phi_B(P) = \frac{1}{2\pi} \int_{S_H} \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial \phi_H}{\partial n} dS - \frac{1}{2\pi} \int_{S_H} \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{R} \right) \cdot \phi_H dS - \frac{1}{2\pi} \int_{S_B} \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{R} \right) \cdot \phi_B(P) dS, \quad (1)$$

где  $P$  – точка наблюдения,  $S_H$ ,  $S_B$  – поверхности интегрирования, соответственно для торса и эпикарда,  $R$  – расстояние между точкой наблюдения и точкой на поверхности интегрирования,  $\frac{\partial}{\partial n}$  – производная по направлению внешней нормали к поверхности интегрирования (внешней нормали по отношению к среде между поверхностями интегрирования),  $dS$  – дифференциальный элемент поверхности. На основании данного интегрального уравнения (по аналогии с [2]) осуществляется переход к системе линейных алгебраических уравнений. Торс моделируется круговым проводящим цилиндром конечной длины, а поверхность эпикарда полагается сферической (сферический квазиэпикард). В качестве эквивалентных электрических источников на поверхности квазиэпикарда задавалось распределения потенциала и его нормальной производной. Эти

распределения получались методом конечных элементов и моделировались диполем, расположенным в центре сферы квазиэпикарда (рис. 1).

Существенно, что в третьем слагаемом дискретного аналога формулы (1) суммирование проводилось по боковой поверхности цилиндрического торса, поскольку в реальных задачах потенциалы измеряются только на боковой поверхности.

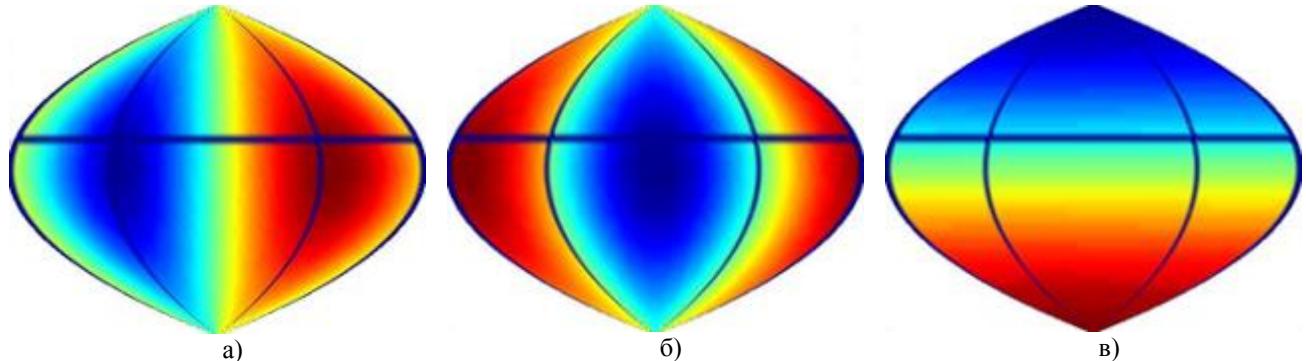


Рис. 1. Распределение потенциалов на плоской развертке сферической поверхности квазиэпикарда. Диполь ориентирован вдоль: а) оси  $x$ , б) оси  $y$ , в) оси  $z$

Для оценки погрешности потенциалы, полученные МГЭ по формулам (1) сравнивались с потенциалами, рассчитанными стандартным методом конечных элементов (МКЭ) с достаточно мелкой сеткой (порядка  $10^7$  элементов). При сравнении использовались следующие количественные характеристики: коэффициент корреляции Пирсона ( $r_\phi$ ), относительное среднеквадратическое отклонение потенциалов ( $\delta_\phi$ ), относительное отклонение нормированных потенциалов ( $\delta_{\phi\text{норм}}$ ). Данные параметры представлены в таблице 1. При этом в расчетах рассматривалась модельная задача, в которой диаметр цилиндрической модели торса  $D = 0.276$  м, высота цилиндра  $h = 0.5$  м, радиус сферы квазиэпикарда  $R_H = 0.0586$  м, координаты центра сферы  $x_c = 0.0207$  м,  $y_c = 0.0138$  м,  $z_c = 2h/3 = 0.333$  м;

Таблица 1. Влияние ориентации диполя на погрешность

Ориентация диполя								
x-диполь			y-диполь			z-диполь		
$\delta_\phi$	$\delta_{\phi\text{норм}}$	$1-r_\phi$	$\delta_\phi$	$\delta_{\phi\text{норм}}$	$1-r_\phi$	$\delta_\phi$	$\delta_{\phi\text{норм}}$	$1-r_\phi$
7.73	2.36	0.028	7.96	2.52	0.027	32.6	9.56	0.011

Оценка возможного снижения погрешности расчета поверхностных потенциалов (ПП) грудной клетки вытекает из рис. 2, где представлены параметры отклонения ПП, полученные при суммировании только по боковой поверхности цилиндра (коричневая кривая на рис. 2) и с учетом суммирования по обеим торцевым поверхностям (синяя кривая на рис. 2).

Основной вклад в погрешность вносит верхняя торцевая поверхность (красная кривая на рис. 2), так как источник расположен ближе к ней ( $z = 2h/3$ ). В целом учет суммирования по торцевым поверхностям снижает относительное отклонение в 4 раза.

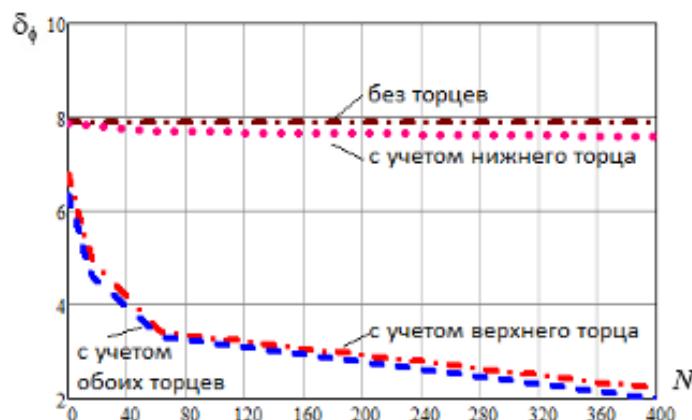


Рис. 2. Влияние учета торцевых поверхностей на погрешность. По вертикали откладывается  $\delta_\phi$ , по горизонтали – число разбиений торцевой поверхности ( $N_t$ ). Диполь ориентирован по оси  $y$ .

В соответствии с таблицей 1 для  $z$ -ориентированного диполя наблюдается увеличение погрешности расчета. Это связано с тем, что для данной ориентации верхняя торцевая поверхность сильнее влияет на ограничение силовых линий электрического тока (рис. 3).

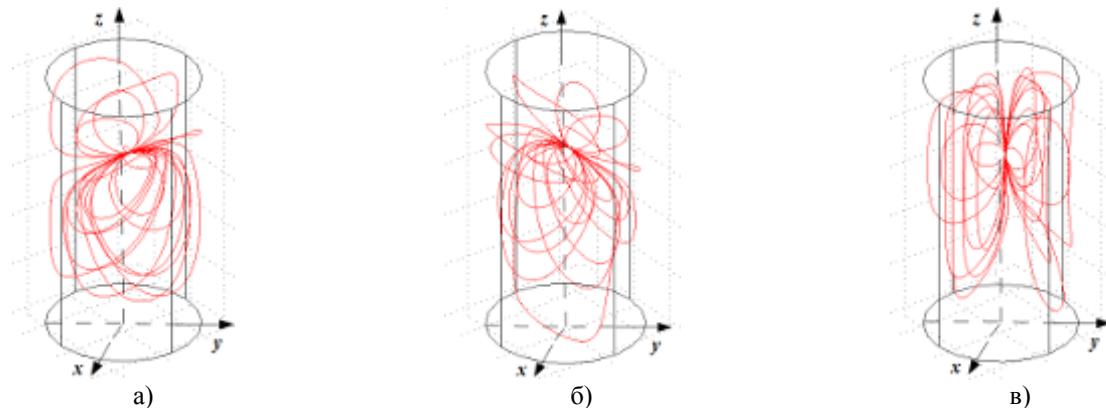


Рис. 3. Картинки растекания токов. Диполь ориентирован вдоль: а) оси  $x$ , б) оси  $y$ , в) оси  $z$

Следует отметить, что даже без проведения суммирования по торцевым поверхностям относительное отклонение нормированных потенциалов не превышает величины порядка 3%, а коэффициент корреляции не ниже 0.99, что свидетельствует о высокой схожести сравниваемых распределений поверхностных потенциалов.

#### Библиографический список

1. Титомир Л. И., Кнеппо П. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 447 с.
2. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов: Пер. с англ. М.: Мир, 1987.

#### ANALYSIS OF ERROR OF CALCULATION OF ELECTRICAL POTENTIALS ON THE SURFACE OF A CYLINDRICAL MODEL TORSO FOR PROBLEMS OF ELECTROCARDIOGRAPHY

M.N. Kramm, Y.A. Palutina, N.O. Strelkov  
 National Research University «MPEI», [palyutina\\_y\\_a@rambler.ru](mailto:palyutina_y_a@rambler.ru)

In this paper we consider the error of calculation of electrical potentials on the surface of the torso, excited by the distribution of sources on the epicardial surface. We analyze the impacts of the type of source and accounting the summation on the torso surface on the error of potentials calculation.

The importance of considering of this problem is related with the using of such calculations in the inverse problem of electrocardiography, in which source distribution on the epicardial surface is reconstructed by the measured surface potentials on the torso.

#### НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СФЕРОЦИТОВ В МАЗКЕ КРОВИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗАТОРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Пятницкий А.М., Панов С.А., Киселева А. Н., Милокост О., Пулиш А.В.  
 ООО Медицинские Компьютерные системы (МЕКОС)  
[Alpyat@list.ru](mailto:Alpyat@list.ru), [Pulish.al@gmail.com](mailto:Pulish.al@gmail.com),

В статье обсуждается возможность использования компьютерного анализатора изображений для подсчета доли сфеноцитов в мазке крови. Рассматриваются вопросы измерения следующих трех основных параметров, позволяющих классифицировать эритроцит в мазке крови как сфеноцит: радиус, отношение толщины клетки к ее радиусу и величина пэллора. Подчеркивается необходимость контроля равномерности распределения сфеноцитов в разных кадрах изображения мазка для того, чтобы исключить артефакты, связанные с неверным выбором зоны исследования.

#### Введение.

Сфеноцит – это эритроцит, имеющий дефект мембранныго цитоскелета, приводящий к тому, что клетка становится более округлой, по сравнению с нормальным дискоцитом. При этом отношение площади клетки к ее объему уменьшается. Имеются различные формы анемий, для которых характерно появление сфеноцитов

[1,2]. Существенно, что для гемолитических сфеноцитарных анемий характерно волнообразное течение, и доля сфеноцитов отражает степень тяжести приступа и влияет на выбор тактики лечения. Отсюда важность задачи подсчета доли сфеноцитов. Напомним, что обычный метод подсчета эритроцитов в проточном счетчике не позволяет выявлять сфеноциты, так как все эритроциты перед прохождением измеряющей апертуры специально округляются для стандартизации результата измерений. Известен применяемый метод определения осмотической резистентности является интегральным и не позволяет найти долю сфеноцитов. Используется еще один показатель, так называемый индекс сфеноцитоза, который также относится ко всем клеткам и недостаточно чувствителен.

На практике используются следующие способы определения наличия сфеноцитов [1]: 1)визуальный, достаточно трудоемкий, субъективный и требующий высокой квалификации врача – лаборанта, анализ мазка крови, 2)исследование способности клеток к деформации в эктацитометре, 3)изучение осмотической резистентности, 4)молекулярно-биологические методики, выявляющие характерные для нормального и поврежденного спектринового слоя клеточных детерминанты.

**Постановка задачи количественного определения сфеноцитов с помощью компьютерного анализатора изображений (КАИ).**

Исследование мазка крови является одним из ключевых шагов при выявлении сфеноцитов, поэтому естественно привлечь к решению этой задачи компьютерный анализатор микроскопического изображения. Анализ может проводиться как на неокрашенном (с использованием синего светофильтра), так и на окрашенном мазке крови [3,4].

Перечислим основные морфологические признаки сфеноцита в мазке крови. Так как объем сфеноцита является близким к норме, то соответственно его радиус R уменьшен, толщина h увеличена, а в середине клетки не видно просветления – пэллора (pallor). Визуально это соответствует оптически более плотной и небольшой клетке (по сравнению с окружающими ее нормальными дискоцитами). Важно, что доля сфеноцитов обычно не может быть чрезмерно большой (<50%) и сравнительный анализ с нормальными эритроцитами всегда возможен. Итак, в качестве основных параметров, позволяющих классифицировать эритроцит, как сфеноцит, разумно рассматривать три числа – R, h/R, Pal. Радиус клетки R не может быть слишком велик, наоборот, отношение толщины к радиусу h/R должно быть велико, а пэллор Pal – достаточно мал или вообще отсутствовать. Исходными данными для измерения являются значения яркости I(x,y) в каждой точке (пикселе с координатами x,y) внутри изображения эритроцита (для окрашенного мазка следует рассматривать зеленый канал в RGB изображении). После перехода к логарифму отношения величины фона I0 к яркости I(x,y), мы можем получить значения оптической плотности  $OD(x,y)=\ln(I_0/I(x,y))$ . Эритроцит предполагается имеющим радиальную симметрию, что позволяет описать его форму одной функцией  $OD(r)$  – зависимостью оптической плотности OD от величины радиуса r, отсчитанного от центра клетки. В качестве радиуса всей клетки R можно принять такое значение r, при котором достигается половина первого с внешней стороны максимума на кривой  $OD(r)$ . Оптическую плотность следует измерять с использованием иммерсионного объектива x100, причем можно допустить некоторое ухудшение разрешения за счет опускания конденсора. Использование иммерсии позволяет избежать явлений рефракции на краях эритроцитов искажающих кривую  $D(r)$ . При визуальном анализе мазка крови определение сфеноцита с уверенностью может быть сделано лишь относительно присутствующих в том же поле зрения нормальных клеток (дискоцитов). Если практически все клетки не имеют пэллора, то обычно это соответствует слишком тонкой области мазка, в которой форма эритроцита искажена. По изображению одной клетки может быть трудно определить сфеноцит это, или клетка из слишком тонкой зоны мазка. При слишком большой величине  $R>R_{max}$  эритроцит также не может быть классифицирован как сфеноцит – по-видимому, он является макроцитом.

Итак, следует ответить на три вопроса: 1)ввести ограничение на возможную максимальную величину радиуса  $R_{max}$ , 2)предложить метод измерения  $h/R$ , 3)найти способ, позволяющий свести зависимость  $OD(r)$  или  $I(r)$  к одному числу Pal, то есть предложить явный вид соответствующего функционала. Вопрос о выборе  $R_{max}$  в дальнейшем не обсуждается, так как принципиально он прост, но требует анализа большого экспериментального материала.

**Результаты.**

1.Метод измерения  $h/R$ .

Надежное измерение толщины эритроцита h и ее отношения к радиусу клетки  $h/R$  возможно лишь при работе с неокрашенным мазком и наблюдении в синем или ближнем УФ свете. Однако на практике обычно работают с окрашенными мазками. В этом случае также можно ввести аналогичный параметр, значение которого предполагается использовать только для целей классификации. Введем его следующим образом, сохранив для него прежнее обозначение:  $\frac{h}{R} = \frac{OD(0) < V >}{< IOD > R}$ , где  $OD(0) = \ln \frac{I_0}{I(0)}$  - оптическая плотность в центре клетки,  $< V >$  - средний объем эритроцита, полученный при измерении на проточном счетчике,  $< IOD >$  - средняя интегральная оптическая плотность эритроцита, R - радиус. Если средний объем эритроцита неизвестен, то вместо  $< V >$  можно подставить типичное значение 80фл. Практика показывает, что значения  $h/R > 0.6$  в норме встречаются редко (<1-5%). В тоже время для верифицированных сфеноцитов этот параметр всегда превышает это пороговое значение.

2.Описание пэллора (pallor) с помощью одного числа.

Если измерить для каждого пикселя изображения эритроцита яркость  $I(x,y)$  или оптическую плотность  $OD(x,y)$ , то можно работать либо с полным двумерным изображением, либо с одним или двумя сечениями (например,  $x=const$ ;  $y=const$ ), проходящими через центр клетки. В первом случае естественно воспользоваться радиальной симметрией и для каждого диапазона значений радиуса  $[r, r+dr]$  найти среднее значение оптической плотности данного слоя  $OD(r)$ . Обратимся к задаче выбора функционала, который по кривой сечения (яркости или оптической плотности) характеризует выраженность пэллора одним числом. Ясно, что нет единственного способа решения этой задачи. Вряд ли целесообразно использовать какие либо аналитические аппроксимации (например, многочленом 4-го порядка), так как имеющееся разнообразие кривых слишком велико, чтобы надеяться на описание малым числом параметров. Могут встречаться кривые как гладкие, так и похожие на ломаную. Вообще форма пэллора может меняться в зависимости от условий приготовления мазка, однако визуально отличить сфeroцит от дискоцита в правильной части мазка все равно можно. Разделим все сечение на три равные части – два периферических отрезка и один центральный. Периферическим отрезкам поставим в соответствие индексы 1, 3, а центральному – 2. Для определенности в дальнейшем говорим о кривой яркости  $Y=I(x)$ . Тогда если есть пэллор, то центральному отрезку соответствует локальный максимум  $Y_{Max2}$ , а периферическим – локальные минимумы  $Y_{Min1}$ ,  $Y_{Min3}$ . Если есть пэллор, то величина  $P=0.5*(Y_{Min1}+Y_{Min3})-Y_{Max2}$  отрицательна и тем меньше, чем более выражен пэллор. Полное отсутствие пэллора соответствует либо нулю для постоянного сечения, либо положительному значению. Если сфeroцит толще в своей центральной части, то вместо локальных минимумов можно брать средние значения. Однако пока введенная величина  $P$  зависит от яркости фона, поэтому перейдем к более устойчивому параметру  $Pal=(2*Y_{Max2}-Y_{Min1}-Y_{Min3})/(2*Y_{Max2}+Y_{Min1}+Y_{Min3})$ . Теперь наличие пэллора соответствует величинам большим нуля, а при полном отсутствии пэллора  $Pal=0$ . Использование яркости вместо оптической плотности упрощает анализ, так как не требуется определения величины фона. С другой стороны то, что используются отношения яркостей, делает эту характеристику устойчивой к вариации освещенности. Для контроля над ошибками производится измерение для двух взаимно перпендикулярных сечений. Если расхождение между результатами в величине  $Pal$  превышает 0.05, или измеренные значения  $Y_{Min1}$ ,  $Y_{Min3}$  в каком либо из двух сечений отличаются больше, чем на 30%, то результат признается неудовлетворительным. Возможные причины ошибок: 1) пэллор существенно смещен, и оба сечения не попадают на его область, 2) двойная клетка, 3) клетка не целиком лежит внутри кадра. Эмпирически было установлено, что визуально пэллор не виден при условии  $Pal<0.05$ . Поэтому данное значение можно принять для пороговой классификации эритроцитов на имеющих и не имеющих пэллора. Некоторые результаты, полученные на изображениях мазков крови, приведены в таблице.

Измерения в слишком тонком слое (практически все клетки без пэллора)	Нормальные клетки	Сфeroциты
0 -0.05 Moda=0.02 $X=0.019+0.006$ $CV=0.01$ $As=-0.4$ $Ex=1.0$ $n=695$	0.09-0.25 Moda=0.15 $X=0.17+-0.03$ $CV=0.16$ $As=0.1$ $Ex=0.1$ $n=73$	0 -0.04 Moda=0.02 $X=0.010+0.006$ $CV=0.06$ $As=0.3$ $Ex=0.5$ $n=14$

Здесь  $CV$  – коэффициент вариации,  $As$  и  $Ex$  – оценки асимметрии и эксцесса,  $n$  – число измерений.

Таким образом, граничное значение  $Pal>0.05$  может разделять нормальные клетки от клеток без пэллора. Далее следует решить вопрос о том, являются ли они сфeroцитами или отсутствие пэллора связано с неправильным выбором зоны на мазке. Данную ситуацию можно исключить, если: 1) значения  $h/R<0.6$ , 2) рядом имеется хотя бы несколько клеток с  $Pal>0.05$ . Надежный анализ требует сравнения результатов (доли сфeroцитов) в нескольких полях зрения между собой.

#### Выводы.

Предложены три параметра, которые можно использовать для классификации сфeroцитов. Указан способ измерения отношения толщины клетки к радиусу и количественной характеристики пэллора в виде одного числа.

#### Библиографический список

1. Perrotta S, Gallagher PG, Mohandas N; Hereditary spherocytosis. Lancet. 2008 Oct 18;372(9647):1411-26.
2. [Barcellini W, Bianchi P, Fermo E, et al](#); Hereditary red cell membrane defects: diagnostic and clinical aspects. Blood Transfus. 2011 Jul;9(3):274-7. doi: 10.2450/2011.0086-10. Epub 2011 Jan 13.
3. Байдун Л.В., С.А.Кашпор, А.А.Парпара, С.А.Плясунова, А.М.Пятницкий, Б.З.Соколинский. Автоматическая эритроцитометрия в роботизированном микроскопе МЕКОС-Ц1. Клиническая лабораторная диагностика №6, 2003 г, стр.39-42.
4. Соколинский Б.З., Пятницкий А.М., Бетрозова М.В., Дягилева О.А., Погорелов В.М. Количественная морфология эритроцитов периферической крови и эритрокариоцитов костного

мозга при острых лейкозах и депрессиях кроветворения. Клиническая лабораторная диагностика, 1999, №2, стр.39-41.

## NEW PARAMETERS FOR DETECTION OF SPHEROCYTES IN BLOOD SMEAR BY MEANS OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS

Pyatnitsky A.M., Panov S.A., Kiseleva A.N., Mylokost O., Pulish A.V.  
Medical Computer Systems (MECOS Co)  
[Alpyat@list.ru](mailto:Alpyat@list.ru), [Pulish.al@gmail.com](mailto:Pulish.al@gmail.com),

The possibility of applying computer vision approach to spherocytes detection in blood smears is discussed in this article. Three main parameters which can be used while performing classification of red blood cell as spherocyte are considered: its radius, relation of cell thickness to radius and the extent of pallor expression. We emphasize the necessity of controlling randomness of spherocytes distribution along processed frames to avoid artifacts connected with wrong choice of blood smear zone.



## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ НАТИВНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНЦИЗИИ

<sup>1,2</sup>Розанов В.В., <sup>2</sup>Матвейчук И.В., <sup>1</sup>Шутеев С.А.  
1 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
2 - Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений  
[vrozanov@mail.ru](mailto:vrozanov@mail.ru)

Гидродинамическая хирургия мягких тканей успешно развивается с начала 1980-х годов после пионерских работ профессора Н.Э.Темирова [1,2] в области офтальмологии и D. Papachristou и R. Barters [3] в области хирургии печени. Работы эти были впоследствии распространены на абдоминальную и гнойную хирургию, оториноларингологию, нейрохирургию, кожную пластику, лапароскопические вмешательства [4]. Щадящий характер режущего воздействия, малые кровопотери, высокая степень селективности разделения тканей – все это делает гидроскальпель уникальным хирургическим инструментом и выделяет его среди других хирургических средств, инструментов и методик [5]. Как показали более поздние исследования [6,7], гидроскальпель оказался эффективным и при разделении минерализованных биологических тканей. При этом и в случае костной и хрящевой ткани характерной особенностью гидродинамической резки остается ее избирательность и щадящий характер воздействия на ткань в непосредственной близости от поверхности разреза. Как показывают гистологические исследования [4] даже на клеточном уровне сохраняется целостность остеоцитов и хондроцитов, соответственно, даже в непосредственной близости от поверхности разреза. Измерения, проведенные с помощью контактных датчиков, показали слабые изменения температуры поверхности костной ткани после гидродинамической резки [8], что резко контрастирует со случаями резки механическими и электрическими пилами, а тем более с применением ультразвуковых, радиочастотных, а тем более лазерных и плазменных методов резки, связанных со значительной гипертермией приповерхностных слоев ткани. Однако, подробного и систематического исследования температурных полей таких приповерхностных областей минерализованных биологических тканей в процессе и после гидродинамического разделения до последнего времени не предпринималось. Нами был проведен цикл таких измерений с использованием бесконтактных методов регистрации температуры.

Измерения производились инфракрасной камерой SAT-S160 с неохлаждаемым детектором, устанавливаемом в фокальной плоскости, спектральный диапазон приемника – 7,5 -14 мкм, диапазон измерения температуры – 20-250 градусов С, точность измерения – 2%.

Бедренная кость быка разрезалась гидро-абразивной струей на промышенной установке Flow WaterJet. Кость после холодильника длительное время выдерживалась при комнатной температуре для выравнивания температур. Затем производилась резка. Кость фиксировалась в горизонтальной плоскости, режущая абразивно-жидкостная струя перемещалась перпендикулярно продольной оси кости через ее диафизарную часть. Далее проводилась последовательная – с интервалом в 1 минуту – регистрация распределения температуры на поверхности полученного разреза. В результате получались и записывались на электронный носитель последовательные цветные изображения поверхности костного фрагмента после гидродинамического разделения. При этом каждый раз параллельно фиксировалась яркостно-цветовая шкала, позволявшая визуально качественно определять степень нагрева того или иного участка. Но наряду с такими визуальными оценками аппаратура давала возможность производить автоматическую оцифровку яркостного изображения в соответствии с калибровочной шкалой прибора по любой задаваемой на изображении линии. Результат такой оцифровки мог выводиться как в цифровой, так и в графической форме в виде графика распределения температуры вдоль этой выбранной фиксированной линии. Примеры таких графиков приведены на рис. 1.

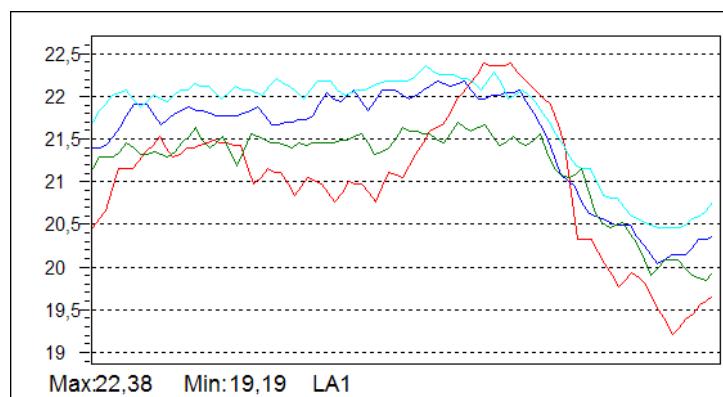


Рис. 1. Пример последовательных регистраций распределения температуры на поверхности костного образца после гидродинамического разделения (температура в градусах Цельсия, интервал регистрации – 1 мин.).

Анализ последовательных регистраций распределения температуры поверхности по выбранным направлениям дает возможность оценить пространственные и временные градиенты распределения температуры на поверхности разрезанного костного образца.

Полученные результаты наглядно и убедительно свидетельствуют о том, что ни в момент резания, ни в последующий период времени – никакой гипертермии поверхности не происходит. Отсутствует даже сколько-нибудь значительный нагрев. Нигде на поверхности реза ни в какой момент времени температура не превышает 22,5 °C. Соответственно никакой денатурации белков не может быть ни на поверхности кости, ни в толще костного материала. Тем более нет никаких условий и предпосылок для карбонизации поверхностного слоя.

Кроме того, как видно из приведенных данных, Тепловизионные исследования позволяют получить комплексную информацию о температурной динамике приповерхностных областей костной ткани после режущего гидродинамического воздействия.

Приведенные экспериментальными данными являются новыми и представляют значительный интерес не только с точки зрения получения дополнительной качественной и количественной информации о свойствах и характеристиках обрабатываемой костной ткани. Результаты этих исследований позволяют выработать практические рекомендации по оптимизации технологических режимов гидродинамической обработки костных фрагментов различного вида, возраста, состояния и композиционного состава. Это имеет большое значение для разработки специализированного гидроструйного оборудования для тканевых банков, поскольку именно эта – гидродинамическая – технология наиболее перспективна для использования в тканевых банках для изготовления костных имплантатов.

Не менее существенным может быть и использование полученных экспериментальных данных для судебно-медицинского исследования и описания особенностей деструктивных изменений кости при гидродинамической травме [9]. Это направление в последнее время в связи со все более широким распространением гидродинамических технологий в промышленности становится все более актуальным и востребованным. Не менее интересны возможности, открываемые изучением температурных полей, формирующихся на поверхности костной ткани при гидродинамическом разделении, для верификации теоретических моделей, описывающих костную ткань.

#### Библиографический список

1. Темиров Н.Э. Гидротомия в глазной микрохирургии. – Офтальмологический журнал, 1980, №7, с. 437-439.
2. Темиров Н.Э. Теоретические аспекты гидромониторной микрохирургии глаза и ее техническое оснащение. – Медицинская техника, 1981, №2, с. 54-58.
3. Dimities N. Papachristou and Richard Barters Resection of the liver with a water jet. – Br. J. Surg., 1982, vol. 69, p. 93-94.
4. Розанов В.В., Денисов-Никольский Ю.И., Матвейчук И.В., Ложкин О.В., Эйхенвальд Э.В., Осипенкова Т.К., Омельяненко Н.П., Северин А.Е. Гидродинамические технологии в биологии и медицине. – Технологии живых систем.- 2005.-Т. 2.- № 4-5.- С. 28.
5. Розанов В.В.Высокоэнергетическое гидродинамическое воздействие на биологические ткани – новая перспективная биомедицинская технология. – Наукоемкие технологии.-2003.-№ 6.-С. 35-43.
6. Розанов В.В., Сысоев Н.Н. Новый хирургический инструмент – гидроскальпель. Исследования, разработки, перспективы. Международный медицинский журнал, 2000, №4, с.362-370.
7. Кудряшов Ю.И., Розанов В.В., Сысоев Н.Н. Разделение костных тканей с помощью гидроскальпеля. – Медицинская физика, 2001, №11, с. 77-78.

8. Розанов В.В. Физиологические и биофизические основы взаимодействия высокоэнергетических жидкостных струй с биологическими тканями. – Дисс...докт. биол. наук, М., 1999, 353 с..
9. Осипенкова Т.К., Розанов В.В., Матвейчук И.В., Шутеев С.А. Судебно-медицинская характеристика гидродинамической травмы костной ткани. – в сборнике «Актуальные вопросы судебной медицины и медицинского права»: Материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием,, М.: изд. НП ИЦ «ЮрИнфоЗдрав» , 2013, с. 241-245.

### TEMPERATURE FIELDS ON THE SURFACE OF THE NATIVE BONE TISSUE AFTER HYDRODYNAMIC INTSIZIYA

Rozanov V.V.<sup>1,2</sup>, Matveychuk I.V.<sup>2</sup>, Shuteev S.A.<sup>1</sup>  
 Lomonosov Moscow State University<sup>1</sup>, Russian Institute of medicinal and aromatic plants<sup>2</sup>  
[vrozanov@mail.ru](mailto:vrozanov@mail.ru)

The hydrodynamic surgery of soft tissues successfully develops since the beginning of the 1980th years after pioneer works of professor N.E. Temirov in the field of ophthalmology and D. Papachristou and R. Barters in the field of liver surgery. These works have been extended to abdominal and purulent surgery, otorhinolaryngology, neurosurgery, skin plasticity, laparoscopic surgery. The sparing nature of the cutting influence, small blood losses, high degree of selectivity of tissues separation – all this does a hydroscalpel as the unique surgical tool and distinguishes him from other surgical means, tools and techniques.

As have been shown by later researches, the hydroscalpel was effective in cutting of the mineralized biological tissues. At the same time in case of bone and cartilaginous tissue selectivity and the sparing nature of action on tissue in close proximity to a section surface remains as a valuable characteristic of hydrodynamic cutting. Authors have carried out a cycle of researches of temperature fields of surface areas of the mineralized biological tissues in process and after hydrodynamic cutting. Contactless methods of registration of temperature were used in these experiments. We cut the femur of a bull by a hydro-abrasive stream on the Flow WaterJet hydrocutting equipment. Further it was carried out consecutive – with an interval 1 minute – registration of distribution of surfaces temperature for the received section.

The obtained data have shown that both at the time of cutting, and after him the maximum of surfaces temperature distribution doesn't exceed temperature of a protein denaturation. No hyperthermia on a surface of a bone fragment is observed. Results of these researches allow to obtain new information on properties and characteristics of a bone tissue, and also to develop practical recommendations about optimization of the technological modes of hydrodynamic processing of bone fragments of various types, age, a state and composite structure.

---

### БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Добролюбова Д.А., Самородов А.В.  
 Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
[daria.dobrolyubova@mail.ru](mailto:daria.dobrolyubova@mail.ru), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

По данным ВОЗ онкологические заболевания в мире занимают второе место среди причин смертности. Рак молочной железы (РМЖ) составляет пятую часть от всех случаев онкологических заболеваний среди женского населения России, а число больных с диагнозом РМЖ с каждым годом увеличивается [1, 2]. В то же время увеличивается количество методик диагностики онкологических заболеваний, направленных на всестороннее изучение биологических особенностей опухоли у конкретного пациента, что позволяет выбрать индивидуальную тактику лечения и повысить его эффективность. Биологические особенности РМЖ позволяют в большинстве случаев эффективно использовать гормональную терапию в качестве основного метода терапевтического лечения при лиминальном А типе РМЖ и в качестве дополнительной терапии при других биологических подтипах рака [3].

Наиболее широко используемыми в настоящее время методами исследования особенностей опухоли являются иммуноцитохимический (ИЦХ) и иммуногистохимический методы. Процедуры приготовления образцов часто включают двойное и тройное окрашивание, что значительно усложняет задачу визуальной оценки, особенно в тех случаях, когда красители ко-локализованы и не могут быть полностью спектрально разделены, а, значит, визуально трудно различимы.

Определение по цитологическому препарату (ЦП) ядерного маркера опухоли молочной железы, характеризующего гормональный статус (уровень экспрессии рецепторов к эстрогену – ER, и прогестерону – PR), относится к случаю двойного окрашивания: ядра клеток опухоли, содержащие рецепторы, окрашиваются хромогеном 3,3'-диаминонебензидином (DAB), придающим им коричневую окраску, а затем все ядра окрашиваются гематоксилином (H), который придает им голубую окраску [4].

Интерпретация результатов ИЦХ исследования на рецепторы к стероидным гормонам заключается в определении двух баллов: Proportion Score (PS) характеризует долю клеток, содержащих исследуемый рецептор, Intensity Score (IS) характеризует интенсивность окрашивания коричневых областей. Далее определяется балл Total Score (TS) как сумма PS и IS. Гормональная терапия считается эффективной при значении балла TS больше двух хотя бы для одного из исследуемых рецепторов (положительный гормональный статус) [5].

Визуальное определение при помощи микроскопа указанных баллов сопряжено с такими недостатками, как субъективность восприятия цвета, невозможность визуального разделения яркости двух составляющих цвета в ядрах, невозможность оценки баллов PS и IS по ЦП в целом. Перечисленные недостатки визуального микроскопического анализа могут привести к ошибкам, а результаты, получаемые в различных лабораториях, могут сильно различаться. Решить указанные проблемы позволяет автоматизация процесса определения гормонального статуса [6].

С целью решения задачи автоматизации была разработана биотехническая система (БТС) автоматизированного определения гормонального статуса РМЖ, назначением которой является определение уровня экспрессии ER и PR по изображениям ЦП с иммунохимическим окрашиванием. Структурная схема БТС представлена на рис. 1. БТС включает ЦП с иммунохимическим окрашиванием, микроскоп проходящего света с автоматизированным предметным столом и блоком управления, цифровую камеру, персональный компьютер, специализированное программное обеспечение (СПО) обработки и анализа изображений, СПО управления сканированием ЦП, устройства для отображения и ввода информации, а также цитолога, управляющего исследованием.

Основным показателем качества функционирования БТС является погрешность оценки балла TS, определяемая погрешностью оценки составляющих его баллов PS и IS. Погрешность оценки указанных баллов определяется качеством исследуемого ЦП, техническими параметрами оптической системы микроскопа и цифровой камеры, алгоритмом анализа регистрируемых изображений.

Оптическая система микроскопа и параметры матрицы цифровой камеры влияют на разрешение регистрируемых изображений. Спектральные характеристики элементов матрицы цифровой камеры и осветительная система микроскопа влияют на цветопередачу оптико-цифровой системы регистрации изображений, которая существенно зависит от используемых комплектующих. Это, в свою очередь, приводит к необходимости включения этапа нормализации цветовых характеристик изображений в СПО обработки и анализа изображений. Особенности ЦП с ИЦХ окрашиванием, а именно, наличие областей с ко-локализацией красителей, обуславливают необходимость использования математических методов разделения вклада красителей в формирование цвета в СПО обработки и анализа изображений ЦП.



Рис.1. Структурная схема БТС автоматизированного определения гормонального статуса рака молочной железы

Определение баллов PS, IS и TS по изображениям осуществляется в СПО обработки и анализа изображений ЦП. Кроме этапа нормализации цветовых характеристик изображений СПО включает этап сегментации, этап разделения вклада красителей в формирование цвета и этап определения баллов при помощи аппроксимирующих зависимостей, приводящих балльную шкалу, используемую при визуальной оценке к количественной шкале отношений, используемой при автоматизированной оценке [7].

Таким образом, погрешность определения баллов определяется погрешностями нормализации цветовых характеристик изображений, разделения вклада красителей в формирование цвета, выбранного метода сегментации изображений, аппроксимирующих зависимостей.

Наибольшую сложность составляет определение погрешности разделения вклада красителей в формирование цвета, так как на цвет изображения оказывают влияние не только спектры поглощения красителей, но и спектр излучения источника освещения и спектральные чувствительности элементов матрицы цифровой камеры. Для разделения вклада красителей традиционно используется метод цветовой деконволюции [8]. Нами было проведено исследование модели формирования цвета, лежащей в основе данного метода, целью которого было определение источников его погрешности.

В результате теоретических исследований были получены следующие формулы для определения оптических плотностей пикселя изображения в каналах R, G, B, соответствующего области с ко-локализацией двух красителей, для модели, используемой в методе цветовой деконволюции ( $\tilde{D}_R^{H\&DAB}$ ,  $\tilde{D}_G^{H\&DAB}$ ,  $\tilde{D}_B^{H\&DAB}$ ), и из закона Бугера-Ламберта-Бера ( $D_R^{H\&DAB}$ ,  $D_G^{H\&DAB}$ ,  $D_B^{H\&DAB}$ ):

$$\tilde{D}_R^{H\&DAB} = -\frac{c^H \cdot l}{A^H} \cdot \lg \left( \frac{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) \cdot 10^{-\varepsilon^H(\lambda) c_0^H l_0^H} d\lambda}{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) d\lambda} \right) - \frac{c^{DAB} \cdot l}{A^{DAB}} \cdot \lg \left( \frac{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) \cdot 10^{-\varepsilon^{DAB}(\lambda) c_0^{DAB} l_0^{DAB}} d\lambda}{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) d\lambda} \right),$$

$$D_R^{H\&DAB} = -\lg \left( \frac{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) \cdot 10^{-\varepsilon^H(\lambda) c^H l - \varepsilon^{DAB}(\lambda) c^{DAB} l} d\lambda}{\int I_0(\lambda) \cdot m_R(\lambda) d\lambda} \right),$$

где  $c^H$  и  $c^{DAB}$  – искомые концентрации красителей H и DAB соответственно,  $l$  – толщина поглощающего слоя в области ко-локализации красителей (принимается равной 1),  $A^H$  и  $A^{DAB}$  – коэффициенты пропорциональности ( $A^H \sim c_0^H \cdot l_0^H$ ;  $A^{DAB} \sim c_0^{DAB} \cdot l_0^{DAB}$ ),  $I_0(\lambda)$  – спектр излучения источника освещения,  $m_R(\lambda)$  – спектральная характеристика чувствительности R-элементов матрицы цифровой камеры,  $\varepsilon^H(\lambda)$  и  $\varepsilon^{DAB}(\lambda)$  – десятичные молярные показатели поглощения красителей H и DAB соответственно,  $c_0^H$ ,  $c_0^{DAB}$  и  $l_0^H$ ,  $l_0^{DAB}$  – концентрации красителей и толщины поглощающих слоев ( $l_0^H$  и  $l_0^{DAB}$  принимаются равными 1), при которых определяются величины, пропорциональные десятичным молярным показателям поглощения красителей в методе цветовой деконволюции.

Для каналов G и B формулы аналогичны.

Равенство оптических плотностей  $\tilde{D}_R^{H\&DAB}$  и  $D_R^{H\&DAB}$  может быть достигнуто в двух случаях:

- 1) Десятичные молярные показатели поглощения  $\varepsilon^H(\lambda)$  и  $\varepsilon^{DAB}(\lambda)$  постоянны и не зависят от длины волны ( $\varepsilon^H(\lambda) = \varepsilon^H$ ;  $\varepsilon^{DAB}(\lambda) = \varepsilon^{DAB}$ );
- 2) спектры чувствительности элементов матрицы цифровой камеры являются дельта-функциями ( $m_R(\lambda) = \delta(\lambda - \lambda_R)$ ;  $m_G(\lambda) = \delta(\lambda - \lambda_G)$ ;  $m_B(\lambda) = \delta(\lambda - \lambda_B)$ ).

На практике ни одно из данных условий не выполняется, что приводит к конечному значению погрешности разделения вклада красителей по методу цветовой деконволюции.

Проведенное теоретическое исследование показало взаимосвязь спектральных характеристик поглощения красителей, чувствительности элементов матрицы и спектра излучения источника освещения с погрешностью разделения вклада красителей в формирование цвета.

Оценка численных значений погрешности разделения вклада красителей в формирования цвета изображений была проведена для разработанного макета БТС. Оценка проводилась с использованием измеренных спектральных характеристик осветительной системы и красителей H и DAB, а также спектральных характеристик чувствительности элементов матрицы цифровой камеры, приведенных в ее спецификации. При относительных концентрациях H и DAB  $c_0^H$  и  $c_0^{DAB}$  (концентрации, при которых определяются коэффициенты метода цветовой деконволюции), равных 0,5, и относительной концентрации  $c^H$ , равной 0,5, средняя погрешность восстановления относительной концентрации красителя DAB составила около 20 %.

Таким образом, проведенное исследование позволило разработать БТС автоматизированного определения гормонального статуса РМЖ и сформировать методику оценки качества ее функционирования при известных спектрах поглощения красителей и характеристиках технических элементов БТС.

#### Библиографический список

1. Мировая статистика здравоохранения 2013. [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. URL: [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/ru/](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/ru/). Проверено: 24.03.2016.

2. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2015. – 250 с.
3. Практические рекомендации по лечению злокачественных опухолей Российского общества клинической онкологии / Под ред. В.М. Моисеенко: [Электронный ресурс] // Интернет-портал российского общества клинической онкологии. URL: <http://www.rosoncoweb.ru/standarts/RUSSCO/>. Проверено: 24.03.2016.
4. Волченко Н.Н., Савостикова М.В. Иммуноцитохимическое исследование цитологических препаратов с использованием метода жидкостной цитологии. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий». 2008. 21 с.
5. Allred D.C. Assessment of prognostic and predictive factors in breast cancer by immunohistochemistry // Connection. 2006. No.9. P. 4-5.
6. Современная цитологическая диагностика заболеваний молочной железы / Н.Н. Волченко, Е.Н. Славнова, З.Д. Гладунова и др.; под ред. Н.Н. Волченко, Е.Н. Славновой. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 199 с.
7. Самородов А. В., Артюхова О. А., Добролюбова Д. А., Клименко Н. С., Амелькина Е. Ю., Войнова Н. А., Славнова Е. Н. Автоматизированный комплекс определения гормонального статуса рака молочной железы методом иммуноцитохимии // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. Эл № ФС 77-48211. 2013. № 12. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/628098.html>.
8. Ruifrok A.C., Johnston D.A. Quantification of histochemical staining by color deconvolution // Anal Quant Cytol Histol. 2001. No.4. P. 291-299.

## BIOTECHNICAL SYSTEM FOR THE AUTOMATED ESTIMATION OF RECEPTOR STATUS FOR BREAST CANCER

Dobrolyubova D.A., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, [daria.dobrolyubova@mail.ru](mailto:daria.dobrolyubova@mail.ru), [avs@bmstu.ru](mailto:avs@bmstu.ru)

The main quality indices of functioning of the biotechnical system for the automated determination of receptor status for breast cancer are considered. The results of theoretical studies of the sources of error of the color deconvolution are presented. The numerical values of the error of the relative concentrations of dyes (3,3'-diaminobenzidin (DAB) and hematoxylin) determined using the color deconvolution were estimated.

---

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ДЕПРЕССИВНЫХ РАССТРОЙСТВ

Багинская А. И.

Московский технологический университет (МИРЭА) – [baginskaya.a.i@mail.ru](mailto:baginskaya.a.i@mail.ru)

**Введение.** Магнитно-резонансная томография мозга используется как метод определения степени заболевания и позволяет более четко назначить курс лечения, без хирургического вмешательства. Так же МРТ используется для исследования и диагностики депрессивных расстройств, так как одной из главных проблем в современной нейропсихологии и клинической психологии является обнаружение и правильное определение лечения пациента, что зачастую осложнено многими факторами.

По данным исследований депрессивные расстройства – одни из самых распространенных психических заболеваний – 20-25% случаев из всех пациентов врача общей практики, тем не менее небольшой процент случаев заболеваний не может быть обнаружен клинически. А между тем от 45 до 60% всех самоубийств на планете совершают больные депрессией и у каждого шестого получается довести дело до конца.

По прогнозам психологов, к 2020-2030 году депрессия будет занимать второе место основных причин смертности или инвалидности людей, опередив количество трагических исходов вследствие ДТП.

Исходя из этого вопрос о наиболее точной диагностике депрессивных расстройств с каждым годом становится все более и более актуальным.

**Принцип действия.** МРТ – магнитно-резонансная томография – томографический(послойный) метод исследования, основанный на явлениях ядерного магнитного резонанса.

Что такое ядерный магнитный резонанс? Явление ЯМР связано с поведением во внешнем магнитном поле магнитных моментов атомных ядер.

Ядро любого атома состоит из протонов и нейтронов. Все частицы постоянно врачаются вокруг своей, в связи с этим обладают моментом количества движения - спином с. При этом собственный положительный заряд протона вращается вместе с ним и создает по закону электромагнитной индукции собственное магнитное поле. Таким образом собственное магнитное поле протона похоже на поле постоянного магнита и представляет собой магнитный диполь с северным и южным полюсами. Когда вещество помещают во внешнее магнитное

поле, большая часть маленьких протонных магнитов этого вещества разворачиваются в направлении внешнего поля (Рис.1).

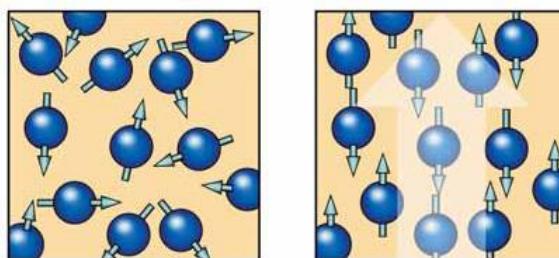


Рис. 1. Сравнение направлений магнитных моментов протонов водорода без Воздействия внешнего поля и при его появлении

При одновременном воздействии на ядра вещества внешним магнитным полем, которое направляет их магнитные моменты, и электромагнитным сигналом, тем самым сообщая протонам дополнительную энергию, мы «разворачиваем» их магнитные моменты в более высокое энергетическое положение – по направлению навстречу полю. Если в какой-то момент прекратить воздействие этого «разворачивающего» сигнала, магнитные моменты начнут возвращаться в исходное, наиболее энергетически выгодное положение – вдоль линий внешнего магнитного поля. Так как до этого ядерные магнитные моменты под действием энергии, которую им передал электромагнитный сигнал, «вынужденно» были направлены в определенную сторону, то теперь, они возвращаясь излучают полученную при воздействии внешнего сигнала энергию. Именно благодаря этому излучению возможна работа МРТ.

С помощью дополнительных градиентных полей, расположенных под определенными углами к основному магнитному полю, можно выбрать нужный для исследования срезов (Рис.2). Регистрируя частоту и фазу излучения, можно определить состояние разных тканей.

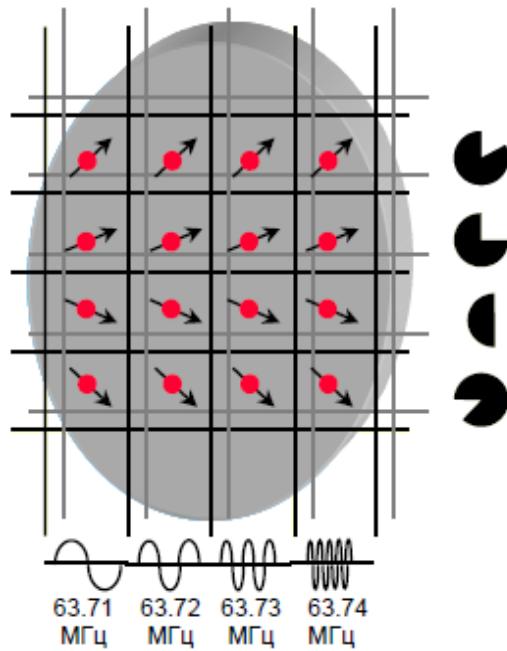


Рис. 2. Результат воздействия градиентных полей на протоны водорода – у разных протонов разный магнитный момент.

Для большей простоты процесса исследуют не все вещества, входящие в исследуемую область, а водород, из-за своего простого строения и наибольшей распространенности в составе разных органических веществ.

**Функциональные подходы МРТ.** Существует большое количество методов работы МРТ, выбор которых зависит от исследуемой области и от выдвинутых задач. Самые распространенные методы: МРТ-диффузия, МРТ-перфузия, МРТ ангиография, диффузно-тензорная визуализация, воксельная морфометрия, функциональная МРТ (фМРТ). В контексте данной работы наиболее удобные и эффективные последние три метода. О них чуть подробнее.

Метод диффузионно-тензорной визуализации больше используется для исследований функционирования белого вещества. Этот метод основан на анализе направления диффузии молекул воды вдоль аксонов, входящих в состав различных трактов белого вещества. Этот метод позволяет получать данные

о направлении и плотности нервных путей, соединяющих различные структуры головного мозга. Математическим выражением полученных данных является фракционная анизотропия, т.е. "степень измененности" вектора диффузии. Чем меньше фракционная анизотропия, тем больше поврежден исследуемый участок.

Метод воксельной морфометрии позволяет проводить высокоточный математический анализ результатов анатомической МРТ и выявлять минимальные снижения плотности серого вещества в корковых и подкорковых структурах.

В основе фМРТ лежит чувствительность импульсной последовательности градиентного эха к изменению оксигенации ткани мозга - эффект BOLD (BloodOxygenationLevelDependent). При этой последовательности изменения МР-сигнала в одном и том же участке мозга при состояниях покоя и активации происходят благодаря различиям парамагнитных свойств деоксигемоглобина и оксигемоглобина, концентрации которых меняются при локальной гипероксемии, возникающей в участках мозговой ткани из-за повышения регионального кровотока под влиянием раздражителя. Участки, изменяющие интенсивность сигнала в соответствии с формой и продолжительностью раздражителя, выявляются с помощью специальной статистической обработки, выделяются в виде карт активации и совмещаются с анатомическими изображениями головного мозга.

**Депрессивные расстройства.** Если подходить в общем, то депрессивное расстройство – это подавленное настроение, которое иногда может включать в себя тревогу или раздражение. Понятие депрессии, в смысле клинического синдрома, охватывает наряду с признаками эмоционального расстройства целый ряд симптомов когнитивно-мотивационной сферы (негативная самооценка, нарушение концентрации внимания, потеря интереса к жизни и т.п.), в поведенческой сфере (пассивно-заторможенное или тревожно-ажитированное поведение, сокращение социальных контактов и т.п.) и в соматической сфере (нарушение сна и аппетита, быстрая утомляемость и т.д.).

Классифицировать депрессивные расстройства можно по разным критериям: по происхождению заболевания, его тяжести, по свойственной принадлежности определенному полу, возрасту и т.д. В данной работе были использованы результаты исследований пациентов с невротической, эндогенной и органической депрессией.

Невротическая депрессия свойственна людям, которые нерешительны в своих действиях, не уверены в себе. Часто депрессию могут спровоцировать некоторые внешние факторы.

Эндогенная депрессия появляется вследствие наличия тяжелых заболеваний организма, каким-либо образом усложняющие жизнь человека.

Органическая депрессия вызвана какими-либо морфологическими отклонениями головного мозга, спровоцированных разными патогенными факторами, такими, как инсульт, различные травмы головного мозга, хроническими интоксикациями, эпилепсией и т.д.

**Результаты исследований.** В общем с помощью нейровизуализационной МРТ-диагностики в 75% случаев были установлены следующие изменения структур головного мозга: расширение щелей субарахноидального пространства (60,7% наблюдений).

По результатам фМРТ, пациенты с невротической депрессией по сравнению с здоровыми испытуемыми демонстрировали усиленный ответ левых височных идорсолатеральных префронтальных корковых отделов, но в значительно большем числеструктур ответ был менее интенсивен по сравнению с нормой: правые височные отделы миндалики мозжечка, головки хвостатых ядер и орбитофронтальные корковые отделы.

В группе больных с эндогенными депрессиями ответ ряда мозговых структур был также достоверно ниже по сравнению с контролем (в частности, в головках хвостатых ядер и орбитофронтальных корковых отделах). Кроме того, пациенты этой группы демонстрировали менее интенсивный ответ верхнетеменных корковых отделов иретикулярной формации, что свидетельствует о более глубоких нарушениях на уровне стволовых структур.

По результатам воксельной морфометрии в группе пациентов с невротической депрессией было отмечено снижение плотности серого вещества в префронтальных, парагиппокампальных структурах и задних отделах таламуса. Сходные изменения установлены и в группе больных с эндогенной депрессией (Рис.4).

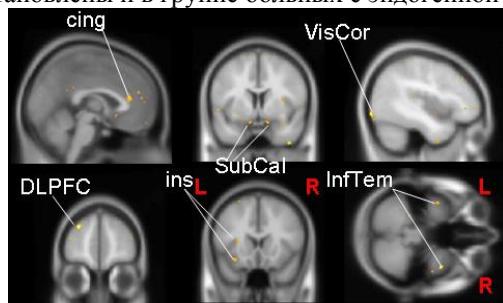


Рис. 4. Изменения в структурах головного мозга по результатам воксельной морфометрии для пациентов с эндогенной депрессией

Однако, наряду с этим у данной группы пациентов определялось снижение плотности серого вещества в нижневисочных корковых отделах. Наиболее выраженные изменения были характерны для больных с органической депрессией, у которых отмечалось снижение “плотности” серого вещества в дорсомедиальных отделах таламусов, хвостатых ядрах, гиппокампе, верхнетеменных и заднечингулярных отделах (Рис.3).

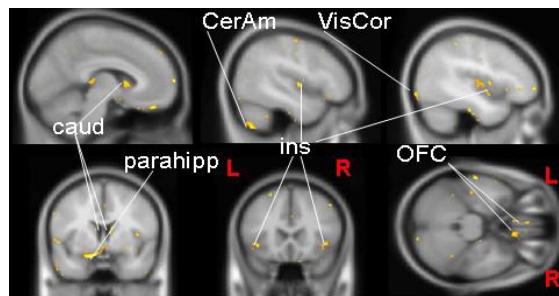


Рис. 3. Изменения в структурах головного мозга по результатам воксельной морфометрии для пациентов с органической депрессией (Условные обозначения: CerAm – миндалик мозжечка справа; VisCor – зрительная кора слева; pulv – ядра подушки (таламус); caud – головка правого хвостатого ядра; OFC – орбитофронтальная кора; ins – островковая зона; SubCal – субмозолистые извилины; Cing – передний отдел левой поясной извилины; DLPFC – дорсолатеральная префронтальная кора слева; ins – островковая зона слева; InfTem – нижне-височные отделы; parahipp – парагиппокампальный отдел слева; OFC – орбитофронтальная кора.)

Данные диффузионно-тензорной визуализации свидетельствовали о том, что во всех группах обследованных больных были обнаружены статистически значимые различия фракционной анизотропии по сравнению с группой контроля. При этом, в группе пациентов с невротической депрессией снижения фракционной анизотропии позволили сделать вывод о наличии дефицита трактов белого вещества в левых цингулярных и орбитофронтальных отделах. В группе больных с эндогенной депрессией были выявлены билатеральные снижения фракционной анизотропии в трактах поясных извилинов, в основном, слева. Помимо этого, определялись изменения в нервных путях, связывающих левые и правые орбитофронтальные корковые отделы между собой и с дорсомедиальным отделом таламуса слева, а также умеренные изменения правых височно-теменно-лобных трактов. Наконец, как и при воксельной морфометрии, максимальные изменения наблюдались в группе больных с органической депрессией. Отмечались, в частности, снижения фракционной анизотропии в путях задних цингулярных отделов (билиатерально) и переднечингулярных слева. Наряду с этим, были выявлены изменения в ряде трактов, соединяющих правое и левое полушария (большие имальные щипцы, задние отделы мозолистого тела), а также в пучках, обеспечивающих связь дорсомедиальных отделов левого таламуса с соответствующими отделами орбитофронтальной коры.

**Вывод.** Несмотря на дороговизну оборудования, магнитно-резонансный томограф может дать достаточно точные результаты обследования пациента. А использование разных методов исследования позволит рассмотреть возможные изменения в головном мозге со всех сторон, что даст возможность точно назначить диагноз такого сложного в определении заболевания, как депрессивные расстройства. Также, исходя из полученных результатов исследования, можно подобрать максимально действенное лечение индивидуально каждому пациенту.

#### Библиографический список

1. ВассерманЛ. И., ИвановМ. В., АнаньеваН. И., СорокинаА. В., ЕжоваР. В., ЕршовБ. Б., ЧуйковаА. В., «Когнитивные расстройства при депрессиях: нейропсихологическое и МРТ-исследование», Журнал: Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спец.выпуски. 2015;115(1): с.13-19;
2. К. Уэстбрук, К. Каут, Д. Тэлбот, «Магнитно-резонансная томография», Практическое руководство, Москва, Бином, Лаборатория знаний, 2013 г, 433с;
3. СиницынВ.Е., ТерновойС.К, «Магнитно-резонансная томография в новом столетии», Журнал «Радиология – практика», выпуск №4, с. 23-29;
4. УрсБауманн, МайнрадПерре, «Клиническая психология», 1998 г, 947с;
5. Абриталин Е.Ю., «Применение современных методов нейровизуализации в дифференциальной диагностике депрессивных состояний», WWW.MEDLINE.RU, Том 11, Психиатрия, Август 2010 г, с.133-146;
6. Марусина М.Я., Казначеева А.О., «Современные виды томографии.» Учебноепособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, 132 с.;
7. ЭвертБлинк, «МРТ: Физика», 2000 г, 76с;
8. ТопчийН.В., «Депрессивные расстройства в практике поликлинического врача», Журнал Фарматека, №10, 2005 г, с. 2-7;

9. Шамрей В. К., Труфанов Г. Е., Абриталин Е.Ю., Корзенев А.В. , «Современные методы нейровизуализации в психиатрической практике», Российский психиатрический журнал, выпуск №2, 2010 г, с. 74-83;
10. Джозеф П.Хорнак, «Основы МРТ», 2005 г, 230с.

## DIAGNOSTIC OPPORTUNITY OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING BY INVESTIGATING OF DEPRESSIVE DISORDERS

Baginskaya Alina Igorevna  
Moscow Technological University (MIREA) - [baginskaya.a.i@mail.ru](mailto:baginskaya.a.i@mail.ru)

This paper show diagnostic opportunity of some methods of magnetic resonance imaging (functional magnetic resonance imaging, voxel-based morphometry, diffusion-tensor imaging) by investigating of some kinds of depressive disorders.



## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕФЕРЕНСНЫХ СПЕКТРОВ ДОПЛЕРОВСКОГО УШИРЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯННОГО В КОЖЕ РУК ПРИ ОККЛЮЗИОННОЙ ПРОБЕ

Козлов И.О.\*, Жеребцов Е.А., Дрёмин В.В., Жеребцова А.И., Дунаев А.В.  
Орловский Государственный Университет имени И.С.Тургенева  
[igor57\\_orel@mail.ru](mailto:igor57_orel@mail.ru)\*

На сегодняшний день метод ЛДФ является широко применяемым для диагностики заболеваний, вызывающих нарушения работы микроциркуляторного русла. Известно, что доплеровский сдвиг от движущихся эритроцитов может быть оценен с помощью анализа фототока, поступающего с фотодиода. Из литературных источников в методе ЛДФ на сегодняшний день, известно несколько алгоритмов обработки сигнала, основанных на модели Боннера-Носсала. Согласно данной фундаментальной для метода ЛДФ модели из спектра фототока вычисляется величина:

$$\int_{f_1}^{f_2} f \cdot S(f) df,$$

где  $f$  – частота гармоники спектра;  $S(f)$  – значение спектральной плотности мощности на частоте  $f$  ;  $f_1$ ,  $f_2$  – нижняя и верхняя границы информативной полосы регистрируемого спектра. Боннером совместно с Носсалем было показано, что данная интегральная характеристика спектра пропорциональна количеству эритроцитов в ансамбле, участвующем в формировании доплеровского сдвига оптического сигнала в данном диагностическом объеме, а также пропорциональна средней скорости движения этого ансамбля. Таким образом, результат измерения методом ЛДФ в первом приближении линеен относительно скорости и количества движущихся эритроцитов в диагностическом объеме.

Единицей измерения в ЛДФ является «показатель микроциркуляции» (ПМ) – величина, которая выражается в относительных перфузионных единицах, и пропорциональна средней концентрации ансамблей эритроцитов в объеме диагностирования и их средней скорости. ПМ представляет собой результат обработки переменной составляющей фототока с двух фотоприемников, который формируется при фотосмещении оптических потоков с опорной и смещенной за счет эффекта Доплера (в полосе до 24 кГц) частотами [1]. Для лучшей помехозащищенности результата измерения фототоки фотодиодов вычитаются один из другого. Из результата вычитания выделяется постоянная и переменные составляющие. От получившегося сигнала вычисляется спектр мощности, который нормируется на постоянную составляющую. На следующем этапе происходит перемножение амплитудных значений мощности на соответствующие им частоты и интегрирование по частотному диапазону. По причине того, что при получении величины ПМ теряется информация о распределении спектральной плотности мощности сигнала по частотам, в данной работе предлагается вычислять данный показатель отдельно на нескольких поддиапазонах спектра. На этапе постановки задачи было сделано предположение, что при применении стандартных для метода ЛДФ функциональных проб (окклюзионная, постуральная, холодовая прессорная проба и т.д) изменения в микротоке приводят к перераспределению спектральной мощности переменного сигнала в разных частотных диапазонах доплеровского сдвига [2], что позволит неинвазивно оценивать распределение эритроцитов по скоростям в диагностическом объеме.

На рис. 1 изображена блок-схема реализованной для данного исследования измерительной установки лазерного доплеровского флюометра, содержащая одномодовый лазер, два фотодиода, многоканальный электронный усилитель напряжения, плату сбора данных National Instruments и компьютер с установленной средой визуального программирования и разработки NI LabVIEW.

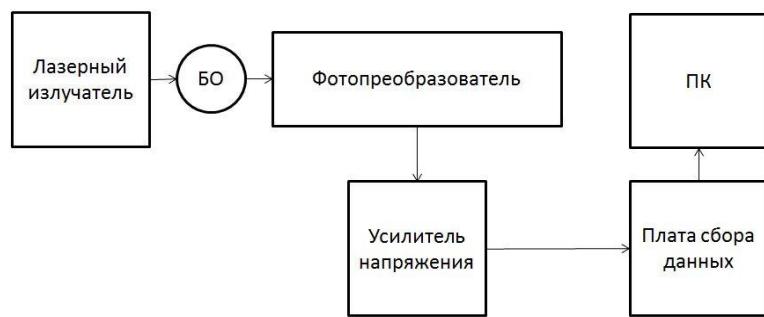


Рис. 1 – Блок-схема лазерного доплеровского флюометра

Измерительный канал работает следующим образом. Излученный лазером свет, попадает на биообъект (БО). Далее, рассеянное и отраженное излучения регистрируется фотопреобразователем, после этого сигнал фильтруется и усиливается. С помощью платы сбора данных, сигнал записывается в цифровой форме и поступает в персональной компьютер, где обрабатывается в среде NI LabVIEW. Основное преобразование, реализуемое алгоритмом обработки может быть записано в следующей форме:

$$PM = \frac{\int_{f_1}^{f_2} f \cdot S[U_1(t) - U_2(t)] df}{i_{dc}}, \quad (1)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – частотный диапазон доплеровского сдвига;  $S[U_1(t) - U_2(t)]$  – спектр мощности от разности двух сигналов;  $i_{dc}$  – нормировочный коэффициент, постоянная составляющая фототока.

Обработка сигнала по формуле (1) в среде графического программирования NI LabVIEW была реализована в виде преобразований, представленных на рисунке 2. Сигнал оцифровывался с частотой 50 кГц, с длиной выборки 5000. В итоге, дискретизация выходной величины осуществлялась с частотой 10 Гц.

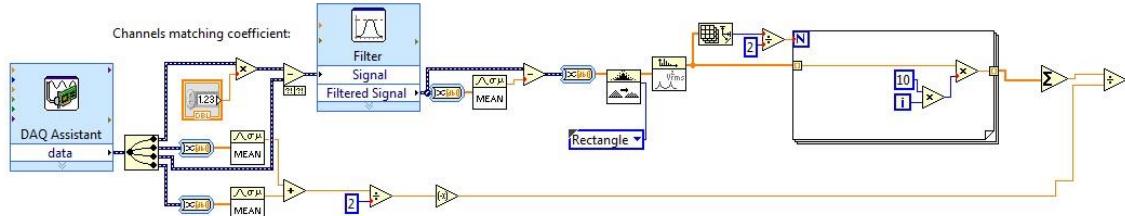


Рис. 2 – Последовательность преобразований сигнала в среде NI LabVIEW

В экспериментальной части работы был проведен ряд измерений на условно-здоровых добровольцах, с одновременной записью ЛДФ-грамм с интегрированием по следующим частотным поддиапазонам: от 60 до 400 Гц, от 400 до 800 Гц, от 800 до 1600 Гц, от 1600 до 3200 Гц, от 3200 до 6400 Гц. В качестве тестового воздействия была выбрана окклюзионная проба. Пример спектра мощности сигнала фототока представлен на рисунке 3. Пример записи полученных ЛДФ-грамм по поддиапазонам частот представлен на рисунке 4.

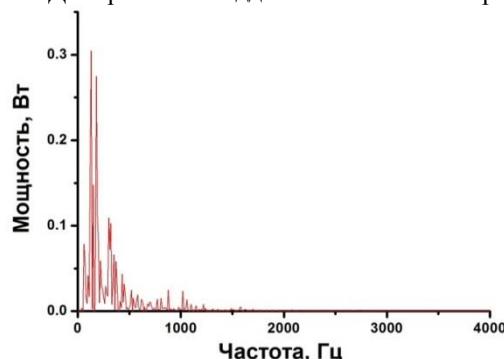


Рис. 3 – Пример спектра мощности сигнала фототока

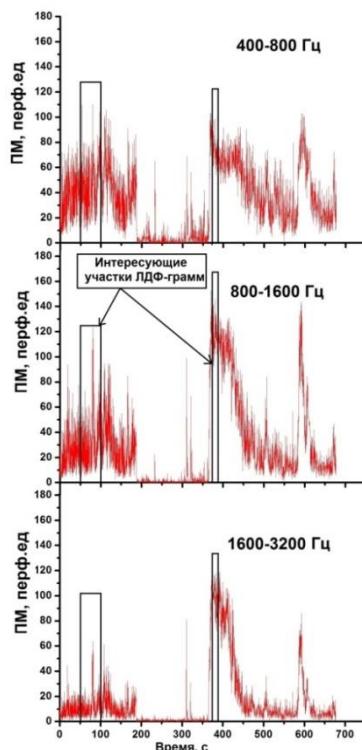


Рис. 4 – Пример ЛДФ-грамм, записанных по поддиапазонам частот

При анализе полученных записей выделялись временной участок 50 с до окклюзии и 15 секунд в непосредственный момент после снятия окклюзии. На данных участках вычислялись значения среднего и СКО. При усреднении полученных статистических оценок по данным 6 добровольцев было зарегистрировано увеличение сигнала ЛДФ в диапазонах более высоких частот (поддиапазоны 800-1600 Гц, 1600-3200 Гц) и уменьшение в низкочастотном диапазоне (60-400 Гц) (рис 5). Данный результат может быть объяснен увеличением доли эритроцитов, имеющих большую скорость в период постокклюзионной гиперемии.

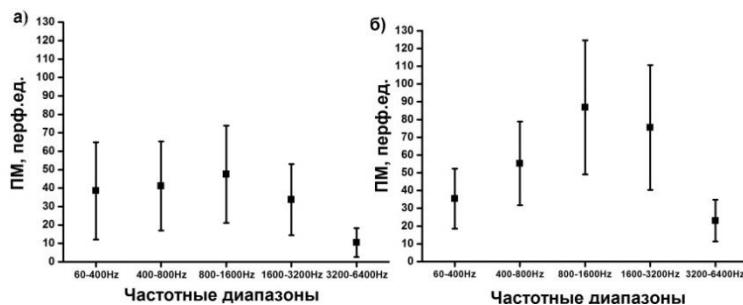


Рис. 5 – Статистические показатели ЛДФ-грамм, рассчитанных при фоновой записи (а) и после снятия окклюзионной пробы (б)

Предложенная реализация лазерного доплеровского флюометра предоставляет широкие возможности регистрации и исследования сигнала доплеровского уширения лазерного излучения, рассеянного в кровенаполненном биологическом объекте. Используемый режим обработки сигнала может быть гибко перестроен, количество поддиапазонов может быть расширено, изменена частота дискретизации.

В дальнейшем, предполагается проведение экспериментов по описанному выше алгоритму в группе пациентов с нарушениями функций микроциркуляции крови и сравнение полученных данных с данными условно-здоровых добровольцев с целью создания на основе данной информации новых диагностических критерий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 16-32-00662 мол\_а.

#### Библиографический список

1. Дунаев А.В., Жеребцов Е.А., Рогаткин Д.А. Методы и приборы неинвазивной медицинской спектрофотометрии: пути обоснования специализированных медико-технических требований. Приборы, М.: СОО «Международное НТО приборостроителей и метрологов», 2011. (1). С. 40-49.

2. Крупаткин, А.И., Сидоров, В.В. Функциональная диагностика микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. 496 с.
3. Stern M. D. Continuous measurement of tissue blood flow by laser-Doppler spectroscopy. Am. J. Physiol. Vol.232. 1977. p. 441-448.
4. Stewart, N.A., Dunaev, A.V., Sokolovski, S.G., Sidorov, V.V., Rafailov, E.U. Multi-parameter analysis in blood circulation and perfusion based diagnostics. 15th International Conference "Laser Optics-2012". St. Petersburg (Russia). 2012
5. Жеребцова А.И. Оценка взаимосвязи параметров микроциркуляции крови и накожной температуры при окклюзионной пробе. Биотехносфера, №2. 2015. С.15-21.

### RECEPTION AND RESEARCH OF REFERENCE SPECTRUM OF DOPPLER BROADENING LASER RADIATION SCATTERED IN THE SKIN OF HANDS AT THE OCCLUSAL TEST

Kozlov I.O.\*, Zhrebtssov E.A., Dremin V.V., Zhrebtsova A.I., Dunaev A.V.

Oryol State University named after I.S.Turgenev

\*igor57\_orel@mail.ru

In this paper authors present research of the differences in distribution of the power spectrum of the laser Doppler signal between various ranges of the frequency before and after occlusion. Obtained results point out on the ability to record the changes of speed distribution of the RBC in the skin by the proposed method. In the authors opinion the proposed method of the signal processing has perspectives to be applied in the diagnostics of the people with microvascular diseases.



### АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ R-ПИКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

Ван Г. В\*, Подмастерьев К. В.

Орловский Государственный Университет имени И. С. Тургенева, [gennady.van@mail.ru](mailto:gennady.van@mail.ru)\*

Количественный и качественный анализ R-пика (рисунок 1), являющийся вершиной QRS-комплекса, электрокардиосигнала (ЭКС), а также временной последовательности его появления являются одними из основных инструментов в диагностике заболеваний сердца.

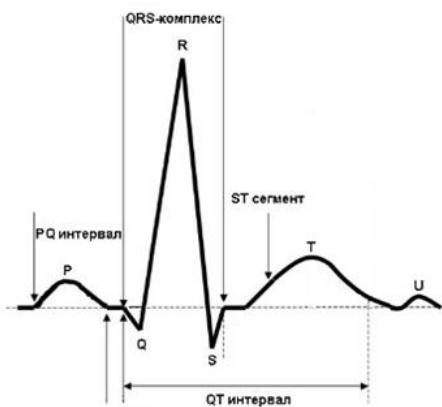


Рис. 1 – Электрокардиограмма одного сердечного сокращения

Изменение амплитудно-временных характеристик R-пика и нарушение физиологических ритмов являются следствием различных патологий сердца. Очевидной становится проблема точного нахождения положения R-пика на записи, и определения его диагностически значимых характеристик. Однако решение данной задачи осложняется индивидуальной вариабельностью, широкими диапазонами нормы, а также присутствием в ЭКС шумов и артефактов различной природы происхождения. Электрокардиосигнал с наличием шумов и артефактов, а также неправильным детектированием R-пика представлен на рисунке 2.

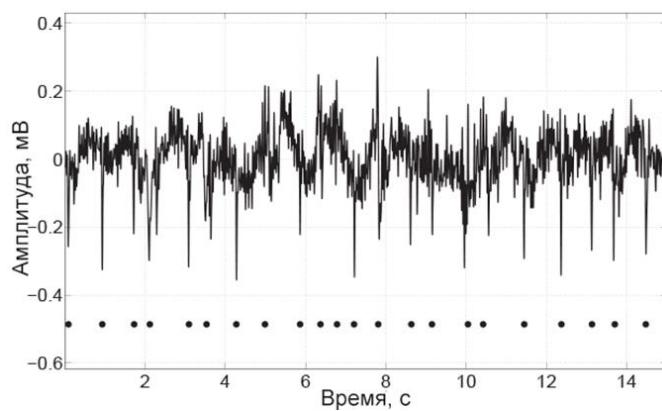


Рис. 2 – Зашумленный электрокардиосигнал с неправильным определением R-пика

Наиболее эффективным и перспективным подходом к определению R-пика является применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения. Важными задачами, которые требуется решить для реализации данного подхода, являются выбор метода получения функции классификации и выбор информативных признаков, по которым производится обучение. Задача определения R-пика, по своей сути, сводится к задаче бинарной классификации. Анализ литературы показал, что одним из наиболее эффективных методов формирования функции бинарной классификации является метод опорных векторов (SVM), который был принят в качестве базового [1, 2].

Для изучения анализа информативных признаков был предложен алгоритм детектирования, представленный на рисунках 3 и 4. Алгоритм детектирования был реализован в среде программирования Jupiter для языка программирования Python 3 с использованием библиотеки машинного обучения scikit-learn.



Рис. 3 – Алгоритм детектирования R-пика

На первом этапе алгоритма производится загрузка алгоритмом сигнала и базы данных ЭКС (рисунок 4а), после чего производится фильтрация сигнала с помощью полосового фильтра, с полосой пропускания от 9 до 13 Гц. Отфильтрованный сигнал представлен на рисунке 4б. Дополнительно, для такого информативного признака, как скорость нарастания сигнала, отфильтрованный сигнал возводится в квадрат (рисунок 4в). После всех преобразований к сигналу применяется рассчитанная ранее функция классификации (рисунок 4г).

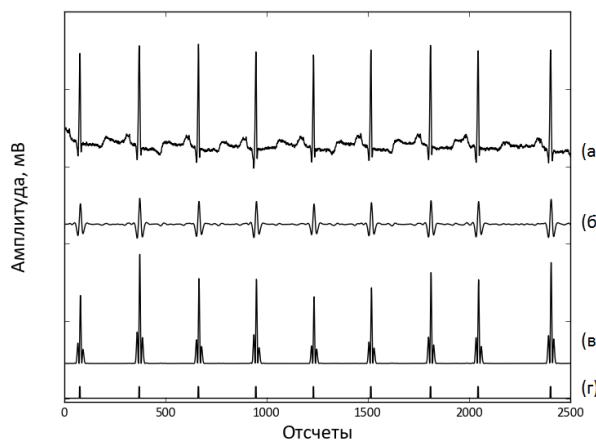


Рис. 4 – Результаты, после каждого этапа алгоритма, исходный сигнал (а), отфильтрованный сигнал (б), отфильтрованный сигнал, возвещенный в квадрат (в), выход функции классификации (г)

В качестве обучающих и тестовых сигналов использовались сигналы из базы данных MIT-BIH Arrhythmia database. Данная база данных является общепринятой для проведения подобных исследований и содержит 48 пар ЭКС с различными нарушениями сердечного ритма (всего более 109000 аннотированных

вручную двумя врачами-кардиологами R-пиков) [3]. Типовой сигнал базы данных MIT-BIH Arrhythmia database приведен на рисунке 5. Для обучения использовались записи сигналов №100, №104, №214, №200, №205. Обучающая выборка состоит из 30000 значений для каждого из признаков. Функция классификации рассчитывалась для каждого информативного признака отдельно. Использовались данные, которые обозначают R-пик без патологии, а также данные, которые соответствуют 120 отсчетам (333,34 мс) до и после R-пика без патологии.

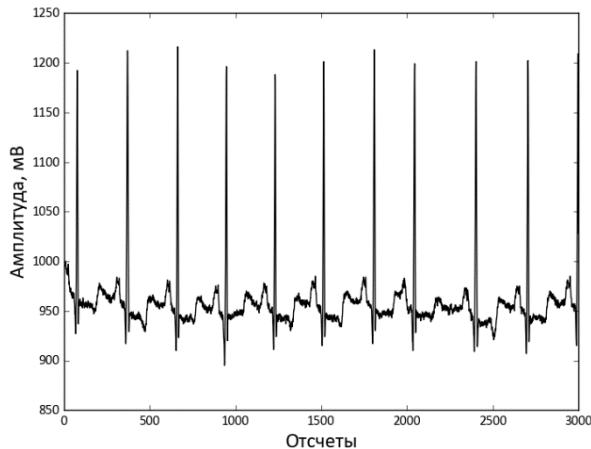


Рис. 5 – Типовой кардиосигнал база данных из базы данных MIT-BIH Arrhythmia database

QRS-комплекс обладает специфичной, характерной только ему формой, а также характеризует процессы возбуждения миокарда желудочков [4]. На основании выше описанных особенностей были выбраны и проанализированы следующие информативные признаки и их комбинации.

Первым информативным признаком была выбрана корреляция форм QRS-комплексов, т.к. QRS-комплекс обладает специфичной характерной формой. Данный информативный признак реализуется следующим образом: на основе сигнала №100 выделяется 1000 QRS-комплексов с R-пиком в середине, длительностью в 51 отсчет (141,67 мс), после чего происходит их усреднение. Затем создается массив, состоящий из коэффициентов корреляции форм QRS-комплексов в скользящем окне. Полученный массив обрабатывается с помощью полученной ранее функции классификации для данного информативного признака.

Вторым информативным признаком была выбрана скорость нарастания сигнала, т.к. QRS-комплекс обладает наибольшей скороподъемностью. Данный информативный признак реализуется следующим образом: создается массив из значений тангенса угла наклона касательной к каждому отсчету отфильтрованного и введенного в квадрат электрокардиосигнала. После чего полученный массив обрабатывается с помощью полученной ранее функции классификации для данного информативного признака.

Третьим информативным признаком была выбрана сумма спектра мощности, т.к. процедура фильтрации подавляет все частоты, в которых не расположен QRS-комплекс, а потому сумма спектра мощностей в заданной области является наибольшей во всем кардиоцикле. Для реализации данного информативного признака создается массив из значений суммы мощности участка сигнала. Для получения суммы мощности участок отфильтрованного сигнала размером в 128 отсчетов (355,56 мс) был преобразован с помощью преобразования Фурье с использованием окна Хэннинга. Полученный массив обрабатывается с помощью полученной ранее функции классификации для данного информативного признака. Четвертым информативным признаком был выбран пик в частотном спектре, т.к. процедура фильтрации алгоритма предполагает, что R-пик обладает максимальной амплитудой на частотах в диапазоне от 9 до 13 Гц. Для реализации данного информативного признака создается двумерный массив из значений максимального отклонения от нуля и частоты, на которой данное отклонение находится. Для получения значений максимального отклонения и его частоты участок отфильтрованного сигнала размером в 128 отсчетов (355,56 мс) был преобразован с помощью преобразования Фурье с использованием окна Хэннинга. Полученный массив обрабатывается с помощью полученной ранее функции классификации для данного информативного признака.

Для подсчета эффективности алгоритма использовались такие показатели эффективности, как чувствительность,  $Se$  – вероятностная оценка правильности определения R-пика; специфичность,  $Sp$  – вероятностная оценка отсутствия ложноположительного результата, рассчитываемые по формулам 1 и 2 соответственно:

$$Se = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\%, \quad (1)$$

$$Sp = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\%, \quad (2)$$

где ТР – правильное определение R-пика; FN – не определение R-пика; FP – определение не R-пика как R-пик [5]. Результаты исследования для каждого признака в отдельности, а также их комбинаций представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика информативных признаков

№ признака	1	2	3	4	1, 2	1, 3	1, 4	2, 3
Se, %	98,51	99,21	95,08	97,40	97,32	92,52	93,78	95,06
Sp, %	34,16	94,71	47,30	55,42	93,74	80,65	81,17	55,43
Δ, мс	8,33	233,33	183,33	255,56	8,33	8,33	8,33	233,33
№ признака	2, 4	3, 4	1, 2, 3	1, 2, 4	1, 3, 4	2, 3, 4	1, 2, 3, 4	
Se, %	96,35	94,92	92,52	93,78	92,84	94,92	88,60	
Sp, %	61,95	44,01	85,50	85,83	87,12	50,72	85,62	
Δ, мс	186,11	180,56	8,33	8,33	8,33	21,61	8,33	

Анализ полученных данных показал, что только при использовании комбинации различных информативных признаков возможно получение получении высоких показателей чувствительности и специфичности, а также абсолютной погрешности измерения, допустимой стандартом [6].

Наилучший результат с равнозначным весовым коэффициентом был достигнут при использовании совокупности информативных признаков таких, как: корреляция форм QRS-комплексов и скорость нарастания сигнала. Показатели эффективности при использовании данных информативных признаков составили: чувствительность – 97,32 %; специфичность – 93,74 %; погрешность измерения – 8,33 мс (3 отсчета). Несмотря на то, что погрешность измерения удовлетворяет требованиям стандарта, на ритмограмме могут появляться существенные отклонения от действительных значений в высокочастотной области. Это приведёт к некорректному расчёту показателей вариабельности сердечного ритма и усложнит постановку диагноза пациенту.

Результаты исследования указывают на необходимость использования большого количества информативных признаков, устанавливаемых опытным путем, с целью увеличения показателей чувствительности и специфичности, а также максимально возможного уменьшения абсолютной погрешности измерения. В дальнейшем, увеличение показателей эффективности возможно за счет изменения процедуры преобразования сигнала, а также подбора обучающей выборки, а также использования весовых оценок для информативных признаков.

### Библиографический список

1. Van G.V., Podmasteriyev K.V. Review algorithm for detection the QRS-complex based on machine learning // Symposium Proceedings of 2nd International Scientific Symposium "Sense. Enable. SPITSE." 2015. (St.Petersburg, Russia, 22 June - 03 July 2015). - P. 61-63.
2. Hastie, T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. — Springer-Verlag, 2009.
3. Moody GB, Mark RG. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database // IEEE Eng in Med and Biol. 2001. P.45-50. Vol 20 №3.
4. Хэмптон Дж. Р. Основы ЭКГ: пер. с англ. – М.: Мед. лит., 2007 – 224с., ил.
5. Saini I. et al. QRS detection using K-Nearest Neighbor algorithm (KNN) and evaluation on standard ECG databases // Journal of Advanced Research. 2013. Vol. 4, 331–344, №4.
6. ГОСТ IEC 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 [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 104с.

### THE ANALYSIS OF INFORMATIVE FEATURES FOR R-PEAK DETECTION

G.V. Van\*, K.V. Podmasteriyev  
Orel State University named after I.S. Turgenev  
gennady.van@mail.ru\*

The analysis of informative features used for detecting the R-peak on the electrocardiographic signal has been done. The review of the results of sensitivity, specificity and absolute error of measurement for each considered informative features individually, as well as combinations are given as well. The results can be used for choosing the prototype of R-peak detection algorithm, also as for its further development and improvement.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Голубятников О.О., Дубровин В.В.  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
[golubyatnikov\\_ol@mail.ru](mailto:golubyatnikov_ol@mail.ru)

Для повышения эффективности распознавания у человека различных патологических состояний, а также сокращения времени проведения экспресс-оценки состояния здоровья разработана система экспресс-оценки состояния здоровья человека [1], [2], которая базируется на предложенном адаптивной подходе к проведению экспресс-оценки состояния здоровья человека (рис. 1).



Рис.1 Адаптивный подход к проведению экспресс-оценки состояния здоровья человека

В существующих автоматизированных системах, основанных на традиционном подходе к проведению экспресс-оценки состояния здоровья (рис. 2) слабо учитываются индивидуальные характеристики конкретного человека, что напрямую влияет на качество результатов экспресс-оценки состояния здоровья. Результаты могут быть как ложно-положительными, указывая на наличие в действительности отсутствующей болезни, так и ложно-отрицательными, не обнаруживая существующую патологию [3]. Для устранения подобных недостатков предлагается адаптивный подход, в котором методики подбираются индивидуально для человека в зависимости от введенных им значений характеристик стартовой анкеты и выбранных специалистом предметной области ограничений.

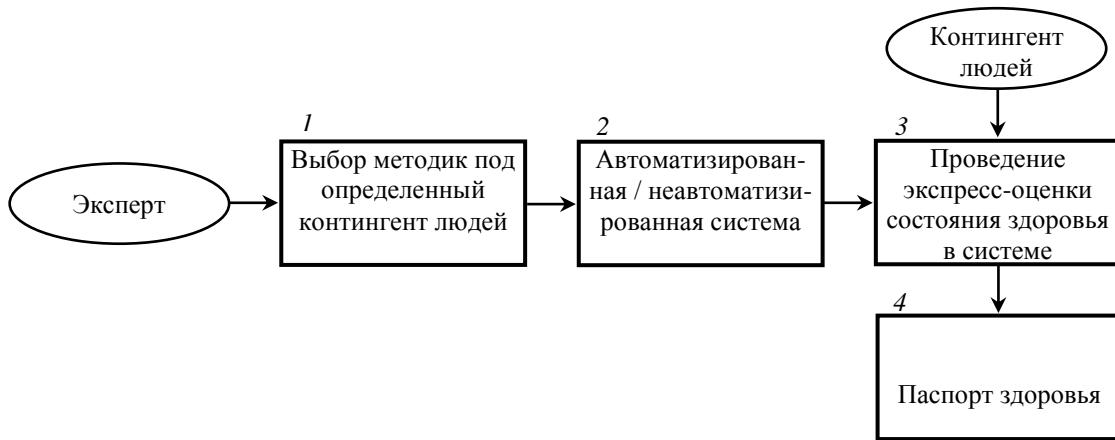


Рис.2 Традиционный подход к проведению экспресс-оценки состояния здоровья человека

Для адаптивного выбора методик экспресс-оценки состояния здоровья разработан метод, который заключается в следующем:

1. Эксперты в области медицины определяют характеристики стартовой анкеты, которые добавляются в систему.

Пункты анкеты представляют собой характеристики человека, значения которых являются входными данными для индивидуального подбора методик. Характеристики человека классифицированы по структуре на основные  $h$  и дополнительные  $hd$ . Каждая основная характеристика разбивается на одну или несколько подхарактеристик  $hn$ , которые называются номинальными характеристиками. Номинальные характеристики  $hn$  могут содержать дополнительные характеристики  $hd$ , которые включают свои номинальные характеристики  $hdn$ . Для базового набора системы установлены 13 основных характеристик  $h$ :  $h_1 = \text{«Пол»}$  ( $h_1n = 2$ ,  $h_1d = 1$ ),  $h_2 = \text{«Возраст}$  ( $h_2n = 10$ ),  $h_3 = \text{«Основной род трудовой деятельности»}$  ( $h_3n = 5$ ,  $h_3d = 2$ ),  $h_4 = \text{«Социальное положение»}$  ( $h_4n = 2$ ),  $h_5 = \text{«Воспитание детей до 3 лет»}$  ( $h_5n = 1$ ),  $h_6 = \text{«Дополнительный род трудовой$

деятельности» ( $h_6n = 3$ ,  $h_3d = 2$ ),  $h_7$  = «Хронические неинфекционные заболевания» ( $h_7n = 8$ ),  $h_8$  = «Хронические неинфекционные заболевания родителей» ( $h_8n = 8$ ),  $h_9$  = «Хронические инфекционные заболевания» ( $h_9n = 6$ ),  $h_{10}$  = «Инвалидность» ( $h_{10n} = 1$ ),  $h_{11}$  = «Климатический регион проживания» ( $h_{11n} = 8$ ),  $h_{12}$  = «Ландшафтный регион проживания» ( $h_{12n} = 5$ ),  $h_{13}$  = «Место проживания» ( $h_{13n} = 2$ ), и 3 дополнительных характеристики  $hd$ :  $h_1d_1$  = «Беременность» ( $h_1d_1n = 1$ ),  $h_3d_2$  = «Режим рабочего времени» ( $h_3d_2n = 6$ ),  $h_3d_3$  = «Рабочие издержки» ( $h_3d_3n = 3$ ); которые в сумме содержат 71 номинальную характеристику  $hn$  и  $hdn$

2. Эксперты в области медицины определяют показатели здоровья, которые добавляются в систему.

Показатели здоровья классифицированы по основным группам показателей. Для базового набора определены 12 основных групп показателей  $cg$ , включающих 73 показателя здоровья  $c$ :  $cg_1$  = «Сердечно-сосудистая система» ( $c_1 = 10$ ),  $cg_2$  = «Психоэмоциональная состояния» ( $c_2 = 10$ ),  $cg_3$  = «Нервная система» ( $c_3 = 8$ ),  $cg_4$  = «Репродуктивная система» ( $c_4 = 4$ ),  $cg_5$  = «Дыхательная система» ( $c_5 = 4$ ),  $cg_6$  = «Пищеварительная система» ( $c_6 = 4$ ),  $cg_7$  = «Зрительная система» ( $c_7 = 4$ ),  $cg_8$  = «Физические нагрузки» ( $c_8 = 8$ ),  $cg_9$  = «Вредные привычки» ( $c_9 = 2$ ),  $cg_{10}$  = «Качество жизни» ( $c_{10} = 10$ ),  $cg_{11}$  = «Экологические показатели» ( $c_{11} = 5$ ),  $cg_{12}$  = «Биологическая индивидуальность» ( $c_{12} = 4$ );

3. Эксперты в области медицины оценивают важность показателей здоровья ( $cg$  и  $c$ ) для каждой номинальной характеристики ( $hn$  и  $hdn$ ) приписыванием баллов по шкале {0-10}. При этом разрешается оценивать важность дробными величинами или приписывать одну и ту же величину из выбранной шкалы нескольким показателям здоровья;

4. Эксперт в области медицины устанавливает пороговое значение  $Q_{min}$  критерия оценки методики, который описан в пункте 10;

5. В систему добавляются методики экспресс-оценки состояния здоровья. Для базового набора системы добавлено 85 методик;

6. Эксперты устанавливают бинарные значения для номинальных характеристик и показателей здоровья для каждой методики;

7. Специалист предметной области, например, врач отделения профилактического осмотра, выбирает ограничения подбора методик, которые описаны в пункте 9;

8. Человек заполняет характеристики стартовой анкеты, на основе которых выбираются номинальные характеристики;

9. Рассчитывается критерий оценки методики по формуле (1), который предложен для определения того, насколько каждая методика подходит конкретному человеку:

$$Q_i = \sum_{j=1}^J X_{ij} \left( \sum_{k=1}^K X_{ik} \cdot w_{jk} \right), \quad (1)$$

где  $X_{ij}$  – бинарная величина присутствия или отсутствия  $j$ -ой номинальной характеристики у  $i$ -ой методики;  $X_{ik}$  – бинарная величина присутствия или отсутствия  $k$ -ого показателя здоровья у  $i$ -ой методики;  $w_{jk}$  – весовой коэффициент  $k$ -ого показателя здоровья для  $j$ -ой номинальной характеристики человека;

10. Выбираются методики, доставляющие максимальное значение критерию подбора (2) для трех задач, отличающихся ограничениями:

$$Q = \max_{c_i} \sum_{i=1}^I c_i \cdot Q_i(t_i), \quad (2)$$

$$1) \text{ при ограничениях } Q_i \geq Q_{min}, \sum_{i=1}^I c_i = n,$$

где  $n$  – заданное специалистом предметной области количество методик, которое необходимо подобрать,  $c_i = \{0,1\}$ ,  $Q_i$  определяется по формуле (1),  $Q_{min}$  – пороговое значение критерия оценки методики,  $I$  – количество методик в базе данных;

2) при ограничениях  $Q_i \geq Q_{min}$ ,  $t \leq T$ , где  $T$  – заданное специалистом предметной области время прохождения экспресс-оценки состояния здоровья,  $t = \sum_{i=1}^I c_i \cdot t_i$   $t_i$  – время прохождения  $i$ -методики;

$$3) \text{ при ограничениях } Q_i \geq Q_{min}, t \leq T \text{ и } \sum_{i=1}^I c_i \geq n;$$

11. Подобранные методики выводятся на шаблоны экспресс-оценки системы.

Вывод знаний о методиках осуществляется на основе разработанной модели представления знания [4], [5] и алгоритмах вывода знаний о методиках.

Разработанный метод, который используется в системе, реализован в виде алгоритма индивидуального подбора методик экспресс-оценки состояния здоровья человека. Разработанный алгоритм решает задачи оптимального выбора методик экспресс-оценки состояния здоровья человека. Для решения первой задачи предлагается использовать жадный алгоритм; для решения второй задачи – метод динамического программирования; для третьей задачи – модифицированный метод динамического программирования,

который заключается в том, что при построении матрицы сумм  $Q$  по параметру  $t$  на каждом шаге обнуляются решения, неудовлетворяющие условию  $\sum_{i=1}^l c_i \geq n$ , и из подобранных значений выбирается наибольшее решение.

Разработанная система проходит апробацию в отделениях профилактики ТОГБУЗ «Городская клиническая больница №4 г. Тамбова», ТОГБУЗ «Городская поликлиника №6 г. Тамбова» и на кафедре «Медицинской биологии с курсом инфекционных болезней» ТГУ им. Г.Р. Державина.

#### **Библиографический список**

1. Голубятников О.О., Дубровин В.В. Подбор методик экспресс-оценки состояния здоровья человека на основе адаптивной системы // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2016. Т. 15. №1. С. 100-109.
2. Голубятников О.О., Дубровин В.В., Остапенко О.А. Экспертная система экспресс-оценки состояния здоровья // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. №48. С. 102-106.
3. Моделирование и прогнозирование риска бесплодия у мужчин и пути совершенствования медицинской помощи мужчинам с нарушениями репродуктивного здоровья / М.Л. Чернышева, В.В. Лебедев, Э.М. Османов, А.В. Чернышев. Тамбов: СП-Принт, 2011. 228 с.
4. Голубятников О.О., Дубровин В.В. Модель экспресс-оценки состояния здоровья // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № 50-2. С. 134-137.
5. Голубятников О.О., Дубровин В.В. Формальные модели предметной области АИС экспресс-оценки состояния здоровья // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В. А. Немтинова. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2015. С. 355-358.

#### **IMPROVING THE EFFICIENCY EXPRESS ESTIMATE THE HUMAN HEALTH USING ADAPTIVE SYSTEM**

O.O. Golubyatnikov, V.V. Dubrovin  
Tambov State Technical University

The article considered the proposed adaptive approach to express estimate the human health and the developed method of individual selection of methods to express estimate the human health, which used in the adaptive system to solve the problem of optimal choice of methods to express estimate the human health.

---

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛОКАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕДИЦИНСКОГО ИНСТРУМЕНТА**

Белов С.А., Ионин В.В., Давыдов Н.Н., Евстюнин Г.А., Давыдов Н.Н., Данилов С.Ю.  
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых, [omen33russ@mail.ru](mailto:omen33russ@mail.ru)

Уникальные эксплуатационные характеристики современного лазерного оборудования, и, прежде всего, фактическая безынерционность смещения светового пятна рабочего пучка лазерного излучения (ЛИ) и высокая оперативность управления режимами лазерной обработки, предопределяют возможность комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, что исключительно актуально при организации термообработки обособленных поверхностей деталей, в том числе, малогабаритных изделий. Например, для придания специальных физико-механических свойств режущей кромке инструмента, трущимся и соприкасающимся поверхностям деталей кинематических пар механизмов медицинского оборудования [1], таких как тяги, штифты, опоры, иглы, наконечники, зубчатые колеса, шестерни, валы и оси редукторов двигателей, приводов, элементов настройки и управления, применяются средства локальной термообработки металла жесткими пучками электромагнитного излучения с высокой энергией. Лазерная закалка повышает твердость и износостойкость поверхности деталей, сохраняет упругие свойства глубинных слоев металла, однако приводит к возникновению значительных внутренних остаточных напряжений, возрастанию хрупкости поверхности материала, его растрескиванию, короблению и, как следствие, отслаиванию окислов, загрязнений и окалины [2], которые при циклическом выполнении технологической операции накапливаются в растворе омывающей закалочной жидкости, подлежащей утилизации.

К числу особых производственных задач лазерной термообработки малогабаритных стальных деталей, испытывающих при эксплуатации значительные механические нагрузки, следует отнести трудности, возникающие при закалке обособленных участков поверхности, соизмеримых с размерами светового пятна ЛИ.

Указанные проблемы решены на уровне изобретения [3] на примере термообработки малогабаритных деталей, предназначенных для высокоскоростных механизмов.

Известно [2], что лазерные технологии, характеризующиеся высокой концентрацией энергии в рабочем пучке при исключительной непродолжительности воздействия излучения на материал, предопределяют возможность пространственной локализации тепловых процессов в материале при «бесконтактности» обработки и возможности дозировки энергии поглощения. Этим обеспечивается реализация различных видов термообработки металла (см. рисунок 1) при изменении энергетических характеристик ЛИ.

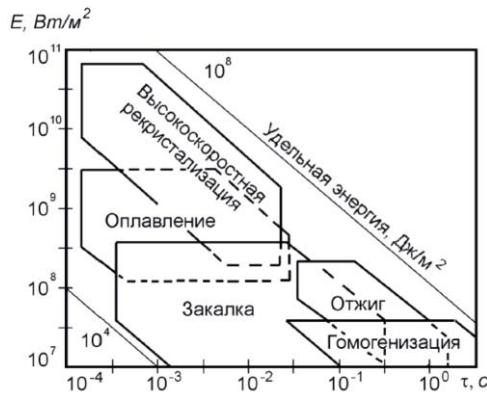


Рис. 1 – Энергетические характеристики лазерных технологий термообработки, где:  $E$  – плотность мощности ЛИ,  $\tau$  – длительность воздействия.

Основным объектом автоматизации при лазерной термообработке являются механизмы слежения и фокусировки светового пятна ЛИ на поверхности изделия. Кроме того, автоматизации подлежат процедуры функционирования исполнительных механизмов подачи изделий в позицию термообработки, средств фильтрации и формирования потока охлаждающей закалочной жидкости, подаваемой в зону обработки, а также средств «складирования» обработанных изделий.

Структурно-функциональная схема стенда лазерной закалки торцевых поверхностей малогабаритных опор, игл, осей и валов приведена на рисунке 2.

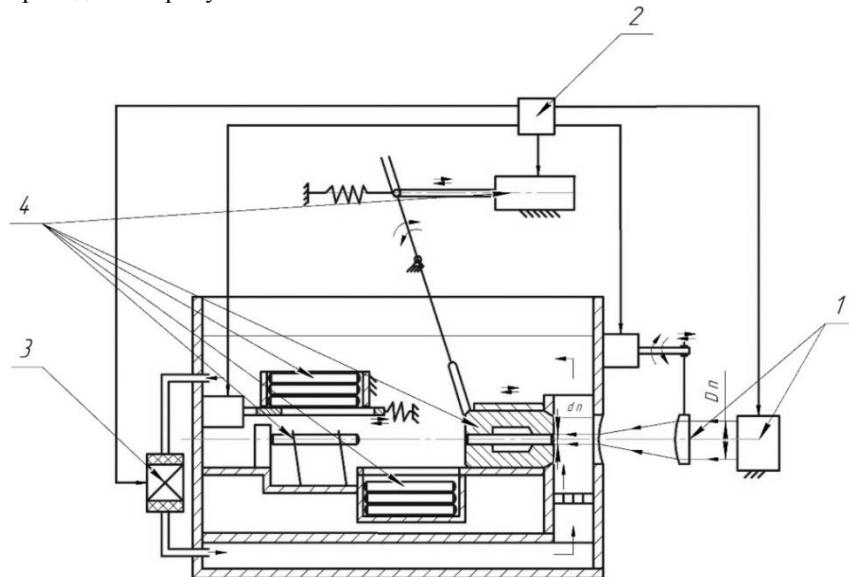


Рис. 2 – Структура стенда локальной лазерной закалки опор, валов и осей [17], где: 1 – источник ЛИ, 2 – блок управления, 3 – система фильтрации охлаждающей закалочной жидкости, 4 – система загрузки-выгрузки обрабатываемых изделий.

В состав конструкции механизма отслеживания и фокусировки ЛИ (см. рисунок 3) входит подвижный телескоп, допускающий оперативное определение размеров закаливаемой поверхности и фокусировку лазерного луча  $d$  до диаметра  $D$  опорной поверхности детали.

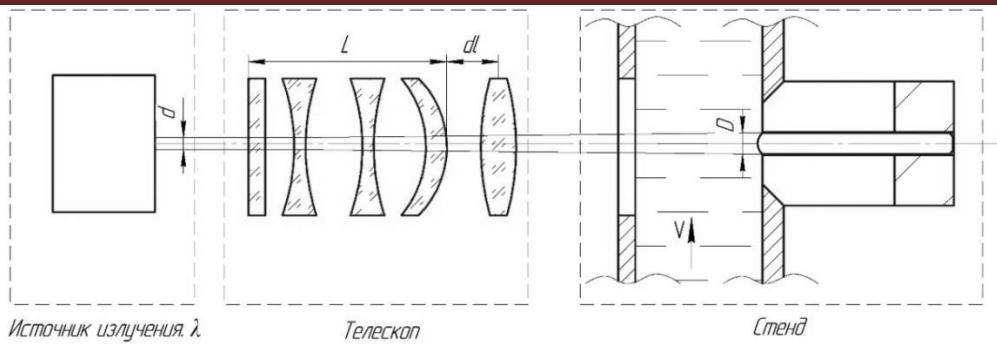


Рис. 3 – Схема самофокусирующейся оптической системы стенда лазерной закалки.

Разработан процесс лазерной термообработки изделий, структура которого представлена на рисунке 4.

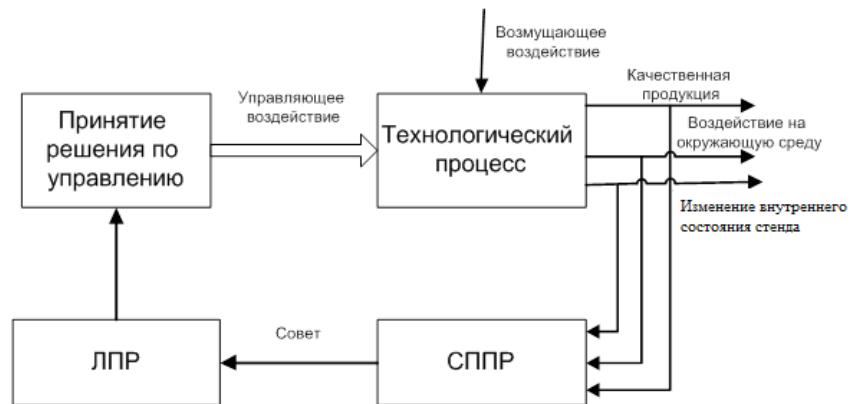


Рис. 4 – Структура процесса закалки изделий.

Схема работы системы подготовки производства (СППР) приведена на рисунке 5.

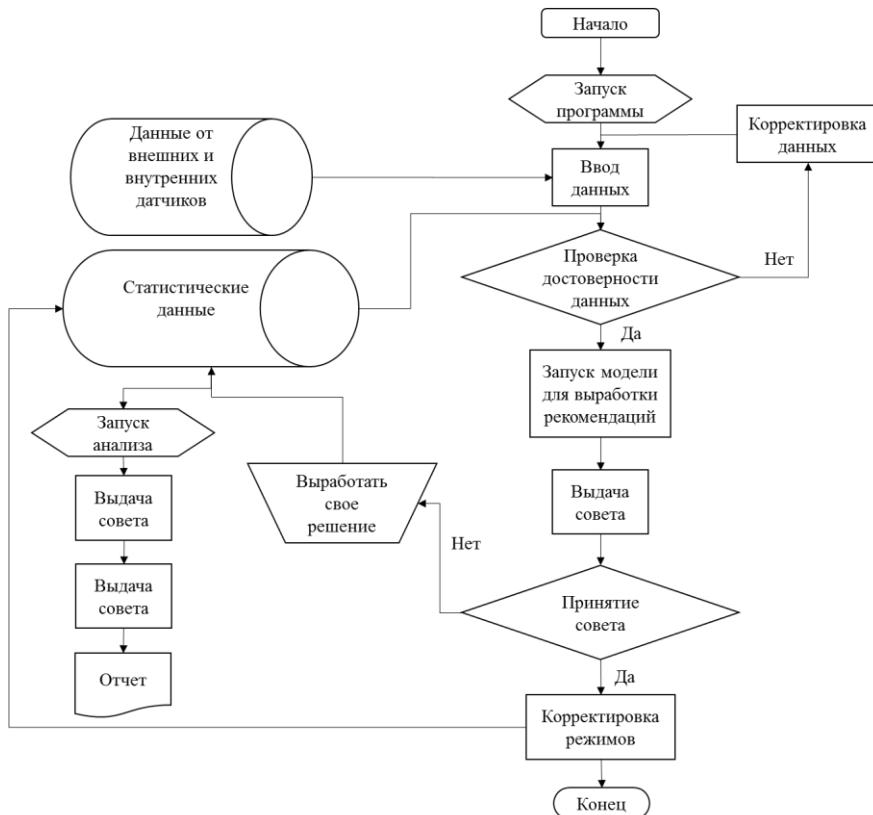


Рис. 5 – Структурная схема алгоритма управления стендом локальной лазерной закалки.

Схема двусторонней лазерной закалки опорных торцевых поверхностей осей, валов и игл приведена на рисунке 6.

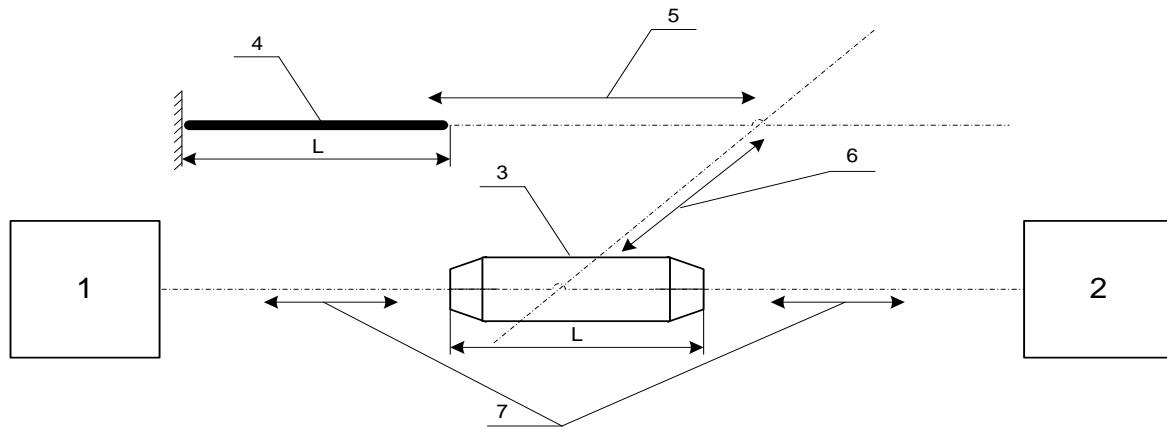


Рис. 6 – Схема перемещения обоймы в позиции двусторонней лазерной закалки, где: 1 – первый источник ЛИ; 2 – второй источник ЛИ; 3 – цилиндрическая обойма с осевыми цанговыми захватами; 4 – локально закаливаемая деталь; 5 – траектория осевого перемещения обоймы при загрузке/выгрузке детали; 6 – траектория горизонтального плоскопараллельного перемещения обоймы; 7 – траектория осевого смещения обоймы в позиции торцевой термообработки;  $L$  – длина детали и обоймы.

Разработан алгоритм управления стендом двусторонней закалки, приведенный на рисунке 7.

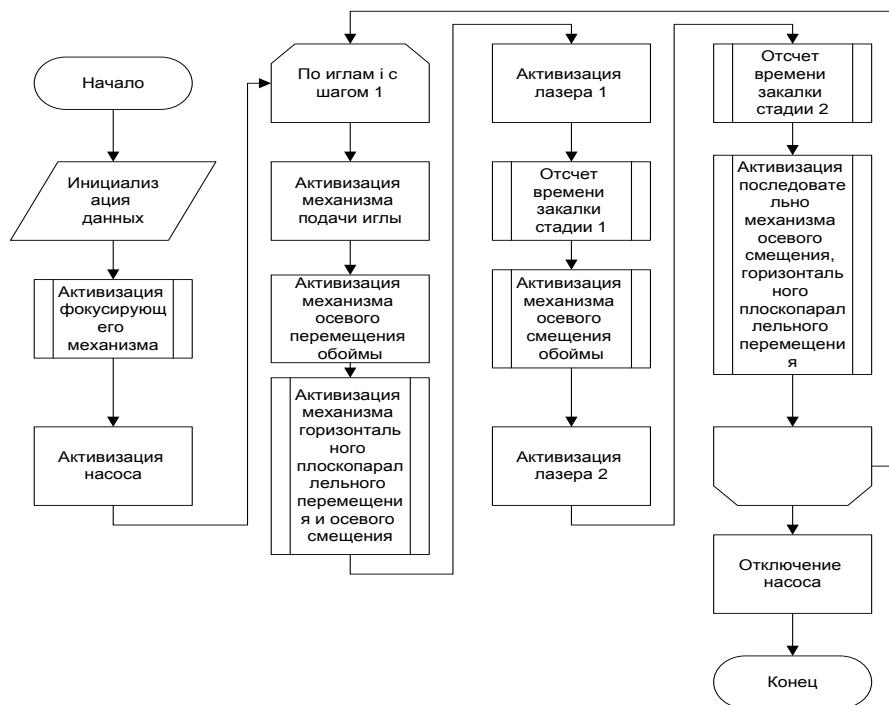


Рис. 7 – Алгоритм управления стендом двусторонней лазерной закалки торцевых поверхностей цилиндрических осевых опор.

Для определения режимов лазерной термообработки поверхности малогабаритных деталей выполнено моделирование процесса распространения в материале теплового поля, инициированного импульсным воздействием энергии светового пятна ЛИ, с учетом параметров и характеристик среды (плотности, теплоемкости, температуры, времени и глубины слоев). При этом структура металла и триботехнические свойства поверхности предопределяются характером распределения температуры в зоне упрочнения в соответствии с диаграммой железо-углерод.

Численным методом [4; 5] решена одномерная задача теплопроводности с граничными условиями изменяемых параметров среды

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

Получено решение данной линейной задачи по методу конечных разностей в явном виде:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \frac{\lambda \cdot \tau}{\rho \cdot c} \cdot \left( \frac{T_{i+1}^n - 2 \cdot T_i^n + T_{i-1}^n}{h^2} \right), i = 2, \dots, N-1, n \geq 0.$$

Блок-схема решения задачи приведена на рисунке 8.

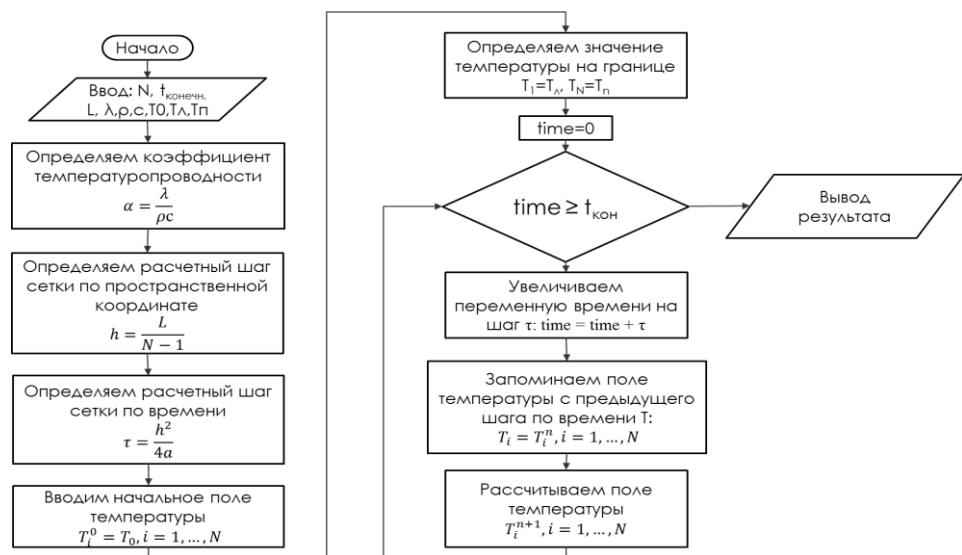


Рис. 8 – Блок-схема решения одномерной задачи теплопроводности.

В результате численного решения задачи определены закономерности распространения температурного поля в глубь материала детали в зависимости от длительности импульса ЛИ (см. рисунок 9).

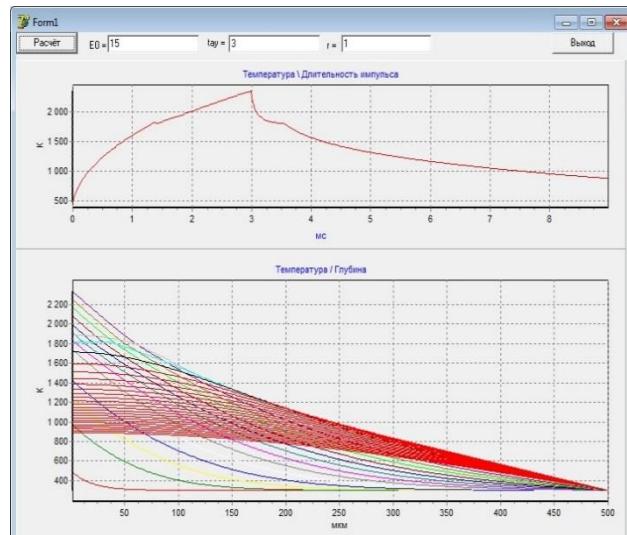


Рис. 9 – Закономерности распространения теплового поля, где: длительность импульса ЛИ 3 мс, энергия импульса ЛИ 15 Дж.

Модели процессов лазерной закалки изделий для различных скоростей охлаждения приведены на рисунке 10.

Для подтверждения результатов математического моделирования инициированных тепловых процессов проведено экспериментальное исследование процесса лазерной закалки обособленной торцевой поверхности цилиндрической опоры.

Обработка экспериментальных образцов малогабаритного изделия выполнена методами продольного микрошлифования и скрайбирования. На микрошлифах (см. рисунок 11) отсутствует эффект оплавления поверхности изделия, и глубина закаленного слоя 0,226 мм при охлаждении образцов воздушным потоком существенно превосходит глубину слоя закалки 0,120 мм при охлаждении поверхности закалочной жидкостью.

Выполнено исследование микрогеометрии поверхности опорной иглы (см. рисунок 12).

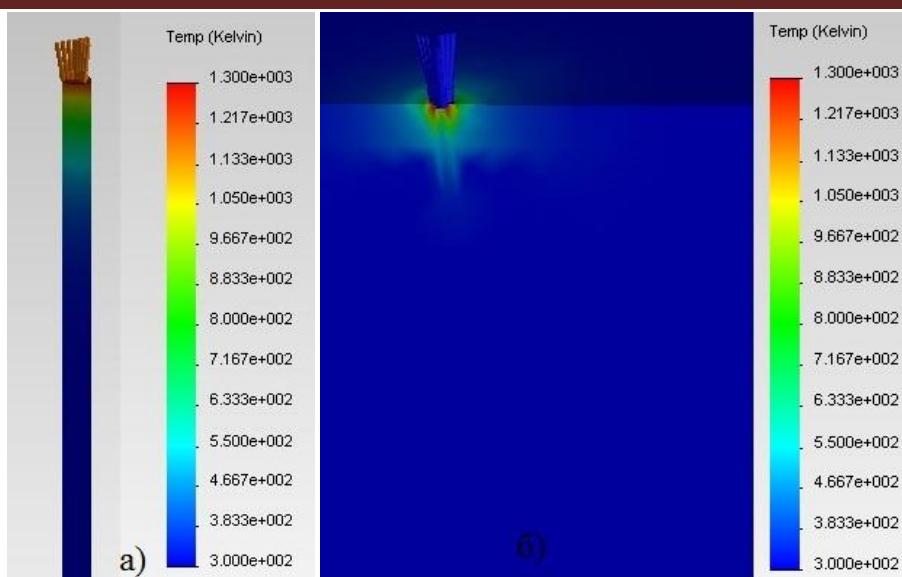


Рис. 10 – Модель распространения тепловой энергии в материале закаливаемой опоры при охлаждении воздушным (а) и водяным потоками (б).

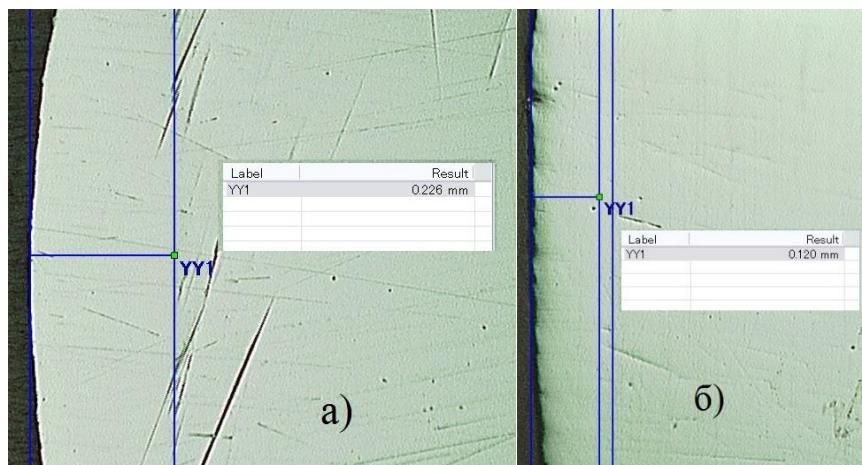


Рис. 11 – Микрошлифы образцов - глубина закаленного приповерхностного слоя, где: а – охлаждение воздушным потоком (0,226 мм); б - охлаждение потоком закалочной жидкости (0,120 мм).

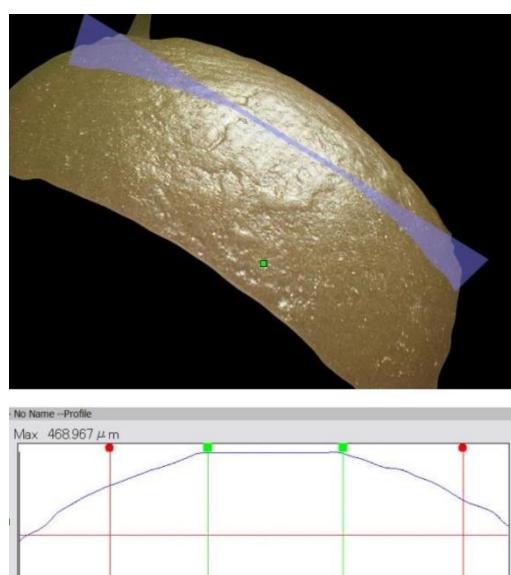


Рис. 12 – 3D-изображение поверхности изделия и контур микрорельефа поверхности.

В таблице 1 приведены значения приповерхностной микротвердости стальных образцов, прошедших обработку импульсами ЛИ различной мощности.

Таблица 1 – Приповерхностная микротвёрдость образцов.

Параметры ЛИ: мощность; длительность	Температура поверхности, К	Твёрдость, HV	Твёрдость, HRC
-	295	424,32	43
5 Вт; 3 мс	1040	463,36	46
8 Вт; 3 мс.	1490	566,08	53
10 Вт; 3 мс.	1786	649,60	65
12 Вт; 3 мс.	1971	864,28	66

В целях определения оптимальных режимов поверхностной закалки инструмента и деталей механизмов медицинского оборудования проведены экспериментальные исследования изделий, изготовленных из различных марок инструментальных сталей. Исследования выполнены с применением специализированного автоматизированного комплекса лазерного термоупрочнения «АЛТКУ-5», разработанного и изготовленного в ООО «Новые технологии лазерного термоупрочнения», г. Владимир (см. рисунок 13).



Рис. 13 – Автоматизированный лазерный комплекс «АЛТКУ-5».

В таблице 2 приведены технические характеристики комплекса.

Таблица 2 - Технические характеристики комплекса «АЛТКУ-5»

Тип лазера	многоканальный CO <sub>2</sub>
Длина волны изучения	10,6 мкм
Режим работы	непрерывный, импульсно - периодический
Апертура выходного излучения	50 мм
Максимальная мощность излучения	5 кВт
Диаметр сфокусированного луча	4 мм
Зона обработки X, Y, Z	1200 x 1000 x 400 мм
Линейная скорость обработки	до 50 мм/с
Производительность	до 90 мм <sup>2</sup> /с
Потребляемая мощность	53 кВт

Таблица 3 - Данные экспериментальных исследований стальных образцов.

Номер образцов стали	Режимы лазерной обработки: диаметр светового пятна, мм; скорость прохождения, мм/с; мощность ЛИ, Вт	Глубина закалки стали 65Г, мм	Глубина закалки стали У8А, мм	Глубина закалки стали 9ХС, мм
1	D 14, v 10, P 5000	1,45	1,6	1,55
2	D 14, v 10, P 4500	1,4	1,5	1,4
3	D 14, v 10, P 4000	1,35	1,35	1,3
4	D 14, v 10, P 3500	1,3	1,3	1,2
5	D 14, v 10, P 3000	1,0	1,0	0,8
6	D 14, v 10, P 2500	0,5	0,7	0,6
7	D 14, v 10, P 2000	0,25	0,4	0,3
8	D 14, v 10, P 1500	0,0	0,1	0,0
9	D 14, v 25, P 4000	0,1	0,1	0,15
10	D 14, v 22,5, P 4000	0,4	0,4	0,5
11	D 14, v 20, P 4000	0,8	0,8	0,8
12	D 14, v 17,5, P 4000	0,9	1,0	0,9
13	D 14, v 15, P 4000	1,0	1,1	1,0
14	D 14, v 12,5, P 4000	1,1	1,15	1,1
15	D 22, v 12,5, P 4000	0,0	0,0	0,0
16	D 20, v 12,5, P 4000	0,15	0,1	0,1
17	D 18, v 12,5, P 4000	0,4	0,4	0,3
18	D 16, v 12,5, P 4000	1,0	1,0	0,8
19	D 12, v 12,5, P 4000	1,15	1,2	1,15
20	D 10, v 12,5, P 4000	1,25	1,3	1,25

Экспериментальные исследования выполнены для инструментальных сталей 65Г, У8А, 9ХС:

- сталь 65Г - рессорно-пружинная повышенной износостойкости;
- сталь У8А – инструментальная, углеродистая, повышенного качества;
- сталь 9ХС – легированная, инструментальная.

Форма образцов – прямоугольная плоская.

Количество экспериментальных образцов и вариантов поверхностной торцевой закалки – 20 для каждой марки стали.

Схема закрепления образцов и режим лазерной обработки – сборка (пакет) образцов, групповая лазерная обработка.

Способы механической обработки плоскости образцов и измерения глубины закалки – микрошлифование, оптический.

Данные экспериментальных исследований приведены в таблице 3.

Зависимости глубины залегания закаленного слоя от режимов лазерной поверхностной термообработки образцов приведены на рисунках 14-16.

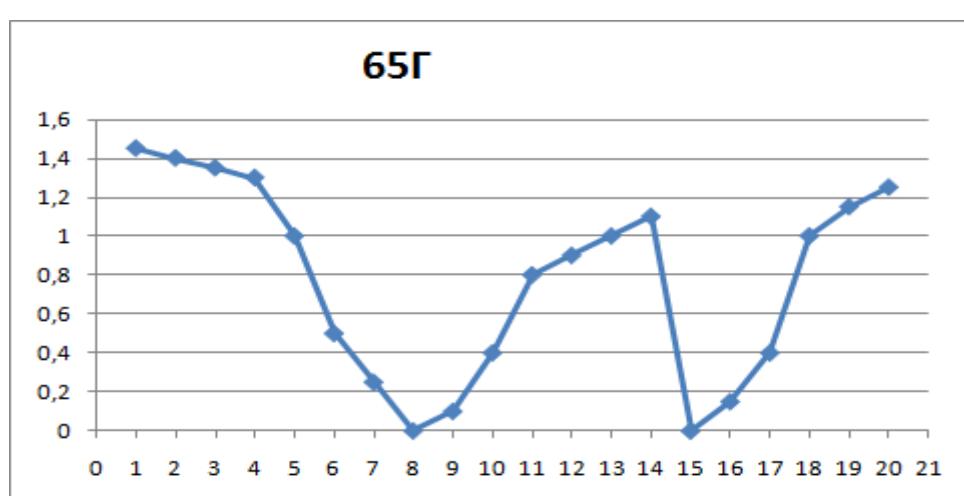


Рис. 14 – Зависимость глубины залегания закаленного слоя от режимов лазерной поверхностной термообработки образцов стали 65Г.

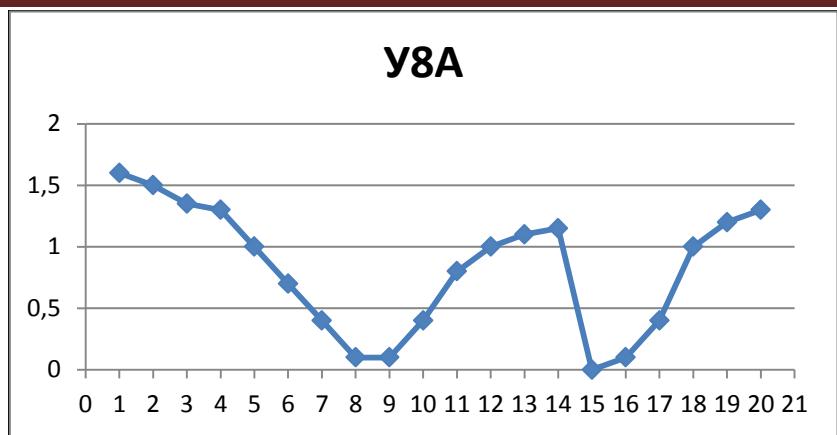


Рис. 15 – Зависимость глубины залегания закаленного слоя от режимов лазерной поверхностной термообработки образцов стали У8А.

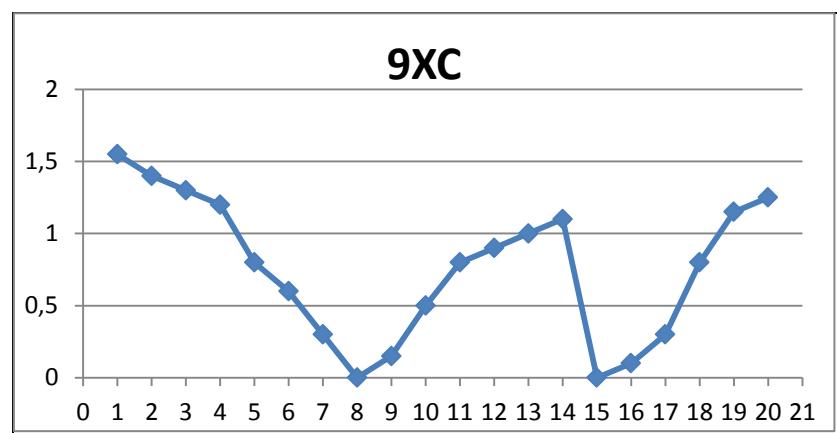


Рис. 16 – Зависимость глубины залегания закаленного слоя от режимов лазерной поверхностной термообработки образцов стали 9ХС.

Таким образом, особенности структурообразования металлов при лазерной термообработке с высокими скоростями нагрева и охлаждения обеспечивают возможность формирование различных эксплуатационных свойств инструментальных сталей. Например, изменение структуры мартенсита приводит к увеличению микротвердости. Для сталей с большим содержанием углерода происходит плавное увеличение микротвердости при увеличении скорости охлаждения. Причина повышения твердости состоит в том, что при сверхбыстром охлаждении затруднен самоотпуск мартенсита, вследствие чего он имеет высокую степень тетрагональности.

Специфика лазерного термического воздействия также оказывает влияние и на износостойкость сталей. Высокая прочность обработанных излучением лазера поверхностей стали в сильной степени ограничивает развитие процессов схватывания, которые интенсивно протекают на неупрочненных участках. Проведенные исследования показывают, что износостойкость низкоуглеродистых сталей, обработанных лазером без оплавления поверхности, существенно выше, чем при обработке с оплавлением, и зависит от доли, возникающей при этом высокопрочной мартенситной составляющей структуры. Изнашивание мартенситных участков носит преимущественно усталостный характер. Повышение абразивной износостойкости обусловлено ростом твердости стали после лазерной обработки, в результате чего ограничивается развитие процессов пластического отеснения и микрорезания, являющихся основными механизмами разрушения в условиях абразивного изнашивания деталей медицинского оборудования.

Зависимость скорости роста кристаллов и зарождения центров кристаллизации показывает, что если достичь переохлаждения, при котором скорость роста и зарождения центров кристаллизации становятся равными нулю, то обеспечивается формирование переохлажденного жидкого (аморфного) состояния. У металлов такое переохлаждение можно получить, если скорость охлаждения будет оцениваться величиной более  $10^6$ – $10^7$  °С/с. В настоящее время подбором параметров лазерных технологий достигаются подобные скорости охлаждения. Атомы металлов при таком структурном состоянии не расположены в определённом порядке. Зерен-кристаллов нет, имеется лишь близкий порядок.

Сплавы в аморфном состоянии обладают высокой твёрдостью, пластичность не сопровождается скольжением или двойникованием, а имеет характер вязкого затрудненного течения. Металл полностью изотропен, физико-механические свойства в различных направлениях равнозначны [6]. Данное обстоятельство предопределяет возможности эффективного применения аморфных сплавов в медицинском аппаратуростроении, так как повышение износостойкости соприкасающихся рабочих поверхностей деталей может быть достигнуто

комбинированием характеристик термического лазерного воздействия и управлением протекающими при этом процессами.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00794, № 14-07-97520 и №16-08-01226).

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 30858 - 2003: Обеспечение износостойкости изделий. Триботехнические требования и показатели. Принципы обеспечения. Общие положения. – М.: Изд-во станд-ов, 2002. – 17 с.
2. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под общ. ред. А.Г. Григорьянца. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 664 с.
3. Давыдов Н.Н., Ионин В.В., Давыдов Нт.Н., и др. Стенд лазерной закалки опорной поверхности игл вращения высокоскоростных центрифуг // Патент № 2527979 РФ, МПК С 01 D 9/26, С 01 D 1/09. - № 2012154705; Заявлено 17.12.2012. - Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 18.
4. Разностные методы решения задач теплопроводности // Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 172с.
5. Давыдов Н.Н., Ионин В.В., Данилов С.Ю. и др. Моделирование тепловых процессов в МЛД для повышения их надежности и качества / INTERMATIC-2010 // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 23-27 ноября 2010 г. Москва / Под ред. чл.-корр. РАН А.С.Сигова. Научное издание. - М.: Энергоатомиздат, 2010, часть 1. – 314с. - С.282-285
6. Материаловедение и технология конструкционных материалов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волочкив, В.А. Головин и др.; под общ. ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепахина. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 448с.

### THE STUDY OF LOCAL MODES OF LASER HEAT STRENGTHENING OF THE WORKING SURFACES OF MEDICAL INSTRUMENTS

Belov S.A., Ionin V.V., Davydov Nt.N., Eustonin G.A., Davydov N.N., Danilov S.Yu.

Vladimir state University named Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs, [omen33russ@mail.ru](mailto:omen33russ@mail.ru)

The processes of local laser heat strengthening of the working surfaces of medical instruments and contact surfaces of the kinematic pairs of mechanisms for the management of medical equipment. Shows the problems of increasing hardness and wear resistance of the surface of parts while maintaining the elastic properties of the deep layers of the metal and the occurrence of internal residual stress, leading to increased fragility of the surface material, cracking, and warping, as a result, the exfoliation of oxides, dirt and scale, which in the case of cyclic execution of technological operations of laser quenching accumulate in the solution surrounding the quenching liquid to be recycled. The structure of the stand of a laser hardening of small parts, commensurate with the size of the light spot of the laser radiation, and the optimal regimes of laser surface heat treatment for different samples of tool steel.



### МЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Каталевский Е.Е.

ЗАО «Владисарт», город Владимир

Биотехнологическая отрасль является той отраслью, где мембранные материалы и процессы востребованы наиболее широко и разнообразно. Выдвигая довольно сложные, порой противоречивые задачи, биотехнологическая наука побуждает, тем самым, специалистов мембранологов создавать новые материалы, находить нестандартные решения и достаточно смело сочетать «в одном флаконе» мембранные разделение с другими видами разделения. Микрофильтрация, ультрафильтрация, диализ, диафильтрация, электродиализ, разделение прямым и обратным осмосом стали весьма распространёнными стадиями многих биотехнологических производств. Становятся весьма распространёнными такие процессы с использованием мембран как электрофорез, мембранные сорбция, мембранные хроматография и другие.

Особое место среди биотехнологических производств занимает биофармацевтика. Сегодня трудно представить себе фармацевтическое производство без высокоочищенной, стерильной, апирогенной воды, полученной с использованием мембранных установок.



Многие передовые предприятия успешно используют тангенциальную фильтрацию с микрофильтрационными мембранами взамен дорогой и неудобной тупиковой фильтрации на картонах. Большинство производителей жидких фармацевтических препаратов и большое количество производителей напитков для так называемой холодной стерилизации и обеспложивания используют стерилизующие мембранные установки.

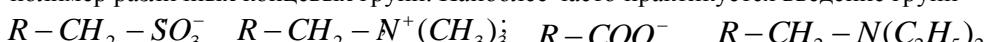
Что касается ультрафильтрации, то этот процесс разделения стал совершенно безальтернативным в большинстве производств по выпуску препаратов крови, вакцин, сывороток, антибиотиков и многих других препаратов. Широко практикуются различные вариации ультрафильтрационного разделения, например сочетание ультрафильтрации с диализом (диафильтрация).

Сегодня практически все отечественные предприятия оснащены ультрафильтрационными установками производства ЗАО «Владисарт». За 26 лет существования предприятия выпущено более двухсот установок для оснащения биофармацевтических предприятий России. Во Владимире существует единственное в России и одно из шести имеющихся в мире производств фильтрующих элементов кассетного типа.

Серьёзным достижением в развитии мембранных технологий явилось создание новых мембранных материалов, сочетающих в себе свойства ситового барьера с изменяющимися размерами пор и свойства специфического сорбента с изменяющимся электрическим зарядом.

Наряду с широкораспространёнными полимерными мембранами всё большее распространение получают композитные (многослойные) мембранны. Причём, композитные мембранны достаточно успешно создаются из керамики, металлов, сочетания тканых и нетканых основ с полимерными и неполимерными покрытиями.

Отдельную группу мембран представляют собой мембранны, полученные модификацией полимеров, из которых они изготовлены. Цель модификации приданье специфических свойств материалу за счёт введения в полимер различных концевых групп. Наиболее часто практикуется введение групп



Необходимо заметить, что создание подобных материалов может осуществляться путём синтеза мембран из полиэлектролитных комплексов.

Среди относительно быстроразвивающихся биотехнологических процессов с использованием мембран можно отметить процессы получения биотоплив, где доминирующей стадией является первапорация.

Весьма примечательным является создание и появление в биотехнологической практике мембранных биореакторов. Использование мембранных биореакторов при синтезе сложных препаратов представляет интерес не столько из соображения компактности оборудования, сколько из соображений повышения интенсивности процесса и качества продукта за счёт непрерывного вывода балластных продуктов из реакционной зоны.



В рамках решения актуальной проблемы импортозамещения, производство большинства видов продукции переведено на российские комплектующие.

## MEMBRANE PROCESSES IN BIOTECHNOLOGY PRODUCTION

Katalevsky E.E.  
CJSC "Vladisart" Vladimir

Processes of membrane separation take a prominent place in the biotechnology production. Special place is given to biopharmaceutical industry, where the processes of ultrafiltration and cold sterilization are widely used. More than one hundred Russian biopharmaceutical plants are equipped with ultrafiltration systems with cassette-filter modules. Membrane filters made of different types of polymers, ceramics, polyelectrolyte complexes and other materials are used worldwide. Remarkable is the production and development of membrane bioreactors in the biopharmaceutical practice.

---

## МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Каталевский Е.Е., Савельев С.П., Копин И.С., Саханенко С.А.  
ЗАО Владисарт, ЗАО ЭкоПромкомпания, г. Владимир.

Одним из эффективных вариантов обеспечения населения качественной питьевой водой является применение мобильных систем водоподготовки. Такие системы получили широкое распространение для получения питьевой воды из солёных, солоноватых источников, а также из открытых пресных водоёмов. В районах средней Азии работает большое количество установок для обеспечения малонаселённых пунктов (аулы, кочевые стойбища и т.п.) питьевой водой как для людей, так и для скота. Перспективным представляется использование мобильных систем и для получения питьевой воды из морской в регионах с дефицитом пресной воды. Крым относится к таким регионам.

Установка с производительностью одной нитки 25 куб. метров в час для опреснения морской воды с солесодержанием 26 г/л размещается в двух морских контейнерах и может быть смонтирована и доставлена в любую точку полуострова.

В контейнере №1, который имеет габариты 12x2,4x2,9 м и весит вместе с водой 18 тонн, размещается шкаф ввода и учёта электроэнергии, шкаф управления с контроллером, обеспечивающим диспетчеризацию по заданному протоколу.

Установленная мощность:

- 4,5 кВт - конвекторы обогрева;
- 6 кВт – освещение, вентиляция, кондиционер, пожарная сигнализация, резервная розетка;
- 9 кВт – расход на технологию.

В контейнере №2, который имеет те же габариты и весит с водой 11 тонн, имеется шкаф управления с контроллером для диспетчеризации процесса.

Установленная мощность:

- 4,5 кВт - конвекторы обогрева;
- 6 кВт – освещение, вентиляция, кондиционер, пожарная сигнализация, резервная розетка;
- 72 кВт – расход на технологию (основной насос 60 кВт, промывной насос – 12 кВт).

Обратноосмотическая установка, работающая при давлении 32 бара, комплектуется фильтрующими элементами российского производства. Срок службы элемента – около 4 лет. Остальная комплектация: насосы, осветляющие фильтры и прочее, на 80% также российского производства или производства КНР. Это чрезвычайно важно в условиях санкций, объявленных Россией Соединёнными Штатами Америки и странами Западной Европы. При стоимости системы 1,5 млн. рублей и стоимости 1 куб. м. очищенной воды 30-32 рубля, срок окупаемости затрат составляет 3 года.

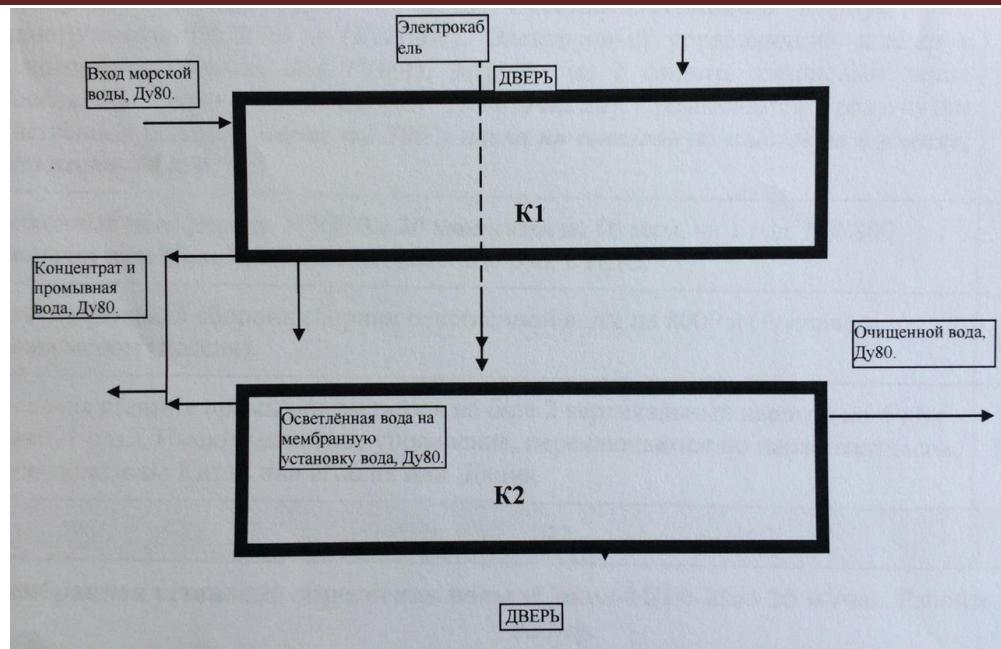


Рис. 1. Технологическая схема

### MOBILE SYSTEMS OF PREPARATION OF DRINKING WATER

Katalevsky EE, SP Saveliev, Kopin IS, Sakhnenko SA  
ZAO Vladisart, ZAO Ekopromkompaniya, Vladimir.

The problem of the drinking water supply can be solved by using movable water-treatment systems. A movable system for the sea water conversion consists of two sea containers, where the equipment for prefiltration and reverse osmosis is kept. 80% of the systems' components are produced in Russia.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ КРОВИ

Истомина Т.В., Истомин В.В., Шачнева Е.А.

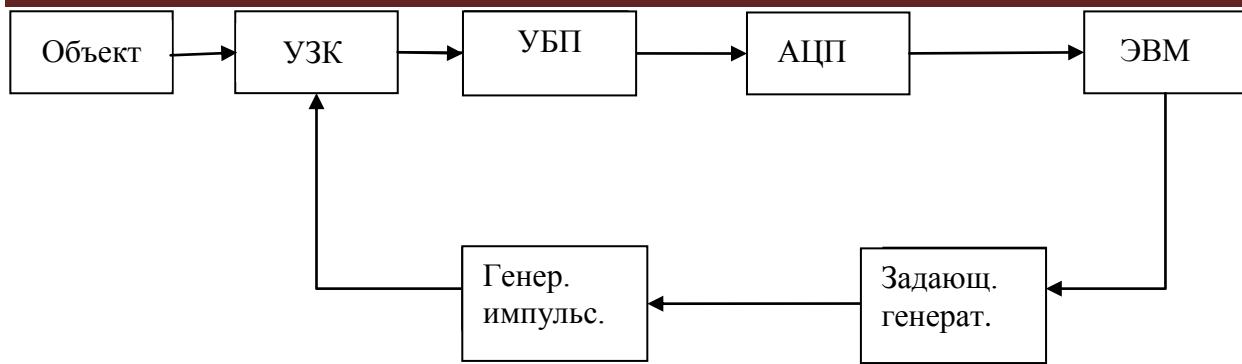
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный технологический университет», [e\\_shachneva@mail.ru](mailto:e_shachneva@mail.ru)

Гемодинамика (от греч. *haima*— кровь и *dynamis*—сила), наука о движении крови по сосудам. В основных своих положениях гемодинамика пользуется законами гидродинамики [1].

На данный момент существует множество систем для анализа компонентов крови и аппаратов для автоматического сбора компонентов крови, а также приборов и методов для контроля и оценки состояния гемодинамики крови. Но процесс забора крови и контроль гемодинамики крови у донора и пациента не достаточно автоматизирован. На данный момент, в большинстве случаев, кровь у дона забирает медицинский работник, который сам контролирует процесс или с использованием сепараторов крови.

В данной статье рассмотрена возможность применения стандартных информационно-измерительных систем с применением ультразвукового преобразователя для автоматизации процесса забора крови у пациента или донора, а также процесса переливания крови.

Структурная схема информационно-измерительной системы оценки гемодинамики крови представлена на рисунке 1. В самом начале идет предварительный отбор доноров. На схеме в качестве объекта представлен человек, у которого забирают кровь с помощью устройства забора крови (УЗК), который состоит из ультразвукового преобразователя и контейнера для крови. По акустической проницаемости крови, проходящей, через ультразвуковой преобразователь, оценивается гемодинамика крови. Универсальный блок преобразования (УБП) передает информацию на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), откуда в цифровом виде сведения о движении крови по сосудам поступают на ЭВМ.



УЗК – устройство забора крови, УБП – универсальный блок преобразования; АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Рисунок 1 – Структурная схема информационно-измерительной системы

Предлагается использовать данную систему при заборе крови у пациента, что позволит сократить время на внесение записей в компьютер, а также с использованием ультразвукового расходомера контролировать процесс забора крови.

Рассмотрим принцип действия ультразвуковых расходомеров. Принцип работы основан на измерении того или иного эффекта, возникающего при прохождении акустических колебаний через поток измеряемой среды. Ультразвуковые расходомеры включают в себя расходомеры, основанные на перемещении акустических колебаний движущейся средой, и преобразователи, основанные на эффекте Доплера [2].

Основным требованием к измеряемой среде является ее акустическая проницаемость.

В качестве излучателей и приемников акустических колебаний используются пьезоэлементы. Работа приемника акустических колебаний основана на прямом пьезоэфекте, работа излучателей – на обратном пьезоэфекте: при приложении к поверхностям кристалла переменного напряжения пьезоэлемент будет растягиваться и сжиматься, возбуждая в измеряемой среде акустические колебания [3].

Излучатели и приемники акустических колебаний располагаются под некоторым углом к оси трубы. Первые ультразвуковые преобразователи расхода выполнялись с двумя акустическими каналами. Большинство современных ультразвуковых преобразователей выполняются одноканальными. Пьезоэлементы попеременно выполняют функции излучателя и приемника.

По принципу действия измерительной схемы ультразвуковые преобразователи подразделяются на:

- 1) Времяимпульсные;
- 2) Частотно-импульсные;
- 3) Дифференциально-фазовые.

Во времяимпульсных преобразователях происходит непосредственное измерение времени прохождения коротких импульсов от излучателя до приемника, направленных по потоку и против потока.

Время прохождения импульса от излучателя до приемника при направлении по току

$$T_1 = \frac{L}{c + v_L \cos \alpha}, \quad (1)$$

против тока

$$T_2 = \frac{L}{c - v_L \cos \alpha} \quad (2)$$

где  $T_1, T_2$  – время прохождения акустических колебаний, направленных по потоку и против потока;

$L$  – длина акустического канала;

$c$  – скорость звука в измеряемой среде;

$v_L$  – средняя скорость среды по длине акустического канала;

$\alpha$  – угол наклона акустического канала.

$$v_L = \frac{L}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2}. \quad (3)$$

В частотно-импульсных преобразователях попеременно подаются серии коротких импульсов, направленных по и против потока. При поступлении акустического сигнала на приемник посыпается следующий импульс и т.д. Возникает последовательность импульсов, частота которых обратно пропорциональна времени прохождения импульса от излучателя до приемника [3].

Разница частот импульсов, направленных по потоку и против потока, определяется скоростью измеряемой среды.

Скорость акустических колебаний направленных по потоку:

$$c + v_L \cos \alpha = \frac{L}{T_1}, \quad (4)$$

частота импульсов

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{c + v_L \cos \alpha}{L}. \quad (5)$$

Скорость акустических колебаний, направленных против потока:

$$c - v_L \cos \alpha = \frac{L}{T_2}, \quad (6)$$

частота импульсов

$$f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{c - v_L \cos \alpha}{L}. \quad (7)$$

Разница частот

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{2 \cos \alpha}{L} v_L. \quad (8)$$

Скорость потока

$$v_L = \frac{L}{2 \cos \alpha} \Delta f \quad (9)$$

В дифференциально-фазовых преобразователях входной сигнал зависит от скорости звука в среде. Для устранения погрешности, вызванной изменением скорости звука в среде. Для устранения погрешности, вызванной изменением скорости звука, необходимо вводить специальные схемы коррекции. Во времязимпульсных и частотно-импульсных преобразователях выходной сигнал практически не зависит от скорости звука. Наличие этой зависимости определяется только временем задержки сигнала в электронно-акустическом тракте, не связанной с прохождением сигнала в измеряемой жидкости [3].

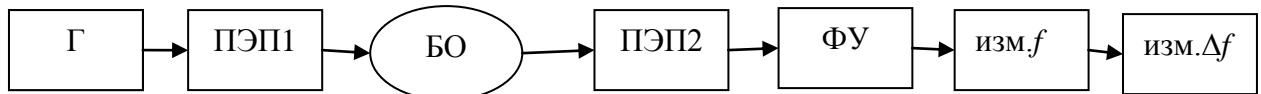
Проанализируем особенности применения ультразвукового преобразователя при процессе забора крови. Диапазон измерения количества крови с помощью УЗК от 0 до 1000 мл. Расчет ИП производился именно для такого диапазона, так как максимальный объем крови, который можно забрать у донора равняется 600 мл и потеря венозной крови более 1000 мл может плохо сказаться на здоровье человека [5].

Процесс взятия крови с использованием данного преобразователя, может проходить следующим образом: в вену человека вводится игла, к ней прикрепляется силиконовая трубка, далее преобразователь (внутри которого располагаются 6 источников и приемников, каждый из которых расположен под углом 60 градусов), после перехода крови через преобразователь, она попадает в сосуд, объем которого равен 1000 мл, сверху емкости устанавливается насос, который перекачивает кровь из вены.

Так как скорость крови приблизительно равна 6-14 см/с, то скорость забираемой крови при лабораторном анализе должна находиться в пределах 0,2 см/с до 1,3 см/с – это необходимо для того чтобы кислород и остальные необходимые в процессе жизнедеятельности вещества поставлялись в сосуды и головной мозг [4].

Разработали структурную схему измерительного преобразователя расхода жидкости для лабораторного анализа. Выбрали тип преобразования: ультразвуковой, так как данный тип преобразования является наиболее безопасным и дает наиболее точные измерения по сравнению с другими принципами преобразования [5].

На представленной структурной (Рисунок 2) схеме показан принцип действия измерительного преобразователя.



Г - генератор, ПЭП<sub>1,2</sub> - пьезоэлектрический преобразователь, БО – биологический объект, ФУ – формообразующий усилитель

Рисунок 2 – Структурная схема ультразвукового измерительного преобразователя

Действие ультразвукового преобразователя начинается с момента генерирования прямоугольных импульсов с помощью импульсного генератора Г. Сигнал, вырабатываемый генератором, передается на пьезоэлектрический преобразователь ПЭП1, с ПЭП2 сигнал переходит на биообъект БО. При попадании на БО сигнал искажается, далее искаженный сигнал подается на ПЭП2. Чтобы вернуть сигналу прежний вид прямоугольного импульса, используется формообразующий усилитель ФУ. Начинается процесс измерения величин  $f$  и  $\Delta f$ , после измерения работа преобразователя завершается [6].

В данной статье проанализирована возможность применения стандартных информационно-измерительных систем с применением ультразвукового преобразователя для автоматизации процесса забора крови и оценки состояния гемодинамики крови у пациента или донора, на основании проведенного анализа работы преобразователя можно сделать вывод о том, что применение таких систем возможно [7].

### Библиографический список

1. Большая медицинская энциклопедия. – URL: <http://bigmeden.ru/article/гемодинамика>. – Гемодинамика. – Дата обращения (20.05.2016). - [bigmeden.ru](http://bigmeden.ru)
2. Виды, устройства и принцип действия расходомеров. – URL: <http://www.devicesearch.ru/article/rashodomeri> - Ультразвуковой или Доплеровский преобразователь. – Дата обращения (21.04.2013). - 2010–2014 DeviceSearch.ru
3. Лепявко А.П. Расходомеры и счетчики жидкости и газа. Проверка и калибровка. – М.: АСМС, 2005. - 98 с.
4. Дмитриенко А.Г., Михеев М.Ю., Юрманов В.А., Пискаев К.Ю. Повышение точности средств измерения системы контроля показателей качества электроэнергии стартового комплекса./ Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. - Технические науки. 2012. № 2. С. 69-80.
5. Истомин В.В., Истомина Т.В. Обоснование разработки многоканальной системы с удаленным доступом для исследования и коррекции постуральных расстройств/В сборнике: ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ И ЭКОЛОГИИ сборник статей IX Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией Т.В. Истоминой. 2015. С. 21-25.
6. Мурашкина Т.И., Истомина Т.В., Бадеева Е.А., Серебряков Д.И., Юрова О.В., Удалов А.Ю., Шачнева Е.А., Измерение расхода жидкости в системах жизнеобеспечения космонавтов/Медицинская техника. - 2015.- № 5. - С. 31-34.
7. Шачнева Е.А., Серебряков Д.И., Мурашкина Т.И. Разработка установки для измерения параметров жидкости при проведении лабораторного анализа/ Труды международной научно-технической конференции (Computer - based conference).- Пенза: Пензенский государственный технологический университет, 2015, вып. 21. – С.187-190

### AUTOMATION HEMODYNAMICS ASSESSMENT OF BLOOD

Istomin T.V., Istomin V.V., Shachneva E.A.

Federal State Educational Institution of Higher Education "Penza State Technological University",  
[e\\_shachneva@mail.ru](mailto:e_shachneva@mail.ru)

The article is devoted to the possibility of using standard data-measuring systems with an ultrasonic transducer at a fence of blood from the patient and in the assessment of hemodynamic blood.

---

### РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕВА ПРОВОДНИКОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS

Долгов Г. Ф.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), [dolgov@vlsu.ru](mailto:dolgov@vlsu.ru)

При проектировании любых линий передачи электрической энергии обязательно подбирается сечение проводников под токовую нагрузку. Если токовая нагрузка в проводнике превысит допустимую величину, произойдет значительный нагрев проводника, вплоть до его плавления, а часто даже испарения металла. Но даже если проводник не расплавится, то повышенная температура приводит к существенному удлинению проводника, его короблению, замыканию с другими проводниками, отказу аппаратуры, а иногда и к ее взорваннию. Токовая нагрузка в проводнике обычно рассчитывается через допустимую плотность тока, которая зависит от материала проводника, наличия изоляции, формы сечения и других параметров. При прочих разных условиях, чем больше в проводнике будет выделяться тепловой мощности, тем выше окажется его температура

перегрева. Тепловую мощность, выделяемую проводником, рассчитывают через его сопротивление  $R$  и ток  $I$ , текущий по проводнику, по формуле:  $P=I^2 \cdot R$ . Сопротивление проводника при этом находится по формуле  $R=\rho \cdot l/S$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление материала проводника,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;  $l$  – длина проводника,  $\text{м}$ ;  $S$  – площадь поперечного сечения проводника,  $\text{м}^2$ . Получается, что при одинаковых размерах и токовой нагрузке, чем выше удельное сопротивление материала проводника, тем больше выделяемая в нем тепловая мощность и меньше допустимая плотность тока.

Нормативные значения допустимой плотности тока отдельных проводников приводятся в [1]. Для открыто расположенных медных проводников круглого сечения в резиновой изоляции допустимая плотность тока составляет  $17 \text{ А/мм}^2$ .

В качестве элемента электрического монтажа в ЭС широко применяются печатные платы. При разработке конструкции печатных плат обязательно проверяется токовая нагрузка печатных проводников через их размеры и допустимую плотность тока. Основным нормативным документом при оценке токовой нагрузки печатных проводников является государственный стандарт [2], в котором даются допустимые плотности тока для печатных проводников: «Допустимую токовую нагрузку на элементы проводящего рисунка в зависимости от допустимого превышения температуры проводника относительно температуры окружающей среды выбирают для:

фольги — от  $100 \cdot 10^6$  до  $250 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$  (от 100 до 250  $\text{А/мм}^2$ );  
гальванической меди — от  $60 \cdot 10^6$  до  $100 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$  (от 60 до 100  $\text{А/мм}^2$ ).

Сравнивая значения, приведенные в ПУЭ и в ГОСТ видно, что они различаются более чем на порядок. Неужели для плоских проводов, расположенных на пластмассовом основании печатной платы допустимая токовая нагрузка увеличивается более чем в 10 раз по сравнению с отдельно расположенными проводниками круглого сечения?

Если обратиться к учебным пособиям [3], то можно найти значения допустимой плотности тока печатных проводников равной  $20 \text{ А/мм}^2$ ,  $15 \text{ А/мм}^2$ . Так какие значения должен применять конструктор при разработке печатной платы? Традиционно предполагается, что в первую очередь конструктор в своей деятельности должен опираться на рекомендации государственных стандартов, а не учебных пособий.

Посмотрим, что говорится в других нормативных документах о допустимой плотности тока печатных проводников. Так в ГОСТ [4] указаны те же значения, что и в [2]. Получается, что указанная формулировка в действующий ГОСТ попала из предыдущего стандарта. Практически параллельно с введением в действие ГОСТ 23751-86 был выпущен отраслевой стандарт ОСТ 4.010.022-85. В нем дана номограмма, по которой можно узнать величину перегрева проводника в зависимости от тока, текущего по проводнику и его сечения. Так при токе 3,6 А проводник толщиной 35 мкм и шириной 1 мм (плотность тока примерно равна  $100 \text{ А/мм}^2$ ) перегреется на  $20^{\circ}\text{C}$ . Если же обратиться к стандарту IPC-2221, которым пользуются конструкторы печатных плат западных стран, то получим, что для того же проводника перегрев на 20 градусов будет при токе 1,62 А (плотность тока  $46 \text{ А/мм}^2$ ).

Сравнивая приводимые в литературе и нормативной документации допустимые плотности тока не сложно заметить, что значения различаются более чем на порядок. Это, скорее всего, связано с рядом допущений и игнорированием части показателей, влияющих на перегрев проводников. На допустимую плотность тока печатного проводника существенное влияние должны оказывать такие показатели, как теплопроводность платы, конфигурация проводника, наличие защитного покрытия на плате и пр. Предлагаемые в ГОСТ числа привязаны к основанию печатной платы, изготовленному из стеклотекстолита. В настоящее время все чаще в качестве материала оснований печатных плат применяют металлы. Оценить температуру перегрева проводников на металлических основаниях, применяя численные данные по допустимой плотности тока, приведенные в стандартах, мы не сможем.

Встает вопрос: «Можно ли рассчитать температуру перегрева проводников с учетом конкретных теплофизических и геометрических параметров проводников и платы?». Автор попробовал решить поставленную задачу путем моделирования тепловых режимов печатных проводников в системе SolidWorks. Для расчета тепловых режимов в указанной системе имеется модуль FlowSimulation. Он позволяет рассчитывать тепловые поля методом конечных элементов с учетом всех факторов обмена тепловой энергией: кондукция, конвекция, тепловое излучение. Для моделирования необходимо создать электронную (3D) модель конструкции, а на ее базе создать расчетную теплофизическую модель. Электронная модель строилась на базе пластины размером  $60 \cdot 20 \cdot 1,5 \text{ мм}^3$  (основание печатной платы), на которой был размещен печатный проводник размером  $50 \cdot 1 \cdot 0,035 \text{ мм}^3$ .

В качестве материала печатной платы из базы SolidWorks был выбран стеклотекстолит FR4 с теплопроводностью  $0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , материал проводника – медь.

Были проведены расчеты температуры перегрева такого проводника при различном токе, текущем в проводнике. В качестве исходных данных по тепловой энергии в системе SolidWorks вводилась тепловая мощность, выделяемая в проводнике, которая определялась через ток, текущий в проводнике, по формуле

$$P = \frac{I^2 \cdot \rho \cdot l}{h \cdot t},$$

где:  $I$  – ток в проводнике,  $\text{А}$ ;

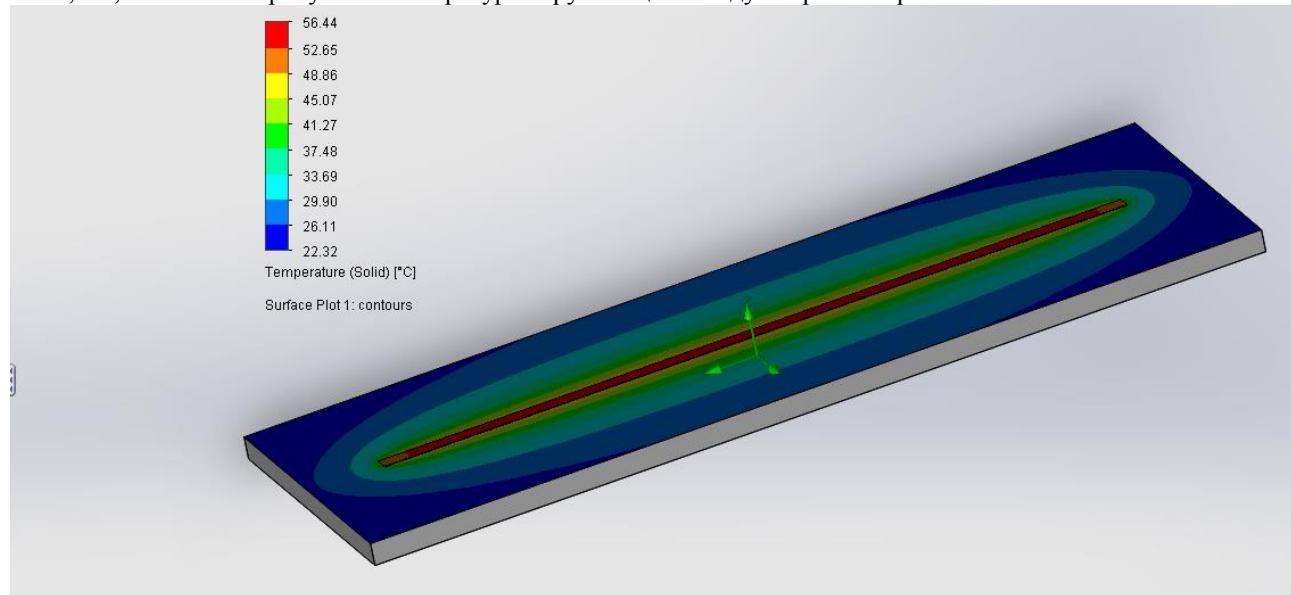
$\rho$  – удельное электрическое сопротивление меди,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;

l – длина проводника, м;  
 h – толщина фольги, м;  
 t – ширина проводника, м.

Расчеты проводились для горизонтально и вертикально расположенных плат. Проводник при этом всегда располагался горизонтально. Рассматривались два значения тока, текущего в проводнике: 3,6 А (плотность тока равна 103 А/мм<sup>2</sup>, а выделяемая мощность 0,324 Вт), и 1,8 А (плотность тока равна 51 А/мм<sup>2</sup>, а выделяемая мощность 0,081 Вт).

В результате моделирования получены следующие значения температуры перегрева печатного проводника: при плотности тока 103 А/мм<sup>2</sup> и горизонтальном расположении печатной платы, когда проводник оказался на верхней стороне, температура перегрева проводника оказалась равной 51,5 °C, а при вертикальном расположении печатной платы – 42 °C; если же плотность тока снизить до 51 А/мм<sup>2</sup>, то температура перегрева проводника на горизонтально расположенной плате оказалась равна 15 °C, а на вертикально расположенной плате – 12 °C.

Тепловое поле горизонтально расположенной платы с печатным проводником, по которому протекает ток 3,6 А, показано на рисунке. Температура окружающего воздуха при этом равнялась 20 °C.



Сравнивая результаты расчетов не сложно заметить, что температура перегрева печатных проводников существенно зависит от расположения платы. Так же на температуру перегрева проводников влияют факторы, которые в нормативной документации не учитываются, что приводит к значительному различию допустимой плотности тока, указанной в различных стандартах. Значения температур перегрева наружных печатных проводников, рассчитанные в SolidWorks, для печатных плат оказываются выше, чем температуры, обозначенные в российских стандартах на печатные платы, но ниже, чем температуры, обозначенные в стандартах IPC.

Учесть влияние ряда конструктивных (и теплофизических) факторов на температуру перегрева печатных проводников можно моделированием тепловых режимов этих проводников в системе SolidWorks. При этом у конструктора есть возможность задавать различные материалы основания печатной платы, варьировать теплофизические параметры, учитывать реальное расположение проводников на плате, а платы в пространстве, что позволит увеличить точность моделирования.

#### Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. М., 2015.
2. ГОСТ Р 53429-2009 «Платы печатные. Основные параметры конструкции». М.: Стандартинформ, 2010. – 7с.
3. Панков Л.Н., Асланянц В.Р., Долгов Г.Ф., Евграфов В.В. Основы проектирования электронных средств: Учеб. пособие. / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2007 г. - 260 с.
4. ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции». М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1986. – 7 с.

#### CALCULATION OF TEMPERATURE OF THE OVERHEAT OF CONDUCTORS OF THE PRINTED CIRCUIT BOARD OF THE MEDICAL EQUIPMENT IN THE SOLIDWORKS SYSTEM

Dolgov G.F.

In article questions of calculation of temperature of an overheat of conductors of the printed circuit board depending on current loading are considered. Calculation of temperature was carried out in the Solid Works system. The power allocated by the conductor paid off through the current flowing in the conductor, the size of the conductor and specific electric resistance of copper. Results of calculation have shown that temperature of an overheat depends on many factors. In article comparison of results of calculation with the numerical values given in standard documentation is given and recommendations about modeling of the thermal modes of printing conductors in the SolidWorks system.

## ИНТЕГРАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Дмитриев В. Б., Шумарин С. В., Сушкова Л. Т.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», [kafbmi@mail.ru](mailto:kafbmi@mail.ru)

Современным трендом развития высшего образования является повышение качества подготовки выпускников при всесторонней оптимизации учебного процесса.

Содержание и организация учебного процесса задаются основными образовательными программами (ООП) подготовки бакалавров и магистров, важнейшей частью которых являются учебные планы. Учебный план направляет и организует весь учебный процесс в ВУЗе, обеспечивая реализацию ООП, и, поэтому, является основой для оптимизации образовательного процесса.

Одним из путей оптимизации является интеграция учебных планов направлений подготовки, реализуемых в ВУЗе, что позволяет, с одной стороны, повысить качество подготовки выпускников за счёт концентрации усилий преподавателей, с другой, – уменьшить объём аудиторной работы, выполняемой ими. Интеграционному подходу к формированию учебных планов способствует объединение и укрупнение ВУЗов и их подразделений (факультетов и кафедр), а также происходящая непрерывная модернизация образовательных стандартов (ФГОС 3, 3+, 3++, ...), сопровождающаяся общей унификацией, включающей, в том числе, унификацию формируемых компетенций внутри групп стандартов. Наибольший эффект может быть достигнут при интеграции учебных планов родственных направлений подготовки. Широкие возможности, предоставляемые современными стандартами высшего образования при формировании учебных планов, позволяют ставить и решать задачи их интеграции.

Разработка интегрированных учебных планов должна сопровождаться анализом содержательной части ООП и формированием на его основе циклов дисциплин (образовательных модулей) и последовательности их изучения, с учётом внутри- и межцикловых взаимосвязей.

В качестве примера рассмотрим разработанный авторами интегрированный учебный план по направлениям: 11.03.03 – "Конструирование и технология электронных средств", 12.03.04 – "Биотехнические системы и технологии" [1; 2].

Оба направления подготовки имеют сходные область, объекты и виды профессиональной деятельности. Современные биотехнические средства и системы являются одним из видов электронных средств, разработка которых относится к области профессиональной деятельности выпускников обоих направлений. Исходные учебные планы названных направлений имеют сходную структуру (рис. 1, рис. 2), единый график учебного процесса и отличаются, в основном, глубиной изучения отдельных вопросов в циклах дисциплин и наличием специфических дисциплин.



Рис.1 Структура учебного плана направления «Конструирования и технология электронных средств»

Анализ формируемых компетенций по рассматриваемым направлениям показал следующее:

- общекультурные компетенции совпадают полностью;
- общепрофессиональные компетенции совпадают в большей их части;
- многие из профессиональных компетенций имеют общие части внутри отдельных компетенций.

Следовательно, компетенции могут формироваться наборами общих для обоих направлений дисциплин и дисциплин, формирующих специфические компетенции.

На первом этапе разработки интегрированных учебных планов были построены структурно-логические схемы для действующих учебных планов обоих направлений. Это позволило систематизировать имеющиеся связи между блоками дисциплин и отдельными дисциплинами, установить логические и временные цепи, обнаружить сходство и различия в общей структуре.



Рис.2 Структура учебного плана направления «Биотехнические системы и технологии»

Проведённый анализ реализации компетенций действующих учебных планов в сопоставлении с областями профессиональной деятельности, указанными в стандарте, позволил переформировать и рационализировать перечень изучаемых дисциплин и последовательность их изложения с учётом возможности создания интегрированного учебного плана.

В результате была разработана унифицированная структура учебных планов, построенная по принципу: "одинаковые компетенции формируются в одно и то же время", что обеспечило возможность их интеграции.

В разработанных интегрированных учебных планах дисциплины, формирующие одни и те же компетенции, изучается в одно и то же время. Дисциплины с компетенциями, совпадающими частично, распределены по семестрам таким образом, чтобы обеспечить возможность формирования совпадающих компетенций одновременно по обоим учебным планам. При этом сохраняется внутрицикловая и межцикловая логическая последовательность изучения материала различных дисциплин в каждом учебном плане.

При разработке интегрированных учебных планов было обеспечено соблюдение всех требований ФГОС и ВУЗа по количественным показателям и их соотношениям. Упрощению этой работы способствовала разработанная авторами автоматизированная система проектирования учебных планов, ориентированная на использование структурно-логических схем [3].

На рисунке 3 приведена упрощённая структурно-логическая схема разработанных учебных планов; бледным шрифтом выделены циклы специфических дисциплин.



Рис.3 Упрощённая структура интегрированных учебных планов направлений «Конструирования и технология электронных средств» и «Биотехнические системы и технологии»

Дисциплины гуманитарного и социально-экономического цикла (рис. 4) совпадают практически полностью; в базовом цикле полностью совпадают естественно-научные дисциплины (рис. 5), в то же время появляется группа специфических базовых дисциплин медико-биологической направленности. Похожая картина характерна и для дисциплин профессионального цикла (рис. 6): в значительной степени совпадают дисциплины схемотехнической и конструкторской направленности и дисциплины, связанные с изучением информационных технологий и, так же как и в предыдущем случае, появляется группа специфических дисциплин по направлению подготовки.

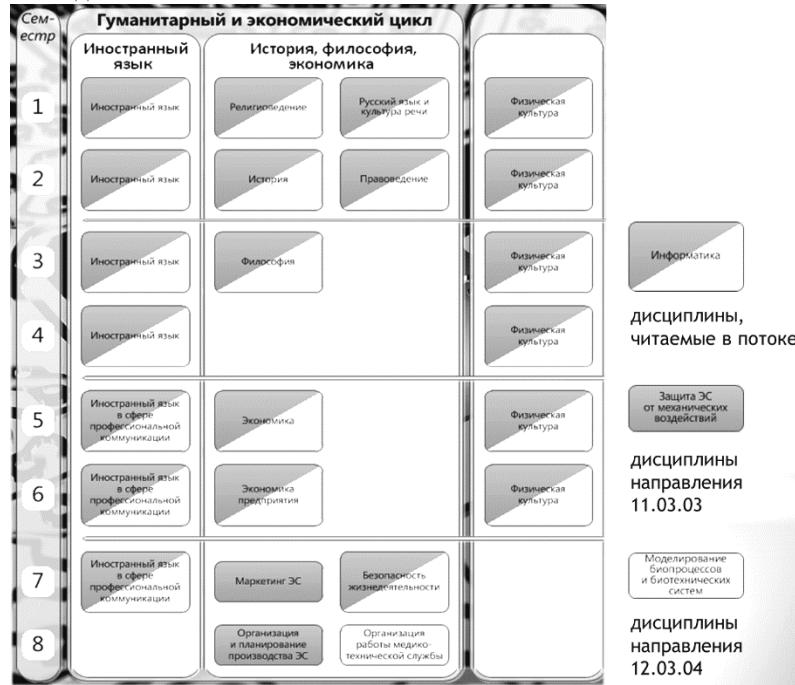


Рис.4 Дисциплины гуманитарного и социально-экономического цикла интегрированных учебных планов

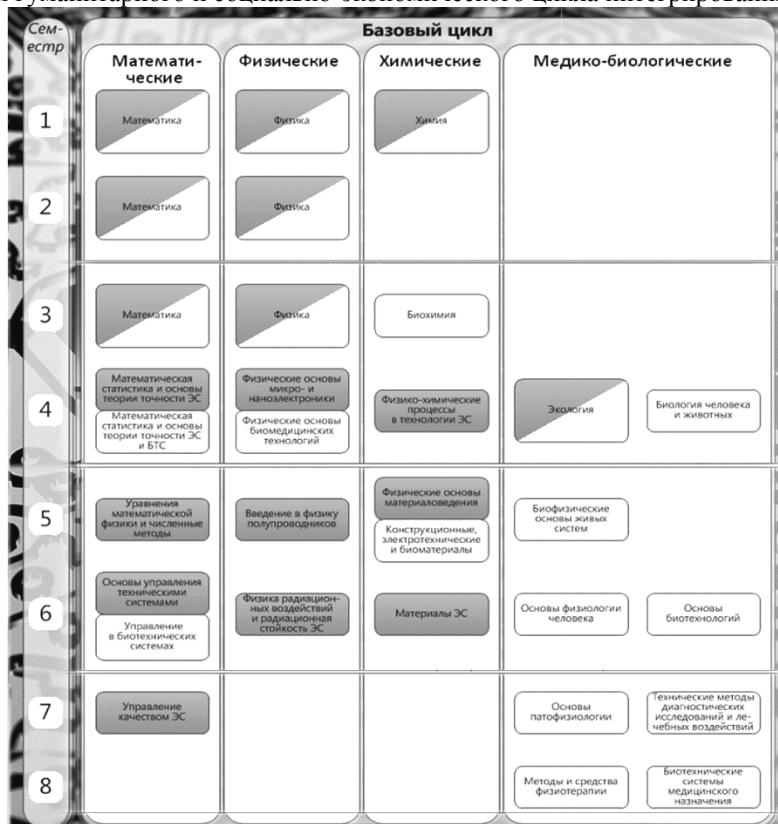


Рис.4. Дисциплины базового цикла интегрированных учебных планов

Семестр	Профессиональный цикл				
	Информационные	Общетехнические	Схемотехнические	Конструкторские	Технологические
1	Информатика	Введение в специальность Введение в специальность			
2		История и перспективы развития ЭС История биотехнических систем и технологий	Теоретические основы электротехники Национальный практикум по электронике		Инженерная и компьютерная графика Автоматизация разработки конструкторской документации
3	Информационные технологии в проектировании ЭС Информационные технологии в проектировании ЭС и БТС	Основы проектирования несущих конструкций и механизмов ЭС Прикладная биомеханика	Моделирование цепей и сигналов в электронике Основы электроники		Практикум по САПР
4	Математические основы информационных технологий проектирования ЭС Информационные системы в биомедицине	Измерение физических параметров ЭС и стандартизация Основы научных исследований	Аналоговая и цифровая электроника Компоненты ЭС		Практикум по САПР
5	Конечно-элементный анализ в проектировании ЭС Информационные системы в биомедицине	Обеспечение надежности ЭС Обеспечение надежности ЭС и БТС	Схемотехника и системотехника цифровых ЭС Аналоговая и цифровая электроника	Узлы и элементы биотехнических систем Конструкторско-технологическое проектирование импакт ЭС	Технология конструктивных элементов ЭС
6	Моделирование биотропессов и биотехнических систем	Тепломассообмен и защита ЭС от климатических воздействий Измерение физических параметров ЭС и БТС и стандартизация	Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых ЭС Методы обработки биомедицинских сигналов и данных	Конструирование ЭС Конструирование ЭС и БТС	Технология производства ЭС
7	Цифровая обработка изображений	Защита ЭС от механических воздействий	Системотехника и программирование ПЛИС, микропроцессоров и пром. контроллеров Медицинские приборы, аппараты, системы, комплексы	Конструирование ЭС Конструирование ЭС и БТС	Технология производства ЭС
8	Компьютерное сопровождение жизненного цикла Автоматизация обработки биомедицинской информации	Обеспечение электромагнитной совместимости ЭС	Медицинские приборы, аппараты, системы, комплексы	Эргономика и дизайн ЭС	Технология производства медицинской техники Технология производства медицинской техники

Рис.6 Дисциплины профессионального цикла интегрированных учебных планов

В интегрированных учебных планах распределение учебных и производственных практик полностью совпадает (рис. 7). При этом производственные практики проводятся на предприятиях, соответствующих направлению и профилю подготовки.



Рис.7 Распределение практик в интегрированных учебных планах

Таким образом, удалось разработать учебные планы с высокой степенью интеграции дисциплин и возможностью дальнейшей оптимизации в рамках структурного подразделения ВУЗа.

#### Библиографический список

1. ФГОС ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.
2. ФГОС ВО 12.03.04 Биотехнические системы и технологии.
3. Дмитриев, В.Б., Структурно-логическая форма представления учебных планов высшего профессионального образования // «Открытое образование» / В.Б. Дмитриев, С.В. Шумарин. №6. – 2013. С.10-1

## INTEGRITY OF CURRICULA AS A WAY OF OPTIMIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS

Dmitriev Vasiliy Borisovich, Shumarin Sergey Viktorovich, Sushkova Lyudmila Tikhonovna  
 "Vladimir State University named after Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs", [kafbmi@mail.ru](mailto:kafbmi@mail.ru)

Considered an integrated curriculum approach using structural-logic and the competency approach. An example of the implementation of integrated training plans Bachelor following areas: 11.03.03 - "Design and technology of electronic means", 12.03.04 - "Biotechnical Systems and Technologies".

---

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТУЧНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ АППАРАТОВ**

Стрыгина Е.В., Куликов А.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов  
 E-mail: [alenkastrigina@rambler.ru](mailto:alenkastrigina@rambler.ru)

При ультразвуковых диагностических исследованиях имеются значительные проблемы при постановке диагноза тучным пациентам. Сюда относятся трудности, препятствующие получению качественной информации в ультразвуковых диагностических системах, обусловленные физическими свойствами ультразвука при его прохождении через жировую прослойку. Качество ультразвуковых изображений зависит от жира в большей степени, чем любой другой метод визуализации. Ультразвуковая энергия ослабляется жировой тканью, особенно при более высоких частотах. Толстая жировая прослойка ухудшает качество изображения, что делает затруднительным или невозможным получение адекватных для клинической интерпретации изображений.

Трудности в визуализации органов тучных пациентов приводят к задержанным диагнозам. Жировая прослойка может скрывать наличие опухоли до самых последних стадий заболевания, когда проведение адекватной терапии становится затруднительным. Например, увеличение толщины сжатых участков ткани молочной железы приводит к снижению качества изображения и, как правило, рак молочной железы обнаруживается лишь, когда диаметр опухоли значительно больше, чем осуществляется диагностика аналогичного заболевания у пациентов с нормальным весом.

Цель статьи – анализ имеющихся в настоящее время ультразвуковых методов обследования пациентов с толстой жировой прослойкой.

При абдоминальных обследованиях тучных пациентов качество изображения можно улучшить, применяя датчики с более низкой частотой или переключая многочастотный датчик на работу с низкой частотой. Так, если стандартная частота для абдоминальных исследований взрослых 3,5 МГц, то переход на частоту 2-2,5 МГц позволит улучшить качество визуализации структур и органов на глубинах более 10-15 см.

При исследовании сердца у пациентов с выраженным слоем подкожножировой клетчатки и развитой мускулатуры повышение качества изображений может быть достигнуто применением датчиков с более низкой частотой и режима нативной тканевой гармоники.

Технология тканевой гармоники, или нативной гармоники (native tissue harmonic imaging) – метод получения ультразвукового изображения, который во многих случаях улучшает диагностические возможности при исследовании пациентов с толстой жировой прослойкой, «трудных» пациентов (difficult-to-image patients). Использование тканевой гармоники дает возможность улучшить качество изображения при сохранении хорошей проникающей способности. В режиме тканевой гармоники датчик излучает ультразвуковые сигналы на низкой частоте, например, 2 МГц, а прибор обеспечивает прием эхо-сигналов на более высоких частотах – 4,6 МГц и т.д. [1].

У некоторых «трудных» пациентов осмотр может проводиться из нестандартных доступов с изменением положения тела пациента. Так, например, повысить качество исследования почечных артерий у полных людей в некоторой степени позволяет задержка ими дыхания на максимальном вдохе.

Не всегда на УЗИ удается визуализировать аппендиц. Правильному исследованию могут мешать сильное вздутие кишечника и избыточный вес пациента. Исследование аппендиц проводится обычным датчиком (абдоминальным) через переднюю брюшную стенку. При исследовании используется приём, называемый дозированная компрессия. Врач осторожно надавливает датчиком в проекции аппендиц. Тем самым петли кишечника смещаются, и происходит удаление из них газа. Это позволяет улучшить визуализацию аппендиц. При сканировании высокочастотным датчиком у тучных пациентов аппендиц может быть за пределами обзора. Поэтому в таких случаях успешно применяют низкочастотный конвексный датчик с частотой 3,5 МГц, обеспечивающий большую проникающую способность ультразвука и широкий обзор.

На рисунке 1 эхограмма получена при использовании высокочастотного датчика, аппендиц не визуализируется. Изображено тазовое положение слепой кишки (С) с прилегающей гиперэхогенной зоной жировой ткани (F). Р – поясничная мышца.

На рисунке 2 - эхограмма, полученная после применения конвексного датчика с частотой 3,5 МГц. Изображена утолщенная гипоэхогенная тубулярная структура (стрелки) с окружающей ее гиперэхогенной воспаленной жировой тканью (F) в полости таза. С – слепая кишка [2].

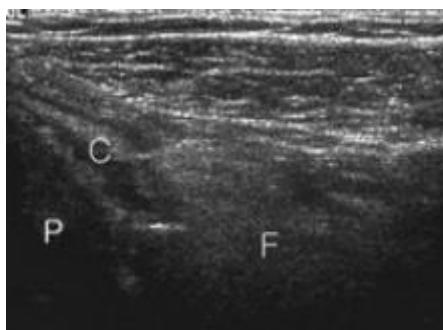


Рисунок 1 – эхограмма, полученная при использовании высокочастотного датчика



Рисунок 2 - эхограмма, полученная конвексным датчиком с частотой 3,5 МГц

Повысить контраст между молочной железой и жировой тканью, подчеркнуть контуры позволяет режим SIP (Silky Image Processing, дословно переводится как "Обработка по типу шелкового изображения") в степени настройки SIP Application B. Этот режим впервые был представлен в 2014 году. Он позволяет проводить автоматическое улучшение визуализации УЗИ изображения в В-режиме в реальном времени. Это проявляется в существенном подавлении зернистости (спекл-шуме) и выделении контуров образований без потери мелких деталей и фактуры исследуемой ткани. Благодаря этому не только улучшается качество диагностики, но также снижается нагрузка на зрение врача.

Лучших параметров визуализации при ультразвуковых исследованиях тучных пациентов позволяют добиться передовые технологии:

- улучшенная тканевая гармоника, благодаря специальному кодированию ультразвукового сигнала которой, можно получить большую глубину проникновения, сохраняя разрешение;
- тканевая инверсная гармоника, которая по сравнению с прямой гармоникой обеспечивает лучшее качество, потому что базовый и инверсный сигналы проходят сквозь тело и при сложении автоматически фильтруются шумы;
- режим составного изображения, в котором каждая точка на экране получается с помощью отражения ультразвукового сигнала от нескольких лучей, отклоненных к центру, а не от одного луча. Информация, полученная от всех лучей, составляется в одно изображение в режиме реального времени. Это позволяет избежать артефактов и получить превосходную визуализацию любых, даже самых трудных участков.

При обследовании тучных пациентов применяется неинвазивное исследование эластография, являющееся одной из новейших технологий в ультразвуке. Метод неинвазивно классифицирует эластичность (мягкость) мягких тканей. В настоящее время это становится распространенным методом в диагностике для выявления опухолей, а также заболеваний печени, в урологии и маммографии. Применение эластографии позволяет уменьшить число биопсий и отличить злокачественную опухоль от доброкачественной. Суть метода состоит в том, что опухолевые ткани относительно здоровых имеют другую плотность и эластичность. В процессе эластографии на исследуемую ткань накладывают дополнительное воздействие – давление. Вследствие неодинаковой плотности и эластичности, неоднородные элементы ткани сокращаются по-разному. Это позволяет точнее определить форму злокачественной опухоли, "маскирующейся" под здоровую ткань, диагностировать рак на ранних стадиях развития. Эластографию с успехом можно использовать для диагностики на ранних стадиях рака молочной железы, печени, простаты, а также – в кардиологии, трансплантологии и пластической хирургии.

На сегодняшний день эластография предлагается практически всеми производителями ультразвуковых систем, и не только на аппаратах экспертного класса. Метод основывается на простой компрессии, а не на методах деформации сдвига или виброэластографии. Причем применять эту методику диагностики значительно проще, чем на других системах, так как не требуется никаких дополнительных приспособлений для работы.

В заключение можно сказать, что описанные в статье методы обследования тучных пациентов значительно повышают качество получаемых эхограмм. Тем не менее полностью проблема не решена, в частности пока не удается решить проблему снижения контраста исследуемого органа, находящегося за неоднородной толстой жировой прослойкой. Поэтому производители ультразвукового оборудования по-прежнему нацелены на разработку новых алгоритмов обработки сигналов, более совершенных конструктивных решений, новых моделей датчиков.

#### Библиографический список

1. Ультразвуковые диагностические приборы. Л.В. Осипов. Практическое руководство для пользователей. - М.: Видар, 1999.
2. Ультразвуковая диагностика острого аппендицита/medwedi.ru.

In the article the modern approaches to the diagnosis of the problem of obese patients with the help of ultrasonic devices. Presents advanced technology to achieve the best visualization parameters with ultrasound obese patients.

## ТРАНСПОРТИРУЕМЫЕ ПРЕДМЕТЫ И ИНФОРМАЦИЯ В МОДЕЛИ МИРА АВТОНОМНОГО СЕРВИСНОГО МЕДИЦИНСКОГО РОБОТА

Рогаткин Д. А., Лапитан Д. Г.,

Куликов Дмитрий Александрович, Ивлиева Александра Леонидовна

ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт  
(МОНИКИ) им. М.Ф. Владимирского, d.rogatkin@monikiweb.ru

**Введение.** Не смотря на многочисленные видеоролики и публикации начала 2000-х годов о появлении в учреждениях здравоохранения по всему миру многофункциональных сервисных роботов-помощников (ассистентов) [1-3], реального широкого внедрения в практической медицине они так пока и не получили. Основная причина – роботы сегодня все еще не могут работать автономно. Медицинскому персоналу не нужны малой функциональности «роботы-игрушки», манипуляторы и тележки, управляемые человеком. Им требуются полностью автономные машины, которым можно отдать команду и которые ее выполняют самостоятельно, в любой обстановке, без участия человека, вернутся и доложат о ее выполнении или невыполнении. Очевидно, что для создания таких роботов требуется объединение в реальной конструкции последних достижений и практической мехатроники, и методов искусственного интеллекта. Это один из ключевых этапов дорожной карты всей современной «интеллектуальной» робототехники [4]. Как показывает экспертный анализ, основные ограничения сервисной робототехники и ее «узкие» места заключены сегодня в слабом «осознании» роботом окружающей среды и в недостаточном потенциале манипуляций объектами внешнего мира [5].

**Роль и место модели мира.** Одним из направлений для увеличения функциональности автономных сервисных медицинских роботов является задача разработки эффективной внутренней модели мира робота [6, 7]. Согласно разработанной концепции сценариев поведения сервисных роботов в клиниках [6, 8], ключевыми функциями таких роботов будут являться являться транспортно-информационные функции (Рис. 1).



Рис. 1. Парадигма транспортно-информационных функций сервисных роботов в клинике.

Соответственно, в рамках такой концепции под термином *сервисный медицинский робот* (СМР) понимается некоторое компактное, многофункциональное, подвижное и автономно функционирующее электронно-механическое устройство, которое работает в условиях учреждения здравоохранения и предназначено для выполнения внутри этого учреждения различных транспортных, поисковых и информационных задач, т.е. для выполнения различных поручений, связанных с поиском объектов, взаимодействием с объектами, транспортировкой различных объектов, получением информации об объектах, хранением этой информации, её обработкой и сообщением человеку. Все задачи роботом решаются алгоритмически за счет его перемещения в переменной внешней среде путем поиска и установления последовательных контактов с внешними объектами взаимодействия (врач, пациент, комната, предмет для транспортировки, файл для обмена информацией), которые заложены в него в виде наборов переменных для опознания и взаимодействия. Таким образом, важнейшим элементом любого СМР является система внутренних и внешних органов «чувств» робота - сенсоров, которые в совокупности определяют его «картину мира» и все существенные и несущественные внешние и внутренние переменные объектов мира, с которыми ему предстоит

работать. Именно от сенсорной системы робота и сопряженной с ней системы распознавания образов, от их совместной способности к вычленению и категоризации объектов внешнего и внутреннего мира робота, зависит весь дальнейший облик всей мыслительно-логической начинки программного обеспечения робота, т.к. «мыслить» робот может только в тех категориях, которые способны выделять и распознавать его органы чувств [9, 10]. Поэтому, ключевым элементом, определяющим большинство функциональных возможностей СМР и облик его программного обеспечения, является внутренняя модель мира (ММ) робота.

Сегодня проблемам построения ММ для автономных сервисных роботов уделяется все больше внимания [6, 11-13]. Однако в большинстве случаев используемые ММ касаются пока описания среды обитания роботов, внешней обстановки в помещении или на улице по пути движения робота, и разрабатываются для генерации сценариев управления перемещением робота из пункта «А» в пункт «Б» [11, 13]. В таких ММ, например, в ячеистой модели среды [13], все объекты внешнего мира имеют свои координаты на территории обитания, габариты, а их история существования описывается историей перемещения по территории (сменой положения в выбранной системе координат мира). Однако для модели информации, а также для транспортируемых роботом мелких предметов такой подход в силу ряда причин не эффективен. Информация не занимает места в пространстве и не перемещается по территории подобно роботам или людям. Она передается от объекта к объекту (от человека к человеку, от человека к роботу и т.д.) путем трансляции от источника (носителя информации) к приемнику информации (реципиенту), оставаясь, при этом, и у ее источника, и у реципиента, т.е. информация не перемещается, а копируется. Поэтому, очевидно, здесь требуется концептуально иной подход к ее описанию в ММ. Похожая ситуация складывается и с мелкими предметами для транспортировки, скажем с упаковкой лекарств. Хотя мелкие предметы и перемещаются физически от объекта к объекту, их присутствие в мире обычно не влияет на движение робота по территории, не перекрывает пространство для других предметов, поэтому модель таких мелких транспортируемых предметов в ММ робота может также быть отвлечена от их размеров и пространственных координат места нахождения. Как конкретно в простейшем виде могут выглядеть модельные описания информации и транспортируемых предметов в ММ СМР?

**Модель предметов и информации.** Все объекты внешнего мира описываются в типовых ММ робота классами объектов с присущими им характерными атрибутами [6, 10]. Среди важнейших атрибутов объектов можно выделить: уникальное имя (идентификатор) объекта, его габариты, координаты положения в пространстве и ряд других свойств. Класс «информационных элементов» (*Iei*) – файлов информации, которые надо передать/получить, в т.ч., например, путем озвучивания – отличается в разрабатываемой нами ММ СМР от класса физических объектов тем, что его экземпляры не имеют пространственных размеров, координат нахождения на территории обитания СМР, а характеризуются лишь уникальным именем – номером «*i*» (*i*=1;2;3;...) и списком принадлежности к обитателям, который означает, что данная информация была сообщена (или заранее известна) данному обитателю. Например, для некоторого файла информации *Ie8* в ММ активно действующего робота №N хранится запись в виде списка:

*List.file\_Ie8={man1, robot2, ....}.*

Этот список означает, что данная информация №8 уже известна (была сообщена) некоторому человеку №1, а также роботу №2, и рассматриваемый активный робот N это «знает». Этого вполне достаточно, например, чтобы при встрече с человеком №1 не передавать ему эту информацию дважды, а при поступлении внешней команды от оператора (врача) «передать человеку №1 информацию *Ie8*», робот мог бы обоснованно «ответить», что эта информация реципиенту уже известна.

Как и атрибут «координаты» у внешних крупногабаритных предметов (например, у мебели) на территории обитания, этот список принадлежности может быть функцией времени, если связать момент поступления информации к реципиенту с уникальной временной меткой. Так, если человеку №1 информация была сообщена в момент времени *T1*, а роботу №2 в момент времени *T5*, то запись может иметь вид:

*List.file\_Ie8={(T1, man1), (T5, robot2), ....}.*

В этом случае формируется история передачи информации с привязкой ко времени. По ней СМР может проследить и проанализировать всю историю своего общения с другими обитателями. Сама форма записи и ее конкретная реализация на выбранном языке программирования не имеет здесь значения, ибо пока мы рассматриваем лишь общий принцип формирования сведений об информации в ММ СМР. Можно, например, записи с метками времени формировать в виде двумерных массивов, где первой строкой будут идти временные метки, а второй – имена реципиентов информации. Принципиально в формировании таких списков лишь то, чтобы робот мог считывать и «понимать» эту информацию в этих списках. Также важно отметить, что, в отличие от формирования атрибутов координат предметов и других обитателей на территории, когда координаты могут изменяться со временем, данный список атрибутов не изменяемый, а дополняемый. Если информация уже была сообщена субъекту взаимодействия, она в рамках предлагаемой ММ не может у него «исчезнуть», хотя, в принципе, несложно ввести в такую модель и процесс забывания информации (см. далее).

И еще один важный аспект. Если обитателей на территории обитания робота №N много, то информация может передаваться от одного обитателя к другому, минуя робота №N. Тогда у робота №N не всегда будут в его ММ достоверные сведения, знает ли какой-либо реципиент (субъект, обитатель) рассматриваемую информацию *Ie8*. Но и в этом случае предлагаемый для ММ СМР подход позволяет легко смоделировать

ситуацию. Для этого достаточно ввести вероятностную оценку владения субъектами общения рассматриваемой информации, например, в виде числового атрибута  $P$ , принимающего значение от 0 (в случае, если информация не известна субъекту) до 1 (если достоверно известно о владении субъектом той или иной информацией). Если робот №N сам сообщал информацию субъекту, то  $P$  редуцируется в  $P=1$ . Если нет, то робот только может делать предположения – дробные вероятностные оценки – о владении информацией субъектом. Например, для человека №3 это в примере списка для  $Ie8$  может быть при вероятности  $P=0.5$  представлено так:

*List.file\_Ie8={(T1, man1, P=1), (T5, robot2, P=1), (T?, man3, P=0.5), ....}.*

По мере развития общения значения  $P_i$  в оценке роботом ситуации могут меняться. Забывание в такой модели, а также невосприятие информации логично будут описываться  $P=0$  при известном и однозначно определенном  $T_i$  у реципиента. Скажем, если робот N в результате общения с человеком №3 в какой-то момент времени  $Tx$  «понял», что этому человеку известна информация  $Ie8$ , тогда для него  $P=0.5$  редуцируется в  $P=1$  в следующей добавленной записи с меткой  $Tx$ . Забывание этой информации в последующий момент времени  $Ty$  добавит запись с  $P=0$ , если обитатель сообщит об этом роботу. И т.д.

Класс «предметов для транспортировки» (*subjects*) также отличается в предлагаемой ММ для простоты модели от других объектов внешнего мира отсутствием пространственных размеров и координат «существования» на территории. Также предметы функционально всегда находятся где-то внутри другого объекта, т.е. могут «вмещаться» в человека или робота, в стол или в тумбочку с объемом вмещения, определяемым простым количеством предметов, находящихся внутри, и размером «ящика» для их вмещения. Поэтому их пространственное положение в каждый момент времени логично определяется координатами держателя этого предмета (координатами робота, стола, тумбочки) и не требует отдельного определения координат в ММ. Внутри класса сами предметы различаются присвоенными атрибутами «имя», №, или, например, «цвет» - R, G, B. Каждый экземпляр предметов из класса *subjects* характеризуется также именем его держателя в каждый момент времени, куда он в данный момент времени помещен. Основываясь на предыдущих пояснениях, аналогичная запись в ММ для предмета G может выглядеть, например, если робот №N получил в момент времени  $T0$  предмет G для передачи человеку №3 и передал его ему в момент времени  $T4$ , так:

*Coordinates.subjects\_G={(T0, robotN, P=1), (T4, man3, P=1), (T5, table2, P=0.9), ....}.*

В этой модели также включена вероятностная оценка ситуации, если робот с большой, скажем, долей вероятности ( $P=0.9$ ) предполагает, что после получения предмета человек положил его в стол №2 в следующий момент времени  $T5$ . Здесь также формируется дополняемый список, но понимается он в плане нахождения предмета в месте, соответствующем последнему моменту времени. Предыдущие временные метки – история транспортировки предмета, причем эта история уникальна для данного робота №N и может быть абсолютно неизвестна другому роботу или человеку. У другого робота в общем случае в его ММ будет храниться другая запись истории предмета G, возможно нулевая, до того момента времени, пока эти роботы не обменяются имеющейся у них информацией о предмете G.

Как оказалось, если такую систему записи во времени применять для каждого перемещаемого предмета, для информации и для любых других изменяемых свойств объектов и обитателей мира, то, во-первых, не надо делать непрерывные временные треки записей всех атрибутов объектов в реальном времени и в динамике, что существенно экономит память робота, а, во-вторых, автоматически в ММ формируется некая индивидуальная история мира «глазами робота»! Для разных роботов даже на одной и той же территории она окажется в деталях разной! Это уже само по себе – удивительное обнаруженное и, видимо, общее фундаментальное свойство любой внутренней ММ робота: неизбежная автоматическая индивидуализация ММ при ее функционировании в составе реально «живущего» робота. Но еще более удивительно, на наш взгляд, что принципиально в этих примерах выявляется в целом динамический, изменяющийся характер ММ. Модель оказывается принципиально нестационарной, дополняемой, а значит – возможно существование некоего более глубокого, фундаментального принципа «неизбежного обучения» любой интеллектуальной системы, например, в виде формирования полноценной масштабной ММ из некоторой начальной (нулевой) модели. Не исключено, что этот принцип может быть логически выводим из неких «первых принципов» рассудочной деятельности любой «интеллектуальной системы», если их правильно сформулировать.

**Заключение.** Одним из направлений для увеличения функциональности автономных сервисных медицинских роботов является задача разработки эффективной внутренней модели мира (ММ) робота [6, 11-13]. В данной работе рассматривались особенности построения внутренней модели мира автономного сервисного медицинского робота в части описания свойств транспортируемых предметов и свойств информации для передачи другим обитателям. Предложены варианты описания свойств транспортируемых предметов и информации, в том числе с учетом динамики их изменений во времени и вероятностной оценки ситуации (для последующего использования темпоральных и модальных логических рассуждений). Показано, что при выбранном подходе автоматически в ММ формируется некая индивидуальная история мира непосредственно «глазами робота». Не исключено, что это обнаруженное свойство – общее фундаментальное свойство любой внутренней ММ робота: неизбежная автоматическая индивидуализация ММ при ее функционировании в составе реального робота, а также следствие более общего принципа «неизбежного

обучения» любой интеллектуальной системы, например, в виде формирования полноценной масштабной ММ из некоторой начальной (нулевой) модели.

### Библиографический список

1. Wang Y. et. al. The developing market for medical robotics // Proc. IEEE, Special issue “Medical Robotics”, Ed. By T. Kanade, B. Davis, and C.N.Riviere, vol. 94, No.9, 2006, p. 1763-1770.
2. "Robotics for Healthcare" // Final report of the study within framework of the eHealth activities of the EU Comission. – EUC Publishing, 2010.
3. Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. // Технологии живых систем, т.7, №4, 2010, с.3-14.
4. Mastrogiovanni F., Chong N. Y. The need for a research agenda in intelligent robotics // Intelligent Service Robotics, No.6, 2013, p. 1-3.
5. Ефимов А. Состояние и перспективы отечественной робототехники. // Материалы доклада на втором заседании координационного совета Министерства образования и науки РФ по развитию робототехники, 8 апреля 2016, Санкт-Петербург, ЦНИИ РТК, <http://www.slideshare.net/igorod2/ss-60657851>
6. Rogatkin D., Lapaeva L., Bychenkov O. Autonomous mobile medical service robot: scenarios of behavior and a world model // Proc. of 4-th Int. Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB2015), China, 2015. - p. 9-10.
7. Towle Jr. B., Nicolescu M. An auction behavior-based robotic architecture for service robotics // Intelligent Service Robotics, 2014, 7(3), 2014157-174.
8. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Лапаева Л.Г. Концепция автономных мобильных сервисных роботов для медицины // Биомедицинская радиоэлектроника, №5, 2013, с.46-56.
9. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014.
10. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г. Среда обитания сервисных медицинских роботов в клинике // Ползуновский вестник, №2, 2013. - с.233-238.
11. Kułakowski K. and Wąs J. World Model for Autonomous Mobile Robot - Formal Approach // Proc. of 18th International Conference Intelligent Information Systems (IIS'2010), 2010, p. 37-45.
12. Elfring J., Dries S., Molengraft M., Steinbuch M. Semantic world modeling using probabilistic multiple hypothesis anchoring // Robotics and Autonomous Systems, vol. 61, No. 2, 2013, p. 95–105.
13. Кореньков А.Н. Построение модели окружающего мира для локальной навигации мобильных роботов на основе регистрации трехмерных облаков точек // Робототехника и техническая кибернетика, №1(10), 2016, с.27-36.

### TRANSPORTED OBJECTS AND INFORMATION IN THE WORLD MODEL OF AN AUTONOMOUS SERVICE MEDICAL ROBOT

Rogatkin D.A., Lapitan D.G., Kulikov D.A., Ivlieva A.L.

Moscow Regional Research and Clinical Institute "MONIKI"  
named after M.F.Vladimirskiy, [d.rogatkin@monikiweb.ru](mailto:d.rogatkin@monikiweb.ru)

In the article, some specialties of development and design of the world model for autonomous service medical robots are considered in the part of description of the transported objects and translated to other inhabitants information. The proposed approach describes the properties of the transported subjects and translated information, including taking into account the dynamics of their changes in time and probabilistic assessment (for later use temporal and modal logical reasoning). It is shown, that the chosen approach is automatically formed in the world model a kind of private history of the World "through the eyes of a robot". It is possible, that the discovered property is the total fundamental property of any internal robot's world model: an inevitable automatic individualization of the world model when it is functioning as a part of the real robot and the trace of a more general principle of "inevitable learning" for any intellectual system, for example, in the form of formation of a full scale world model from some initial (zero) model's level.

---

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИМИ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Бабич М.В., Шемякин Д.Г., Фрелих А.В., Арсентьев Е.А., Кубланов В.С.  
ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»,  
[dmi5938@mail.ru](mailto:dmi5938@mail.ru)

При лечении пациентов медицинскими физиотерапевтическими устройствами, зачастую существует механический контакт между этим прибором и самим пациентом. В то же время, требуется постоянный

мониторинг лечебного процесса со стороны врача. Схема такого взаимодействия представлена на рисунке 1. Данные обстоятельства приводят к проблемам, таким как нахождение врача в физическом поле, генерируемом медицинским устройством, и ограничение мобильности пациента с таким прибором. Всё это может отрицательно влиять на лечебный процесс.

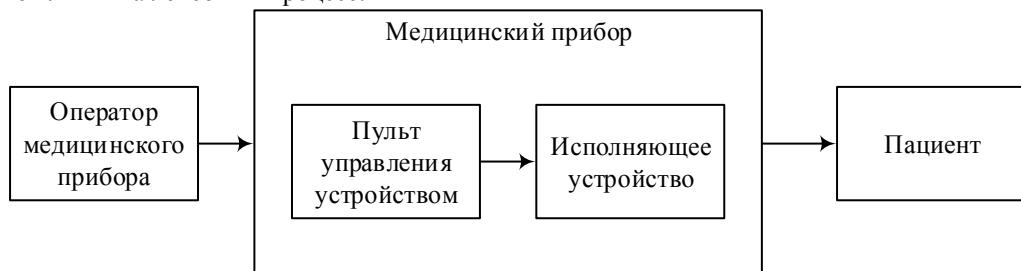


Рис. 1 – Схема взаимодействия «Оператор медицинского устройства – медицинское устройство – пациент»

Целесообразно разделить медицинское устройство на две составляющих – пульт управления и удаленное исполняющее устройство. Пульт управления отвечает за установку параметров физического поля, генерируемого исполняющим устройством, которое взаимодействует непосредственно с пациентом. Такое решение предоставляет различные преимущества, например: повышение мобильности пациента, за счёт отсутствия прямого взаимодействия между оператором устройства (врачом) и исполняющим устройством [4], в то же время, это позволяет врачу избежать влияния физических полей данного медицинского прибора.

Схему взаимодействия «Оператор – пульт управления – исполняющее устройство – пациент» возможно преобразовать к виду, когда с одним пультом управления одновременно работает множество исполняющих устройств.

Целью нашей работы являлась разработка программного обеспечения на базе операционной системы (ОС) *Android* для пульта управления несколькими медицинскими устройствами.

Следуя идеологии "один пульт управления - множеству исполняющих устройств", схема взаимодействия оператора и пациента примет вид представленный на рисунке 2.

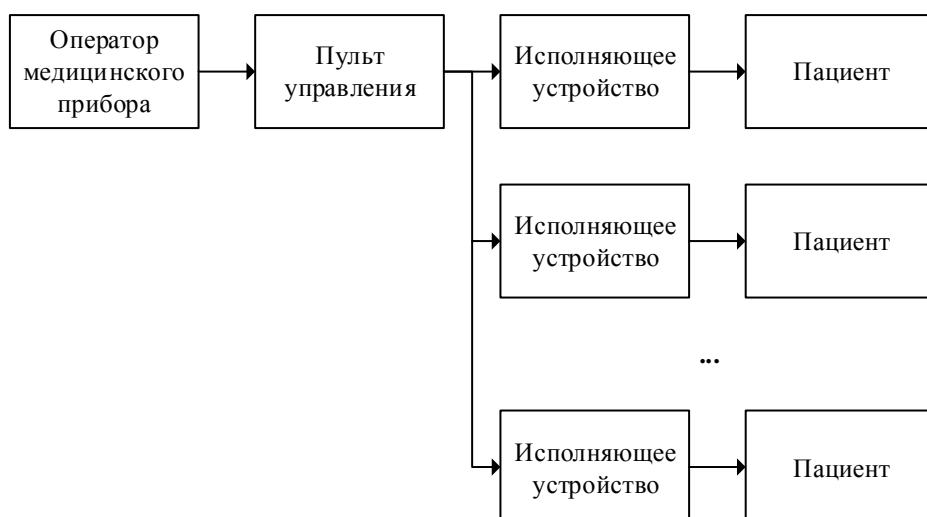


Рис. 2 – Схема взаимодействия одного пульта управления с несколькими исполняющими устройствами

Современные средства коммуникации, используемые для подключения физиотерапевтических устройств, а также аппаратные средства ЭВМ позволяют создавать сложные структуры подключения приборов. В лечебной практике полезной будет модель, при которой к одному пульту управления подключается множество исполняющих устройств в соответствии с топологией «Звезда». К преимуществам данной топологии относится высокая производительность и гибкие возможности масштабирования. Такой способ организации взаимодействия позволяет сократить количество пультов управления, а, следовательно, и операторов, задействованных в лечебном процессе. Данный факт существенно снижает затраты на выполнение одной лечебной процедуры.

Необходимо заметить, что разрабатывать специализированные пульты управления каждому физиотерапевтическому устройству, стоит больших материальных затрат [2]. Следовательно, выгоднее в качестве пульта использовать готовые платформы, такие как, мобильное устройство или персональный компьютер. Наиболее распространённым решением, является разработка пультов управления физиотерапевтическими устройствами на базе персонального компьютера под управлением ОС *Windows*.

Целевой платформой, в качестве пульта управления, были выбраны мобильные устройства на базе ОС *Android*. Их достоинства рассмотрены в [3, 7].

### Протокол взаимодействия

С целью унификации разрабатываемого пульта управления физиотерапевтическими устройствами целесообразно представить состояния этих устройств с помощью набора целочисленных характеристик. При этом каждая характеристика имеет атрибуты, такие как возможность записи и возможность чтения. Характеристики с атрибутом «для чтения» представляют состояния устройств, обусловленные внешними факторами среды, например, работа от внешнего источника питания или встроенной аккумуляторной батареи, напряжение аккумулятора и так далее. Характеристики с атрибутом «для записи», представляют параметры приборов, отвечающие за генерацию физических воздействий, например, такие как амплитуда, частота, длительность импульса, мощность, давление, время до выключения прибора и так далее.

### Архитектура

В связи с тем, что графический интерфейс пользователя (ГИП) достаточно сложный целесообразно использовать шаблоны проектирования программного обеспечения, также называющиеся паттернами. Для реализации сложных ГИП в настоящее время рекомендуется применять паттерн *Model-View-ViewModel (MVVM)*, позволяющий разделить модель и ее представление друг от друга, в соответствии с рисунком 3. Применение паттерна *MVVM* тесно связано с применением паттерна Наблюдатель [6].

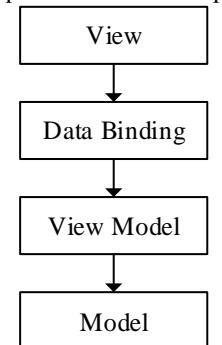


Рисунок 3 – MVVM

Диаграмма взаимодействия ключевых классов приложения, ориентированного на работу со многими физиотерапевтическими устройствами приведена на рисунке 4.

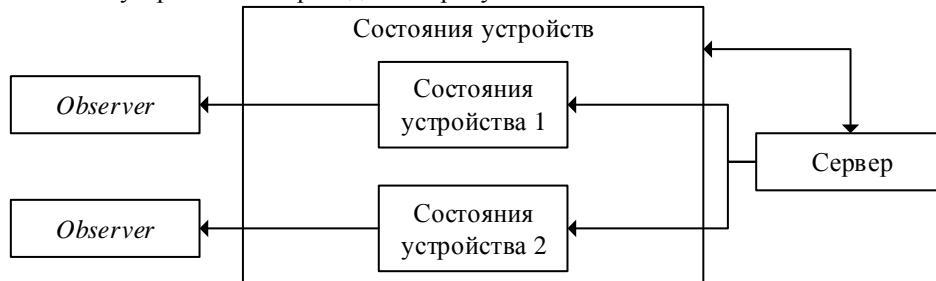


Рис. 4 – Диаграмма связей наблюдателей и наблюдаемых состояний

Главным элементом программы управления множеством физиотерапевтических устройств является список состояний устройств. Данный список хранит сущности всех состояний устройств. Каждая сущность состояния устройства хранит значения всех характеристик, считанных с физиотерапевтического устройства, а также целевые характеристики, установленные оператором посредством ГИП. Каждая сущность состояния устройства реализует интерфейс *IObservable*, входящий в состав паттерна Наблюдатель, и автоматически оповещает сущности *Observer* при внесении изменений состояния устройства. Каждый объект *Observer* реализует интерфейс *IObserver*, входящий в состав паттерна Наблюдатель и отвечает за перерисовку ГИП соответствующего физиотерапевтического устройства.

Синхронная природа большинства драйверов устройств коммуникационных протоколов требует создания сущности, отвечающей за циклический опрос всех состояний каждого устройства в строгой последовательности с целью синхронизации состояний управляющих устройств с физиотерапевтическими устройствами. Для решения данной задачи была создана сущность Сервер, которая имеет информацию обо всех состояниях подключенных физиотерапевтических устройств. Сервер, находящийся в бесконечном цикле в отдельном потоке приложения, поочередно обрабатывает состояния устройств при помощи следующих шагов:

- Запрос с физиотерапевтического устройства всех характеристик, предназначенных для чтения.
- Для каждой характеристики, предназначенной для записи, сравнение текущего значения этой характеристики, хранимой на физиотерапевтическом устройстве с соответствующей целевой характеристикой. Если две эти характеристики имеют различные значения, то производится запись

значения целевой характеристики в соответствующую характеристику для установки параметра физиотерапевтического устройства.

За счет реализации паттерна Наблюдатель сущности *Observer* получают события об изменениях соответствующего состояния устройства, при получении которого объект *Observer* инициирует перерисовывание соответствующих областей ГИП актуализированной информацией.

Работа с физиотерапевтическими устройствами осуществляется в одном рабочем окне программы, которое представлено формой типа *Master-Details*. Форма состоит из трёх деятельности, так называемых *Activity* [1] – «Выбор устройства», «Выбор подключенного устройства» и «Работа с устройством». Такая организация позволяет одновременно контролировать состояния всех устройств, но при этом не перегружает экран излишней информацией, что облегчает работу оператора.

#### Диаграммы классов и последовательности

На рисунке 5 показана диаграмма последовательности процесса работы с медицинским прибором, посредством программного обеспечения.

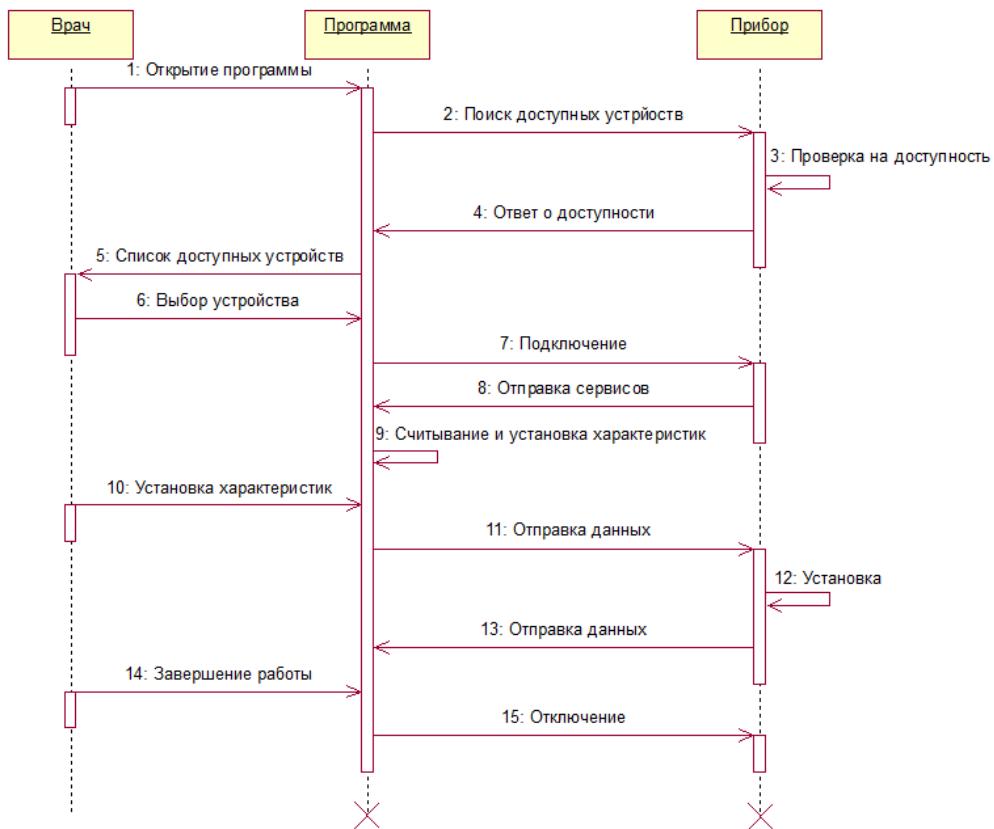


Рис.5 – Диаграмма последовательности информационной системы

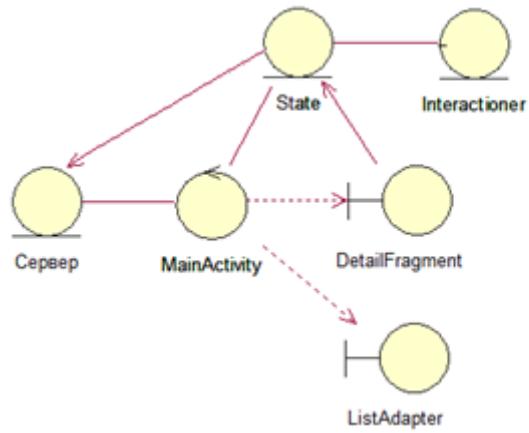


Рис. 6 – Диаграмма классов

На рисунке 6 представлена диаграмма ключевых классов программного обеспечения пульта управления, отображающая связь классов в коде программы. В классе *MainActivity* осуществляется поиск устройств доступных для подключения, сам класс связан с классами *DetailFragment*, который отвечает за отображение подробных сведений подключенного прибора и где осуществляется изменение текущих параметров этого

устройства, и классом *ListAdapter* – отображающем краткую информацию о состоянии подключенного устройства. Класс *Interactioner* отвечает за взаимодействие между медицинским устройством и его пультом управления. Сервер отвечает за отслеживание изменений текущих параметров медицинского прибора.

Результатом работы является разработанное приложение, которое служит примером реализации программного обеспечения для пульта управления несколькими медицинскими физиотерапевтическими устройствами на базе ОС *Android*. Благодаря использованию системы сервисов существует возможность управлять различными устройствами без необходимости изменения исходного кода программы.

## Библиографический список

1. Android Developer [электронный ресурс] / Develop API Guides/ Activities: [сайт]. URL: <http://developer.android.com/guide/components/activities.html>
2. Benjamin A. Suter, Timothy O'Connor, Vijay Iyer, Leopoldo T. Petreanu, Bryan M. Hooks, Taro Kiritani, Karel Svoboda and Gordon M. G. Shepherd. Ephus: multipurpose data acquisition software for neuroscience experiments // «Frontiers in neural circuits» - 2010. – Volume 4 – article 100.
3. Karim Yaghmour, Embedded Android // «O'Reilly Media» – 2013. – 412 p.
4. Nuno Costa, Tiago Araujo, Neuza Nunes, Hugo Gamboa, Multi-purpose Electrostimulator Software // «Scitepress» - 2013.
5. JavaWorld/ Observer and observable – URL: <http://www.javaworld.com/article/2077258/learn-java/observer-and-observable.html>
6. CodeProject [электронный ресурс] // Model-View-ViewModel: [сайт]. URL: <http://www.codeproject.com/Articles/100175/Model-View-ViewModel-MVVM-Explained>
7. М.В.Бабич, А.В. Фрелих, Д.Г. Шемякин, Е.А. Арсентьев. Разработка многоцелевого программного обеспечения для управления медицинскими приборами на базе операционной системы *Android*// «Интернаука» - 2015. - сборник 27 - 105 с.

## Development of software for control panel that manages multiple physiotherapy devices

Babich M.V., Shemyakin D.G., Arsentiev E.A., Frelich A.V., Kublanov V.S.  
The Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin  
[dmi5938@mail.ru](mailto:dmi5938@mail.ru)

The article considers the scheme of interaction «operator of the medical device – medical device - patient» in medical process, when the doctor must configure the device during this process. The advantages of separation of block «medical device» into two blocks «control panel» and «executing device» are evaluated. We develop software based on operating system *Android* for control panel, which allows manipulate parameters of medical device. The distinctive feature of this application is possibility to control several devices at the same time, that allows configure their parameters faster without separate control panel for each device. In this article, we consider an algorithm of the functioning for control panel.



## РАЗРАБОТКА МАКЕТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕДУРЫ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Буреев А. Ш., Жданов Д. С., Киселева Е. Ю., Земляков И. Ю., Осипов А. В., Селезнев А. И.,  
Хохлова Л. А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
[eka.kiselyova@gmail.com](mailto:eka.kiselyova@gmail.com)

В настоящее время на рынке медицинских изделий отсутствует класс устройств, позволяющих вести непрерывную оценку адекватности реанимационных мероприятий непосредственно в ходе их оказания в полевых условиях. Известные модели иностранного производства оценивают правильность проводимых реанимационных мероприятий лишь по косвенным признакам, измеряя усилие нажатия на грудную клетку при проведении непрямого массажа сердца. Обратная связь по оценке основных витальных функций пациента для врача-реаниматора не предусмотрена: предполагается, что эта часть будет возложена на прикроватный монитор. Однако подобные условия имеются лишь в медицинском стационаре: у врачей скорой помощи, сотрудников МЧС, горных спасателей такой возможности нет. Таким образом, имеется существенная необходимость разработки простых в использовании, компактных и надежных аппаратно-программных комплексов с автономным питанием для работы в полевых условиях, которые не только контролируют витальные функции организма реанимируемого, но и помогают проведению сердечно-легочной реанимации (СЛР) пациента за пределами медицинского стационара.

Ранее был предложен вариант решения в виде макета программно-аппаратного комплекса для контроля проведения процедуры СЛР [1], который контролировал рекомендуемые параметры оценки состояния реанимируемого: динамику изменения диаметра зрачка и движение воздуха в трахее. Для этого использовалась видеокамера с USB-выходом, закрепляемая на глазнице реанимируемого, а также микрофон, устанавливаемый в области гортани. Кроме того, производился контроль кровотока в области шеи, характеризующий кровоснабжение мозга, для чего регистрировались шумы тока крови сонных артерий и динамика импеданса тканей. Впоследствии было решено отказаться от использования видеокамеры и импедансометрии, что было связано с большими временными затратами на установку и закрепление на теле человека соответствующих датчиков [2].

В настоящее время за основу алгоритма макета устройства по контролю за ходом СЛР взят анализ акустических сигналов, регистрируемых в области бифуркации сонных артерий (шумы тока крови) и гортани (дыхательные шумы). Управление ходом СЛР ориентируется на спецификации, разработанные отечественными специалистами и рекомендованные Министерством здравоохранения [3, 4, 5], а также рекомендации Европейского Совета по реанимации [6], во многом подобные рекомендациям Американской Ассоциации сердечных заболеваний по СЛР и неотложной помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Макет устройства в конструктивном исполнении близок к ортопедическому «воротнику Шанца», который представляет собой жесткую шину-фиксатор шейного отдела позвоночника. Такое исполнение позволяет беспрепятственно использовать устройство не только при травмах туловища и конечностей, но и при повреждениях в области головы и шеи. При этом выполняется тройной прием Сафара, открывающий дыхательные пути пострадавшего и позволяющий приступить к началу реанимации [2]. Удобство и скорость размещения макета устройства на реанимируемом соответствует принципу жесткого лимита времени, известному в медицине неотложных состояний как «ранний доступ» и «раннее начало». Необходимо заметить, что уровень выживаемости реанимируемых с каждой минутой отсрочки начала СЛР уменьшается на 10% [3].

В части прилегания устройства к передней поверхности шеи размещено три акустических датчика: по одному в проекции левой и правой сонной артерии, и один – в области гортани. Датчики представляют собой пьезоэлектрические преобразователи из керамики ЦТСНВ-1, приклейенной к круглым мембранам из нержавеющей стали 12Х18Н10Т диаметром 32 мм и толщиной 0,15 мм. Каждый датчик соединен экранированным кабелем с входом преобразователя «заряд-напряжение», сигнал с которого после фильтрации и каскада с автоматической регулировкой усиления поступает на вход многоканального 12-тиразрядного АЦП. Оцифрованный сигнал обрабатывается быстродействующим 32-хразрядным микроконтроллером ARM Cortex M4, в котором программно реализованы алгоритмы выделения и распознавания дыхательных шумов и шумов движения крови.

Работа устройства происходит по циклическому алгоритму, который представлен на рис. 1.

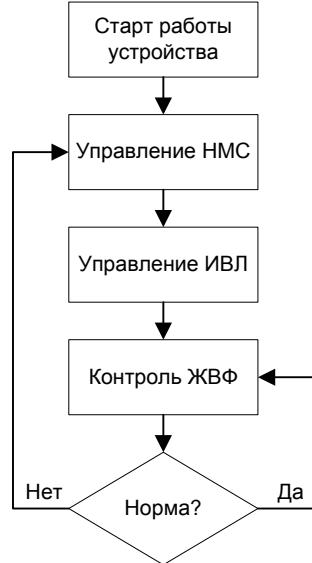


Рис. 1. Алгоритм работы устройства контроля за ходом СЛР.

После размещения устройства на шее реанимируемого и включения питания происходит его активация, контроль состояния датчиков (наличием сигналов) и запуск таймеров подсистемы управления ходом СЛР. При этом устройство сразу входит в режим управления процессом СЛР, который состоит из трех фаз [3, 4].

Первой следует фаза управления непрямым массажем сердца (НМС). Задача этого этапа – обеспечить кровоснабжение головного мозга. При этом процедуру реанимации необходимо начинать именно с него, чтобы использовать тот запас кислорода, который еще сохранился в крови. Управление ходом СЛР производится путем подачи на встроенный динамик 30 коротких сигналов с частотой 1 кГц и промежутком 600 мс, что соответствует интенсивности движений по сжатию грудной клетки 100 раз в минуту, рекомендованным в [3, 4] (от 100 до 120 сжатий в минуту). Окончание цикла НМС соответствует сигналу удвоенной длительности.

Следующим запускается фаза управления искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Задача этого этапа реанимации – насыщение крови пациента кислородом. Согласно рекомендациям [3, 4], на этом этапе реаниматор должен сделать два акта искусственного дыхания «рот-в-рот» длительностью от 1 секунда с промежутком 3 секунды. Для управления этим процессом на встроенный динамик подаются два сигнала соответствующей длительности с частотой 500 Гц.

Далее следует фаза контроля жизненно важных функций (ЖВФ) реанимируемого. В этот промежуток времени производится регистрация и анализ сигналов, поступающих с акустических датчиков устройства. При возникновении самостоятельных сокращений сердца в области сонных артерий будут фиксироваться периодические низкочастотные (15-100 Гц) колебания, которые соответствуют пульсовым колебаниям сосудистой стенки. При появлении дыхания у реанимируемого в области гортани будут регистрироваться периодические дыхательные шумы в области средних частот (300-800 Гц), которые соответствуют дыхательным циклам «вдох – выдох». Длительность цикла контроля ЖВФ составляет 5 секунд (рекомендовано не более 10 секунд [3, 4]). Если контроль ЖВФ не зарегистрировал появления самостоятельной дыхательной и сердечно-сократительной деятельности у реанимируемого, то следует продолжительный сигнал с частотой 1 кГц, предупреждающий о начале нового цикла реанимационных мероприятий и требующий приступить к фазе непрямого массажа сердца.

В том случае, если устройство зафиксировало признаки самостоятельного дыхания и сердцебиения у реанимируемого, происходит автоматический переход из режима управления СЛР в режим контроля жизненно важных функций, в котором производится отслеживание самостоятельное дыхание и сердцебиение пациента. Вместе с тем, согласно действующим рекомендациям [3, 4], при проведении базовых реанимационных мероприятий у взрослых, критериями прекращения СЛР являются пробуждение пациента, открытие им глаз, и восстановление нормального дыхания, определяемые визуально и на слух: только в этом случае врач-реаниматор может прекратить проведение реанимационных мероприятий. Если соответствующие сигналы ЖВФ перестают поступать с датчиков в течение 15 секунд, устройство предупреждает о возникновении критической ситуации трехкратным длительным сигналом и автоматически возвращается в режим управления ходом процесса СЛР.

Для удобства работы реанимационной бригады звуковые сигналы, генерируемые устройством, дублируются световой индикацией, выполненной на двух сверхъярких красно-зеленых светодиодах, соответственно для индикации актов дыхания и сердцебиения: при разработке устройства было принято решение отказаться от цветного LCD-дисплея из-за его механической хрупкости и сложности восприятия информации при ярком свете.

При отсутствии сигналов ЖВФ с датчиков устройства оба индикатора горят красным цветом (R-канал индикатора). Появление характерных шумов тока крови и дыхания, амплитуда которых незначительна (наблюдаются при проведении процедур НМС и ИВЛ), приводит к периодическому зажиганию желтых сигналов (R- и G-каналы), синхронными с регистрируемыми сигналами. Самостоятельное дыхание и сердцебиение индицируется периодическими вспышками зеленого цвета (G-канал), также синхронными с регистрируемыми сигналами.

Для облегчения составления отчетов о проведенных реанимационных мероприятиях устройство сразу по включении начинает вести протокол с фиксированием сигналов, генерируемых во время процедуры СЛР и времени их подачи. Для хранения даты и формирования сигналов текущего времени в устройстве используются часы реального времени (RTC), входящие в состав микроконтроллера: их функционирование продолжается даже во время отключения питания устройства. Метки протокола записываются в энергонезависимую память устройства, и при необходимости могут быть отправлены по каналу USB на автоматизированное рабочее место врача, дешифрованы и оформлены в виде утвержденной формы для вывода на печать. Каждая метка содержит системную дату, время и код операции, что позволяет посекундно восстановить процесс управления СЛР и моменты регистрации дыхания и сердцебиения реанимируемого. Заметим, что в представленной версии макета отсутствие соответствующих датчиков обратной связи не позволяет регистрировать и впоследствии оценить правильность проведения процедур реанимационной бригадой.

Таким образом, в ходе проведения работ был разработан и реализован макет устройства для работы за пределами медицинского стационара, позволяющий оперативно оценивать ЖВФ пострадавшего и в определенной мере управлять ходом процедуры сердечно-легочной реанимации. Известно, что при грамотном проведении СЛР спасателями без медицинского образования, но под управлением специалиста или прошедшими специальную подготовку, примерно вдвое повышают шансы на выживание пострадавшего [5]. Разрабатываемое устройство как раз и предназначено для замещения в некотором роде управления ходом СЛР со стороны специалиста. В дальнейшем предполагается введение в функционал устройства полноценного управления ходом СЛР с помощью голосового синтезатора.

Работы выполнялись в рамках соглашения № 14.578.21.0078 (уникальный идентификатор RFMEFI57814X0078) по теме «Устройство для контроля процедуры сердечно-легочной реанимации человека», заключенного между Минобрнауки РФ и Национальным исследовательским Томским государственным университетом.

## Библиографический список

- Сырямкин В. И. Система автоматического контроля процедуры сердечно-легочной реанимации [Текст] / В. И. Сырямкин, А. Ш. Буреев, А. В. Осипов, С. А. Клестов // Медицинская техника. – 2012. - №3. – с. 27-31.
- А.с. №2549314 Способ контроля сердечно-легочной реанимации и устройство для его осуществления / Сырямкин В. И., Буреев А. Ш., Земляков И. Ю.; заявитель и патентообладатель ООО «Диагностика +», Томск. – Рег. №2012129757; заяв. 13.06.2012.
- Базисная и расширенная сердечно-легочная реанимация / Под ред. Б.М. Блохина – М.: ГОУ ВПО НИ РГМУ, 2011. – 214 с.
- Мороз В. В. Сердечно-легочная и церебральная реанимация / В. В. Мороз, И. Г. Бобринская, В. Ю. Васильев, А. Н. Кузовлев, Е. А. Спирилдонова, Е. А. Тишков / М.: НИИ ОР РАМН, ГОУ ВПО МГМСУ, 2011. – 48 с.
- Интенсивная терапия. Национальное руководство. / Под ред. Б. Гельфанд и А. Салтанова / В 2 томах – Том 1. – ГЭОТАР Медицина, 2011. – 966 с.
- Deakin C. D. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support / C. D. Deakin, J. P. Nolan, J. Soar, K. Sunde, R. W. Koster, G. B. Smith, G. D. Perkins // Resuscitation. 2015 Oct, vol. 81, №10. – 1305-1352 pp.

## DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL DEVICE FOR THE CONTROL OF CARDIOPULMONARY RESUSCITATION

Bureev A. Sh., Zhdanov D. S., Kiseleva E. Yu., Zemlyakov I. Yu., Osipov A. V., Seleznev A. I., Hokhlova L. A. Tomsk State University, [eka.kiselyova@gmail.com](mailto:eka.kiselyova@gmail.com)

The article is to study the principles of development and operation of the device for cardiopulmonary resuscitation monitoring. The device developed enables control over the actions of the rescuer as well as assessment of the resuscitated patient's state during the procedure and after the positive effect achieved.



## ОЦЕНКА ДИФФУЗИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕЦЕПТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОБНОГО БИОСЕНСОРА

Емельянова Е.В., Решетилов А.Н.

ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН,  
[elenvem@ibpm.pushchino.ru](mailto:elenvem@ibpm.pushchino.ru)

Мальтоза – это природный дисахарид (солодовый сахар), состоящий из двух остатков глюкозы. Дисахарид содержится в проросших зёрнах ячменя, ржи и других зерновых; а также в томатах, в пыльце и нектаре некоторых растений. В организме животных и в растениях мальтоза образуется при ферментативном расщеплении крахмала и гликогена. В виде мальтозной патоки (продукт ферментативного осахаривания крахмала) её широко применяют в пищевой промышленности.

Кроме классических методов (газовая и жидкостная хроматография) для определения мальтозы используют биосенсорный метод анализа. В [1] проведено сравнение ферментных биосенсоров для определения мальтозы.

Амперометрические биосенсоры используют для определения около 80 различных веществ [2], в том числе моносахаридов, дисахаридов.

Амперометрический микробный сенсор состоит из иммобилизованного микроорганизма и электрохимического датчика, который преобразует скорость химической реакции между клеткой и детектируемым веществом в электрический ток.

В настоящей работе была сформирована модель амперометрического микробного биосенсора для определения мальтозы, включающая кислородный электрод Кларка, сопряжённый с биорецептором, содержащим иммобилизованные на мембране клетки бактерий. В результате активирующего действия мальтозы на метаболизм бактериальных клеток изменялась скорость потребления кислорода клетками биорецептора. Кислородный электрод преобразовывал химический сигнал (концентрация кислорода) в электрический. Регистрируемым параметром биосенсора была максимальная скорость изменения силы тока ( $dl/dt$ , ответ биосенсора -  $pA/c$ ), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации кислорода, потреблённого иммобилизованными клетками биорецептора в ответ на внесение мальтозы. Концентрацию мальтозы оценивали по скорости изменения силы тока (пропорциональна скорости потребления кислорода иммобилизованными клетками).

При создании амперометрического биосенсора важно, чтобы амперометрический отклик был связан пропорциональной зависимостью с концентрацией субстрата. Чтобы это условие выполнялось, скорость всего

процесса должна лимитироваться реакцией между клеткой и субстратом. Но кроме химической реакции скорость определяющей стадией может быть диффузия. Если метаболическая активность клеток высока (в нашем случае, при использовании одной и той же бактериальной суспензии, она одинакова для всех исследованных мембран), то скорость всей реакции может быть лимитирована массопереносом субстрата к поверхности или в мембрану рецепторного элемента, в порах которой находятся клетки, генерирующие ответ на внесение субстрата.

Таким образом, одной из важнейших характеристик микробного биосенсора может быть степень проницаемости мембраны для субстрата.

Различные виды бактерий и штаммы адгезируются в разной степени вследствие различающихся физико-химических характеристик бактерий [3]. Свойства поверхности мембраны такие, как, например, гидрофобность, рельеф поверхности, также имеют значение для бактериальной адгезии [3, 4].

Цель настоящей работы состояла в выборе оптимальной мембраны для иммобилизации клеток (формирование рецепторного элемента), используя модуль Тиле для выявления влияния диффузии на ответ биосенсора (скорость реакции мальтозы с бактериальными клетками рецепторного элемента).

Для иммобилизации бактериальных клеток *P. Pseudomonas* были использованы два вида стекловолокнистой бумаги Whatman (GF/A, GF/C), 6 видов фильтровальной бумаги фирмы Millipore (маркировка производителя - AA, AP<sub>pre</sub>, DA, GS, LS, PH), Таллиннские капроновые мембранны (Ткм) и 5 видов российских бумажных фильтров "цветная лента" (чёрная, жёлтая, белая, красная и синяя лента), для которых характерны различная плотность и диаметр пор.

Если рассматривать процесс генерирования ответа биосенсора, заостряя основное внимание на мембране, которая служит основой для иммобилизации клеток, то следует учесть следующее. Для формирования биорецептора бактериальные клетки иммобилизовали на мемbrane методом физической сорбции. С этой целью 10 мкл суспензии клеток наносили на фрагмент мембраны (4×4 мм) в виде капли диаметром 3-4 мм. Полученный рецепторный элемент подсушивали на воздухе в течение 30-40 минут и фиксировали на измерительной поверхности кислородного электрода Кларка. Электрод с зафиксированным на нём биорецептором помещали в измерительную кювету, оснащённую мешалкой и содержащую 50 мМ калий-натрий фосфатный буфер. Все измерения проводили при комнатной температуре и при постоянном перемешивании.

Процесс формирования реакции иммобилизованных клеток на внесение раствора мальтозы в измерительную кювету можно было разбить на несколько стадий.

Во-первых, молекуле субстрата (мальтозе, в каждом случае) необходимо подойти к поверхности мембран. Это движение происходит в одном и том же растворе (50 мМ калий-натрий фосфатный буфер) за счёт конвективного движения, осуществляемого с помощью мешалки при одном и том же значении оборотов в минуту. На данном этапе условия были одинаковы для всех типов мембран (для рецепторных элементов).

Во-вторых, молекулы мальтозы диффундируют через слой Нернста. Это неперемешивающийся слой жидкости (буфера в нашем случае), который прилегает к поверхности рецепторного элемента. Здесь движение происходит за счёт молекулярной диффузии, облегчённой перемешиванием. Эти условия также можно считать идентичными для всех рассматриваемых случаев.

В-третьих, молекулы мальтозы диффундируют в поры мембраны, где и контактируют с клеткой (мальтоза далее должна проникнуть в клетку, где и проходит ферментативная реакция). Предполагается, что наилучшим образом бактериальные клетки закрепляются внутри пор мембраны, а не на её поверхности, откуда они легче удаляются при перемешивании буферного раствора. Структура выбранных мембран была различной, поэтому эта стадия процесса, на наш взгляд, и была определяющей в функционировании рецепторных элементов на основе различных мембран. Скорость процесса на этой стадии могла зависеть от скорости диффузии мальтозы к поверхности бактериальных клеток.

Была проведена оценка влияния диффузии на скорость третьей стадии, используя частный случай модуля Тиле ( $\Psi$ ):  $\Psi = \alpha l$ , где для нашего случая

$\alpha = \sqrt{\frac{k_{\text{кат}}[E]_0}{K_m(\text{как})D}}$  – параметр, который характеризует суммарную ферментативную реакцию, проходившую в иммобилизованных бактериальных клетках, в  $\text{м}^{-1}$ ;  $D$  – коэффициент диффузии в  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $l$  – толщина мембраны (0.025 м). При  $\Psi > 1$  диффузия оказывает существенное влияние на скорость процесса, если  $\Psi < 1$  мы имеем дело с реакцией, которая не зависит от диффузии [5].

Используя уравнение Стокса-Эйнштейна и представляя молекулу мальтозы в виде сферы с постоянной плотностью  $\rho$  [5], коэффициент диффузии рассчитывали по формуле

$$D = \frac{k_B T (4\rho N)^{1/3}}{6\eta (3\pi^2 M)^{1/3}},$$

где  $k_B$  – константа Больцмана ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ Н} \times \text{м/град}$ );  $T$  – абсолютная температура ( $273 + t^\circ \text{С град}$ );  $\rho$  – плотность мальтозы ( $1540 \text{ кг/м}^3$ ),  $N$  – число Авогадро ( $6.022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ );  $\eta$  – вязкость водного раствора буфера ( $10 \times 10^{-4} - 0.89 \times 10^{-4} \text{ Н} \times \text{с/м}^2$ );  $M$  – молекулярный вес мальтозы (342.32 г/моль).

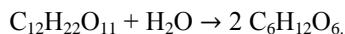
В таблице приведены константы скорости реакции между мальтозой и иммобилизованными клетками, определённые на основе экспериментальных данных, и рассчитанные величины модуля Тиле ( $\Psi$ ) для разных типов мембран:

№ п/п	Мембрана	Размер пор (мм); плотность (мг/см <sup>3</sup> )	$V_{max}$		$K_m$ (кажд.) моль/л	$\alpha$ , М <sup>-1</sup>	$\Psi$
			pA/c	моль О <sub>2</sub> /л×с			
1	<b>GF/A</b>	5.2 мг/см <sup>3</sup>	144.4	69.2×10 <sup>-8</sup>	39.7×10 <sup>-3</sup>	1.9×10 <sup>2</sup>	0.047
2	<b>GF/C</b>	5.5 мг/см <sup>3</sup>	134.7	64.6×10 <sup>-8</sup>	1.5×10 <sup>-3</sup>	9.4×10 <sup>2</sup>	0.23
3	<b>АА</b>	0.8 мкм	251.2	120.4×10 <sup>-8</sup>	3.8×10 <sup>-3</sup>	8.0×10 <sup>2</sup>	0.20
4	<b>АР<sub>pre</sub></b>	рыхлая	569.2	272.8×10 <sup>-8</sup>	11.7×10 <sup>-3</sup>	6.9×10 <sup>2</sup>	0.17
5	<b>ДА</b>	0.65 мкм	280.6	134.4×10 <sup>-8</sup>	5.2×10 <sup>-3</sup>	7.2×10 <sup>2</sup>	0.18
6	<b>GS</b>	0.22 мкм	326.8	156.6×10 <sup>-8</sup>	12.5×10 <sup>-3</sup>	5.1×10 <sup>2</sup>	0.13
7	<b>LS</b>	5.0 нм	16.9	8.1×10 <sup>-8</sup>	3.1×10 <sup>-3</sup>	2.3×10 <sup>2</sup>	0.058
8	<b>РН</b>	0.3 мкм	478.8	229.4×10 <sup>-8</sup>	4.9×10 <sup>-3</sup>	9.8×10 <sup>2</sup>	0.24
9	<b>Ткм</b>		45.3	21.7×10 <sup>-8</sup>	2.4×10 <sup>-3</sup>	4.3×10 <sup>2</sup>	0.11
10	"чёрная лента"	крупнопористая	50.3	24.1×10 <sup>-8</sup>	13.1×10 <sup>-3</sup>	1.9×10 <sup>2</sup>	0.048
11	"жёлтая лента"	средний размер пор	52.9	25.4×10 <sup>-8</sup>	21.9×10 <sup>-3</sup>	1.5×10 <sup>2</sup>	0.038
12	"белая лента" св.*	средний размер пор	32.2	15.4×10 <sup>-8</sup>	5.2×10 <sup>-3</sup>	2.5×10 <sup>2</sup>	0.062
13	"белая лента" ст.	средний размер пор	33.0	15.8×10 <sup>-8</sup>	2.7×10 <sup>-3</sup>	3.5×10 <sup>2</sup>	0.087
14	"красная лента"	средней плотности	16.0	7.7×10 <sup>-8</sup>	1.0×10 <sup>-3</sup>	4.1×10 <sup>2</sup>	0.10
15	"синяя лента"	мелкопористая, очень плотная	33.5	16.1×10 <sup>-8</sup>	3.5×10 <sup>-3</sup>	3.1×10 <sup>2</sup>	0.077
16	<b>гриб 1 – 1-е сут.**</b>	без мембранны	160.0	76.7×10 <sup>-8</sup>	1.0×10 <sup>-3</sup>	12.5×10 <sup>2</sup>	0.31
17	<b>гриб 1 – 2-е сут.</b>	без мембранны	145.0	69.5×10 <sup>-8</sup>	15.0×10 <sup>-3</sup>	3.1×10 <sup>2</sup>	0.077
18	<b>гриб 1 – 3-и сут.</b>	без мембранны	89.0	42.6×10 <sup>-8</sup>	20.0×10 <sup>-3</sup>	2.1×10 <sup>2</sup>	0.052
19	<b>гриб Б-1 – 1-е сут.</b>	без мембранны	41.5	19.9×10 <sup>-8</sup>	40.0×10 <sup>-3</sup>	1.0×10 <sup>2</sup>	0.025
20	<b>гриб Б-1 – 4-е сут.</b>	без мембранны	117.0	56.1×10 <sup>-8</sup>	10.0×10 <sup>-3</sup>	3.4×10 <sup>2</sup>	0.085

\* св. – свежеприготовленная суспензия бактерий; ст. – 11-суточная суспензия (хранение при +4°C);

\*\* сут. – время пребывания в буферном растворе в сутках.

В результате действия фермента мальтазы **мальтоза гидролизуется** до двух молекул глюкозы С<sub>6</sub>Н<sub>12</sub>О<sub>6</sub> [6]:



Процессы, происходящие в иммобилизованных клетках биосенсора под действием мальтозы, активизируют обмен клеток и их дыхание. Значения модуля Тиле ( $\Psi$ ), приведённые в таблице, были рассчитаны, исходя из упрощения: потребление иммобилизованными клетками рецепторного элемента одного моля О<sub>2</sub> в ответ на один моль мальтозы – 1:1. В действительности это соотношение было больше 1, и, следовательно, значения модуля Тиле должны быть больше. Поэтому, значения  $\Psi$  0.31 или 0.24 в действительности могли быть близки к единице.

Основываясь на всём вышесказанном, можно сделать вывод, что для № 2-5, 8 и 16, когда  $\Psi = 0.31 – 0.17$ , третья стадия процесса (см. выше) была диффузионно-контролируемой реакцией. В остальных случаях процесс генерирования ответа биосенсора мог быть ограничен каким-то иным процессом, который не связан напрямую с формированием ответа клеток рецептора на субстрат. Это мог быть и процесс десорбции бактериальных клеток с поверхности мембранны.

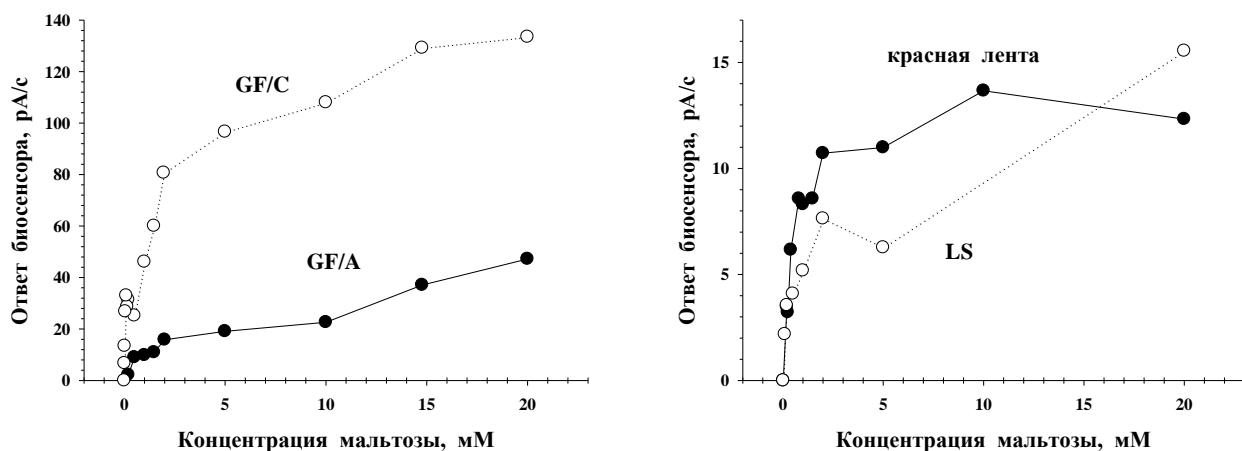
Для мембран с практически одинаковой плотностью – GF/A и GF/C – получены результаты, различающиеся на полпорядка, 0.047 и 0.23, соответственно. Однако мембранны обладали различной влагоёмкостью: большее значение  $\Psi$  (0.23) у мембранны с несколько меньшей влагоёмкостью (обе бумаги – среднеплотные с одинаковой скоростью капиллярного поднятия воды). Для обезжиренной "жёлтой ленты" (лучшая гигроскопичность) значение модуля Тиле было ниже, чем для "белой ленты" с тем же размером пор – 0.038 и 0.062.

Размеры клеток *Pseudomonas* варьируют в пределах 0.5-1×1.5-4 мкм, а небольших молекул веществ – 0.1-1 нм. Близкие значения  $\Psi$  (0.20 и 0.24) были получены для мембранны АА и РН с различным размером пор – 0.8 и 0.3 мкм, соответственно. А для крупнопористой бумаги "чёрная лента" значение модуля Тиле было в 2 раза ниже, чем для "красной ленты" – 0.048 и 0.10, соответственно, но и ниже, чем для мелкопористой и более плотной "синей ленты" – 0.048 и 0.077. Таким образом, на процесс диффузии в большей мере оказывали влияние не размер пор, а рельеф и структура поверхности мембранны.

При близких значениях  $V_{max}$ , как для GF/A и GF/C, меньшее значение  $\Psi$  0.047 против 0.23 – было получено для более пологой кривой (рис. 1а) зависимости  $V = f(S)$  ( $K_m$  (кажд.) равна 39.7 и 1.5, соответственно). Та же зависимость (рис. 1б) прослеживается при сравнении LS ( $V_{max} = 8.1$  и  $K_m$  (кажд.) = 3.1) и "красной ленты" ( $V_{max} = 7.7$  и  $K_m$  (кажд.) = 1.0), для которых модуль Тиле равен 0.057 и 0.10, соответственно.

а

б



**Рис. 1.** Зависимость ответа биосенсора от концентрации мальтозы при использовании различных мембран (GF/A, GF/C, LS и "красная лента") для иммобилизации бактериальных клеток-рецепторов.

В таблице приведены результаты (№16 - №20), полученные при использовании в качестве рецепторного элемента мицелиальной плёнки, которую фиксировали на поверхности электрода без использования мембраны. При использовании мицелиальной плёнки, не обладающей упорядоченной структурой, значение модуля Тиле было больше, чем для мембран с упорядоченной структурой. Наибольшее значение  $\Psi$  (0.31) получено для достаточно рыхлой, но не излишне набухшей поверхности (№ 16). При дальнейшем разбухании мицелия (№ 17) значение модуля снижалось до 0.052. При использовании же излишне обезвоженной мицелиальной плёнки (№ 19) набухание приводило к повышению  $\Psi$  с 0.025 до 0.085. Это еще раз подтверждает сделанный ранее вывод.

В дальнейшем при проведении исследований предполагается сравнить результаты для PH и GF/C мембран, для которых были получены близкие значения модуля Тиле (0.24 и 0.23, соответственно), и для PH и GF/A, для которых получены самое большое и самое маленькое значение  $\Psi$ .

#### Библиографический список

1. Pyeshkova V.M., Saiapina O.Y., Soldatkina O.O., Dzyadevych S.V. // Biopolymers and cell. 2009. V. 25 N. 4. P. 272-278.
2. Биосенсоры: основы и приложения. Под ред. Э. Тёрнер, И. Карубе, Дж. Уилсон. М: Мир, 1992. 614 с.
3. Habimana O., Semiro A.J.C., Casey E. // J. Membrane Sci. 2014. V. 454. P. 82–96.
4. Thwala J.M., Li M., Wong M.C.Y., Kang S., Hoek E.M.V. // Langmuir. 2013. V. 29. P. 13773–13782.
5. Березин И.В., Клёсов А.А.. Практический курс химической и ферментативной кинетики. М: Изд-во Московского университета, 1976. С. 262-282.
6. Наумов Г.И., Наумов Д.Г.. // Микробиология. 2012. Т. 81. № 3. С. 301–305.

#### ESTIMATION OF DIFFUSION FOR DIFFERENT RECEPTOR ELEMENTS OF A MICROBIAL BIOSENSOR

Emelyanova E.V., Reshetilov A.N.

G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, RAS, [elenvem@ibpm.pushchino.ru](mailto:elenvem@ibpm.pushchino.ru)

A laboratory model of amperometric microbial biosensor was developed to detect maltose. In this model bacterial cells immobilized on a membrane by the method of physical sorption were the receptor and Clark oxygen electrode was a transducer. Fourteen membranes, which differed in density, pore size and the material they made of, were used for immobilization of bacterial cells. The influence of diffusion of maltose molecules up to the surface of cells-receptors on the value of biosensor responses was estimated.  $\Psi$  module was used as a criterion for estimation of diffusion influence. It was found that to a greater extent not a pore size but a relief, a surface structure and membrane properties had an effect on diffusion of maltose molecules up to the surface of cells-receptors. For membranes GF/C, AA, AP<sub>pre</sub>, DA and PH the process of biosensor response to maltose injection was diffusion-controlled.

## РАЗРАБОТКА ИМПЕДАНСНОГО ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКОГО АППАРАТА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОНКОХИРУРГИИ

Ефремов А.А., Писарева А.В.  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Высокочастотная электрохирургия (ЭХВЧ) – это метод хирургического воздействия на биологическую ткань посредством прохождения через нее высокочастотного электрического тока с целью резания или коагуляции. Рассечение тканей с помощью «электроножа» успешно выполнил в 1910 г. Черни. В России электрохирургический метод для лечения опухолей начал использовать В. Н. Шамов в клинике С. П. Федорова в 1910-1911 гг.

В электрохирургии понятия резание и коагуляция определяются следующим образом:

1. Резание – это рассечение ткани тела, вызванное протеканием высокочастотного тока высокой плотности в месте приложения активного электрода;
2. Коагуляция – это закупорка кровеносных сосудов или сваривание ткани тела, вызванное прохождением тока высокой частоты в месте приложения активного электрода.

Несмотря на многообразие электрохирургической аппаратуры, все аппараты имеют общие функциональные характеристики, которые характеризуют все аппараты. К таким характеристикам относятся: частота выходного тока, режимы работы, выходная мощность, уровень автоматизации электрохирургического воздействия, состав и качество рабочих инструментов.

В электрохирургии используется переменный ток. Частота тока выбирается в диапазоне от 200 - 300 кГц до 3 - 4 мГц. Нижняя граница диапазона обусловлена тем, что на частотах ниже 200 - 300 кГц начинает проявляться нервно-мышечная стимуляция, возможно влияние на сердечно-сосудистую деятельность. Поэтому минимальная рабочая частота обычно превышает 200 кГц, ниже которой начинает проявляться вызывающее нежелательное сокращение мышц и болевые ощущения.

На частотах более 4 мГц возникают серьезные технические трудности. Поэтому верхняя граница частот, используемых в электрохирургии, не превышает 3 - 4 мГц. Часто электрохирургическое воздействие на частотах 1,76 – 4 мГц называют радиохирургией, хотя физика самого процесса не изменяется. [1]

Тканевые эффекты электрохирургии основаны на преобразовании электрической энергии в тепловую:

1. Повышение температуры до 45°C не оказывает повреждающего действия на хорошо кровоснабжаемые ткани;
2. При температуре 46 – 70°C степень повреждения прямо пропорционально зависит от времени воздействия;
3. При 71 – 100°C происходит денатурация коллагена и гибель клеток;
4. При превышении температуры воздействия до 100°C внутриклеточная жидкость начинает испаряться, разрывая межклеточные соединения;
5. При воздействии выше 200°C вещество клетки распадается до неорганических соединений.

Механизм электрорассечения любой биологической ткани стандартен и состоит из нескольких этапов:

1. При подаче в биологическую ткань электрической энергии происходит разогревание прилежащего к электроду клеточного массива с обратимым разрушением клеток;
2. При превышении температуры 49°C отмечается необратимое разрушение клеток с трансформацией полисахаридов в глюкозу;
3. При дальнейшем повышении температуры возможна быстрая диссекция клеточного пласта с формированием лоскута дегидратированной ткани, характеризующейся высоким удельным сопротивлением электрическому току. На этом этапе «электрорассечение» включает механическое разрушение ткани режущим электродом;
4. При дальнейшем увеличении мощности подаваемой электрической энергии разъединение прилежащего участка биологической ткани происходит взрывообразно. Формируются пузырьки перегретого пара, разрушающего как клеточные, так и тканевые структуры (резание с легкостью «писчего пира»). [2]

Применение электрохирургии в онкологии в качестве самостоятельного метода лечения получило большое распространение.

Данный метод используется при ряде вмешательств, где угроза рассеивания опухоли особо велика, например, при инфильтрирующих раках молочной железы, при пигментных опухолях, при саркомах мягких тканей, при раке языка.

Электрокоагуляция оказывается весьма полезной при необходимости разрушения некоторых опухолей с нечеткими границами, например рака языка, новообразований слизистых оболочек рта, глотки, верхних дыхательных путей, прямой кишки, влагалища, мочевого пузыря, а также при ряде опухолей кожных покровов.

Особенное распространение получил электрохирургический метод удаления рака молочной железы, значительно снижающий угрозу возникновения местных рецидивов после операции.

Незаменимой оказывается электрохирургия при лечении многих доброкачественных опухолей и так называемых предраковых изменений. Длительно незаживающий эрозии шейки матки, лейкоплакии и

эритроплакии на слизистой оболочке рта, полипы прямой кишки, папилломы мочевого пузыря, гиперкератозы, папилломы кожи с успехом излечиваются простым бескровным, достаточно надежным методом электроагуляции или обугливания. Этим прекращается кровотечение, предупреждается инфицирование, а главное, предотвращается распространение опухолевых клеток по ране.

Очевидными достоинствами электрохирургии по сравнению с ножевыми вмешательствами являются:

1. Почти полная бескровность операции благодаря свариванию концов пересекаемых сосудов мелкого и среднего калибра;
2. Уменьшение опасности прививки раковых клеток в рану и опасности распространения инфекции благодаря свариванию и закрытию просветов лимфатических сосудов и щелей;
3. Снижение болей в ране благодаря коагуляции концов пересекаемых нервов.

Основные преимущества электрохирургии в онкологии выражаются в антибластичности вмешательства. Электроагуляция ведет не только к прямому уничтожению опухолевых тканей, т.е. к антибластическому воздействию, но и предупреждает распространение опухолевых клеток по ране и в глубину благодаря гибели этих клеток при соприкосновении с электронаконечником и закрытию просветов лимфатических и кровеносных сосудов в результате сваривания тканей.

Известное значение имеет, по мнению ряда авторов, элективное действие возникшего в тканях тепла на опухолевые клетки, которые более чувствительны к высокой температуре, чем нормальные.

Реактивное воспаление, возникающее на границе коагулированной ткани в виде мощного грануляционного вала, богатого сосудами и клеточными элементами, создает неблагоприятные условия для развития местных рецидивов. Усиленная экссудация лимфы наружу предотвращает всасывание из раны и вовлечение опухолевых клеток в лимфатическое русло, т.е. снижает опасность развития метастазов. [3] Подведя итог к вышесказанному, можно выделить особенности применения электрохирургического аппарата в онкохирургии:

1. Гибель всякой живой клетки под активным электродом позволяет оперировать более аблластично и асептично;
2. Образование при электротомии на поверхности рассекаемых тканей коагуляционной пленки предохраняет от прививки на них опухолевых клеток, случайно оказавшихся живыми, и от местного рецидива;
3. Заклеивание пересеченных лимфатических путей и межтканевых щелей препятствует проникновению в них опухолевых клеток и метастазированию, а также всасыванию токсических веществ от погибающих тканей, чем устраняется вторичный резорбционный шок;
4. Коагуляция стенок мелких кровеносных сосудов уменьшает кровопотерю, что снижает опасность возникновения шока и позволяет расширенно оперировать даже ослабленных больных;
5. Разрушение концов осевых цилиндров пересеченных нервов и укрытие их коагулированным белком не допускает поступления к ним раздражений и тем предохраняет от вторичного шока.

Всё это способствует большей активности больных и помогает более быстрому восстановлению сил после операции.

Электрохирургические методы лечения оказались очень эффективны в хирургии опухолей головного мозга, мозжечка, так как позволяют удалять с наименьшей травмой глубоко расположенные опухоли.

Обнаженную опухоль этапно коагулируют биактивно-биполярным способом и вычерпывают коагулированные части электропетлей. Почти полная бескровность вмешательства позволяет выполнять операцию под контролем зрения. Предложена также коагуляция сосудистого сплетения желудочков мозга для уменьшения секреции спинномозговой жидкости при водянке мозга.

Электрохирургические методы лечения могут оказаться единственными эффективными при распространенном раке кожи, губы, верхней челюсти, когда и хирургическая, и лучевая терапия представляются бесперспективными. Однако большее распространение получила комбинированная методика — электрооперация с предшествующей или последующей лучевой терапией. Это значительно повысило эффективность лечения при раке языка, при инфильтративных формах рака молочной железы, при злокачественных новообразованиях верхней челюсти.

Электрохирургические методы лечения являются методом выбора при лечении папиллом мочевого пузыря и начальных форм рака (эндо- и трансвезикальные электроагуляции и электрорезекции пузыря). Электроагуляция и электроконизация шейки матки при упорных ее эрозиях являются также методом выбора и хорошим профилактическим средством для устранения предраковых ее заболеваний. Электроэксизия является лучшим оперативным вмешательством при раке вульвы.

Низко расположенные, неудалимые обычным путем раки прямой кишки и рецидивы могут быть излечены (иногда на длительный срок) путем дорсального расщепления кишки, коагуляции опухоли и вычерпывания коагулированных тканей электропетлей. Широко используют электроэксизию и при лечении меланом кожи и сарком мягких тканей.

В связи с широким распространением электрохирургических аппаратов в лечении онкологических заболеваний, была разработана структура импедансных электрохирургических аппаратов.

Для измерения импеданса схемой формирования диагностического импульса, управляемой соответствующей схемой управления, связанной с микропроцессорным блоком управления, формируется диагностический импульс тока, который подается на электрохирургические электроды в моменты отсутствия ВЧ напряжения. При этом измеряется напряжение на электродах и рассчитывается величина электрического импеданса.

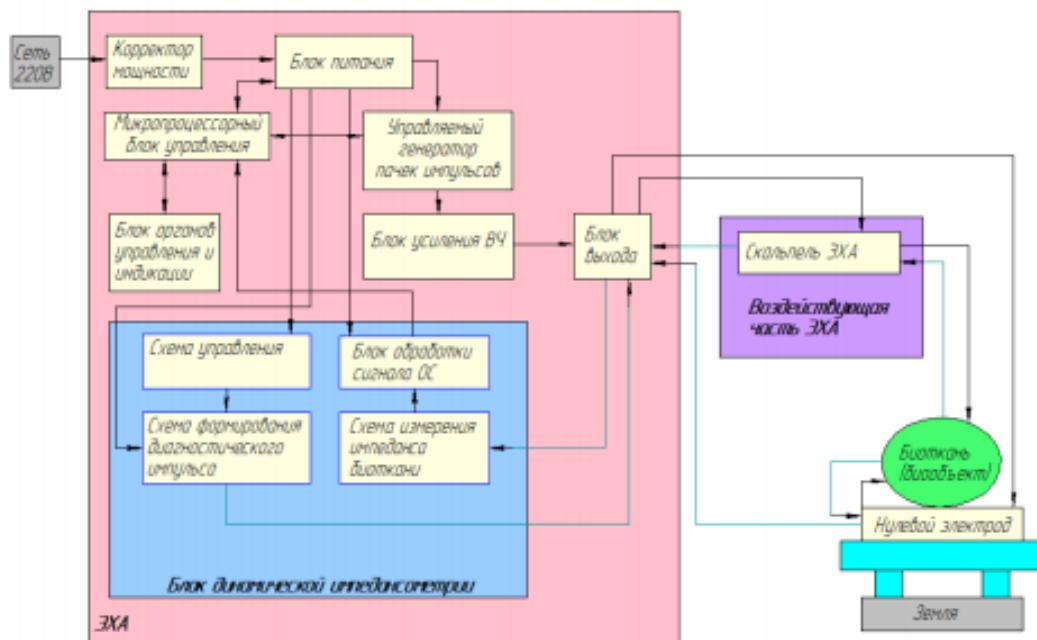


Рис. 1. Структурная схема электрохирургического аппарата с блоком динамической импедансометрии.

Информация об измеренном импедансе поступает на блок обработки сигнала обратной связи, где в зависимости от величины преобразуется в двоичный цифровой код, который поступает на вход микропроцессорного блока управления. В зависимости от полученной информации микропроцессорный блок управления корректирует или оставляет без изменения напряжение питания, осуществляя тем самым стабилизацию выходной мощности ЭХВЧ аппарата.

Связь блока управления модуля динамической импедансометрии с микропроцессорным блоком управления необходима для изменения параметров диагностического импульса с учётом текущего режима работы ЭХВЧ аппарата.

Блок выхода включает в себя согласующие трансформаторы, выходные разъемы, проходные и фильтрующие емкости. Для защиты от высокого напряжения, подаваемого на электроды с усилителя ВЧ, в выходном блоке установлена схема защиты от высокого напряжения.

Система измерения импеданса биоткани предполагает регистрацию тока и напряжения в цепи активного электрода, а также посредством деления в вычислителе по формуле:

$$R = \frac{U}{I}$$

Это дает возможность определения искомого импеданса.

Данные измерения напряжения и тока проводятся на частоте электрохирургического воздействия, равной 4400 мГц. Самые измерения проводятся выборочно с частотой 2200 мГц. Система измерения импеданса биоткани изображена на рис. 7. [4]



Рис. 2. Система регистрации импеданса биоткани на поверхности

Таким образом, импедансные электрохирургические аппараты находят широкое применение в области онкохирургии, а блок обратной связи позволяет свести на ноль риск возникновения ожогов в месте оперативного вмешательства, что является самым распространенным вариантом осложнения при электрохирургических процедурах.

#### Библиографический список

1. Высокочастотная электрохирургия. [Электронный ресурс]. URL: [www.kaskad-fto.ru/upload\\_ctrl/showDBFile.aspx?FileID=3007](http://www.kaskad-fto.ru/upload_ctrl/showDBFile.aspx?FileID=3007)
2. Семёнов Г.М. Современные хирургические инструменты -2006. –С. 113-125
3. Достоинства и недостатки электрохирургии в онкологии [Электронный ресурс]. URL: <http://sas.deal.by/a17277-elektrohirurgiya-veterinarnoj-onkologii.html>
4. Сердюченко Д.А., Заходяченко М.А., Обоснование необходимости введения блока обратной связи в электрохирургический аппарат. -2016. – С. 7-9.

#### DEVELOPMENT IMPEDANCE ELECTROSURGICAL APPARATUS AND ITS APPLICATION IN ONCOLOGY SURGERY

Efremov A.A., Pisareva A.V.  
Bauman Moscow State Technical University, [osehenki43@gmail.com](mailto:osehenki43@gmail.com)

The background is the development principle of the construction, creation and application of impedance electrosurgical devices (IED) in oncology, providing «sparing» surgery. Methods: used previously conducted research in the field of electrosurgery, electric circuit theory. In the results: conducted the analysis of using electrosurgical devices in the treatment of cancer, developed the structure of the impedance electrosurgical devices for various applications. In conclusion, offered the principle of construction of the impedance electrosurgical apparatus, based with using automatic feedback «electrical impedance of biological tissue – electrosurgical effects».

#### РЕАЛИЗАЦИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫХ МЕТАТЕЛЬНЫХ ПРИВОДОВ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ И МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Веденеев Н.А.  
Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г Столетовых  
[greatleesan@gmail.com](mailto:greatleesan@gmail.com)

В настоящее время использования микроэлектромеханических систем является неотъемлемой частью процесса проектирования технического изделия.

В основе работы магнитно-импульсных метательных приводов (МИМП) лежит принцип высокоскоростного магнитно-импульсного метания твердых проводящих тел, принцип действия которого, основан на возникновении механических сил отталкивания между проводящими объектами, по которым течет электрический ток - явлении, которое описывается законом Био-Савара-Лапласа (физический закон для определения вектора индукции магнитного поля, порождаемого постоянным электрическим током) [1]. Такая

способность позволяющая сообщать объектам исследования высокие и сверхвысокие скорости, дает возможность применения в различных областях науки.

Основные преимущества использования МЭМС технологий:

- Малые габариты;
- Высокая функциональность;
- Надёжность;
- Малое энергопотребление;
- Возможность интеграции электроники с механическими, оптическими и прочими узлами;
- Малый разброс параметров в пределах одной партии изделий;
- Высокая технологичность и повторяемость;
- Возможность достичь очень низкую стоимость (при больших или очень больших объёмах производства).

В состав МИМП чаще всего входят: накопитель энергии, переключатель и индуктор. В качестве накопителя энергии могут использоваться емкостные (конденсаторы) или индуктивные накопители. Индуктивные накопители менее предпочтительны емкостным накопителям поскольку эффективность передачи энергии у емкостных накопителей гораздо выше, однако плотность передаваемой а затем запасаемой энергии, на индуктивных накопителях, значительно превышает плотность энергии, запасаемой на конденсаторной батарее, так же значительное влияние оказывает материал из которого изготовлены сами накопители энергии. В компактных лабораторных условиях в МИМП используются преимущественно емкостные накопители. В качестве устройства коммутации в МИМП используются разрядники различного вида: вакуумные, высокого или атмосферного давления, с твердым диэлектриком[2]. В качестве индукторов используются: соленоиды однослойные и многослойные спиральные, плоские одновитковые и многовитковые катушки-индукторы. Индуктор является собой первичный контур устройства, с которым индуктивно связан объект метания, представляющий собой вторичный контур (рис.1). При разряде накопителя энергии на катушку-индуктор ток, протекающий через первичный контур, наводит вихревые электрические токи во вторичном контуре, в результате чего между индуктором и объектом метания возникают, наводятся два противоположных по направлению магнитных поля. Это приводит к возникновению высококонтенсивных пондеромоторных сил, за счет которых объект метания получает большую начальную скорость. В результате, в данном процессе энергия электрического поля батареи конденсаторов преобразуется в энергию магнитного поля индуктора, а затем в механическую работу выталкивания объекта метания из зоны индуктивной связи с индуктором, а также, частично, в теплоту[3].

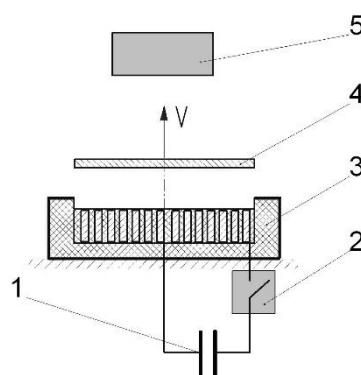


Рис.1. Методологическая схема магнитно-импульсного метания твердых электропроводящих тел:

1. Накопитель энергии;
2. Переключатель;
3. Узел индуктора;
4. Метаемый объект;
5. Объект испытаний;

В результате полученное устройство может быть широко использовано в различных областях науки и техники. В том числе:

1. В области защиты информации;
2. Испытание различных электронных систем на высокоскоростное импульсное воздействие;
3. Возможность использования в области биомедицинской инженерии.

Применения в области защиты информации предполагает использование магнитно-импульсного актуатора в качестве устройства для защиты от несанкционированного доступа к информации (НСД), к данным хранящимся на различных носителях (флеш-память, жесткие диски и т.д.). В результате не соблюдении протоколов безопасности или попытке совершения НСД, система отправляет команду для уничтожения данных.

Испытание различных электронных систем на высокоскоростное ударное воздействие является необходимым этапом процесса проектирования устройства, МИМП могут быть использованы для испытания различных систем применяемых в различных условиях.

Широкую область для применения МИМП является собой биомедицинская инженерия, данные устройства могут быть использованы в качестве приспособлений для испытания элементов индивидуальной защиты человека.

В результате предыдущих исследований в области изучения свойств различных материалов, испытаний на различные воздействия, при помощи магнитно-импульсной метательной установки МИМУ-219-1 были подтверждены следующие достоинства магнитно-импульсного способа метания макротел: производительность испытаний; бесшумность проходящего процесса испытаний; отсутствие непроизвольных взорваний в процессе исследования объекта, взрыва в зоне испытаний; возможность выполнения повторных испытаний; малая длина разгона метаемого макро объекта до максимальной скорости[4];

К недостаткам уже существующей системы можно отнести малый коэффициент полезного действия, а так же внушительные габариты, наличие батареи накопителей энергии.

Теоретические и экспериментальные исследования, которые были выполнены в предыдущих работах в области разработки и использования магнитно-импульсных метательных устройств показали, что подобные устройства являются эффективным средством для изучения материалов, изделий и их поведения при высокоскоростном ударном воздействии и по своим показателям выгодно отличаются от аналогичных устройств по некоторым параметрам, в частности: бесшумностью и экологичностью процесса испытаний. В связи с этим продолжение исследований в данной области, используя преимущества МЭМС технологий является актуальным на сегодняшний день.

#### Список литературы:

1. Татышевский К.В., Семенович М.Л., Козлов С.А. Магнитно-импульсные метательные установки для проведения ударных испытаний взрывательных устройств боеприпасов и средств бронезащиты. //Известия РАРАН. -2005.-№4. С.22-31
2. Татышевский К.В., Козлов С.А. Магнитно-импульсные метательные устройства в качестве средств поражения в системах активной защиты объектов особой важности //Специальная техника. -2005.-№5. с.19-26
3. Татышевский К.В., Козлов С.А. Магнитно-импульсные установки для испытаний изделий авиакосмической техники на ударные воздействия. //Авиакосмическое приборостроение. -2005. №12. С.52-57.
4. Татышевский К.В., Козлов С.А., Веденеев Н.А. Магнитно-импульсные метательные устройства для воспроизведения в лабораторных условиях высокоскоростных ударных воздействий. // Информационно-измерительные и управляющие системы в военной технике РАРАН. - 2015№4. с. 155-158.
5. Веденеев Н.А. Преимущества использования систем на кристалле в комбинации с новыми поколениями сигнальных процессоров // Проблемы и достижения современной науки/ Сборник материалов международной научно-практической конференции, г. Уфа, 20 - 21 мая 2014 г. АНО ИЦИПТ, 108 с.
6. Использование новейших систем автоматизированного проектирования в области биомедицинской инженерии и систем обработки данных // XI Международная научная конференция «Физика и Радиоэлектроника в Медицине и Экологии» с элементами научной молодежной школы ФРЭМЭ 2014 / Сборник трудов по результатам международной конференции, г. Владимир, Труды, 2014 г.

#### IMPLEMENTATION OF THE MAGNETIC-PULSE DRIVERS IN THE FIELD OF BIOTECHNICAL AND MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS

PhD student Vedeneev N.A.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs

[greatleesan@gmail.com](mailto:greatleesan@gmail.com)

This article is about of implementation of the magnetic-pulse drivers in the field of microelectromechanical and biotechnical systems and technologies. It describes the ability to implement in various scientific and technological projects.

## ДИАГНОСТИКА ИЗОЛЯЦИИ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАФОВ

Шахнин В.А., Коробко С.Г., Подачников А.В.

Владимирский государственный университет, Владимирская областная клиническая больница  
[vshakhnin@rambler.ru](mailto:vshakhnin@rambler.ru)

В последнее десятилетие стратегия технического обслуживания электротехнических компонентов высокотехнологичного медицинского назначения оборудования постепенно изменяется: осуществляется переход от концепции регламентных ремонтов к более ресурсо- и энергосберегающей концепции обслуживания на основе оценки текущего технического состояния. Эффективность такого перехода в значительной мере определяется возможностями применяемых методов и средств интродиагностики. Термин «интродиагностика» в данном случае означает неразрушающий (т.е. без вскрытия аппаратов) контроль комплекса параметров, характеризующих состояние электротехнических компонентов оборудования.

Одной из актуальных задач обеспечения надёжности магнитно-резонансных томографов (МРТ) с высокими значениями индукции магнитного поля (более 1,0 Тл) является обеспечение мониторинга состояния изоляции сверхпроводящих магнитов. Для решения этой задачи перспективны методы интродиагностики под рабочим напряжением без вывода оборудования из эксплуатации. К их числу относятся электрошумовые методы, позволяющие обнаружить локальные быстроразвивающиеся дефекты изоляции. Физической основой большой группы электрошумовых методов являются частичные разряды (ЧР), т.е. микропробои в диапазоне от десятых долей до десятков нанокулон, перекрывающие лишь небольшую часть изоляции [1]. Процесс возникновения ЧР является результатом действия множества факторов и носит случайный характер, что позволяет отнести метод ЧР к электрошумовым.

Основной проблемой, возникающей при применении электрошумовых методов для интродиагностики МРТ, является обеспечение помехоустойчивости. Действительно, мониторинг проводится на работающем оборудовании в условиях сильных электромагнитных полей. Анализ ЧР требует обработки больших массивов зашумленных данных, несущих информацию о локальных процессах разрушения изоляции МРТ. На наш взгляд, одним из путей повышения достоверности электрошумовой интродиагностики является грамотное применение алгоритмов кластерного анализа. Кластерный анализ – совокупность методов для формирования однородных классов в произвольной области больших объемов данных. Эти методы применяются для решения неформализуемых или плохо формализуемых задач. Исходные данные разделяются на группы (кластеры), элементы которых имеют подобные свойства (признаки), а для их отличия вводится некоторая целевая функция. Алгоритмы кластеризации могут быть четкими и нечеткими. Количество кластеров может быть как известным, так и неизвестным заранее. Выбранный нами метод субтрактивной нечеткой кластеризации состоит в том, что каждая точка данных представляется в качестве центра потенциального кластера, для которой вычисляется целевая функция — плотность других точек данных вокруг рассматриваемой.

Экспериментальное исследование применения алгоритмов кластерного анализа возможно с использованием программного комплекса MATLAB. В системе MATLAB для реализации метода субтрактивной кластеризации используется функция *subclust*. Функция *subclust* находит матрицу С значений координат центров кластеров (по строкам) и вектор S — σ-значений диапазонов влияния центра кластера по каждому из рассматриваемых признаков.

Команда *findcluster* (в пакете приложений *Fuzzy Logic Toolbox* системы MATLAB) позволяет использовать графический интерфейс кластеризации. Это может быть необходимо при большом объеме анализируемых исходных данных. При этом можно задать метод кластеризации, имя загружаемого файла исходных данных и параметры кластеризации. Координаты найденных центров кластеров могут быть сохранены в отдельном файле.

Для экспериментальных исследований нами применена методика аналогичная, описанной в работе [2]. В качестве исходных данных использовались распределения импульсов ЧР для электрических вводов сверхпроводящего электромагнита отечественного томографа «ПРЕСТИЖ-15». Измерения выполнялись в установленном режиме работы при помощи электромагнитных датчиков. Регистрация импульсов ЧР проводилась относительного фазного напряжения силовой сети 0,4 кВ. Установлено, что случайный электрошумовой процесс не является типовым, распределение ЧР не соответствует нормальному закону. На основании результатов измерений были заданы граничные значения параметров для каждой из фаз электромагнита. С помощью интерфейса *findcluster* на основании измерений были созданы матрицы исходных данных и определены центры кластеров импульсов ЧР при заданных параметрах. Далее для расчета потенциалов кластеров использовалась функция *subclust*. В результате расчета получили значения (стандартные отклонения) диапазонов влияния центров кластеров импульсов ЧР по каждому из рассматриваемых признаков, которые характеризуют их потенциалы:

$$S_A = [0,0000657 \ 0,0000657] \quad S_B = [11,76 \ 63,19] \quad S_C = [23,76 \ 45,73]$$

$$S_{A1} = [8,56 \ 17,147] \quad S_{B1} = [55,001 \ 36,25] \quad S_{C1} = [41,8 \ 59,3]$$

Изменение размерности строк матриц позволяет оценить состояние изоляции каждой из фаз. В результате анализа установлено, что для фаз В и С количество кластеров осталось неизменным при неизменных заданных параметрах. Что касается фазы А наблюдается появление дополнительных кластеров, обладающих более высокими потенциалами, что говорит об увеличении количества источников ЧР. Таким образом, необходимо проведение дополнительных высоковольтных испытаний изоляции фазы А. Недостатком исходных данных является то, что они были получены в установившихся режимах работы, по ним невозможно оценить влияние электродинамических усилий на изоляцию вводов сврхпроводящего электромагнита. Тем не менее, они позволяют продемонстрировать эффективность применённого алгоритма в реальных условиях эксплуатации томографа.

1. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностике высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. - 155 с.
2. Агамалов О.Н. Кластерный анализ частичных разрядов // Exponenta Pro. 2004. №3-4. С. 156-163.

## DIAGNOSTICS OF ISOLATION FOR THE SUPERCONDUCTING MAGNETS OF MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPH

Shakhnin V.A., Korobko S. G., Podachnikov A.V.  
Vladimir state University, Vladimir regional clinical hospital  
vshakhnin@rambler.ru

The report focuses on condition monitoring of insulation of superconducting magnets of magnetic resonance tomographs with high values of the magnetic field (1.0 T). It's suggested to use electrical-noise methods, which are based on partial discharges (PD), i.e. the local breakdowns of the insulation. The distribution of PD- pulses for electrical inputs superconducting electromagnet domestic tomograph "PRESTIGE 15" was used as input data. The measurements were performed in the steady state operation by means of electromagnetic sensors. Registration of PD was conducted relative phase of voltage of power network 0,4 kV. The algorithms of cluster analysis were applied for processing PD-signals.

## ОПТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА НА ТОРЕЦ ВОЛОКНА ДЛЯ ПАССИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ МОД ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Лачина А. А.<sup>1</sup>, Хорьков К.С.<sup>2</sup>  
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Институт прикладной математики, физики и информатики  
E-mail: [lachina.alena@mail.ru](mailto:lachina.alena@mail.ru)<sup>1</sup>, [freeod@mail.ru](mailto:freeod@mail.ru)<sup>2</sup>

Волоконные лазеры нашли широкое применение в медицине. В частности, лазеры с активным волокном на основе  $Er^{+3}$  могут применяться в многофотонной микроскопии и для генерации терагерцевого излучения [1-3]. Излучение на частоте  $10^9 - 10^{12}$  Гц крайне привлекательно в области диагностической медицинской техники. Оно не оказывает термического воздействия на ткани и не является мутагеном ДНК.

Разработка поглотителя на основе многослойного графена приведет к усовершенствованию волоконных лазерных систем. Предлагается внедрить насыщающийся поглотитель на основе многослойного графена в участок резонатора  $Er^{3+}$  волоконной фемтосекундной лазерной системы (рис.1). Анализ реализованных в данной области работ показал, что графеновый поглотитель в данных конструктивных схемах обладает существенными преимуществами. Среди них: фемтосекундная релаксация, широкий рабочий диапазон и экономическая выгода. Данный поглотитель обеспечивает пассивную синхронизацию мод с генерацией импульсов длительностью 200-35 фс [4-8].

Для стабильной генерации фемтосекундных импульсов важно позиционировать многослойный графен в области сердцевины волокна. Это становится возможным при реализации метода оптического осаждения[2].

Суть данного метода заключается в коагуляции полимера, содержащего слои графена, на сердцевине волокна под воздействием лазерного излучения.

Для однородной осажденной поверхности многослойный графен, полученный по патенту [10], проходил предварительную подготовку. Его центрифугировали в растворе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) воды и этанола. Затем в полученный раствор позиционировали торец волокна (рис2). Толчком к началу коагуляции служило лазерное излучение.

Предложено несколько вариантов источников для генерации лазерного излучения. Первый источник – фемтосекундная лазерная система ТЕМА. Ее использование предполагает завод лазерного излучения в торец волокна с помощью системы фокусировки. Второй вариант – волоконная  $Er^{3+}$  лазерная система. Лазерное излучение системы распространяется по волокну, поэтому системы фокусировки здесь не требуется. Из-за более легкого завода излучения в волокно данная система является приоритетной.

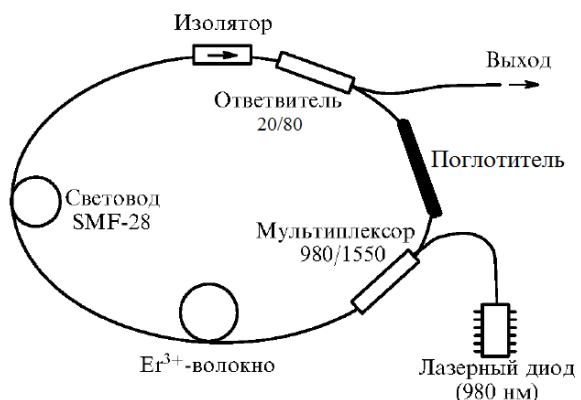


Рис. 1. Резонатор волоконной лазерной системы

При варьировании параметров мощности и длительности лазерного излучения, на торце синтезировались слои многослойного графена различной численности.

Теоретический расчет числа коагулированных слоев можно выполнить исходя из необходимого коэффициента пропускания [2]:

$$T \approx T_0 (1 - \alpha_1)^n,$$

где  $\alpha_1$  - коэффициент поглощения одного слоя графена,  $\alpha_1 = 2.3\%$ ;  $T_0$  - коэффициент пропускания полимерной пленки,  $T_0 = 80\%$ ;  $T$  - коэффициент пропускания поглотителя.

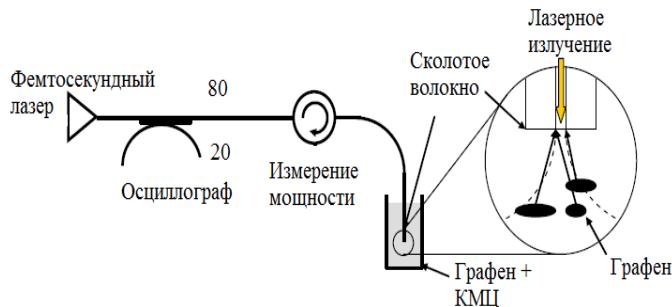


Рис. 2. Схема оптического осаждения многослойного графена

Внедрение поглотителя в лазерную систему подразумевает соединение оптических волокон. Предполагается использовать как традиционную сварку с помощью дугового разряда, так и механическое соединение [9].

#### Библиографический список

- [1] Крюков П.Г. / Лазеры ультракоротких импульсов и их применения.// М.: Интелект. 2014.
- [2] Бородкин А. А. / Волоконные иттербийевые лазеры сверхкоротких импульсов без внутристабилизации компенсации дисперсии с использованием нелинейного волоконного зеркала и модулятора на основе углеродных нанотрубок // М.: 2015 г.
- [3] Алексенский А.Е., Брунков П.Н., Дидейкин А.Т., Кириленко Д.А., Кудашова Ю.В., Саксеев Д.А., Севрюк В.А., Шестаков М.С./Однослойные пленки оксида графена на поверхности кремния.//Журнал технической физики.-2013.-т.83.-№.11. - С.67-71.
- [4] J. Z. Sotor, G. Soboń, K. M. Abramski / Graphene saturable absorber based all-polarization maintaining Er-doped fiber mode-locked laser // Tenth Symposium on Laser Technology. – International Society for Optics and Photonics, 2013. – C. 87020I-87020I-7.
- [5] H. Zhang1, D. Y. Tang, L. M. Zhao, Q. L. Bao, K. P. Loh / Large energy mode locking of an erbium-doped fiber laser with atomic layer graphene // Optics Express. – 2009. – Т. 17. – №. 20. – С. 17630-17635.
- [6] B. V. Cunning ,C. L. Brown , D. Kielpinski / Low-loss flake-graphene saturable absorber mirror for laser mode-locking at sub-200-fs pulse duration //Applied Physics Letters. – 2011. – Т. 99. – №. 26. – С. 261109.
- [7] G. Sobon, J. Sotor, I. Pasternak, W. Strupinski, K. Krzempek, P. Kaczmarek, K. M. Abramski / Chirped pulse amplification of a femtosecond Er-doped fiber laser mode-locked by a graphene saturable absorber //Laser Physics Letters. – 2013. – Т. 10. – №. 3. – С. 035104.
- [8] A. Martinez, K. Fuse, B. Yamashita / Optical deposition of graphene and carbon nanotubes in a fiber ferrule for passive mode-locked lasing // Optical Society of America.- 2010.- Vol. 18.- No. 22.
- [9] [www.fujikura.co.jp](http://www.fujikura.co.jp) (Fujikura Ltd.).

[10] Абрамов Д.В., Аракелян С.М., Коцуев Д.А., Маков С.А., Прокошев В.Г., Хорьков К.С. Способ получения графена. Патент РФ на изобретение № 2572325 от 27.12.15.

**Optical deposition of graphene in a fiber ferrule for passive mode-locked lasing**

A.A. Lachina<sup>1</sup>, K.S. Khorkov<sup>2</sup>

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletivs

E-mail: [lachina.alena@mail.ru](mailto:lachina.alena@mail.ru)<sup>1</sup>, [freeod@mail.ru](mailto:freeod@mail.ru)<sup>2</sup>

Mode-locked fiber lasers are currently undergoing a significant evolution towards higher pulse energies and shorter pulse durations. A key enabler in this progress has been the discovery of novel saturable absorbers (SA) such as carbon nanotubes (CNT) and graphene. Graphene, a one atom thick planar sheet of carbon atoms arranged into a hexagonal lattice, has been recently proposed as an alternative to CNTs in several photonics applications. Here, we propose a method for the integration of graphene into a fiber ferrule using an optical deposition technique.

## СЕКЦИЯ 7

### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

#### МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ – ОСНОВА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОЛОГИИ И ЧЕЛОВЕКА

Иванников Д.А., Полякова А.Г.  
АО «СКБ РИАП», [antanta-annett@yandex.ru](mailto:antanta-annett@yandex.ru)

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу оценки влияния электромагнитных полей (ЭМП) на экологию и безопасность человека. Возрастающий интерес к обозначенной проблеме определяется движением человечества по пути научно-технического прогресса, в ходе которого разнообразие источников электромагнитного излучения и их количество постоянно растет. В связи с отсутствием долгосрочной статистики по оценке такого влияния данная задача является актуальной. Рассмотрим более подробно влияние электромагнитных полей естественного и техногенного происхождений на экологию.

Наша планета окружена огромным количеством электромагнитных полей различного происхождения. Космические лучи являются источником ионизирующего излучения. Вследствие ионизации ими атмосфера, верхний её слой представляет собой ионосферу, которая играет ключевую роль при рассмотрении процессов распространения электромагнитных волн в атмосфере Земли. В связи с наличием у ионосферы способности за счёт высокой ионизации отражать волны определенной частоты, она не пропускает часть излучения из космоса в атмосферу и отражает часть излучения с Земли.

Магнитное поле (МП) Земли также играет важную роль в формировании ионосферы. Находясь с ней в непосредственной близости, его изменения приводят к изменениям электронной концентрации ионосферы и наоборот, изменения в ионосфере влияют на магнитное поле Земли.

Существенное влияние на ионосферу и связанное с ней магнитное поле Земли оказывает солнечное излучение. Наиболее значимой частью влияющего на ионосферу солнечного излучения являются солнечные вспышки. Они приводят к интенсивному излучению в рентгеновской области спектра. Это приводит к возникновению ионосферных образований на сравнительно небольшой высоте.

Причиной изменения электронной концентрации ионосферы также могут служить источники мощных ЭМП техногенного происхождения, например, нагревные стенды.

Основу стендов составляют генераторы мощного ЭМП, распределенные на значительных площадях, что обеспечивает концентрацию луча ЭМП в узком телесном угле и возможность управления его направлением. В связи с этим данной теме в настоящее время уделяется особое внимание. В частности, подробно изучаются вопросы мониторинга излучения нагревных стендов с целью предотвращения их негативного влияния.

Для того чтобы получить представление о разнообразии и значимости возможных последствий излучения вышеперечисленных источников, необходимо рассмотреть подробнее механизмы их взаимодействия с МП Земли, с ионосферой и влияние этого взаимодействия на экологию и жизнедеятельность человека.

Магнитное поле Земли непрерывно участвует во всех происходящих в ионосфере процессах. Именно МП удерживает плазму ионосферы. Состояние самой ионосферы и изменение её параметров без учёта воздействия сторонних источников обусловлено взаимодействием солнечного ветра (исходящего от Солнца потока плазмы) и МП Земли. Именно данный факт служит объяснением связи вспышек на солнце и возникающих вслед за этим магнитных бурь.

Подвергаясь стороннему влиянию (космического излучения, техногенных источников), ионосфера, в свою очередь, оказывает прямое, или опосредованное (через магнитное поле Земли) существенное воздействие на человека.

Механизмы происходящих в МП Земли изменений и анализ последствий влияния на него источников излучения крайне важны. В литературе [1] показано, что магнитное поле Земли является одним из сильнейших факторов, определяющих показатели жизнедеятельности человека. Геомагнитные возмущения воздействуют на организм и его регуляторные механизмы на всех уровнях: молекулярном, внутриклеточном, межклеточном и т.д. [2]. Интенсивность ответной реакции организма определяется его индивидуальными особенностями и состоянием здоровья. Люди, страдающие заболеваниями сердечнососудистой и нервной системы, составляют особую группу риска, т.к. результат воздействия геомагнитных возмущений на их организм может привести к более серьезным последствиям, чем у здорового человека.

Многочисленные экспериментальные исследования МП Земли позволили отметить, что причинами различных его аномалий зачастую являются обладающие магнитными свойствами части литосферы. Результаты данных исследований позволили сделать вывод о том, что в результате крупных сейсмических явлений в граничащих с ними участках МП Земли происходят изменения, которые впоследствии распространяются дальше в атмосферу.

В 2015 году группой российских учёных была доказана связь между возникновением ионосферных образований и появлением стихийных бедствий. С помощью физико-математической модели атмосферы было показано, как за счёт протекающих между поверхностью земли и ионосферой электрических токов над эпицентром крупного сейсмического явления, за несколько дней до его начала, на высоте 200-500 км изменяется электронная концентрация ионосферы [3]. Данное открытие при наличии специальной аппаратуры позволяет предсказывать стихийные бедствия по наличию ионосферных образований.

Однако не только изменения в МП Земли способно менять электронную концентрацию участков ионосферы и приводить к возникновению ионосферных образований.

На протяжении более 30 лет за рубежом, в том числе, США, Англии, Канаде, Норвегии, Франции ведутся активные теоретические и экспериментальные исследования влияния мощных электромагнитных полей КВ-диапазона частот на ионосферу Земли, динамика которой может определять состояние стратосферы, атмосферы, литосферы и, таким образом, влиять на изменение климата. Для реализации данных исследований развернуты и работают мощные системы генерации электромагнитных волн, например, HAARP, HIPAS (США), EISCAT (Норвегия), SPEAR (о. Шпицберген), ARECIBO (Пуэрто-Рико), причем априорная информация (это касается, прежде всего, комплекса HAARP) о времени работы источников излучения, а также их режимах недоступна, а зачастую закрыта. Для увеличения электронной концентрации требуемых участков ионосферы выбран КВ-диапазон, исходя из условия хорошего поглощения ионосферой излучения данных частот. При этом для оценки параметров ионосферы зондирующий сигнал, как правило, выбирается амплитудно-, или частотно-модулированным. Мощное КВ-излучение приводит к увеличению электронной концентрации локальных участков ионосферы и возникновению с ее стороны вторичного излучения, приводящего к таким же последствиям, как и изменение магнитного поля Земли.

Большое внимание на протяжении последних 20 лет уделяется разработке систем, способных дистанционно воздействовать на психо-эмоциональное состояние человека и даже привести к летальному исходу[6]. При этом в основе таких систем могут быть использованы вышеизложенные техногенные источники мощного модулированного (с частотой от единиц до десятков герц) КВ-излучения и их способность воздействия на ионосферу, которая в состоянии повышенной ионизации будет выполнять одновременно роль нелинейного элемента (демодулятора) и отражателя. Особенно важно то, что приводить к названным выше последствиям вторичное излучение ионосферы СНЧ диапазона частот способно на значительных территориях.

Подтверждением возможного факта воздействия на состояние человека служит то, что еще в прошлом веке при изучении электрической активности головного мозга были обнаружены слабые колебания в СНЧ диапазоне, названные впоследствии альфа-волнами. На данный момент известно, что каждый орган человека имеет собственную определенную частоту, лежащую в СНЧ диапазоне от 1 до 20 Гц. Именно это является основополагающими, когда речь идет о негативном влиянии СНЧ излучения. Совпадение частоты СНЧ излучения с частотой резонанса органов может привести к непредсказуемым последствиям для человека. Усиливает актуальность исследования данного влияния тот факт, что электромагнитные волны СНЧ диапазона легкогибают земную поверхность, хорошо отражаются от ионосферы и проникают практически в любую среду.

Снижение негативного воздействия СНЧ излучения на человека возможно с помощью генераторов биоритмов. Такие приборы генерируют знакопеременное ЭМП с особыми характеристиками волн на частотах, которые соответствуют альфа-ритмам здорового человека.

Указанная выше тесная связь МП Земли, мощных естественных и техногенных источников электромагнитного излучения и ионосферы, показывает необходимость разработки способов, эффективных методик и современной аппаратуры для исследования ее параметров.

В настоящее время спектр аппаратуры, позволяющей осуществлять прием и измерение ЭМП, достаточно широк. Рабочий диапазон ее частот составляет от единиц килогерц до десятков гигагерц. Однако ее применение для мониторинга ионосферы, являющейся связующим звеном между излучением обозначенных выше ЭМП естественного и техногенного происхождений, экологией и человеком, малоэффективно по нескольким причинам.

Во-первых, суммарный диапазон частот источников активного воздействия на ионосферу, фонового и вторичного излучения ионосферы (ионизирующее излучение, возникающее в результате взаимодействия излучения рассматриваемых источников с ионосферой) – от долей герц до десятков мегагерц. Таким образом, технические возможности аппаратуры широкого применения не в полной мере (в диапазоне до единиц килогерц) перекрывают исследуемый диапазон излучений.

Во-вторых, оценка параметров ионосферы с помощью источников техногенного происхождения, как сказано выше, производится по модулированным сигналам, в ряде случаев, со сложными законами, в связи с чем отсутствие априорной информации о них представляет серьезные трудности, а, зачастую, исключает возможность обнаружения радиоприемной аппаратурой широкого применения. Кроме того, для обеспечения скрытности работы источников мощного КВ-излучения сопровождается скачкообразной перестройкой частоты,

использование нескольких несущих частот, что делает чрезвычайно затруднительным обнаружение таких сигналов имеющимися техническими средствами радиомониторинга.

В-третьих, при мониторинге отраженных от ионосферы сигналов необходимо учитывать, что приемный тракт аппаратуры общего применения является достаточно широкополосным, а уровень сигналов вторичного излучения ионосферы – низким, что делает их обнаружение также крайне затруднительным.

Таким образом, целесообразность разработки способов и методик исследования ионосферы, а также специальной аппаратуры для мониторинга ее излучений не вызывает сомнений.

Учитывая перечисленные особенности исследования излучения ионосферы, для решения поставленных задач предлагается использовать специализированные комплексы, обеспечивающие указанные выше технические требования и решение поставленных задач. Для повышения достоверности и полноты получаемых данных, а также оценки местоположения ионосферных образований с повышенной электронной концентрацией, целесообразно использование пространственно-распределенной сети на их основе.

Для увеличения эффективности радиомониторинга, например, в аппаратуре АО «СКБ РИАП», анализ излучения в НЧ и ВЧ диапазоне частот производится конструктивно независимыми комплексами, объединяемыми в единую сеть по сети Ethernet. При этом прием сигналов ВЧ диапазона частот производится супергетеродинным методом, что позволяет осуществлять обнаружение сигналов с низким соотношением сигнал/шум. Применение данного метода позволяет повысить избирательность радиоприемного устройства и его разрешающую способность. Прием сигналов НЧ диапазона частот осуществляется методом широкополосного сбора данных, что позволяет, учитывая значительные длительности периодов анализируемых сигналов, существенно сократить время обработки. Последующая совместная обработка полученной информации, содержащей параметры фонового электромагнитного излучения ионосферы, спектрально-временные характеристики сигнала источников активного воздействия, а также ее вторичного излучения, позволяет, используя специальные методики, проводить оценку состояния ионосферы.

Повышение полноты оценки параметров ионосферы и местоположения ее образований с повышенной электронной концентрацией, получаемых путем наземного радиомониторинга и не ограничиваясь пределами слоев D и E, возможно с помощью комплекса радиомониторинга ракетного базирования. При размещении на борту метеорологической ракеты он позволяет проводить оценку электромагнитного излучения ионосферы, областей с повышенной электронной концентрацией на высотах от 60 до 300 км. Использование результатов совместной работы КР наземного и ракетного базирования в настоящее время является оптимальным решением для получения наиболее полных сведений о состоянии ионосферы.

В настоящее время АО «СКБ РИАП» ведутся исследования по созданию портативного прибора контроля магнитных полей СНЧ диапазона частот.

Помимо влияния на человека источников СНЧ ЭМП значительную роль в его жизнедеятельности играют многочисленные ЭМП техногенного происхождения с диапазоном частот от единиц мегагерц до сотен гигагерц. Опасность таких источников определяется их широким распространением, а также тем, что их длительное воздействие приводит к накопительному эффекту.

ВЧ и СВЧ источники получили наибольшее распространение при развитии связи (ретрансляционных станциях линий связи, системах связи с использованием искусственных спутников Земли), радиолокации, в оружии на «новых физических принципах» – СВЧ-пушках, электромагнитных бомбах, системах активного отбрасывания, а также в современных бытовых приборах (СВЧ-печи).

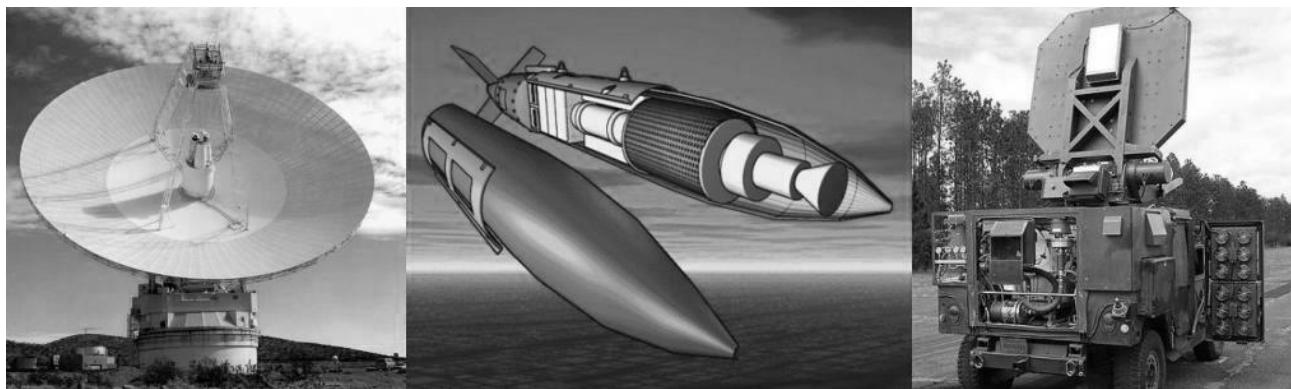


Рисунок 1 – Примеры источников СВЧ излучений

Результаты клинических исследований показали, что длительный контакт с ВЧ и СВЧ ЭМП может привести к развитию заболеваний, клиническую картину которых определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем [4]. Поглощённая электромагнитная энергия вызывает нагрев тела и отдельных органов, увеличивает общее теплообразование в организме человека. Степень воздействия ВЧ и СВЧ-излучения зависит от свойств терморегуляции участков тела (перераспределении тепла между соседними тканями через кровь, конвекционная теплоотдача в окружающее

пространство). Ткани и органы, у которых терморегуляция выражена слабо, наиболее чувствительны к облучению (глаза, мозг и др.). При длительном воздействии уровней ВЧ и СВЧ-излучений, превышающих гигиенические нормы, возможны изменения в крови, катаракта (помутнение хрусталика глаза), снижение кровяного давления, трофические изменения (выпадение волос, ломкость ногтей и др.), а согласно последним данным – рост числа онкологических заболеваний, утрата репродуктивной функции, иммунитета. Степень функциональных нарушений и тяжести патологических изменений в организме человека зависит от количественных и качественных характеристик поля, наличия неблагоприятных санитарно-гигиенических факторов и индивидуальных особенностей организма [5].

Для защиты человека от воздействия ВЧ и СВЧ ЭМП широко применяются инженерно-технические методы и средства:

- экранирование излучателей, помещений или рабочих мест;

- уменьшение плотности потока энергии в рабочей зоне за счет уменьшения мощности источника (если позволяют технические условия), использование ослабителей (аттенюаторов) мощности и согласованных нагрузок (например, эквивалентов антенн);

- применение средств индивидуальной защиты и др. [5]

В настоящее время, в России и во всём мире закреплён ряд нормативных документов, регламентирующих предельно-допустимые уровни электромагнитных полей в зависимости от их спектрального состава. Основными документами для определения ПДУ и максимально допустимого времени воздействия на человека ЭМП в России являются «Методические указания» (МУК) и «Санитарные правила и нормы» (СанПиН).

Для контроля выполнения требований указанных нормативных документов в России выпускаются приборы, позволяющие измерение предельно-допустимых уровней ВЧ и СВЧ электромагнитных полей. В 2015 г. АО «СКБ РИАП» осуществлен запуск серийного производства новейших систем для мобильных и стационарных активных радиотехнических комплексов (рис.2), обеспечивающих контроль выполнения норм по электромагнитной безопасности и поддержания заданного уровня боеспособности личного состава вооруженных сил и обслуживающего персонала при работе в условиях действия мощных ЭМП.

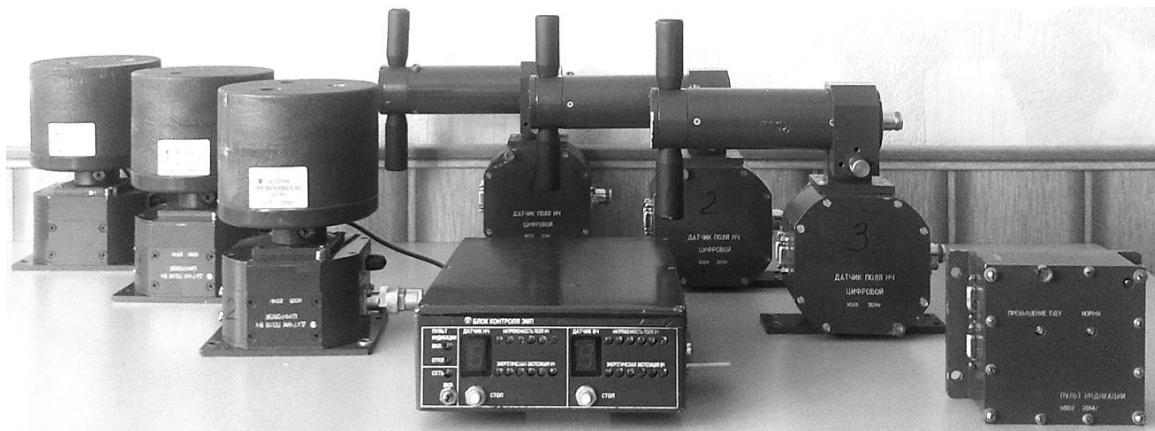


Рисунок 2 – Система контроля выполнения норм по электромагнитной безопасности для мобильных и стационарных активных радиотехнических комплексов военного назначения

#### Список источников и литературы:

1. Мизун Ю. Г., Мизун П. Г Космос и здоровье. – М.: Знание, 1984. 144 с. – (Наука и прогресс).
2. Агаджанян Н. А., Макарова И. И. Магнитное поле Земли и организм человека, Журнал «Экология человека», Выпуск № 9, 2005.
3. Намгаладзе, А.А. Математическое моделирование возмущений верхней атмосферы Земли
4. Акчурина, Я.Е. Метод клинической электроэнцефалографии (методика, история, показания и проведение), Медицинский Портал SVS Medical , Август 2009.
5. Михнюк, Т.Ф. Лабораторный практикум по курсу «Охрана труда». Гигиеническая оценка СВЧ излучений на рабочем месте и определение эффективности защитных экранов.
6. Цыганков, В.Д., Лопатин, В.Н. Психотронное оружие и безопасность России.

**MONITORING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IS THE BASIS  
OF SECURITY OF ECOLOGY AND HUMAN**

Ivannikov D.A., Polyakova A.G.  
JSC «SKB RIAP», antanta-annett@yandex.ru

The analysis of the impact of sources of electromagnetic fields of different origin - cosmic rays, magnetic field of the Earth, solar radiation, heating stands in the safety of human life and the environment. It is shown that the ionosphere is a link between electromagnetic fields radiation sources of natural and technogenic origin, the environment and human, in connection with which a study of its parameters is very important.

The mechanisms of electromagnetic field influence of anthropogenic origin on the environment and humans. The information about the regulations governing maximum permissible levels of electromagnetic fields exposure. Considered engineering methods and tools to ensure human safety increase when exposed to very high and very low frequency radiation.

The features of the implementation of instrumentation for monitoring electromagnetic fields very high, high and very low frequency ranges to meet the challenges of environmental security. Presents modern specialized systems and land-based missile, providing status monitoring electromagnetic fields ionosphere.



**ДВУМЕРНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Петров Е. П., Кононова В. Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», [kononovavictoria@mail.ru](mailto:kononovavictoria@mail.ru)

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), представляющие собой мультиспектральные снимки, широко применяются в экологических исследованиях. Они расширяют и обогащают возможности комплексного изучения геосистем и ландшафтов. Изображения ДЗЗ успешно применяют при оценке состояния сельскохозяйственных угодий, при изучении морфо- и геоструктур, определении структуры землепользования. Использование многоспектральной съемки позволяет выявить гранулометрический состав разных типов почв и оценить их состояние. Изображения ДЗЗ являются исходным материалом для картирования почв, районирования их по отдельным признакам. К задачам, решаемым средствами ДЗЗ относятся: обнаружение лесных, степных, торфяных пожаров, аварий на нефтяных вышках и промышленных объектах; выявление последствий пожаров; мониторинг паводковой обстановки на реках, контроль половодий, наводнений; обнаружение сбросов загрязняющих веществ в водоемы и моря; выявление сельскохозяйственных зон, подверженных засухе; контроль вырубки лесных массивов; контроль распространения загрязняющих веществ и т.д. В настоящее время количество спутников на орбите постоянно растет [1]. По данным СМИ Роскосмос планирует к 2030 году увеличить количество отечественных спутников на орбите в более чем в два раза - с 71 до 188 космических аппаратов. Поэтому задача повышения помехоустойчивости спутниковых изображений при их передаче является актуальной, а известные методы фильтрации изображений постоянно совершенствуются и разрабатываются новые.

Одним из методов повышения помехоустойчивости изображений является использование их статистической избыточности. В научной школе Петрова Е.П. в Вятском государственном университете разработан двумерный алгоритм фильтрации цифровых полутоновых изображений (ЦПИ) на основе двумерных цепей Маркова с двумя равновероятными состояниями, эффективно реализующий статистическую избыточность [2]. Этот алгоритм синтезирован, исходя из предположений, что изображения являются стационарными с постоянными статистическими характеристиками, одинаковыми для каждого элемента изображения. На практике реальные изображения ДЗЗ являются нестационарными [3,4]. В них имеются области с различными статистическими характеристиками, например, море, озеро, снежный покров и т.д. Для фильтрации нестационарных изображений использование указанного алгоритма некорректно. Необходимо исследовать эффективность данного алгоритма для фильтрации нестационарных изображений, в которых присутствуют области с различными статистическими характеристиками, и предложить методы повышающие помехоустойчивость нестационарных изображений.

На рисунке 1 приведено ЦПИ ДЗЗ «Остров», представляющее собой снимок поверхности Земли. Со спутника на Землю снимки передаются посредством дельта-модуляции, снижающей избыточность исходной информации. При этом данные, передаваемые по каналу связи можно визуально представить в виде бинарного случайного поля (БСП), представлено на рисунке 2. На БСП действительно имеются области с различными статистическими характеристиками. Эти области, выделенные вручную, графически представлены на рисунке 3.

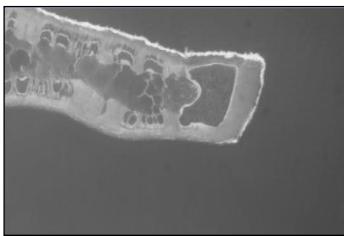


Рис. 1. Исходное изображение

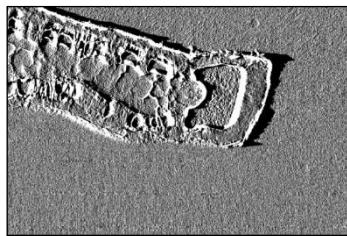


Рис. 2. БСП

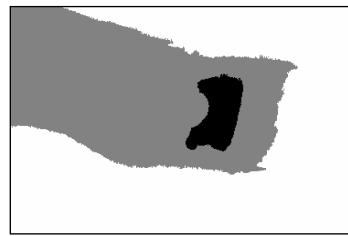


Рис. 3. Области, выделенные вручную на БСП

Следующее нелинейное уравнение фильтрации описывает те оптимальные операции, которые должно совершить приемное устройство над принятыми элементами  $\mu_{ij}$  БСП с целью их наилучшего восстановления при воздействии БГШ [2]:

$$u_{ij} = f(\mu_{ij} = M_1) - f(\mu_{ij} = M_2) + u_{i,j-1} + z(u_{i,j-1}, {}^1\pi_{\beta\gamma}) + \\ + u_{i-1,j} + z(u_{i-1,j}, {}^2\pi_{\beta\gamma}) - u_{i-1,j-1} - z(u_{i-1,j-1}, {}^3\pi_{\beta\gamma}), \quad (1)$$

где  $f(\mu_{ij} = M_1) - f(\mu_{ij} = M_2)$  - разность логарифмов функции правдоподобия значений дискретного параметра двоичного сигнала;  $u_{ij} = \ln \frac{p^{ac}(\mu_{ij} = M_2)}{p^{ac}(\mu_{ij} = M_1)}$  - логарифм отношения апостериорных вероятностей появления состояний  $M_1$  и  $M_2$  в  $\mu_{ij}$  элементе  $l$ -ого двоичного сечения;  $z(u_{ij}, {}^r\pi_{\beta\gamma})$  - нелинейное преобразование

$$z(u_{ij}, {}^r\pi_{\beta\gamma}) = \ln \left[ \frac{{}^r\pi_{11} + {}^r\pi_{21} \cdot \exp(-u_{ij})}{{}^r\pi_{22} + {}^r\pi_{12} \cdot \exp(u_{ij})} \right], \quad (2)$$

${}^r\pi_{\beta\gamma}$  - элементы соответствующей МВП  ${}^r\Pi$  по одному из направлений ( $j = \overline{1, n}$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $\beta, \gamma = 1, 2, r = \overline{1, 3}$ ).

Для оптимизации задачи различения состояний применяется критерий идеального наблюдателя, в соответствии с которым сигнал на выходе приемного устройства  $u_{ij}$  сравнивается с порогом  $H = 0$ :

$$\hat{\mu}_{ij} = \begin{cases} M_1, & \text{если } u_{ij} \geq H = 0; \\ M_2, & \text{если } u_{ij} < H = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Для повышения помехоустойчивости фильтрации нестационарных БСП, в которых присутствуют области с различными статистическими характеристиками, в процессе приёма необходимо перестраивать устройство нелинейной фильтрации, изменяя на каждом шаге значения элементов  ${}^r\pi_{\beta\gamma}$  матриц вероятностей переходов (МВП) по соответствующим направлениям в блоке нелинейного преобразования (2). Результаты фильтрации показывают, что данный метод действительно позволяет повысить помехоустойчивость. Например, при фильтрации изображения «Остров» выигрыш от применения метода с переменными МВП составляет 0,85 дБ при ОСШ С/Ш=-3 дБ. Зашумленное БСП «Остров», принятое без нелинейной фильтрации, представлено на рисунке 4 (ОСШ С/Ш=-3 дБ). БСП, полученное в результате фильтрации методом с переменными МВП (для каждой области свои значения условных вероятностей переходов), представлено на рисунке 5 (ОСШ С/Ш=-1,41 дБ). БСП, полученное в результате фильтрации алгоритмом для стационарных изображений, представлено на рисунке 6 (ОСШ С/Ш=-2,26 дБ). В таблице 1 представлены значения выигрышной фильтрации для БСП «Остров» при различных уровнях шума в канале связи. Зависимости относительного выигрыша метода с переменными МВП для различных уровней шума в канале связи графически представлена на рисунке 7.

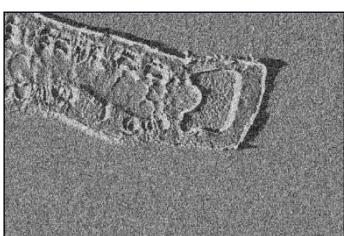


Рис. 4. Зашумленное БСП (С/Ш=-3 дБ)

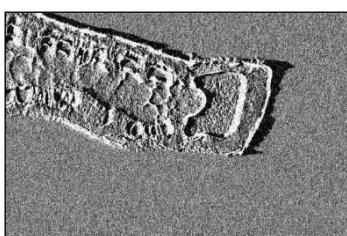


Рис. 5. БСП, полученное в результате фильтрации методом с переменными МВП (С/Ш=-1,41 дБ)

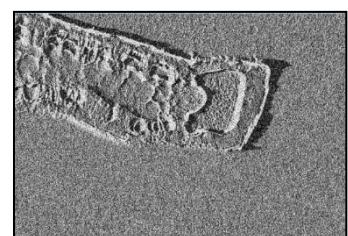


Рис. 6. БСП, полученное в результате фильтрации с постоянными МВП (С/Ш=-2,26 дБ)

Таблица 1 - Значение выигрыш фильтрации для БСП «Остров» при различных уровнях шума в канале связи

С/Ш в канале связи, дБ	Выигрыш фильтрации, дБ		Преимущество метода с переменными МВП (относительный выигрыш), дБ
	Выигрыш метода с переменными МВП, учитывающий характеристики в разных областях, дБ	Выигрыш метода для фильтрации стационарных изображений, дБ	
6	0.41	0.26	0.15
3	0.73	0.41	0.32
0	1.13	0.58	0.55
-3	1.59	0.74	0.85
-6	2.02	0.82	1.20
-9	2.45	0.95	1.50

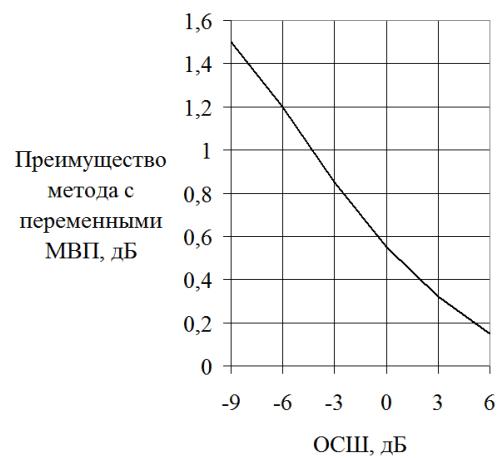


Рис. 7. Зависимость относительного выигрыша метода с переменными МВП от различных уровней шума в канале связи

Из представленных в таблице 1 результатов исследования видно, что алгоритм, учитывающий нестационарность изображения, имеет преимущество порядка 1 дБ для различных значений шума в канале. С увеличением уровня шума в канале, это преимущество увеличивается (рисунок 7).

При приеме изображений в режиме реального времени тяжело реализовать автоматическую сегментацию изображений. Для сегментации, предлагается использовать метод, предложенный в научной школе Петрова Е.П. в ВятГУ, где используются старшие разрядные двоичные изображения (РДИ) исходного ЦПИ «Остров». А так же предлагается применить другой метод без выделения областей, использующий скользящую маску, внутри которой статистические характеристики будут приниматься стационарными [5].

На рисунке 8 представлены сегменты, выделенные по двум старшим РДИ исходного ЦПИ «Остров» (рис. 1). Восстановленное БСП, полученное в результате фильтрации методом с переменными МВП (для каждой области на рисунке 8 свои значения условных вероятностей переходов), представлено на рисунке 9 (ОСШ С/Ш=-1,56 дБ). Восстановленное БСП, полученное в результате фильтрации методом скользящей маски, представлено на рисунке 10 (ОСШ С/Ш=-0,92 дБ).

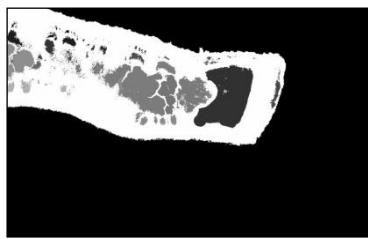


Рис. 8. Сегменты, выделенные по двум старшим РДИ

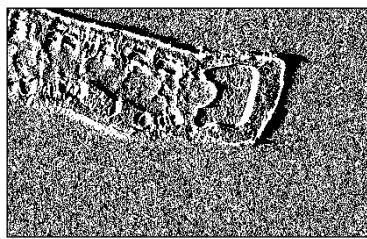


Рис. 9. БСП, полученное в результате фильтрации методом с сегментацией по двум РДИ (ОСШ С/Ш=-1,56 дБ)

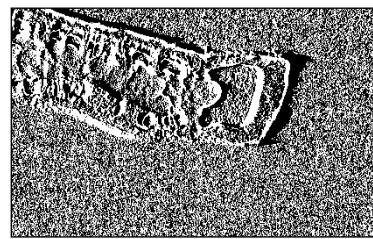


Рис. 10. БСП, полученное в результате фильтрации методом скользящей маски (ОСШ С/Ш=-0,92 дБ)

Видно, что применение метода скользящей маской приносит наибольший выигрыш в фильтрации.

В таблице 2 представлены значения выигрыш фильтрации для БСП «Остров» при различных уровнях шума в канале связи.

Таблица 2 - Значения выигрыш фильтрации для БСП «Остров» при различных уровнях шума в канале связи

С/Ш в канале связи, дБ	Выигрыш метода с сегментацией вручную, дБ	Выигрыш метода с сегментацией по двум РДИ, дБ	Выигрыш метода со скользящей маской, дБ
6	0.41	0.38	0.62
3	0.73	0.69	1.02
0	1.13	1.04	1.51
-3	1.59	1.44	2.08
-6	2.02	1.84	2.74
-9	2.45	2.22	3.51

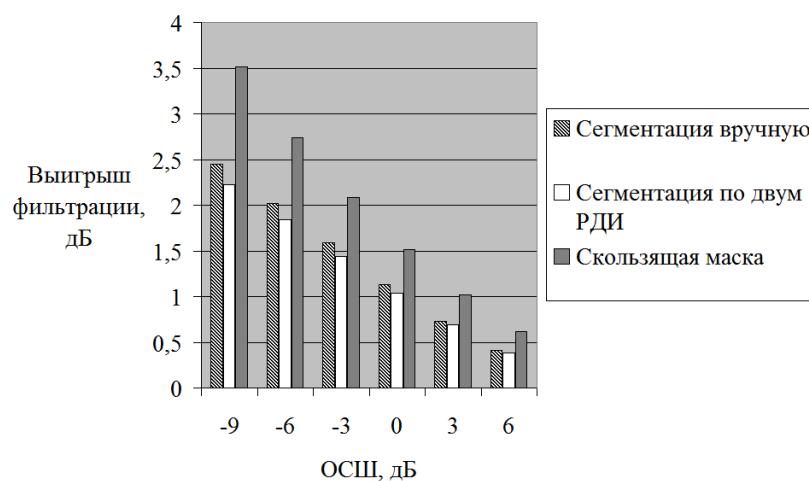


Рис. 11. Выигрыши фильтрации для БСП «Остров» при различных уровнях шума в канале связи

Из таблицы 2 видно, что метод, использующий скользящую маску, имеет наибольший выигрыш при всех соотношениях С/Ш в канале связи. С увеличением уровня шума в канале, это преимущество увеличивается (рисунок 11). Наихудший результат фильтрации показал метод с сегментацией по двум РДИ.

Таким образом, проведенные в работе исследования показали, что наличие на БСП областей с различными статистическими характеристиками действительно снижает помехоустойчивость фильтрации при наличии БГШ и для её повышения можно использовать фильтрацию с переменными условными вероятностями переходов, определяемыми методом скользящей маски.

В дальнейшем, необходимо продолжить исследовать алгоритм с использованием скользящей маски с целью: 1) определить, как влияет размер маски, 2) установить, как влияет зашумленность БСП на оценки условных вероятностей переходов, определяемые в режиме реального времени.

#### Библиографический список

1. Роскосмос планирует увеличить количество спутников на орбите // РИА-Новости – 2012. – 27 сентября. [Электронный ресурс]. URL:<http://ria.ru/science/20120927/760837342.html#ixzz3cpKEID3p> (Дата обращения 17.04.2016).
2. Петров, Евгений Петрович. Модели и алгоритмы обработки изображений: учеб. пособие / Е.П. Петров, Е. В. Медведева, Н.Л. Харина; ВятГУ. – Киров: О-Краткое, 2008. - 88 с.
3. Кононова, Виктория Юрьевна. Моделирование и нелинейная фильтрация нестационарных изображений / Петров Е.П., Кононова В.Ю. // «Вестник нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского». 2010. № 4. С. 73-78
4. Кононова, Виктория Юрьевна. Нелинейная фильтрация нестационарных цифровых случайных полей / Петров Е.П., Кононова В.Ю., Харина Н.Л.// Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. 2011. №5. С.18 - 22
5. Медведева, Елена Викторовна. Математические модели видеоизображений на основе многомерных цепей Маркова / Е. В. Медведева, Н.Л. Харина, А. П. Метелев // Сб. научн. трудов 13й Междунар. конф. «Цифровая обработка сигналов и ее применение». М.: 2011, т.1 – С. 277-281.

#### TWO-DIMENSIONAL NONLINEAR FILTERING OF REMOTE SENSING NONSTATIONARY DIGITAL IMAGES

Petrov E.P., Kononova V.J.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University»,  
[kononovavictoria@mail.ru](mailto:kononovavictoria@mail.ru)

This paper is devoted to the problem of non-stationary virtual binary random field recovery (filtering) destroyed by white Gaussian noise. Virtual binary random fields are formed at the delta modulator output in the remote sensing system. A virtual non-stationary binary random field is represented by a random Markov field with variable statistical characteristics. The statistical characteristics are localized in adjacent non-stationary image areas. They contain both areas with non-correlated elements (constant brightness areas) and areas with correlated elements (variable brightness areas). The basic mathematical model is a two-dimensional Markov chain with two states and some different matrixes of transition probabilities from one state to the next one. Recovery methods of such virtual non-stationary binary random field are described in this paper. Computer simulation results of the filtration process are shown.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ СВЕЖИХ ОВОЩЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ СОЕДИНЕНИЯМИ МЕДИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

М.П. Патапович, А.А. Минько, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

[zajogin\\_an@mail.ru](mailto:zajogin_an@mail.ru)

Все возрастающее техногенное загрязнение окружающей среды требует разработки быстрых и надежных методов анализов, которые обеспечивали бы контроль элементного состава пищевых продуктов и вместе с этим могли бы обеспечить защиту от проникновения элементов-токсикантов в организм человека. Для определения элементов-токсикантов в пищевых продуктах в настоящее время используют весь спектр физических и физико-химических методов анализа. Широко применяемым, в настоящее время, методом контроля - химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков, таких как трудоемкость и недостаточно высокая оперативность. Поэтому трудоемкие классические методы химической деструкции и минерализации анализируемых проб целесообразно заменять более производительными прямыми инструментальными методами, совмещающими в себе процессы, как пробоподготовки, так и анализа минерального состава проб [1-4].

Большинство металлов обладает высокой биологической активностью, из-за чего вопросы профилактики неблагоприятного воздействия их на здоровье людей требует знания как степени токсичности и характера вызываемых нарушений в состоянии здоровья, так и гигиенических норм пределов содержания металлов в объектах внешней среды.

Медь - микроэлемент широкого диапазона действия. В оптимальных дозах она оказывает полезное влияние на обмен веществ в организме, на предупреждение и течение различных заболеваний животных и человека, на повышение продуктивности растений, улучшение качества и состава продуктов питания. При недостатке подвижной меди в почве у зерновых злаков и трав резко снижается урожай и ухудшаются их качества, что в дальнейшем отражается на организме животных и человека. Медь присутствует почти во всех пищевых продуктах. Суточная потребность взрослого человека в меди 2...2,5 мг, то есть 35 ..40 мкг/кг массы тела, детей 80 мкг/кг.

Потребление в пищу большого количества солей меди вызывает токсические эффекты у людей и животных. Они, как правило, обратимы. При случайном попадании больших количеств меди в организм людей, опрыскивающих виноградники бордоской смесью, проявляются симптомы поражения легких, которые гистологически напоминают силикоз. В некоторых случаях отмечена взаимосвязь между развитием рака легких и накоплением меди.

Избыток подвижной меди вреден для здоровья человека и животных. Доза 0,2 - 0,5 г вызывает интоксикацию, а доза 10 г является смертельной. Летальной для человеческого организма является концентрация меди 0,175...0,250 г/сут.

Соединения меди стабильны во внешней среде и активно участвуют в кругообороте веществ в природе и миграции по одному из экологических путей: почва - растение - человек, почва - вода и т.д.

В связи с широким использованием медьсодержащих пестицидов возникла проблема загрязнения окружающей среды медью. Установлено, что внесение медьсодержащих пестицидов в почву приводит к накоплению меди в водоемах, растениях, загрязнению плодов и овощей [5,6]. Так, например, концентрация меди в яблоках, обработанных 1-процентной бордосской жидкостью, составляла 4,14 мг/кг, в то время как в яблоках, отобранных на контрольном участке, - 0,93 мг/кг.

В связи с этим разработаны величины ПДК по меди, являющиеся критерием санитарной охраны от загрязнений различных объектов: почвы, воды, растений, плодов,

- не позволяющие превысить возможность их индивидуального или совместного действия на организм человека. ПДК по меди в воде водоемов санитарно-бытового назначения составляет 0,1 мг/л, МДУ во фруктах и овощах составляет 5 мг/кг меди.

Одним из наиболее перспективных направлений развития лазерной спектроскопии является использование в качестве источника возбуждения спектров сдвоенных лазерных импульсов. При использовании двухимпульсного лазера для анализа растительных образцов процессы пробоподготовки и анализа могут быть объединены в едином цикле. Поглощение сфокусированного излучения образцом дозированной энергии первого импульса сопровождается локальным нагревом поверхности до температуры деструкции и частичного разрушения органической основы. При приходе с задержкой второго импульса из серии происходит продвижение фронта деструкции в глубь образца со скоростью, зависящей от плотности облучения и потерь энергии, а также расширения зоны поражения за счет релаксационных процессов внутри образца и поглощения излучения газообразными продуктами деструкции в канале пробоя и возбуждение газообразных продуктов.

Целью настоящей работы является разработка методов экспресс-анализа содержания меди в растительных пищевых продуктах (свежих образцах огурцов и томатов). Выбор указанных объектов

основывался на том, что при их выращивании применяется довольно большое количество удобрений и средств борьбы с болезнями на основе соединений меди.

Для проведения исследований использовался лазерный многоканальный атомно-эмиссионный спектрометр LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемыми энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (от 5 до 80 мДж), так и временного интервала между сдвоенными импульсами (0-100 мкс) излучения. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов  $\approx$  15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно равен 50 мкм. Используя расфокусировку можно увеличить область обработки до 2 мм.

Образцы подготовлены следующим образом: раствор хлорокиси меди (концентрация меди 0,1%, близкая к используемой на практике) нанесен и затем высушен путем естественного испарения капли (2 мкл) в области плодоножки (а) и рядом (б). После сушки образцы промывались чистой водой из под крана.

Энергия лазерного излучения составляла 24 мДж (первый и второй импульсы, соответственно), временной интервал между сдвоенными импульсами – 8 мкс. В качестве примера на рис. 1 приведены послойные интенсивности линии меди в спектрах образцов томатов для различных точек в области плодоножки (а) и рядом (б). Средняя толщина снимаемого слоя примерно равна 50-100 мкм. Следует отметить, что среднее содержание и ПДК для меди в овощных продуктах на несколько порядков меньше (ПДК 5 мг/кг).

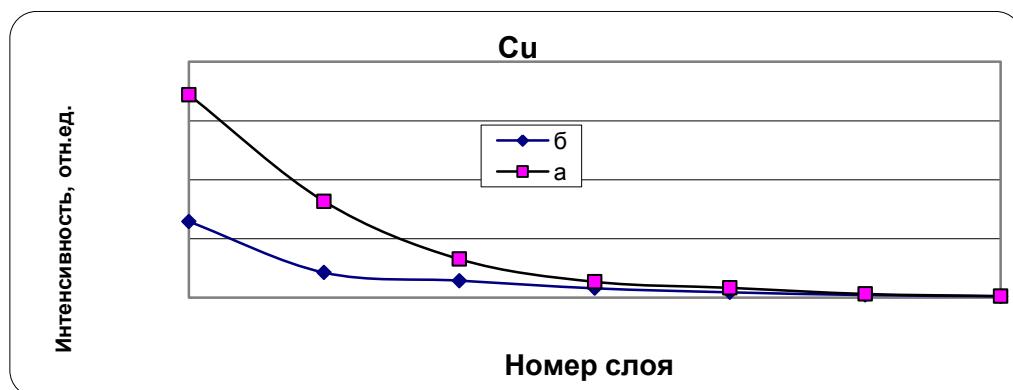


Рис. 1. Послойные интенсивности линии меди Cu I (324,754 нм) в спектрах для различных точек образца

Проведенные эксперименты показали, что определенное количество меди за время высыхания капли (примерно 1 час) после нанесения диффундирует через поверхность томата вглубь. Процесс накопления меди в области плодоножки примерно в 3 раза выше, чем на ровной поверхности. Это лишний раз подтверждает рекомендации при использовании свежих овощей с плодоножками удалять их.

Несоблюдение норм внесения веществ в почву или при обработке растений влечет остаточные количества химических веществ в продуктах питания. Для картофеля они не должны превышать 250 мг/кг, капусты – 500 мг/кг, моркови – 250 мг/кг, огурцов – 150 мг/кг, томатов – 150 мг/кг, кабачков – 400 мг/кг, арбузов – 60 мг/кг, дынь – 90 мг/кг. К сожалению, как отмечается в [7], на овощных базах, в иных торговых и приемочных учреждениях выборочной проверке подвергается не более 3% производимой и продаваемой продукции, поэтому актуальное значение в условиях становления рынка приобретает активность граждан – как землепользователей, производителей продуктов питания, так, и потребителей, контролеров этих продуктов при закупке.

Выполненные спектроскопические исследования приповерхностной лазерной плазмы, образуемой вблизи поверхности пористого тела, при воздействии на нее двух последовательных импульсов показали возможность определения содержания элементов, как на поверхности, так и в объеме с хорошей чувствительностью. Это может быть использовано для расширения области применения методов лазерной атомно-эмиссионной спектрометрии биологических объектов для оценки экологического состояния окружающей среды.

#### Библиографический список

1. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. - М.: КолосС, 2005, - 232 с.
2. Методы анализа пищевых, сельскохозяйственных продуктов и медицинских препаратов./Под ред. В. Гортвица. - М.: Пищевая промышленность. 1974, - 743 с. .
3. Методы анализа пищевых продуктов. М.: Наука, 1988. Т. 8. 270 с.

4. Химический состав пищевых продуктов. Справочник. /Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарёва. - М. Агропромиздат. 1982, - 359 с.
5. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химических средств защиты растений. / Под ред. профессора С.Я. Попова. - М.: Арт-Лион, 2003, - 208 с.
6. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. - М.: КолосС, 2005, - 232 с.
7. Богоявленов С.А. Экологическое право. Учебник для вузов. - М.: Издательство НОРМА, 2001, - с. 153.

## INVESTIGATION OF POLLUTION AT THE SURFACE OF FRESH VEGETABLES TREATED WITH COPPER COMPOUNDS BY MEANS OF THE LASER ATOMIC-EMISSION SPECTROMETRY METHOD

M.P. Patapovich, A.A. Minko, J.I. Buloichik, A.P. Zajogin  
 Belarusian State University  
[zajogin\\_an@mail.ru](mailto:zajogin_an@mail.ru)

To develop the effective express-analysis methods establishing the content of heavy metals in biological objects, fresh tomatoes have been studied experimentally with the help of laser atomic-emission spectrometry. Selection of the object under study is motivated by the use of considerable amounts of fertilizers and of the copper-based compounds for the control of tomato plant diseases. In the process of spectroscopic studies of the surface laser plasma formed close to porous bodies under the effect of two sequential pulses it has been found that the content of pollutants may be estimated with a high sensitivity both on the surface and within the bulk of fresh vegetables and fruit. The results obtained may be important for the development and improvement of the techniques aimed at analysis of biological objects and foodstuffs.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ТЕХНОГЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ БИОСФЕРЫ г. МИНСКА МЕТАЛЛАМИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Патапович М.П., Булоичик Ж.И., Минько А.А., Зажогин А.П.  
 Белорусский государственный университет  
[zajogin\\_an@mail.ru](mailto:zajogin_an@mail.ru)

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является одной из важнейших экологических проблем современности. В условиях техногенеза токсиканты включаются в биогеохимические круговороты, поступают через почву, гидросферу и атмосферу в растения, корма, продукты питания, в организмы животных и человека. Изучение биогеохимического поведения приоритетных элементов-токсикантов в компонентах биосфера – одна из актуальных задач современной экологии, так как биогеохимическая ситуация в регионах является существенным фактором их устойчивого развития и функционирования. Загрязнение атмосферы, почвы и воды в ландшафтах вызывает тревогу не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, но и потому, что оно неизбежно ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека. Однако многие химические элементы являются неотъемлемой частью физиологически необходимых живым организмам соединений, поэтому немаловажно располагать информацией об естественных концентрациях элементов.

Известно, что растения, произрастающие в зонах техногенного и антропогенного загрязнения, и в частности в больших городах, крупных промышленных центрах и вблизи них, подвергаясь воздействию вредных составляющих окружающей среды, могут служить чувствительными индикаторами, способными сигнализировать о степени загрязнения ареала их произрастания [1–3]. Город представляет собой сложную многокомпонентную и многофункциональную систему, элементы которой распределены в пространстве незакономерно. В связи с этим содержание элементов питания отличается и в растениях, произрастающих на разных типах почв, отличается также и распределение этих элементов по органам различных растений. Проблемы охраны здоровья человека, систематический агрохимический и промышленный мониторинг, санитарно-гигиенический и химико-токсикологический контроль, техногенная ситуация в отдельных регионах требуют использования как инструментальных, так и комбинированных методов, обеспечивающих высокую дисперсность, надежность и чувствительность анализов. Широко применяемым в настоящее время методом контроля – химическому и атомно-абсорбционному анализу свойственен ряд недостатков: трудоемкость и малая оперативность. Поэтому трудоемкие классические методы химической деструкции и минерализации анализируемых проб целесообразно заменять более производительными прямыми инструментальными методами, совмещающими в себе как пробоподготовку, так и анализ минерального состава проб.

Требованиям оперативного химико-аналитического контроля объектов растительного и животного происхождения на содержание различных металлов наилучшим образом удовлетворяет лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ, отличающийся многоэлементностью, сравнительной простотой подготовки образцов и довольно низкими пределами обнаружения [4, 5]. Многие вопросы, возникающие при создании оптимальных условий для проведения исследований приповерхностной плазмы могут быть эффективно решены при использовании лазерного многоканального атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1. Спектрометр включает в себя в качестве источника возбуждения плазмы двухимпульсный неодимовый лазер с регулируемыми энергией и интервалом между импульсами (модель LS2131 DM). Лазер обладает широкими возможностями как для регулировки энергии импульсов (до 80 мДж), так и временного интервала между сдвоенными импульсами (0-100 мкс) излучения. Лазер может работать с частотой повторения импульсов до 10 Гц и максимальной энергией излучения каждого из сдвоенных импульсов до 80 мДж, на длине волны 1064 нм. Длительность импульсов  $\approx$  15 нс. Временной сдвиг между сдвоенными импульсами может изменяться с шагом 1 мкс. Лазерное излучение фокусировалось на образец с помощью ахроматического конденсора с фокусным расстоянием 100 мм. Размер пятна фокусировки примерно равен 50 мкм. Используя расфокусировку можно увеличить область обработки до 2 мм.

В качестве объектов исследования для разработки методов экспресс-анализа послойного содержания элементов и влияния сезонности на загрязнение окружающей среды использованы образцы коры ели обыкновенной, взятые на территории Минска (пр-т Независимости 4 — МпН4). Образцы коры для анализа отбирали в летний (июль 2015 г.) и весенний (апрель 2016 г.) период с верхней и нижней частей нижних веток ствола деревьев, а также, для сравнения, из Березинского биосферного заповедника (ББЗ), взятые в мае-июне.

Для проведения экспериментов предварительно были отобраны участки коры ели с преимущественно ровной поверхностью размером 10x10 мм<sup>2</sup>, которые наклеивались с помощью двустороннего скотча на поверхность держателя образцов (пластинка из оргстекла), а затем на 15 минут помещались под груз, для наиболее равномерного распределения образца по поверхности пластиинки.

Анализировались суммарные результаты 40 последовательных импульсов из нескольких точек образцов коры. На рис.1 приведены интенсивности линий ряда элементов (Ca, Al<sub>I</sub>) в образцах коры ели МпН4 взятых в апреле 2016 года при энергиях импульсов возбуждения 35 мДж и между импульсом интервале 8 мкс.

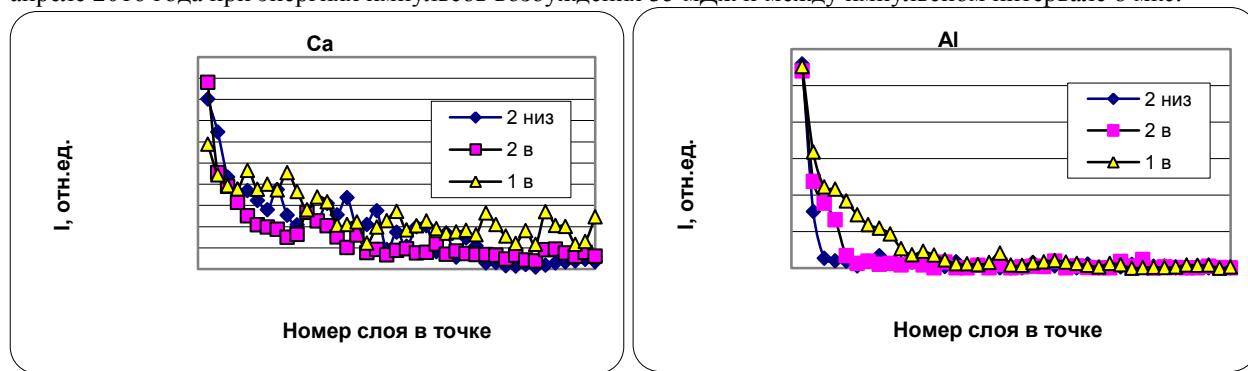
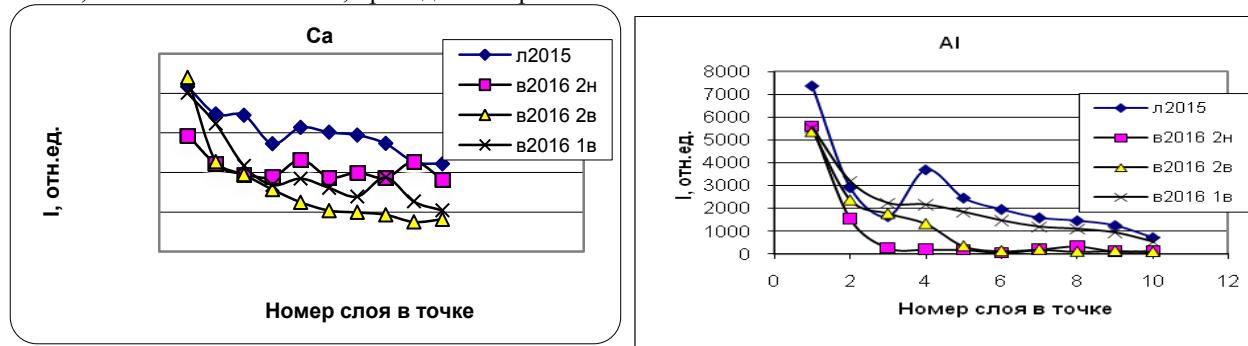


Рис. 1. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм) в образцах коры: 1 в – образец 1 верхняя часть; 2 в и 2 н - образец 2 верхняя и нижняя часть ветки.

Зависимости интенсивности линий Ca, Al, Ti и Fe в последовательных 10 слоях коры ели образцов МпН4, взятых летом и зимой, приведены на рис. 2.



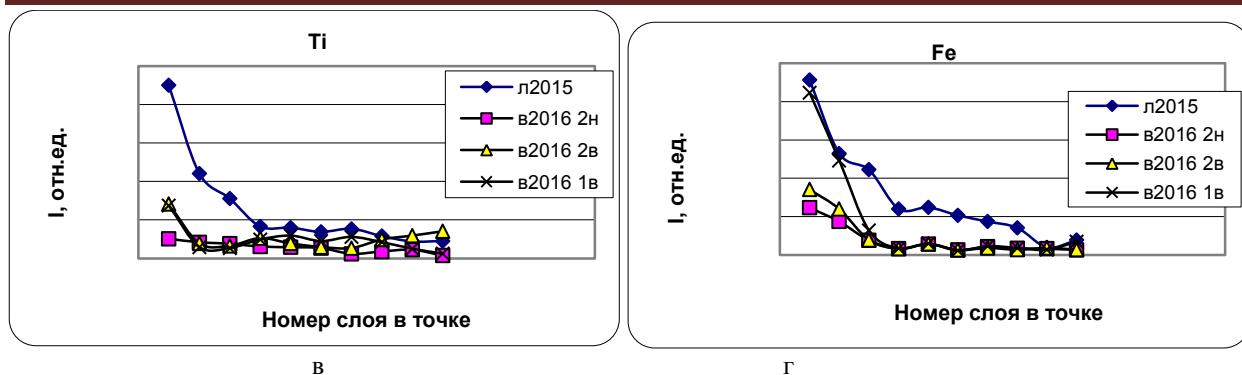


Рис. 2. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели.

Из анализа экспериментальных результатов видно, что наблюдается явный дисбаланс в питании елей, как растущих в различных по экологической обстановке местностях, так и в различные временные сроки. Наблюдается увеличение количества кальция в верхних слоях коры, начиная с сезона борьбы с гололедом. Следует также особо отметить, что процесс накопления Al, Fe, Ti с наступлением лета увеличился, что свидетельствует об усилении процессов поступления их с тротуара, уложенного плиткой. За осенний сезон дождей количество их заметно уменьшилось, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности спектральных линий в весенних образцах коры 2016 года. Таким образом, видно, что большое влияние на количественное содержание элементов в поверхностных слоях оказывают внешние воздействия (осадки, пыль).

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al и Mg в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом (см. рис. 3).

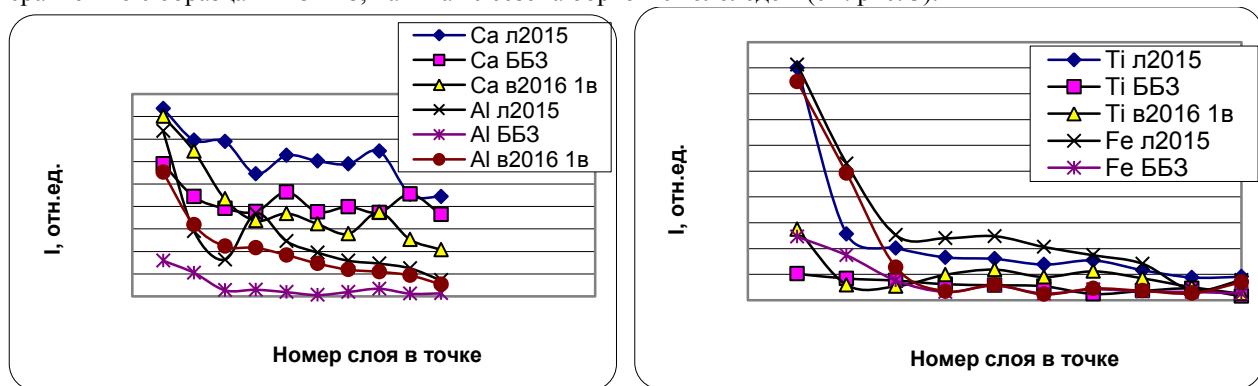


Рис. 3. Зависимость интенсивности линий Ca II (393,367 нм), Al I(396,153 нм), Fe I (382,04 нм), Ti II (368,52 нм) в последовательных слоях образцов коры ели Минска и ББЗ.

Для Минска наблюдается увеличение количества Fe, Ti, Al в верхних слоях коры в 3-4 раза по сравнению с образцами из ББЗ, начиная с сезона борьбы с гололедом. Все сказанное вполне объяснимо. Так как в зимний период в последнее время часто наблюдаются гололедицы, то всевозможных хлоридов на трассы и тротуары высыпают большое количество. Мчащиеся автомобили создают турбулентные потоки воздуха, которые разносят «удобрения» на ветки и кроны. Соль легко проникает в побеги. Одновременно с возрастанием указанных элементов в верхних слоях образца MnH4 появляются и другие металлы.

Однако перед дорожными службами и Госавтоинспекцией стоит своя задача. Главное — обеспечить безопасность дорожного движения. А использование солевых смесей — достаточно эффективный для этого способ. Следовательно, необходимо найти альтернативные варианты, которые устроят и тех и других.

В связи с этим были исследованы образцы солевых смесей, используемые для обработки дорог во время гололеда. Данные объекты представляют собой комбинацию кристаллов различного цвета и формы, что может указывать на содержание в них некоторого количества различных химических элементов, не свойственных биологическим образцам. На рис.4 приведены относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах кристаллов технической соли.

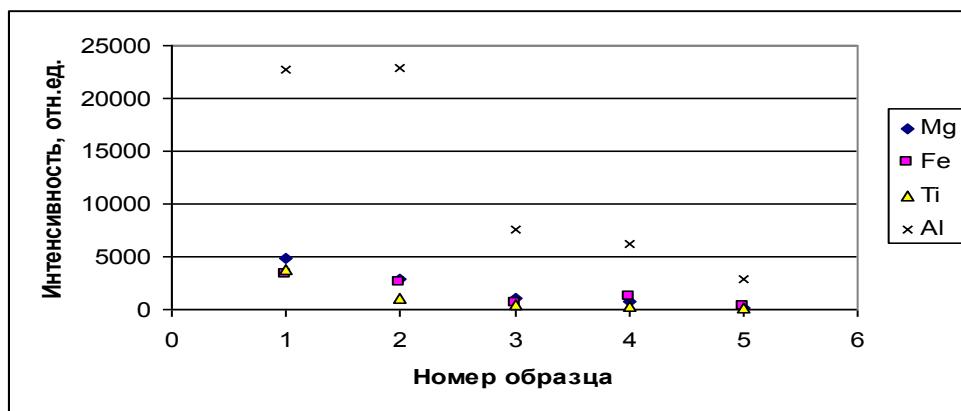


Рис.4. Относительное содержание Al, Fe, Mg и Ti в образцах соли.

Как видно из приведенных данных, основной вклад в загрязнение дают два вида кристаллов — 1 (серый) и 2 (темно-коричневый). В них содержание тяжелых металлов существенно выше, чем в других кристаллах. В частности, содержание алюминия выше более чем в 3 раза. Для остальных элементов концентрация увеличена приблизительно в два и более раза. Следовательно, большое влияние на экологическую ситуацию оказывает также воздействие реагентов и их элементный состав, при помощи которых дорожные службы растапливают лед.

Малые трудозатраты на пробоподготовку объектов к анализу позволит проводить большой объем анализов проб взятых на больших площадях и проводить слежения за состоянием биоты под влиянием локального и трансграничного переноса поллютантов; выяснить закономерности устойчивого развития экосистем с целью обеспечения научных основ сбережения природных комплексов и устойчивого их использования.

#### Библиографический список

1. Е.Г. Бусько, Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси. Мин. 1995.
2. Е.А. Сидорович, Ж.А. Рупасова, Е.Г. Бусько. // Доклады АН БССР. 271, Т. XXIX. № 3 (1985).
3. И.П. Дайнеко, И.В. Дайнеко, Л.П. Белов. // Химия растительного сырья. 19, №1 (2007).
4. Л.Т. Сухов. Лазерный спектральный анализ. Новосибирск. 1990.
5. М.П. Патапович, Ж.И. Булоичик. // Вестник БГУ. Серия 1. 14, №3 (2009).

#### INVESTIGATION INTO THE SEASONAL EFFECTS ON TECHNOGENIC AND ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE COMPONENTS OF MINSK BIOSPHERE WITH METALS BY THE METHOD OF LASER ATOMIC-EMISSION SPECTRAL ANALYSIS

M.P. Patapovich, J.I. Buloichik, A.A. Minko, A.P. Zajogin  
 Belarusian State University  
[zajogin\\_an@mail.ru](mailto:zajogin_an@mail.ru)

Using atomic-emission spectrometry, the influence of environmental pollution on the state of biota in the industrial center of Minsk has been studied by assay of the chemical composition in the samples of spruce bark. It has been shown that in the top layers of the bark samples taken from the growing stock of spruce trees in Minsk the content of Al, Fe, Ti is 3-4 times higher than their content in the samples from the Berezinski biospheric forest reserves. Simplicity of sample preparation for the assay procedures facilitates monitoring of the biota objects subjected to the effects of local and transborder transfer of the pollutants; the assay may be performed for numerous samples from vast territories; the regularities in the sustainable development of natural ecosystems may be established to provide their conservation and rational use.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЛАЖНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ПО СПУТНИКОВЫМ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

Пашинов Е.В.<sup>1</sup>, Стерлядкин В.В.<sup>1</sup>, Кузьмин А.В.<sup>1</sup>, Шарков Е.А.<sup>1</sup>, Садовский И.Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт Космических Исследований РАН

<sup>2</sup> Владимирский Государственный Университет

[pashinove@mail.ru](mailto:pashinove@mail.ru).

Для исследования процессов, происходящих в системе океан-атмосфера, необходима информация о высотных профилях водяного пара и температуры атмосферы. Водяной пар является основным источником скрытого тепла при зарождении и интенсификации атмосферных катастроф, например, тропических циклонов. При этом особенности высотного профиля водяного пара играют основную роль [2].

Очевидно, что оперативный глобальный мониторинг распределения водяного пара может быть осуществлён только с помощью дистанционного зондирования с борта космических аппаратов. Измерения проводятся в микроволновом и инфракрасном спектре электромагнитных волн. Миллиметровый диапазон длин волн является перспективным участком спектра электромагнитных волн для дистанционного зондирования. Здесь сочетается широкий динамический диапазон изменения радиояркостной температуры от характеристик атмосферы и поверхности с высокими техническими характеристиками приемных устройств: высокой чувствительностью, стабильностью, достаточно высоким разрешением на поверхности при небольших размерах антенн. Это позволяет осуществить всепогодный глобальный контроль и измерение характеристик атмосферы и земной поверхности.

В настоящее время на орбиту запущены несколько десятков микроволновых приборов, позволяющих восстанавливать вертикальный профиль влажности атмосферы. Некоторые из них: SAPHIR, ATMS, SMIS, AMSU-B, MTB3A-ГЯ и.т.д. Сегодня, можно сказать, что микроволновые измерения гораздо менее чувствительны к негативным погодным условиям – облачности и дождю, что является их несомненным преимуществом. Недостатком же по сравнению с измерениями в инфракрасном диапазоне является плохое вертикальное разрешение.

Таким образом, поиск новых и улучшение существующих методов и подходов к решению задачи восстановления профиля влажности по спутниковым микроволновым измерениям является актуальной работой. Некоторым результатам данной работы будет посвящён доклад.

### Решение прямой задачи

Задача восстановления профиля влажности атмосферы относится к классу некорректных обратных задач. Чтобы найти подходы к её решению, необходимо сначала научиться точно решать прямую задачу прохождения микроволнового излучения через систему океан-атмосфера. Для решения прямой задачи, традиционно, используется горизонтально однородная модель атмосферы, которая позволяет рассчитать яркостную температуру излучения земли и атмосферы по имеющемуся профилю метеопараметров. Радиояркостную температуру, регистрируемую спутниковым радиометром, можно представить стандартным выражением:

$$T_{\text{я}}(\nu) = [1 - R(\nu, \theta)] \times T_s \times \exp(-\tau_o(\nu) \times \sec\theta) + \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(\nu, h) \times \sec\theta \times \exp[-\tau(\nu, h) \times \sec\theta] dh + \\ + R(\nu, \theta) \times \exp(-\tau_o(\nu) \times \sec\theta) \times \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(\nu, h) \times \sec\theta \times \exp[-(\tau_o(\nu) - \tau(\nu, h)) \times \sec\theta] dh + Tr \times R(\nu, \theta) \times \exp(-2\tau_o(\nu) \times \sec\theta), \quad (1)$$

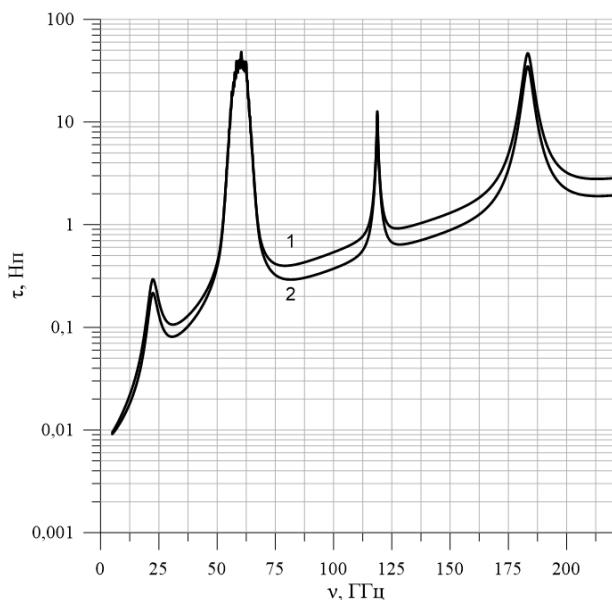
где первое слагаемое описывает излучение подстилающей поверхности, ослабленное атмосферой, второе – описывает вклад восходящего излучения атмосферы, третье слагаемое отвечает за нисходящее излучение, отраженное от поверхности и ослабленное атмосферой, а четвертое учитывает вклад реликтового излучения отраженного поверхностью и дважды ослабленное атмосферой;

$R(\nu, \theta)$  - коэффициент отражения подстилающей поверхности;  $T_s$  - термодинамическая температура поверхности;  $Tr$  - температура реликтового излучения,  $T(h)$  - высотный профиль температуры атмосферы;

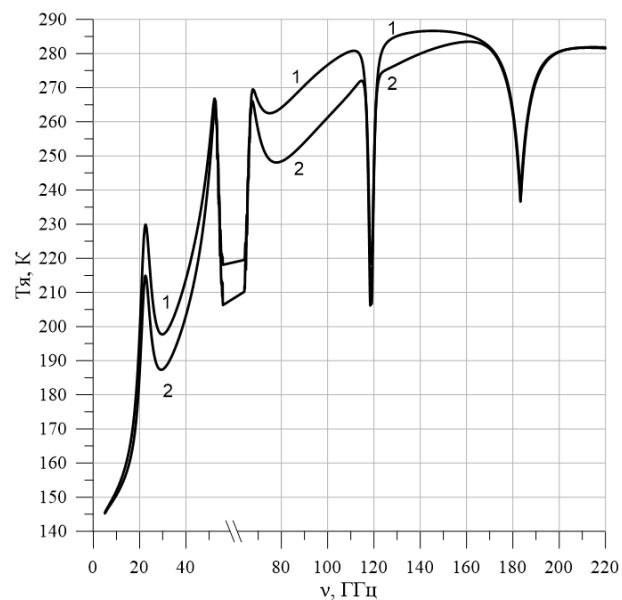
$\alpha(\nu, h) = \alpha_{\text{атм}}(\nu, h) + \alpha_{\text{обл}}(\nu, h)$ -коэффициент погонного ослабления атмосферы, в котором учитывается возможность вклада облаков  $\alpha_{\text{обл}}(\nu, h)$ ;  $\gamma(\nu, h) = \gamma_{\text{атм}}(\nu, h) + \gamma_{\text{обл}}(\nu, h)$  - погонное поглощение атмосферы и облачности;  $\tau(\nu, h)$  - оптическая плотность слоя толщиной  $(h, H)$ , где  $h$  – текущая высота слоя, а  $H$  – верхняя граница атмосферы;  $\tau_o(\nu)$  – оптическая толщина всего слоя атмосферы.

Поскольку рассеяние излучения в микроволновом диапазоне много меньше, чем поглощение, было принято  $\alpha(\nu, h) = \gamma(\nu, h)$ . Это требование может нарушаться в осадках, однако на данном этапе осадки рассматриваться не будут. Решение прямой задачи позволяет оценить чувствительность измерений на различных частотах к высотному распределению водяного пара, предложить методы решения обратной задачи. Зависимость от влажности на какой-либо высоте заключена в коэффициенте погонного поглощения  $\gamma_F(h)$ . Для расчёта этого коэффициента применялась методика Rosenkranz (1998) [5]. Интегрирование коэффициента

погонного поглощения по высоте позволяет нам рассчитать оптическую толщину атмосферы-т зависимость которой от частоты для влажной и сухой атмосферы представлена на рис.1 а).



а)



б)

Рис.1.а) Зависимость оптической толщины атмосферы от частоты для различных моделей атмосферы, б) зависимость радиояркостной температуры от частоты для вертикально поляризованного излучения при угле падения  $45^\circ$  для различных моделей атмосферы [3]. 1 – стандартная тропическая атмосфера; 2 – стандартная атмосфера средних широт (летняя).

Полосы поглощения за счёт водяного пара в микроволновом диапазоне находятся в области линий 22.235 и 183.31 ГГц. Причём полоса 183 ГГц наиболее сильная.

Расчет проводился путем разбиения атмосферы на тонкие слои по 100 м и суммирования по формуле (1) в предположения постоянства метеопараметров в пределах каждого слоя. Результаты решения прямой задачи – расчета яркостной температуры и ее зависимости от частоты излучения для различных профилей метеопараметров представлены на рис.1 б).

Следующим шагом анализа прямой задачи целесообразно рассмотреть высотное распределение вкладов водяного пара в общий сигнал радиометров на разных частотах (весовые функции).

#### Чувствительность радиометрических измерений к профилю водяного пара

В работе [3] проводится обоснование возможности восстановления профиля водяного пара на основе анализа уравнения для измеряемых яркостных температур, в котором используется только восходящая часть излучения.

В качестве весовой функции  $W1(\nu, h)$  авторы используют выражение, которое является сомножителем перед  $T(h)$ , а именно:

$$W1(\nu, h) = \gamma(\nu, h) \times \sec\theta \times \exp[-\tau(\nu, h) \times \sec\theta] \quad (2)$$

На рис. 2 а) представлена форма весовых функций для различных частотных каналов, заимствованная у авторов [3]. Отметим, что данные графики рассчитаны для интегральной влажности  $WVC = 2,41 \text{ г/см}^2$ , что существенно ниже чем у стандартной тропической атмосферы ( $4,1 \text{ г/см}^2$ ).

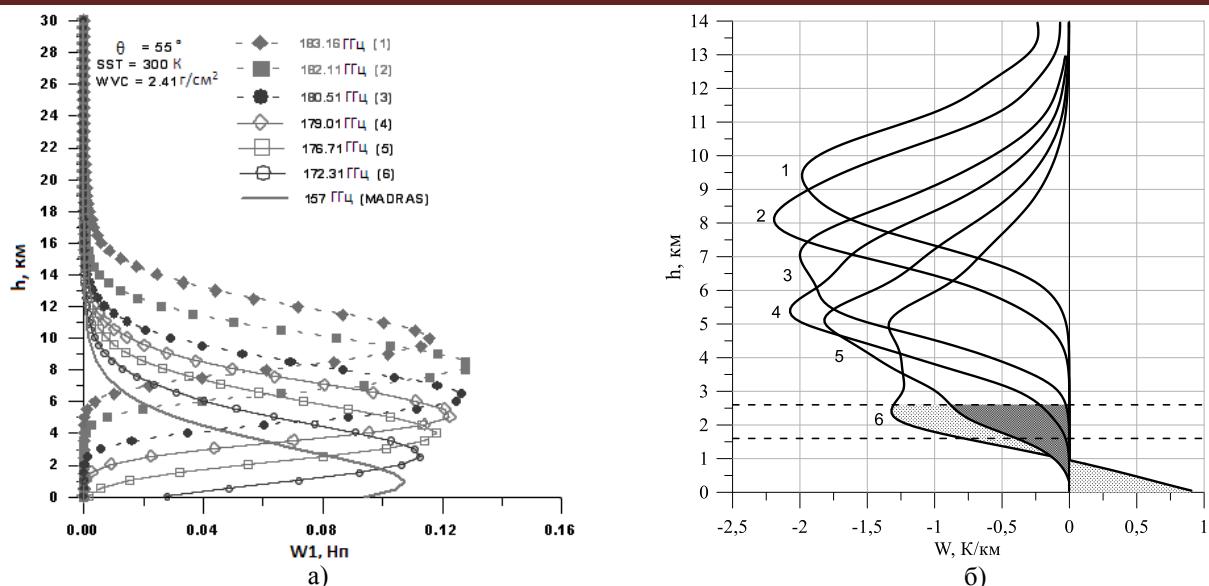


Рис.2 Чувствительность каналов прибора SAPHIR к изменению влажности при горизонтальной поляризации, угле падения  $55^{\circ}$ , температуре поверхности 300К. а) рассчитанные в [4] для радиометрических каналов SAPHIR по формуле (2); б) стандартная тропическая атмосфера, интегральная влажность которой пропорционально уменьшена до  $2,41 \text{ г/см}^2$

На первый взгляд, данные кривые показывают прекрасную избирательность по высоте, которая позволяет надеяться на измерение профиля водяного пара во всем слое тропосферы от водной поверхности до 12 км. Авторы утверждают о возможности измерений концентрации водяного пара в слое 0,6-1,5 км и слое 2,0-2,6 км.

На наш взгляд, это не вполне соответствует действительности. Во-первых, физический смысл весовой функции  $W1(h)$ , введённой по формуле (2), заключается в том, что она описывает вклады термодинамической температуры  $T(h)$  различных высотных слоев в общий сигнал. Если бы нашей задачей было восстановление температуры, то выбор авторов был бы верным. Введенная по формуле (2) весовая функция никак не отвечает на вопрос, а как реагирует сигнал  $T_a(v)$  на изменение влажности в том или ином слое.

Нам представляется более целесообразным другой подход к решению задачи определения чувствительности  $T_a(v)$  к профилю водяного пара, описанный в работе [6]. В данном подходе весовая функция  $W(v, h)$  вводится как отклик  $T_a(v)$  на изменение концентрации водяного пара в некотором слое. При этом не следует в качестве переменной использовать концентрацию водяного пара на различных высотах  $N(h)$ , и определять весовую функцию как  $\frac{\partial^2 T_a(v)}{\partial N(h) \partial h}$ . Причина кроется в том, что данная величина будет говорить о том

вкладе, который дают в сигнал одинаковое число молекул, находящихся на разных высотах.

Введем параметр  $n(h) = [N(h) - N_{cm}(h)] / N_{cm}(h)$  – относительное отклонение измеряемой концентрации водяного пара от стандартной величины. Для стандартной атмосферы  $n(h) = 0$ , если атмосфера на некоторой высоте суще, чем стандартная на 20%, то  $n(h) = -0,2$ , и т.д. Этот параметр на всех высотах имеет одинаковый масштаб изменений, поэтому чувствительность сигнала к изменению величины  $n(h)$  будет отражать истинную избирательность сигнала к влажности на той или иной высоте. Найдем весовую функцию измеряемых сигналов к относительному изменению концентрации водяного пара.

$$W(v, h) = \frac{\partial^2 T_a(v)}{\partial n(h) \partial h} \quad (3)$$

Для численных расчётов, данную зависимость можно представить следующим образом:

$$W(v, h) = \frac{T_a(n(h), v) - T_a(n_{cm}(h), v)}{\{n(h) - n_{cm}(h)\} \times \Delta h}, \quad (4)$$

где  $n(h)$  – профиль относительного отклонения концентрации водяного пара от стандартного профиля; учтем, что для стандартного профиля  $n_{cm}(h) = 0$ ;

На рис. 2 б) представлены кривые чувствительности  $W(v, h)$ , рассчитанные по формуле (4) для частот, которые используются в радиометрическом комплексе SAPHIR.

Анализ рис. 2 показывает, что используемые в комплексе SAPHIR Megha-Tropiques каналы, по-видимому, малоэффективны для восстановления профиля водяного пара в нижних слоях тропосферы на высотах 0-2,6 км. Однако именно в нижнем слое тропосферы содержится основная часть водяного пара, поэтому восстановление

профиля в нижних слоях является важной задачей спутникового зондирования.

#### Дифференциальный радиометрический метод

Рассмотрим возможности дифференциального метода измерений, впервые предложенного Стерлядкиным В. В. [1] для измерения профиля влажности с поверхности Земли. В этом методе, информационной величиной является разность яркостных температур, регистрируемых на двух частотах  $\Delta T_{\text{я}}(\nu_1, \nu_2) = T_{\text{я}}(\nu_2) - T_{\text{я}}(\nu_1)$ . Выбор пар частот  $\nu_1, \nu_2$  проводился так, чтобы получить наилучшую избирательность  $W(\nu, h)$  к тому или иному слою нижней тропосферы. На рис. 3 представлены весовые функции  $W(\nu, h)$ , которые на наш взгляд обладают хорошей избирательностью по высоте.

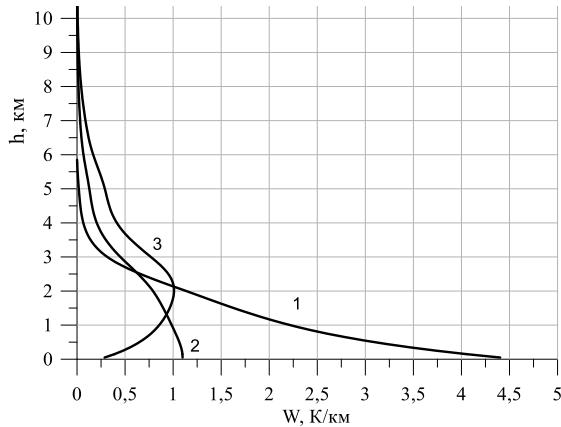


Рис. 3 Чувствительность (весовые функции) дифференциальных радиометрических сигналов:  
1-  $\Delta T_{\text{я}}(27;19)$ , 2-  $\Delta T_{\text{я}}(26;27)$ , 3-  $\Delta T_{\text{я}}(24,2;25,2)$ ;

На основе графика весовых функций нетрудно рассчитать отклик сигнала  $\Delta T_{\text{я}}(\nu_1, \nu_2)$  на отклонение влажности от стандартного профиля. Например, найдем отклик дифференциального сигнала  $\Delta T_{\text{я}}(27,19)$  на изменение влажности в слое (0-1,5 км) на -20% от стандартного профиля влажности (при этом  $n(0-1,5\text{км}) = -0,2$ ). Для дифференциального сигнала  $\Delta T_{\text{я}}(\nu_1, \nu_2)$  эта величина составит 0,85 К. Аналогичное изменение влажности на -20% в более высоких слоях 1,5-5 км даст вклад 0,5К, что составит лишь 23% от дифференциального сигнала в случае  $n(0-5\text{км}) = -0,2$ . Таким образом, из рис.3 следует, что весовые функции при дифференциальных измерениях в окрестности линии поглощения 22 ГГц обладают хорошей пространственной избирательностью и могут служить основой для восстановления профиля водяного пара в нижнем слое тропосферы в интервале 0-4 км.

#### Заключение

Рассмотрена задача дистанционного определения профиля влажности тропосферы на основе радиометрических измерений с борта космических аппаратов. Анализируются свойства весовых функций  $W(h)$  представляющих собой частные производные от измеряемых яркостных температур  $T_{\text{я}}$  по относительному отклонению концентрации водяного пара  $n$  и высоте  $h$ , которые демонстрируют вклад водяного пара в различных слоях атмосферы в регистрируемые сигналы. Прямыми расчетами показано, что радиометрические измерения в окрестности линии 183 ГГц имеют низкую чувствительность к изменению влажности в нижнем слое тропосферы (0-3км), где данные о водяном паре являются наиболее важными. Предложен новый дифференциальный метод измерения влажности в нижних слоях тропосферы на основе измерений в окрестности линии 22 ГГц. Преимущества дифференциальных измерений вблизи 22 ГГц перед аналогичными измерениями в близи 183 ГГц подтверждаются результатами компьютерного моделирования. Проведенный анализ возможностей предложенного метода является первым шагом на пути практического внедрения метода в практику.

#### Библиографический список

1. Стерлядкин В.В., Шарков Е.А. Дифференциальные радиотепловые методы определения вертикального профиля водяного пара в тропосфере и стратосфере Земли // Исслед. Земли из космоса. 2014. № 5. С. 15–28.
2. Шарков Е.А., Шрамков Я.Н., Покровская И.В. Повышенное содержание водяного пара в атмосфере тропических широт как необходимое условие генезиса тропических циклонов // Исслед. Земли из космоса. 2012. № 2. С. 73–82.
3. ClatcheyR.A., FennR.W., SelbyJ.E.A. et.al. Optical properties of the atmosphere. (Third edition) // AFCRL-72-0497. 1972. P. 108.
4. Gohil B. S., Mathur A. K. Atmospheric humidity profile retrieval algorithms for Megha-Tropiques SAPHIR: a simulation study and analysis of AMSU-B data // Remote Sensing of the Atmosphere and Clouds. Proceedings of SPIE.

Vol. 6408. 640803-1 -640803-9. 2006.

5. Rosenkranz P. W., Water vapor microwave continuum absorption: A comparison of measurements and models // Radio Sci. N. 33(4). P.919–928. 1998.

6. Westwater E. R., Schroeder J. A. Guide to microwave weighting function calculations // NOAA Tech. Memo. ERL WPL-225. 1992.

## INVESTIGATION OF HUMIDITY SOUNDING OF THE ATMOSPHERE ABILITY USING SATELLITE MICROWAVE MEASUREMENTS

Pashinov E. V.<sup>1</sup>, Sterlyadkin V. V.<sup>1</sup>, Kuzmin A. V<sup>1</sup>,, Sharkov E. A<sup>1</sup>,, Sadovsky I.N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Space Research Institute(IKI)

<sup>2</sup> Vladimir State University

E-mail: [pashinove@mail.ru](mailto:pashinove@mail.ru)

The existing radiometric methods of measuring profile of the water vapor concentration from aboard are analyzed. The questions of the sensitivity of radiometric measurements to the deviation of the concentration of water vapor from the standard profile are considered. It is shown that the traditional measurements near the absorption line 183 GHz have low sensitivity to a changes vapor concentration in the lower troposphere. A new differential method of humidity measurement in the lower troposphere, based on measurements near 22 GHz line was proposed. The advantages of differential measurements near 22 GHz to similar measurements in the vicinity of 183 GHz are confirmed by the results of computer simulation.



## МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВЗВОЛНОВАННОЙ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. СРАВНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И МОДЕЛЕЙ

Сазонов Д. С., Садовский И.Н.

Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН),

Владимирский государственный университет (ВлГУ)

[sazonov\\_33m7@mail.ru](mailto:sazonov_33m7@mail.ru), [ilya\\_nik\\_sad@mail.ru](mailto:ilya_nik_sad@mail.ru)

В настоящей работе представлены некоторые результаты корреляционного анализа и анализа невязок собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности на частоте 37,5 ГГц. Основное внимание уделено анализу модельных и экспериментальных оценок крутизны радиационно-ветровой зависимости. В работе выполнена постановка и проверка гипотезы о наличие значимой корреляции между модельными расчетами и экспериментально измеренными значениями изменения излучательной способности водной поверхности вследствие ветрового воздействия. Проведенные исследования показали, что среди выбранных для сравнения моделей нет ни одной адекватно описывающей экспериментальные результаты.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №14-02-00839\_а и № 15-05-08401\_а.

### Введение

Мировой океан один из самых главных ресурсов существования жизни на нашей планете. Процессы, протекающие в океане, оказывают большое влияние на жизнь человека и природы в целом. Данный факт приводит к необходимости исследования поверхности и глубин этого уникального ресурса.

В настоящее время одним из эффективных способов исследования поверхности океана является его дистанционный мониторинг с борта самолетов и спутников. Набор задач, связанный с применением дистанционного зонирования Земли (ДЗЗ) невообразимо широк, начиная с актуальных приложений практического характера (краткосрочное и долгосрочное прогнозирование погоды, предупреждение стихийных бедствий, контроль загрязнений и так далее), и заканчивая фундаментальными исследованиями (например, процессов изменения климата).

Среди инструментов ДЗЗ стоит выделить микроволновую радиометрию, так как она дает возможность проводить круглосуточные измерения, имеет относительно низкое поглощение электромагнитного излучения в "окнах прозрачности" атмосферы и, что самое главное – обладает высокой информативностью. Применительно к исследованиям водной поверхности последнее обусловлено высокой степенью корреляции характеристик радиотеплового излучения с физико-химическими, диэлектрическими свойствами воды и, в особенности, с ее геометрией. В свою очередь, геометрия поверхности океана определяется интенсивностью волнения. Это подтверждают исследования зависимости радиотеплового излучения от скорости ветра [1; 2; 3, 4, 5]. Выше сказанное свидетельствует о том, что для понимания процессов, протекающих в системе океан-атмосфера необходимо исследовать зависимости радиотеплового излучения взволнованной морской поверхности от скорости приповерхностного.

Одним из вопросов, затрагиваемых в работе [6] является сравнение экспериментальных наземно-дистанционных данных с модельными расчетами собственного излучения взволнованной водной поверхности.

Целью настоящей работы является продолжение работ по сравнению результатов натурных измерений с моделями крутизны радиационно-ветровой зависимости, а именно: проведение детального корреляционного анализа и анализа невязок экспериментальных результатов и модельных расчетов. Использование математических подходов, таких как корреляционный анализ и анализ невязок, позволяет получить строгую численную разницу при сравнении модельных и экспериментальных данных, а их совместное использование для анализа радиометрических измерений выполнено впервые.

#### Краткий обзор эксперимента

Радиометрические исследования процессов, протекающих на границе раздела океан-атмосфера, проводились коллективом, в который входят исследователи из ИКИ, ИРЭ и ИФА РАН на побережье Черного моря с 1999 года вблизи пос. Кацивелли (Крым) и в г. Геленджик (Краснодарский край). За время экспедиционных работ накоплен большой объем экспериментально измеренных значений радиояркостных температур взволнованной водной поверхности при контролируемых метеоусловиях. В докладе обсуждается серия экспериментов проведенных на океанографической платформе, принадлежащей ЭО МГИ РАН (экспериментальное отделение Морского гидрофизического института Российской академии наук). Измерения проводились с помощью микроволновых радиометрических приборов [7] в 2005, 2007, 2009 и 2012 годах, в рамках проекта "CAPMOS" (Combined Active/Passive Microwave Measurements of Wind Waves for Global Ocean Salinity Monitoring) и грантов РФФИ. Платформа расположена на южной оконечности полуострова Крым близ пос. Кацивели, (географические координаты: 44°23'35" с.ш., 33°59'04" в.д.). Подробную информацию об экспериментах можно найти в работах [6, 7].

В целях решения поставленных задач используются данные полученные посредством радиометраполяриметра Р08П с рабочей частотой 37,5 ГГц (длина волны ~8 мм). Данный прибор регистрирует излучение на вертикальной (V) и горизонтальной (H) поляризациях, а также значение разности линейных поляризаций  $+45^\circ$  и  $-45^\circ$ . Ширина луча диаграммы направленности 9 градусов по уровню половинной мощности, чувствительность – 0.15 К [8]. Прибор Р08П, как и другие приборы, был закреплен на специальной поворотно-сканирующей платформе "Траверс", разработанной в ИКИ РАН [7]. Методика измерений изложена в работе [6].

#### Крутизна радиационно-ветровой зависимости

Крутизна радиационно-ветровой зависимости является частной производной яркостной температуры по скорости ветра  $\partial T_{Br} / \partial W$ . На основе экспериментальных данных крутизна радиационно-ветровой зависимости рассчитывается как разница усредненных угловых зависимостей радиояркостных температур, измеренных при различных скоростях приповерхностного ветра:  $\partial T_{Br} / \partial W = \bar{T}_{Br}(W + \Delta W) - \bar{T}_{Br}(W)$ , где  $\Delta W$  – приращение скорости ветра, взятое равным 1 м/с. В силу близости анализируемых данных по метеоусловиям (их постоянства в пределах интервала изменения интенсивности ветрового потока) постоянные составляющие регистрируемого излучения (например, величина подсвета атмосферы) сокращаются, позволяя отслеживать изменения в радиотепловом излучении, связанные исключительно с состоянием водной поверхности (интенсивностью волнения).

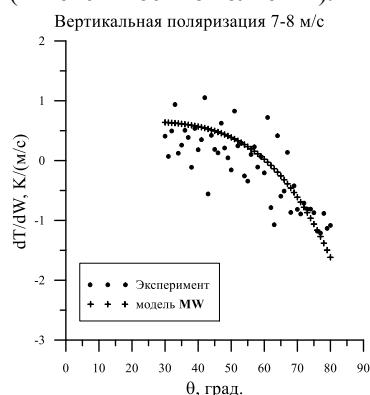


Рис. 1. Экспериментальный результат и модельный расчет крутизны радиационно-ветровой зависимости для приращения скорости ветра с 7 до 8 м/с на вертикальной поляризации.

#### Корреляционный анализ. Постановка гипотез $H_0$ и $H_1$

Взаимосвязь и ее силу между модельными и экспериментальными оценками крутизны радиационно-ветровой зависимости можно определить проведя корреляционный анализ. В общем случае взаимосвязь определяется коэффициентом корреляции  $\rho$ , а по выборочным данным его можно определить как  $r_{xy}$  [12]:

В корреляционном анализе кроме экспериментальных необходимы и модельные значения  $\partial T_{Br} / \partial W$ . Поэтому были проведены серии электродинамических расчетов входными данными для которых были теоретические модели спектра гравитационно-капиллярных волн, разработанные Дж.Р. Апелем [9], Т. Элфоухайли [10] и С.Л. Дурденом [11]. Также была использована полуэмпирическая модель ветрового волнения разработанная Т. Мейсснером и Ф. Вентцем [5] в результате многолетнего анализа спутниковых измерений, полученных, в основном, с помощью приборов SSM/I.

На рис. 1 представлена угловая зависимость экспериментальной и модельной оценки крутизны радиационно-ветровой зависимости для приращения скорости ветра с 7 до 8 м/с на вертикальной поляризации. Поскольку далее будут анализироваться результаты модельных оценок, основанных на указанных аппроксимациях спектральных кривых, а не самих моделей спектров, для сокращения далее предлагается использовать обозначение: "модель А (Е, Д или MW)".

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \mu_y)^2}}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество пар значений модель – эксперимент,  $x$  – экспериментальные оценки,  $y$  – модельные оценки,  $\mu_x$  и  $\mu_y$  – математическое ожидание величин  $x$  и  $y$ .

Пропуская из-за ограниченности объема работы промежуточные формулы, которые можно найти в [12] получим, что область принятия гипотезы о нулевой корреляции будет иметь вид:

$$\left[ -z_{\alpha/2} \leq \frac{\sqrt{N-3}}{2} \ln \left[ \frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}} \right] \leq z_{\alpha/2} \right], \quad (2)$$

где  $z$  – стандартная, нормально распределенная случайная величина. Если значение окажется вне этого интервала, то это будет признаком наличия статистической корреляции с уровнем значимости  $\alpha$ .

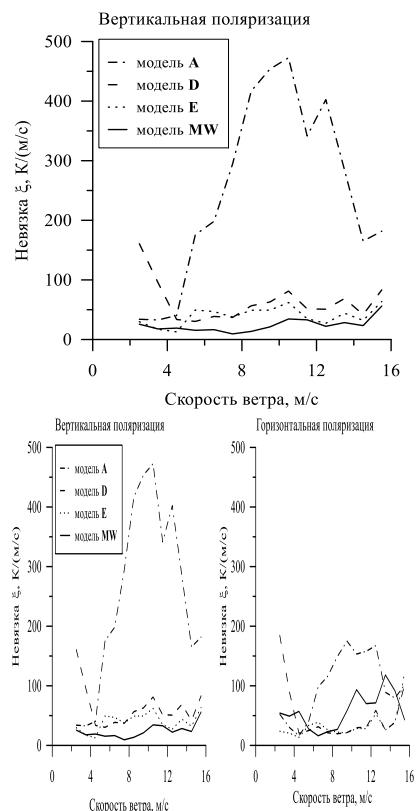
Приведенное рассуждение позволили сформулировать гипотезу  $H_0$ , говорящую об отсутствии корреляции между экспериментальными и модельными оценками крутизны радиационно-ветровой зависимости, и гипотезу  $H_1$ , говорящую о существовании статистически значимой корреляции. Таким образом, задав уровень достоверности  $\alpha = 5\%$  получим  $\pm z_{\alpha} = \pm 2$  (при  $N = 50$  пар значений модель – эксперимент).

Что бы каждый раз не производить расчет условия (2) выразим его относительно  $r_{xy}$ , и получим  $[-0.281 \leq r_{xy} \leq 0.281]$ . Данное условие справедливо с точки зрения математики, однако в поставленной физической задаче нас интересует только прямая корреляция. То есть, если  $r_{xy} \leq 0.281$  принимается гипотеза  $H_0$ , если  $r_{xy} > 0.281$  – гипотеза  $H_1$ . Чем дальше значение  $r_{xy}$  от границы, тем сильнее корреляция.

Однако, коэффициент корреляции характеризует только похожесть функций между собой (ход зависимости) и не дает никакой информации об абсолютном уровне расхождения. Поэтому необходимо использовать дополнительный параметр, который определяет именно расхождение модельных и экспериментальных оценок между собой. В качестве такого параметра была выбрана функция, которая была рассчитана по формуле  $\xi = \sum_i (x_i - y_i)^2$ , где  $i$  – вертикальный угол наблюдения. Нормирование функции

невязки на количество точек не производится, так как во всех расчетах используется 50 усредненных значений радиационно-ветровой зависимости.

### Обсуждение результатов



Результаты корреляционного анализа экспериментальных и модельных оценок радиационно-ветровой зависимости собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности за четыре экспериментальных периода для скоростей ветра от 2 до 17 м/с представлены в таблице 1.

По данным таблицы 1 можно сделать следующие выводы: (1) на вертикальной поляризации для всех моделей принята гипотеза  $H_1$  в 93,7% случаев, свидетельствующая о наличии значимой корреляции между экспериментальными и модельными данными. (2) На горизонтальной поляризации гипотеза  $H_1$  принимается только в 68% случаев и только для моделей А, Д и Е, а для модели MW в 80% случаев принимается гипотеза  $H_0$ .

Следует отметить, что практически полное отсутствие корреляции для модели MW скорее всего является следствием упрощенного вида данной модели для горизонтальной поляризации (линейная аппроксимация). Это приводит к тому, что в диапазоне вертикальных углов наблюдения  $30^\circ \dots 60^\circ$  результаты измерений авторов настоящей работы совпадают с данными [5], а в области  $\geq 60^\circ$  оказываются ближе к модельным оценкам D и E [6].

На рис. 2 представлены рассчитанные значения функции невязки  $\xi$  между модельными и экспериментальными данными радиационно-ветровой зависимости для вертикальной и горизонтальной поляризаций. Из графиков видно, что как на вертикальной, так и на горизонтальной поляризации для модели А невязка имеет максимальные значения при скорости ветра более 5 м/с, и в тоже время имеет лучший показатель по корреляции (на вертикальной поляризации). Это значит о том, что ход

Рис 2. Значения функции невязки между модельными и экспериментальными данными крутизны радиационно-ветровой зависимости.

радиационно-ветровой зависимости построенный по данной модели максимально близок к экспериментально полученному, но расходится по абсолютному уровню. Значения функции невязки для остальных моделей невелики, однако для интерпретации данных измерений стоит использовать модели MW и E для вертикальной и модели D и E для горизонтальной поляризации.

### Заключение

В настоящей работе был проведен корреляционный анализ и анализ невязок модельных и экспериментальных данных крутизны радиационно-ветровой зависимости собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности на частоте 37,5 ГГц. Результаты совместного анализа показали, что среди выбранных для сравнения моделей нет ни одной адекватно описывающей изменение излучательной способности водной поверхности вследствие ветрового воздействия. Наиболее близкой к экспериментальным данным можно считать модель MW на вертикальной и модель D на горизонтальной поляризации. Таким образом, результаты работы свидетельствуют об отсутствии модели которая бы описывала собственное радиотепловое излучение взволнованной водной поверхности, сформированное в различных акваториях и при различных метеоусловиях.

Представленные результаты еще раз подчеркивают важность проведения натурных измерений в контролируемых метеорологических условиях, а именно, исследование собственного радиотеплового излучения взволнованной водной поверхности в небольших (до сотен метров) локальных областях. Результаты подобных экспериментальных исследований очень важны для уточнения и дополнения модели рассеяния излучения водной поверхностью.

Таблица 1. Количество принятых гипотез H0 (%) об отсутствии корреляции.

Год измерений	Модель А		Модель D		Модель Е		Модель MW		Общее кол-во	
	v-pol	h-pol	v-pol	h-pol	v-pol	h-pol	v-pol	h-pol	v-pol	h-pol
2005 г. до апвеллинга	0	33,3	0	33,3	0	33,3	0	77,8	0	44,4
2005 г. после апвеллинга	0	22,2	11,1	22,2	11,1	22,2	11,1	77,8	8,(3)	36,1
2007 г.	0	11,1	0	11,1	0	22,2	0	88,9	0	33,33
2009 г.	16,7	58,3	16,7	50	16,7	66,7	16,7	75	16,7	62,5
Среднее по годам	4,175	31,23	6,95	29,15	6,95	36,1	6,95	80	6,26	44,12

### Библиографический список

1. Hollinger J.P. Passive microwave measurements of the sea surface // J. Geophys. Res. 1970. V. 75. N. 2., P.5209-5213.
2. Sasaki Ya., Asanuma I., Muneyama K., Naito G., Suzuki T. The dependence of sea-surface microwave emission on wind speed, frequency, incidence angle, and polarization over frequency range from 1 to 40 GHz // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1987. V. GE-25. N. 11. P. 138-146.
3. Trokhimovskii Yu.G., Bolotnikova G.A., Etkin V.S., Grechko S. I., Kuzmin A. V. The dependence of s-band sea surface brightness temperature on wind vector at normal incidence // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1995. V. 33. № 4. P. 1085–1088.
4. Hollinger, J. P. DMSP Special Sensor Microwave/Imager Calibration/Validation. Naval Research Labs. Washington, D.C., 1989.
5. Meissner Th., Wentz F.J. The emissivity of the ocean surface between 6 and 90 GHz over a large range of wind speeds and Earth incident angles // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 2012. V. 50. N. 8. P. 3004–3026.
6. Сазонов Д.С., Кузьмин А.В., Садовский И.Н. Экспериментальные исследования зависимости интенсивности радиотеплового излучения взволнованной морской поверхности от скорости приводного ветра // Исслед. Земли из космоса, 2016, № 1-2, с. 25-34.
7. Кузьмин А.В., Горячkin Ю.А., Ермаков Д.М., Ермаков С.А., Комарова Н.Ю., Кузнецов А.С., Репина И.А., Садовский И.Н., Смирнов М.Т., Шарков Е.А., Чухарев А.М. Морская гидрографическая платформа «Кацивели» как подспутниковый полигон на Черном море // Исслед. Земли из космоса. 2009. №1. С. 31–44.
8. Dzura M.S., Etkin V.S., Khrupin A.S., Pospelov M.N., Raev M.D. Radiometers-Polarimeters: Principles of Design and Applications for Sea Surface Microwave Emission Polarimetry // Int. Geosci. Remote Sensing Symp. (IGARSS`92) Digest, Houston, TX, USA, 1992. V. 2. P. 1432-1434.
9. Apel, J.R. An improved ocean surface wave vector spectrum // J. Geophys. Res. 1994. V. 99. N. C8. P. 16.269–16.291.
10. Elfouhaily, T., Chapron, B., Katsaros, K., Vandemark, D. A unified directional spectrum for long and short wind-driven waves // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. N. C7. P. 15.781–15.796.
11. Durden S.L., Vesecky J.F. A physical radar cross-section model for a wind-driven sea with swell // IEEE J. of Oceanic Engineering. 1985. V. OE-10. N. 4. P. 445–451.

12. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 540с. ISBN 5-03-001071-8.

## MICROWAVE ROUGH SEA SURFACE EMISSION. COMPARISON OF EXPERIMENTAL DATA AND MODELS

Sazonov D.S.<sup>1</sup>, Sadovskii I.N.<sup>1,2</sup>

1-Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI),

2- Vladimir state university (VlSU)

[sazonov\\_33m7@mail.ru](mailto:sazonov_33m7@mail.ru), [ilya\\_nik\\_sad@mail.ru](mailto:ilya_nik_sad@mail.ru)

The paper presents the correlation analysis results of model calculations and experimental measurements of wind speed sensitivity of rough sea surface emission at 37,5 GHz. Experimental data were obtained at oceanographic experimental platform of the Marine Hydrophysical Institute (MHI RAS) in the summer and autumn periods. In order to identify the correlation dependencies was formulated and tested the hypothesis about the presence of a significant correlation between the model calculations and the experimentally measured values. Evaluation of the discrepancy model and the experimental data is performed by analysis of residuals. Studies have shown that there is no one among selected models that adequately describe the experimental data.

This work was supported by RFBR grants №14-02-00839\_a and №15-05-08401\_a.



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЯРКОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СИСТЕМЫ ОКЕАН-АТМОСФЕРА ИЗ КОСМОСА

Садовский И.Н.<sup>1,2</sup>, Пашинов Е.В.<sup>1</sup>

1-Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН),

2- Владимирский государственный университет (ВлГУ),

[Ilya\\_Nik\\_Sad@mail.ru](mailto:Ilya_Nik_Sad@mail.ru)

Микроволновые радиометрические исследования заняли достойное место в ряду средств дистанционного зондирования Земли из космоса. Радиометрические измерения в микроволновом диапазоне обладают высокой информативностью, возможностью получения данных в любое время суток и, практически при любой облачности. Микроволновые радиометры имеют относительно небольшую стоимость, низкие значения энергопотребления и габаритно-весовых характеристики, что позволяет создавать на их основе высокоэффективные многочастотные комплексы, применяемые в глобальных измерениях по всему Земному шару. В качестве наиболее ярких представителей подобных измерительных систем можно выделить SSM/I (США) и МТВЗА (Россия). Данные, поступающие с этих комплексов, используются для: определения температуры поверхности океана, восстановления вектора скорости приповерхностного ветра, измерения интегрального паросодержания атмосферы и т.д. и т.п. Без них сегодня не обходится ни один прогноз погоды, ни одно глобальное исследование процессов, происходящих на поверхности Мирового океана и в толще атмосферы.

Геометрия морской поверхности является одним из базовых факторов, определяющих интенсивность отраженного/собственного излучения в микроволновом диапазоне. Особую роль при этом играют короткие гравитационно-капиллярные волны (ГКВ), излучение которых имеет ярко выраженный резонансный характер [2] и в большей степени отвечает за такие эффекты, как: наличие радиационно-ветровых зависимостей и поляризационную анизотропию излучения [1]. Корректный учет указанных физических явлений оказывается определяющим при рассмотрении вопросов точности решения широкого круга практических задач дистанционного зондирования (ДЗ).

Таким образом, проведение модельных расчетов по оценке влияния степени шероховатости подстилающей поверхности на интенсивность сигналов, регистрируемых радиометрами спутникового базирования, является в настоящее время одной из приоритетных задач как при обработке данных действующих систем ДЗ, так и при планировании будущих миссий.

### Общие положения

Общая модель формирования излучения позволяет осуществлять модельные оценки регистрируемых на борту ИСЗ радиояркостных температур системы "океан - атмосфера" и имеет вид:

$$T_{Яисз} = (1 - R(\theta)) \cdot T_0 \cdot \exp(-\tau \cdot \sec\theta) + T_{ЯA_B} + R(\theta) \cdot T_{ЯA_H} \cdot \exp(-\tau \cdot \sec\theta) \quad (1.1)$$

где:  $\theta$  - угол встречи с Землей, отсчитываемый от надира;  $R(\theta)$  - коэффициент отражения Френеля;  $T_0$  - физическая температура поверхностного слоя океана;  $\tau$  - интегральное поглощение в атмосфере;  $T_{\text{ЯA_B}}$  и  $T_{\text{ЯA_H}}$  - восходящее и нисходящее излучение атмосферы, рассчитываемые следующим образом:

$$\begin{aligned} T_{\text{ЯA_B}} &= \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(h) \times \sec \theta \times \exp \left[ - \int_h^{\infty} \alpha(h') \times \sec \theta dh' \right] dh, \\ T_{\text{ЯA_H}} &= \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(h) \times \sec \theta \times \exp \left[ - \int_h^0 \alpha(h') \times \sec \theta dh' \right] dh. \end{aligned} \quad 1.2$$

Переменные, входящих в (1.2), имеют смысл:  $T(h)$  - физическая температура атмосферы на высоте  $h$ ;  $\gamma(h)$  - погонное поглощение атмосферы;  $\alpha(h)$  - погонное ослабление атмосферы. Индексы, соответствующие различным поляризациям и частотным зависимостям, опущены.

Соотношение (1.1) справедливо в том случае, если подстилающая водная поверхность представляется в виде абсолютно гладкой границы раздела двух сред - воды и приводного слоя атмосферы.

В присутствии ветровых волн, характеризующихся в общем случае пространственным спектром возвышений  $S(\bar{K})$  ( $\bar{K}$  - волновой вектор пространственной гармоники), выражение (1.1) для  $T_{\text{Яисз}}^{\text{глад}}$  должно быть переписано в виде:

$$T_{\text{Яисз}}^{\text{взволн}} = ((1 - R(\theta)) \cdot T_0 + \Delta T(S(\bar{K}), T_{\text{ЯA_H}})) \cdot \exp(-\tau \cdot \sec \theta) + T_{\text{ЯA_B}}. \quad 1.3$$

Из сравнения выражений (1.1) и (1.3) видно, что последний член выражения (1.1), учитывающий нисходящее излучение атмосферы, переотраженное от водной поверхности, оказывается включенным в величину  $\Delta T(S(\bar{K}))$ , называемую радиояркостным контрастом взволнованной водной поверхности. Последний учитывает не только изменение интенсивности излучения водной среды в присутствии системы волн  $S(\bar{K})$ , но и рассеяние и модуляцию нисходящего излучения атмосферы  $T_{\text{ЯA_H}}$ .

#### Используемые приближения

Для качественной оценки эффекта, который оказывает волнение на морской поверхности на величину  $T_{\text{Яисз}}$ , необходимо ввести следующие упрощения:

Во-первых, в расчетах будет использован усредненный по азимутальному углу  $\varphi$  спектр возвышений  $S(K) = 1/2\pi \int_{-\pi}^{\pi} S(\bar{K}) d\varphi$ . Это приведет к оценке влияния интенсивности волнения без привязки к взаимной ориентации плоскости наблюдения и направления распространения волнения, т.е. к определению усредненных по азимуту радиояркостных температур.

Во-вторых, расчет функции  $\Delta T(S(\bar{K}), T_{\text{ЯA_H}})$  базируется на двухмасштабной модели формирования излучения взволнованной морской поверхности, изложенной в [3] и включающей в себя расчет вклада: длинноволновых компонент волнения соответствии с теорией Кирхгофа в приближении геометрической оптики и коротких волн по теории "критических явлений" в приближении метода малых возмущений. Заложенная в [3] модель формирования подсвета атмосферы имеет вид:  $T_{\text{ЯA_H}} = T_{\text{ЯA_B}} = (T_{0A} - 10) \cdot (1 - \exp(-\tau \cdot \sec \theta))$ . Т.е. вся атмосфера представляется в виде одного плоского слоя, характеризуемого некоторой эффективной температурой  $T_{0A}$  и частотно-зависимым значением интегрального поглощения  $\tau$ . Переход к новой модели излучения (соотношение 1.2) требует пересмотра базовых соотношений существующей реализации метода малых возмущений. Эта работа ведется в настоящее время, однако к моменту подготовки настоящей публикации не завершена. В связи с этим, в представляемой работе, расчеты были выполнены исходя из приближения:

$$T_{\text{ЯA_H}} = T_{\text{ЯA_B}} = (T_{0A} - 10) \cdot (1 - \exp(-\tau \cdot \sec \theta)). \quad 1.4$$

В качестве остальных параметров расчета были выбраны следующие значения: физическая температура водной среды и приводного слоя атмосферы  $T_0 = T_{0A} = 300$  К; соленость водной среды: 35‰; частоты регистрируемого излучения [10,0; 250,0] ГГц с шагом 0,1 ГГц; модель диэлектрической проницаемости водной среды [5]; модель спектра ветрового волнения [4]; значения скорости приповерхностного ветра на высоте 10 метров над уровнем моря - 5,0; 7,0; 10,0 и 15,0 м/с; угол встречи с землей - 45 градусов от надира; два варианта плоскости поляризации принимаемого излучения - вертикальная и горизонтальная.

#### Результаты моделирования

Результаты модельных оценок влияния шероховатости подстилающей водной поверхности на интенсивность излучения системы "оcean-атмосфера" представлены на рис. 3. Для наглядности, они представлены в виде разницы соответствующих значений  $T_{\text{Яисз}}^{\text{взволн}}$  и  $T_{\text{Яисз}}^{\text{глад}}$ . Очевидно, что в данном представлении величина  $T_{\text{ЯA_B}}$  сокращается и не будет оказывать влияния на результат, какое бы приближение не было бы использовано для ее описания.

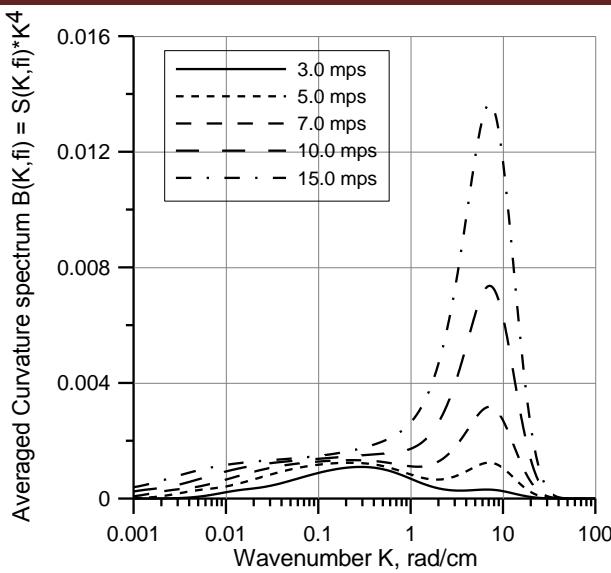


Рис. 1. Расчетные значения спектра кривизны ветрового волнения, соответствующие принятым значениям скорости приповерхностного ветра.

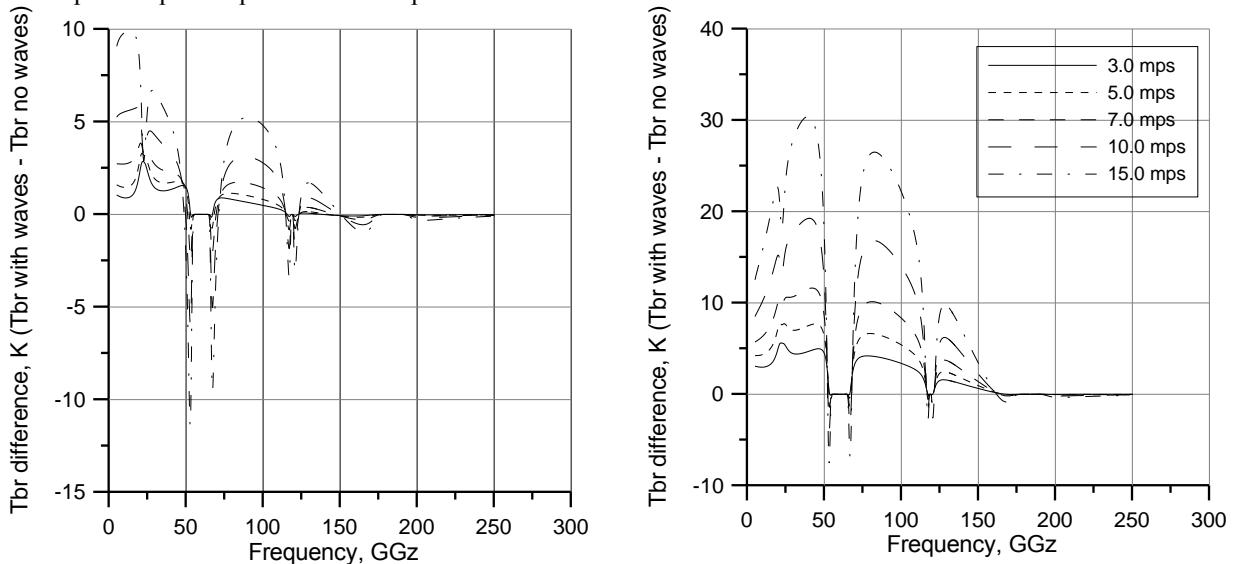


Рис. 2. Предварительная оценка степени влияния ветрового волнения на интенсивность регистрируемой на борту ИСЗ радиояркостной температуры системы "океан-атмосфера". Случай вертикальной (слева) и горизонтальной (справа) поляризаций.

Из представленных зависимостей видно, что интенсивность влияния волнения на результаты измерений, проводимых с борта ИСЗ, возрастает пропорционально скорости ветрового потока. Наиболее наглядно этот эффект проявляется для случая горизонтальной поляризации принимаемого излучения (для рассмотренного набора входных данных). Здесь, вносимые изменения достигают величины 30 К. В общем случае, начиная с 40 ГГц, рост частоты ведет к уменьшению величины  $T_{\text{ЯИСЗ}}^{\text{взволн}} - T_{\text{ЯИСЗ}}^{\text{глад}}$ . Однако это связано не минимизацией вклада ветровых волн, а с экранирующим действием толщи атмосферы. Этот эффект имеет место и на более низких частотах, в линиях поглощения кислорода и водяного пара (провалы функции  $T_{\text{ЯИСЗ}}^{\text{взволн}} - T_{\text{ЯИСЗ}}^{\text{глад}}$  на частотах в районе 60 и 118 ГГц).

Представленные результаты наглядно демонстрируют важность вопроса учета составляющей, вызванной ветровыми волнами, при обработке данных ДЗ из космоса. А пренебрежение данным эффектом может являться причиной существенных ошибок при интерпретации этих данных, вплоть до получения результатов, не имеющих физического обоснования.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №14-02-00839 и №15-05-08401.

## Библиографический список

1. Беспалова Е.А., Веселов В.М., Глотов А.А., Милицкий Ю.А., Мировский В.Г., Покровская И.В., Попов А.Е., Раев М.Д., Шарков Е.А., Эткин В.С. Исследование анизотропии ветрового волнения по вариациям поляризованного теплового излучения // Докл. АН СССР. 1979. Т. 246. № 6. С. 1482–1485.
2. Кравцов Ю.А., Мировская Е.А., Попов Е.А., Троицкий И.А., Эткин В.С. Критические явления при тепловом изучении периодически неровной водной поверхности // Изв. АН СССР, ФАО, 1978, т.14, №7, С. 733-739.
3. Трохимовский Ю.Г. Модель радиотеплового излучения взволнованной морской поверхности // Исследование Земли из космоса. 1997. № 1. С. 39–49.
4. Apel J.R. An improved ocean surface wave vector spectrum // J. Geophysical Research. 1994. V. 99. P. 16.269–16.291.
5. Klein A., Swift C. An improved model for the dielectric constant of sea water at microwave frequencies // IEEE Trans. Antennas and Propagation. 1977. V. 25. N. 1. P. 104–111.

**INFLUENCE ASSESSMENT OF WIND WAVES ON RESULTS OF MEASUREMENT OF OCEAN-ATMOSPHERE SYSTEM'S BRIGHTNESS TEMPERATURE FROM SPACE**

Sadovsky I.N., Pashinov E.V.

Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI)

Vladimir state university (VlSU)

[Ilya\\_Nik\\_Sad@mail.ru](mailto:Ilya_Nik_Sad@mail.ru)

In work some modeling results of an waved sea surface influence on the radio thermal radiation intensity, registered onboard of satellite, are presented. Calculation was executed for the following conditions: frequency range of an accepted radiation - from 10 to 250 GHz; view angle - 45 degrees from nadir; two-scale radiation model of an disturbed sea surface; homogeneous and flat atmosphere model; physical temperature of an ocean and atmosphere - 300 K; salinity of an aqueous medium - 35 %; the frequency distribution of an atmosphere absorption corresponds reference for tropic latitudes. It is shown that the contribution of the underlying surface to observed data varies ranging from -10 to +30 K, depending on supervision conditions.



**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТИЛАМИНА МИКРОБНЫМ СЕНСОРОМ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТИЛОТРОФНЫХ БАКТЕРИЙ**

Кувичкина Т.Н., Капаруллина Е.Н., Доронина Н.В., Троценко Ю.А., Решетилов А.Н.

ФАНО ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН

Пр. Науки 5, г. Пущино Московской области, 142290, Россия

E-mail:kuv@ibpm.pushchino.ru

Метилированные амины как общие предшественники в органическом синтезе применяются в производстве инсектицидов, ускорителей вулканизации резиновых изделий, лекарственных средств, растворителей. Метиламин ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) используется в производстве фунгицидов, дубильных веществ, красителей, ракетных топлив. Промышленное производство метиламина составляет  $1.0 \times 10^6$  т/год. Известно, что накопление метилированных аминов в грунтовых водах приводит к ухудшению качества питьевой воды. Предельно допустимая концентрация метиламина в воде составляет 1 мг/л (33 мкМ). Поскольку метиламин обладает токсическим действием, необходимо контролировать его концентрацию в процессе производства, а также его содержание в промышленных стоках. Известен хроматографический метод определения алифатических аминов, в том числе метиламина, в газовой фазе [1]. Разработан амперометрический медиаторный ферментный биосенсор на основе фермента метиламиндегидрогеназы для определения в водной среде гетероциклического соединения гистамина (4-(2-аминоэтил)-имидазола) [2]. Нами предложен амперометрический микробный биосенсор на основе метилобактерий. Взаимодействие метиламина с аэробными метилобактериями приводит к изменению их дыхательной активности, обусловленной, в том числе, окислением метиламина оксидоредуктазами микроорганизма с потреблением молекулярного кислорода. К настоящему времени изучено более 40 родов метилобактерий, относящихся к  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -классам Proteobacteria. По типу питания различают три группы метилобактерий: облигатные метилотрофы, ограниченно-факультативные и факультативные [4]. В качестве объектов исследования выбраны два рода аэробных метилобактерий *Methylobacterium* и *Methylopila*. Они являются факультативными метилотрофами и относятся к одному классу Alphaproteobacteria, одному порядку Rhizobiales, но разным семействам *Methylobacteriaceae* и *Methylocystaceae* соответственно. Целью исследования являлась разработка микробного сенсора

амперометрического типа для определения метиламина с использованием метилотрофных бактерий *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 и *Methylopila musalis* BKM B-2646. Подход, применяемый нами, основан на регистрации потребленного кислорода рецепторным элементом. В качестве рецепторного элемента использовали иммобилизованные клетки метилотрофных бактерий, имеющие ферментные системы, способные окислять метиламин с потреблением молекулярного кислорода. Штаммы бактерий *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 и *Methylopila musalis* BKM B-2646 получены из Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВКМ). Штамм *Methylopila musalis* выделен из банана и назван *Methylopila musalis* sp. nov. (типовому штамму BKM B-2646T=DSM 24966T=CCUG 61696T) [3]. Бактерии выращивали в жидкой среде в колбах на качалке. Биомассу (конец экспоненциальной фазы роста) отделяли центрифугированием, дважды промывали буфером. Суспензию клеток использовали для иммобилизации. Иммобилизованные клетки получали методом физической адсорбции на носителе (хроматографическая стеклобумага GF/A). В качестве преобразователя использовали кислородный электрод Кларка. Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала  $dI/dt$  (нА/мин), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потребленного кислорода в измеряемом водном образце. Выявлено, что оба штамма *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 и *Methylopila musalis* BKM B-2646 способны использовать метиламин в качестве источника углерода, азота и энергии двумя путями: прямым окислением посредством метиламиндегидрогеназы и через N-метилглутаматный путь, ферменты которых одновременно функционируют в клетках. На рисунке 1 представлена градуировочная кривая зависимости ответа сенсора на основе иммобилизованных клеток *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 от концентрации метиламина.

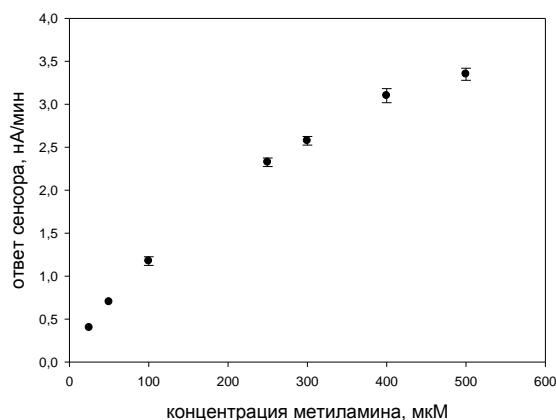


Рис. 1. Градуировочная кривая зависимости ответа биосенсора на основе штамма *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 от концентрации метиламина

На рисунке 2 представлена градуировочная кривая зависимости ответа сенсора на основе иммобилизованных клеток *Methylopila musalis* BKM B-2646 от концентрации метиламина. Время анализа для обоих биорецепторов составило 10 мин.

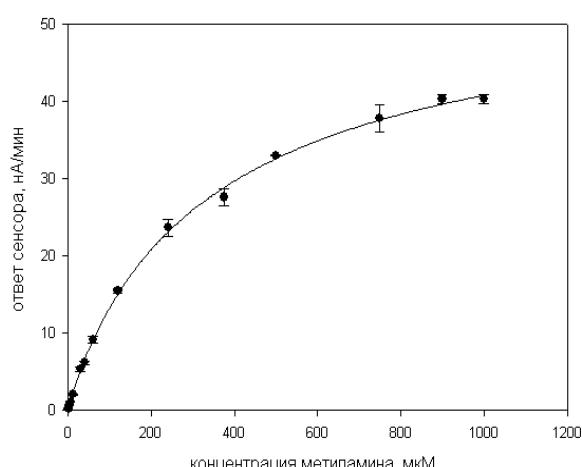


Рис. 2. Градуировочная кривая зависимости ответа биосенсора на основе штамма *Methylopila musalis* BKM B-2646 от концентрации метиламина

Таблица 1. Параметры уравнения Михаэлиса-Ментен градуировочной зависимости ответов сенсора на основе ИмК штаммов *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067 и *Methylopila musalis* BKM B-2646

Метилотрофные бактерии для рецепторного элемента	Какующаяся Константа Михаэлиса, мкМ	Максимальная скорость потребления кислорода $V_{max}$ , нА/мин	Чувствительность, нА/мин*мкМ
<i>Methylobacterium extorquens</i> BKM B-2067	1,6	3,5	2,2
<i>Methylopila musalis</i> BKM B-2646	360±77	57±5	0,1

Из полученных данных видно, что ферментные системы метилобактерий *Methylopila musalis* BKM B-2646, которые служат основой биокаталитической активности, оказалась на порядок активней, чем у бактерий *Methylobacterium extorquens* BKM B-2067. При использовании штамма *Methylopila musalis* BKM B-2646 в качестве основы биорецептора диапазон определения метиламина составлял 4 – 250 мкМ. Предельно допустимая концентрация метиламина в воде составляет 1 мг/л (33 мкМ) и входит в этот диапазон. Операционная стабильность составляла 5 суток [5].

#### Библиографический список

1. Anthoni U., Christophersen C., Gramm L., Nielsen N., Nielsen P. Poisonings from flesh of the Greenland shark *Somniosus microcephalus* may be due to trimethylamine // Toxicon. 1991. V. 29. P. 1205-1212.
2. Erupe, M.E., Liberman-Martin, A., Silva, P.J., Malloy, Q.G., Yonis, Y., Cocker, Iii, D.R., Purvis-Roberts, K. Determination of Methylamines and Trimethylamine-N-oxide in Particulate Matter by Non-suppressed Ion Chromatography. Journal of Chromatography. 2010. V. 1217. № 13. P. 2070-2073.
3. Doronina N.V., Kaparulina E.N., Bykova T.V., Trotsenko Yu.A. *Methylopila musalis* sp. nov., an aerobic, facultatively methylotrophic bacterium isolated from banana fruit // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2013. V.63. P.1847-1852.
4. Троценко Ю.А., Доронина Н.В., Торгонская М. Л. Аэробные метилобактерии // Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 2010. 325 с.
5. Anthony C. The biochemistry of methylotrophs. Academic Press, London. 1982.
6. Кувичкина Т. Н., Капаруллина Е.Н., Решетилов А. Н. Окисление метиламина иммобилизованными метилобактериями *Methylopila musalis* BKM B-2646 // Евразийский союз учёных (ЕСУ) г. Москва. 2015. Ч. 7. №5 (14). С.21-23.

#### METHYLYLAMINE DETECTION WITH AMPEROMETRIC MICROBIAL BIOSENSOR USIG METHYLOTROPHIC BACTERIA

Kuvichkina T.N., Kaparullina E.N., Doronina N.V., Trotsenko Yu.A., Reshetilov A.N.  
G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms Russian Academy of Sciences,  
[kuv@ibpm.pushchino.ru](mailto:kuv@ibpm.pushchino.ru)

The laboratory models of an amperometric biosensor were developed for methylamine detection in aqueous medium. These sensors were based on methylotrophic bacteria *Methylobacterium extorquens* VKM B-2067 and *Methylopila musalis* VKM B-2646. The use of methylotrophic bacteria *Methylopila musalis* VKM B-2646 as a bioreceptor element led to the results which were by an order of magnitude greater than those obtained with *Methylobacterium extorquens* VKM B-2067. Methylamine detection range was 4 - 250  $\mu$ M, operation stability lasted 5 days when *Methylopila musalis* VKM B-2646 was employed as a bioreceptor.



#### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННОГО РАДИОТЕПЛОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ботова И.В., Гаврилов В.М., Глухов Р.Н., Дементьев В.К., Смирнов Д.С.  
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
[valerian.gavrilov@mail.ru](mailto:valerian.gavrilov@mail.ru)

Экологический мониторинг в промышленно-развитом центре и пригородной зоне позволяет предупреждать экологические процессы, обусловленные, как техногенными причинами, так и нарушениями в природных явлениях. Универсальным средством контроля экологической обстановки может стать дистанционное радиотепловое зондирование города, проводимое с помощью беспилотных летательных аппаратов (самолетов, вертолетов, дирижаблей). Характер и состав воздушной массы над городом, состояние

растительных покровов и водоемов, почвы и дорожных покрытий, скрытые разрывы водо- и теплопроводов, технологические и аварийные сбросы вредных веществ предприятиями и т.п.

В работе представлены результаты дистанционного измерения фрагмента радиотепловой панорамы г. Владимира в 3-мм диапазоне. Структурно-функциональная схема установки приведена на рис.1.

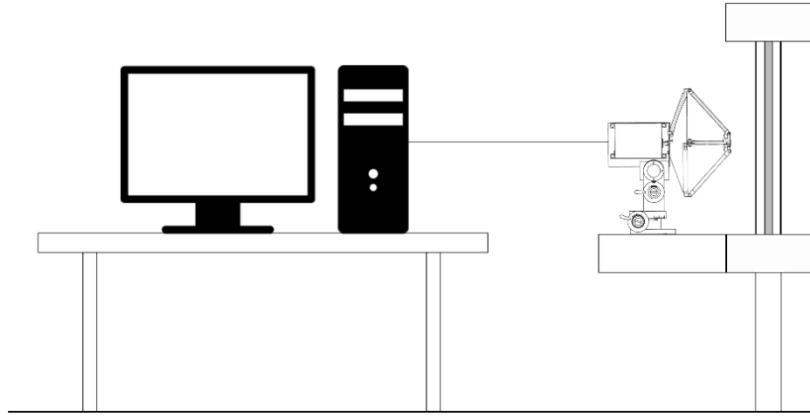


Рис.1. Структурно-функциональная схема установки

Аппаратная часть включает радиометрический блок (диапазон 90...98 ГГц, чувствительность  $\Delta T \cong 0,1^0\text{K}$ ). КВЧ выход радиометра нагружен на вход двухзеркальной антенны Кассегрена с диаметром большого зеркала 320 мм, малого 60 мм. Электрические параметры антенны на средней частоте рабочего диапазона: КУ = 59 дБ;  $\Delta\theta_{0,5}^E = \Delta\theta_{0,5}^H = 0,6^0$ ; УБЛ<sup>E</sup> = УБЛ<sup>H</sup> = -19 дБ. Антenna устанавливалась на поворотно-юстировочное устройство с плавным изменением углов: по азимуту 0...360<sup>0</sup>, по углу места 27...35<sup>0</sup>. Точность установки углов 0,1<sup>0</sup>. Цифровой выход радиометра соединен с ПК. Считывание и обработка результатов выполнялись с помощью разработанного программного комплекса «АДС 100», алгоритм которого приведен на рис.2.

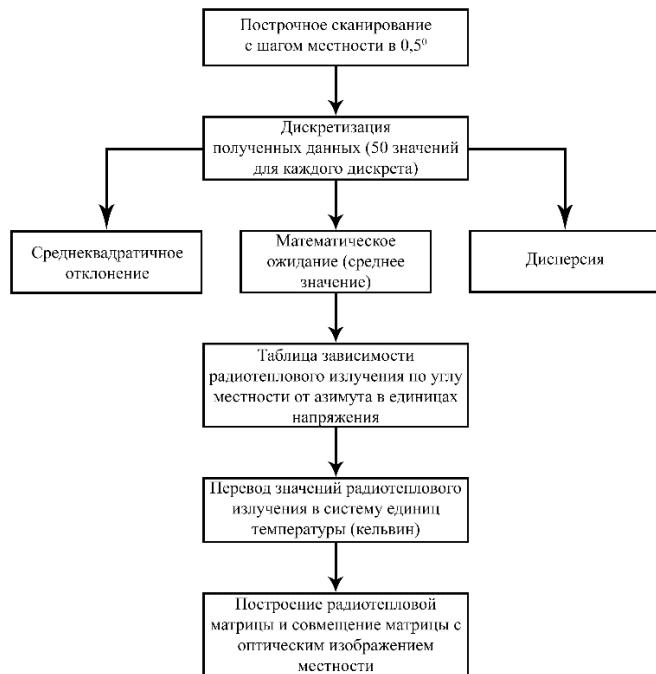


Рис.2. Алгоритм статистической обработки данных

Объектом исследования послужила панорама студенческого городка ВлГУ, видимая из лаборатории 510 корпуса 3, расположенной на пятом этаже. Методика измерений заключалась в построчном сканировании антенного устройства с шагом 4<sup>0</sup> по азимуту и 0,5<sup>0</sup> по углу места, в ходе которого для каждой позиции измерялось 50 значений радиотеплового излучения. Калибровка радиометра проводилась по известным значениям кажущейся температуры небосвода в 3-мм диапазоне [1]. Для известного расстояния до зданий студенческого городка – 500 м, была сделана оценка разрешающей способности установки: диаметр сечения главного максимума диаграммы направленности антенны составлял 5,2 м.

На рис.3 приведена контурная диаграмма радиотепловой маски с цветовой шкалой температур, совмещенная с оптическим изображением. Результаты получены безоблачным днем в марте месяце при температуре воздуха +3<sup>0</sup>С.

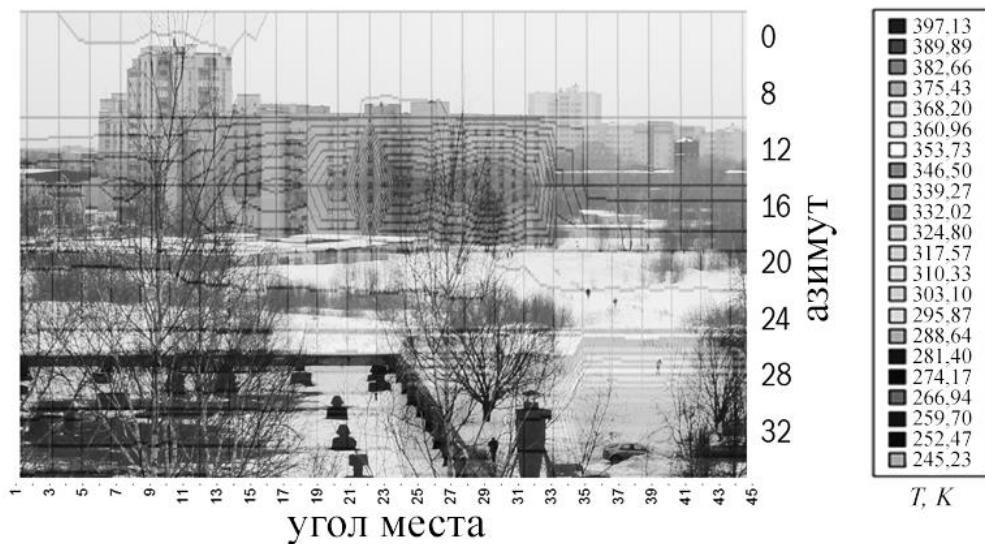


Рис.3. Контурная диаграмма радиотепловой маски, совмещенная с оптическим изображением

Полученные результаты позволяют сделать заключение об удовлетворительной корреляции объектов исследуемой панорамы с радиотепловой маской. Так, совмещенный рисунок позволяет идентифицировать, как ближайшие объекты: трубы автосервиса, лифтовые шахты общежитий, пруд, кустарник на берегу, так и удаленные объекты: здания на Октябрьском проспекте, дымовой шлейф ТЭЦ.

Приведенные результаты подтверждают возможность применения дистанционного радиотеплового зондирования для целей экологического мониторинга.

#### Библиографический список

1. Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплолокация // Под ред. А.А. Красовского. – М.: Сов. радио, 1964. – 336 с.

#### ECOLOGICAL MONITORING OF INDUSTRIAL CENTER BY USING REMOTE RADIOTHERMAL SENSING

Botova I.V., Gavrilov V.M., Glukhov R.N., Dementiev V.K., Smirnov D.S.,  
Vladimir State University, valerian.gavrilov@mail.ru

The experimental results confirm the possibility of using remote radiothermal sensing for purposes of ecological monitoring.



#### МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Грунская Л.В., Золотов А.А. Лукьянов В.Е., Рубай Д.В., Лещев И.А., Сныгина И.А., Антонова М.А.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых

[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

Человек живет, работает и стремится постичь окружающий мир в условиях резонатора Земля-ионосфера, в его электродинамической системе. В таком резонаторе распространяются электромагнитные волны широкого частотного диапазона. Наибольший интерес представляет собой инфразвуковой диапазон (ИНЧ - ниже 30 Гц), порождаемый в основном грозовыми очагами всей Земли. В указанный диапазон вносят вклад и внеземные источники – приливные процессы, спровоцированные Луной и Солнцем, космические ИНЧ процессы. Интерес к изучению электромагнитных полей инфразвукового диапазона связан с их широким спектром физических механизмов возбуждения – от земных до космических. ИНЧ вариации электромагнитных полей распространяются в резонаторе Земля-ионосфера практически без затухания, проникают на большие глубины в землю и воду.

Электромагнитное поле Земли (ЭМПЗ) представляет собой высокочувствительный вид переносчика информации о процессах земных и космических. Человек достаточно хорошо освоил возможности электромагнитных полей. Многие процессы в природе невозможно было бы изучить, не используя ЭМПЗ – это так называемые косвенные методы исследования, когда в электромагнитном поле Земли пограничного слоя

атмосферы можно выделить воздействия земных и внеземных источников различной природы, когда прямыми методами обнаружение их практически невозможно (например, предвестники землетрясений). Стремясь создать уникальные по конструкции и чувствительности приборы, мы не должны забывать о созданном самой природой «приборе», действительно уникальном по своей неповторимой «конструкции» и чувствительности – электромагнитном поле. Исследования в инфразвуковом диапазоне различных процессов требуют разнесенного в пространстве мониторинга электромагнитных полей, так как для достоверного обнаружения изучаемого ИНЧ процесса в таком частотном диапазоне его необходимо зарегистрировать на ряде разнесенных в пространстве (на сотни и тысячи километров) станциях. Цели проводимых исследований связаны с изучением структуры сигналов, вызванных такими геофизическими процессами в электромагнитном поле пограничного слоя атмосферы как приливные процессы геофизического и астрофизического характера, сейсмические процессы, биофизические процессы.

За период 1972-2016 годы создана система многоканального синхронного мониторинга электрического и геомагнитного полей на разнесенных в пространстве станциях: физический экспериментальный полигон ВлГУ ; станция на оз. Байкал Института солнечно-земной физики СО РАН; станция в п. Паратунка (Камчатка), Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; станция в г. Обнинск на базе научно - производственного объединения «Тайфун». Формируются базы экспериментальных данных по разнесенным в пространстве станциям [1-4]. На всех указанных станциях регистрации вертикальной составляющей напряженности электрического поля пограничного слоя атмосферы осуществляются датчиками разработки Владимирского государственного университета. Создание многопунктной системы синхронных регистраций электромагнитного поля пограничного слоя атмосферы с разнесением в пространстве на десятки и сотни километров систем регистрации позволяет исследовать воздействие ряда геофизических и астрофизических процессов. Основной экспериментальной базой проводимых исследований является физический экспериментальный полигон ВлГУ, расположенный в 40 км от г. Владимира на территории 4 га и служащий для непрерывных синхронных регистраций электрического и геомагнитного полей в ИНЧ диапазоне. Комплекс приемных антенн включает в себя антенны наземного типа, подземного и подводного типа, магнитные антенны (феррорезондовые магнитометры), флюксметры для измерения электростатического поля в приземном слое, систему графитовых электродов, метеокомплекс [1-4]. За 2010-2016 годы осуществлена модернизация приемно-регистрирующей системы мониторинга на физическом экспериментальном полигоне на базе программно-аппаратного комплекса «Мегаполис-ТМ». Модернизация приемно-регистрирующего комплекса физического полигона возникла в связи с необходимостью обеспечения удаленного доступа к информации, получаемой по датчикам полигона, а также в связи с необходимостью обеспечения системы сбора данных отказоустойчивым промышленным компьютером и системой АЦП повышенной надежности. На рис.1 дана схема передачи данных мониторинга с физического экспериментального полигона в университет. На рисунках 2,3,4,5 даны фото системы мониторинга и ряда датчиков электрического и геомагнитного поля.

Созданы базы экспериментальных данных:

1. Физический экспериментальный полигон ВлГУ (базы данных электрического поля, геомагнитного поля, температуры, давления, влажности, радиационного фона): 1998-2016 гг.
2. Обнинск, Научно-производственное объединение «Тайфун» : базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы 2008-2014 гг.(датчик ВлГУ).
3. Байкал, п. Листвянка: базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы – 2006 – 2008гг. (датчик ВлГУ).
4. Байкал, ст. Хулугайша: базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы 2007-2009 гг. (датчик ВлГУ).
5. Байкал, п.Монды: базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы 2007-2008 гг. (датчик ВлГУ).
6. Камчатка, п. Паратунка: базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы 2007-2012 гг. (датчик ВлГУ).
7. Для достоверной интерпретации получаемых данных по электрическому полю приземного слоя использованы данные Гидрометеорологической службы: базы данных электрического поля приземного слоя атмосферы по станциям: Душети 1967-1980 гг., Воеиково 1966-1995 гг., Верхняя Дуброва 1974-1995 гг. А также базы экспериментальных данных японских станций геомагнитного поля: Какиока (1913-2006гг.) – геомагнитное поле; Мемамбецу(1950-1999гг).

Спектр задач, решаемых с помощью разнесенного в пространстве мониторинга электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы Земли достаточно широк.

Разработан программно - аналитический комплекс (ПАК) для исследования структуры сигналов, вызванных энергетически недоминирующими периодическими процессами геофизического и астрофизического характера ( «Анализатор собственных векторов и компонент сигналов» ) [5]. ПАК собственных векторов и компонент сигнала позволяет вычислять и анализировать собственные вектора и спектр собственных значений матрицы смешанных моментов сигнала, определять спектральный состав и статистические свойства отдельных собственных векторов, осуществлять разложение сигнала в подпространствах собственных векторов, отобранных по тем или иным признакам - с целью последующего анализа такого сигнала. Анализ собственных векторов открывает новые возможности при выявлении тонкой структуры сигнала и обнаружении новых физических эффектов и характеристик исследуемых объектов.

Новизна разработанного метода состоит в том, что спектральному анализу подвергается не сам исходный временной ряд, а его собственные вектора, на которые он раскладывается, что позволяет применить спектральный анализ к отдельным некоррелированным составляющим временного ряда, связанным с определенными физическими процессами. Анализ эффективности выявления в исследуемых временных рядах компонент, соответствующих приливным частотам, показал высокую эффективность метода собственных векторов, который обеспечивает пренебрежимо малу вероятность ложной тревоги при вероятности пропуска обнаруживаемых признаков на уровне  $10^{-4}$ . Энергетический вклад собственных векторов, несущих информацию о частотах, соответствующих приливным процессам, выделенных в результате обработки экспериментальной информации, по электромагнитным полям составил  $-29,3$  дБ ( $10^{-3}$ ).

Один из интересных геофизических процессов – приливное воздействие Луны на электродинамическую структуру Земли. Воздействие лунной гравитационной силы на электромагнетизм Земли интересно как с точки зрения изучения приливных сил и их воздействий, так и в плане фундаментальных исследований взаимосвязи полей различной природы (гравитационных и электромагнитных). Нами были разработаны модели возникновения приливного эффекта в электрическом и геомагнитном поле пограничного слоя атмосферы [2]. Модели дали оценки величин амплитуд вариаций электрического и геомагнитного полей, вызванных приливными процессами. В случае лунных вариаций геомагнитного поля их величина может составлять  $0.18$  нТл, для электрического поля величина лунных вариаций оставляет  $E_z \approx (0.3 - 1)$  В/м. Адекватность разработанных моделей экспериментальным данным доказана при корреляционно-спектральной обработке результатов мониторинга электрического и геомагнитного поля приземного слоя атмосферы по разнесенным в пространстве станциям [6-8]. Отношение максимального значения амплитудного спектра у отобранных собственных векторов к его среднему значению – индекс когерентности (аналог отношения сигнал/шум) для электрического поля при выделении периодов, соответствующих солнечным и лунным приливам составляет в среднем 267-179. Уровень индексов когерентности на частотах лунных приливов позволяет сделать вывод о достоверном обнаружении приливных воздействий на земной электромагнетизм, что по сути до данных исследований не было в исследованиях по приливным эффектам сделано. Оценки средних амплитуд электрического поля на частотах приливов совпадают по порядку с модельными оценками, что с одной стороны подтверждает адекватность разработанной ранее модели воздействия приливных процессов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы Земли, с другой стороны говорят о возможностях метода собственных векторов. Таким образом, использование метода спектрального анализа собственных векторов в многолетних временных рядах вертикальной составляющей электрического поля показало его эффективность для выявления периодических составляющих, связанных с лунными приливами.

Одно из направлений исследования атмосферных приливов в настоящее время связано с важнейшей ролью приливов в формировании геодинамического режима во всех сейсмоактивных регионах Земли. В анализируемый диапазон частот попадают сейсмогравитационные и собственные колебания Земли. Одной из важнейших фундаментальных проблем геофизики является краткосрочный прогноз землетрясений. Разработки в этом направлении опираются на комплекс методов и средств наблюдений за физико-химическими процессами в различных оболочках Земли. Проводимые в этом направлении исследования связаны с изучением: возможности использования сигнализатора значимых отличий для выявления сильных землетрясений; использования сигнализатора изменения главных компонент для выявления сильных землетрясений; построением оценки сверху для апостериорной вероятности аномального поведения временного ряда с использованием байесовского подхода.

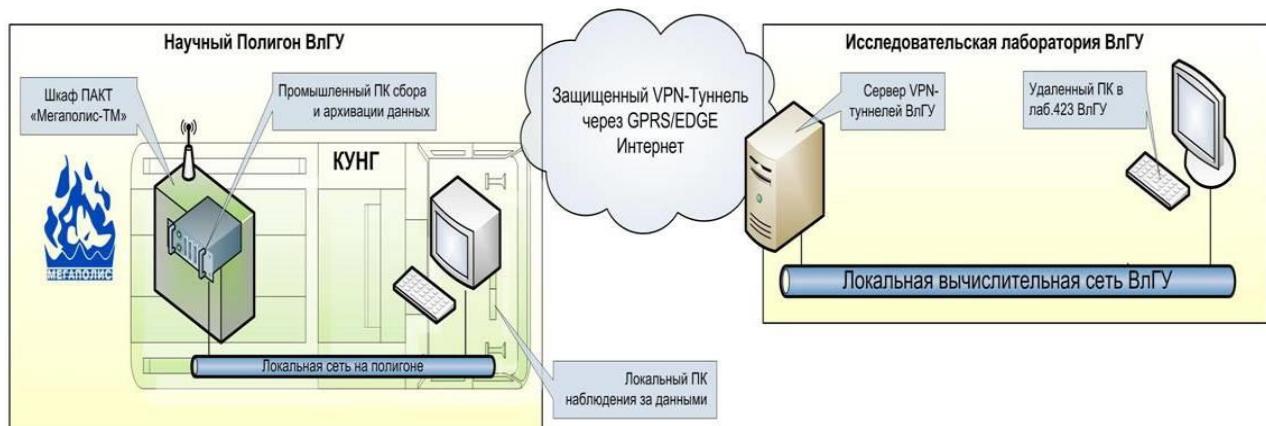


Рис.1. Структура передачи данных с полигона средствами ПАКТ «Мегаполис-ТМ»



Рис.2. Система сбора данных «Мегаполис»

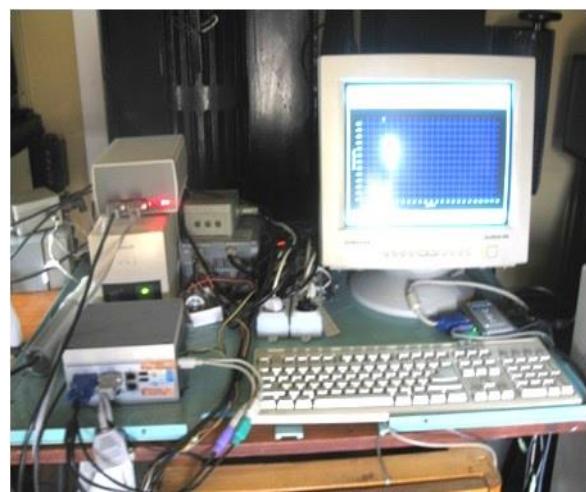


Рис.3. Отслеживание формируемых баз данных



Рис.4. Датчики регистрации геомагнитного поля

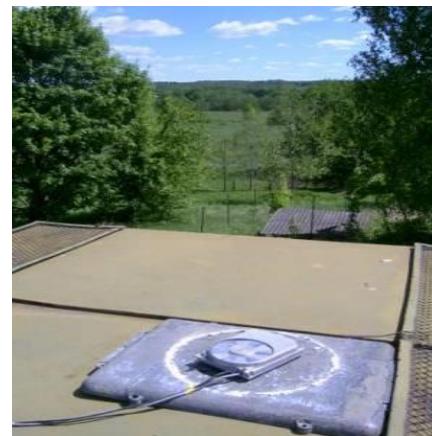


Рис.5. Регистрация электрического поля

Для трех станций наблюдения (Душети, Верхняя Дуброва, Воейково) с использованием «Анализатора собственных векторов и компонент сигнала» (АСВ и КС) исследованы многолетние временные ряды вертикальной составляющей электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли в инфразондочастотном диапазоне. Показано, что все исследованные временные ряды имеют некогерентные составляющие на частотах инфразондочастотного гравитационно-волнового излучения шести двойных звездных систем: J 0700+6418, J 1012+5307, J 1537+1155, J 1959+2048, J 2130+1210, J 1915+1606 с действующими значениями 0.28 — 0.6 В/м, которые не могут (в силу своей некогерентности) быть обнаружены с использованием классической квадратурной схемы спектрального анализа, но могут быть выявлены с использованием АСВ и КС [9-11]. Главная научная перспектива этих исследований состоит в том, чтобы на основе теоретических предсказаний провести новый комплекс электродинамических исследований в окрестности Земли и экспериментально проверить возможность экспериментального подтверждения воздействия гравитационно-волновых полей на электромагнитное поле Земли. Как только будут получены дополнительные экспериментальные результаты, теория связи со спутниками системами, теория кодирования информации, геофизика, службы мониторинга окружающей среды и предупреждения катастрофических явлений - получат комплекс новых инструментов для решения своих специфических проблем.

Одно из важных направлений исследований, осуществляемое по региональной программе РФФИ связано с изучением взаимосвязи инфразондочастотных электромагнитных полей и показателей здоровья человека [12-14].

Работа осуществлены при поддержке Государственного Задания 2014/13,2871, гранта РФФИ № 14-07-97510\14.

#### Библиографический список

- Грунсская, Л. В. Экспериментальные и теоретические исследования вариаций напряженности электрического поля, обусловленных солнечными и лунными приливами в приземном слое атмосферы / Л. В. Грунсская, В. Н. Морозов /. Известия вузов. Физика. – 2005. – № 8. – С. 33 – 39.

2. Грунская, Л.В. Приемно-регистрирующая аппаратура для исследования взаимосвязи электрического поля приземного слоя атмосферы с геофизическими процессами / Л.В. Грунская, В.А. Ефимов // Проектирование и технология электронных средств. – 2006. – № 1. – С. 69 – 74.
3. Грунская, Л.В. Мобильный приемно-регистрирующий комплекс для мониторинга электромагнитного поля приземного слоя атмосферы / Л.В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 69 – 74.
4. Грунская, Л.В. Система многоканального синхронного мониторинга электромагнитных полей КНЧ диапазона приземного слоя / Л.В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2004. – Спец. вып. – С. 38 – 45.
5. Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В. Анализатор собственных векторов и компонент сигнала. Патент РФ на полезную модель №116242 от 30.09.2011.
6. Грунская, Л.В. Оценка параметров электрического поля приземного слоя атмосферы на основе метода корреляционного прием: монография / Л.В. Грунская.- Владимир: Владимирский государственный университет 2010. – 123 с. - ISBN 978-5-9984-0054-4.
7. Грунская, Л.В. Лунные приливы в электрическом поле пограничного слоя атмосферы / Л.В.Грунская, В.Н Морозов, В.А. Ефимов, А.А. Закиров // Известия вузов. Физика. - 2010. -т.53.- №1.- С.22-27.
8. Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Рубай Д.В., Золотов А.Н. Исследование воздействия лунных приливов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы с помощью метода собственных векторов./ Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 4. С. 65-70.
9. Грунская Л.В., Дорожков В.В., Исакевич В.В. / Поиск корреляций между электромагнитным полем Земли кайненизочастотного диапазона и периодическими гравитационными полями астрофизического происхождения //Известия высших учебных заведений. Физика. 2000, № 6. С. 36-41.
10. Л.В.Грунская, Д.В.Исакевич, В.В.Исакевич / Выявление периодических составляющих с частотами астрофизических процессов во временных рядах вертикальной составляющей напряженности электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. Москва Изд. «Профиль».2014, ISSN 2226-8812, Вып.2,с.54-71.
11. A.B. Balakin and L.V. Grunskaya. Axion electrodynamics and dark matter fingerprints in the terrestrial magnetic and electric fields. Reports on Mathematical Physics, Vol. 71, N 1, pp. 45-67, 2013.
12. Грунская Л.В., Влияние геофизических характеристик пограничного слоя атмосферы на некоторые показатели здоровья населения / Л.В. Грунская, В. Н. Буренков, И. А. Лещев, Л. Т. Сушкова, Е. Г. Рыжова, М. И. Дегтерева // Биотехносфера.- 2011. - №5-6 (17-18).-с.59-65.
13. Грунская, Л.В. Программно-аппаратный комплекс исследования электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы / Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, А.А. Закиров, Д. В. Рубай, Д. В. Исакевич, А.С. Батин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. №6.- С.42-47.
14. Грунская Л.В., Лещев И.А., Исакевич В.В., Широбоков А.В., Сушкова Л.Т. Исследование взаимосвязи дорожно-транспортных происшествий по Владимирской области с гео- и гелиофизическими характеристиками/ Биотехносфера. Санкт-Петербург: Издательство "Политехника". 2013. - № 3(27). - С. 26-34.

#### MONITORING OF INFRALOW FREQUENCY RANGE ELECTROMAGNETIC FIELDS.

Grunskaya L.V., Zolotov A.A., Lukyanov V.E., Rubay D.V., Leshchev I.A.  
The Stoletovs Vladimir State University.

[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

A man lives, works and strives for understanding the world under existing the Earth – ionosphere resonator in its electrodynamical system. In such resonator wide frequency range electromagnetic fields spread. The infralow frequency range (ILF is lower than 30 Hz) raised generally because of the whole Earth seismic centres is of the greatest interest. Besides, non-terrestrial sources such as tide processes, provoked by the Moon and the Sun, space ILF processes make a contribution into the named range. The interest of studing infralow frequency range electromagnetic fields is connected with its wide spectrum of physical mechanism excitation: from the Earth to space ones. ILF variations of electromagnetic fields spread in the Earth-ionosphere practically without attenuation, penetrate into the Earth and water of great depth. For the period of 1972-2016 years there has been created a multichannel synchronous monitoring of electrical and geomagnetic fields at the spaced apart stations: VSU physical experimental proving ground; the station of SO RASInstitute of Solar and Earth physics by Baikal Lake; the station in Obninsk town on the base of the scienific industrial society "Taifun"; a station in Paratunka-town (Kamchatka); DBO RAS Institute of Vulkanology and seismology. The spectrum of tasks solved by spaced apart monitoring of the Earth atmosphere boundary layer electromagnetic fields is wide enough. The aims of these investigations are connected with studing. The structure of signals in the spectral and time Earth atmosphere boundary layer electromagnetic field as lunar-solar tides, seismic processes, global Sun oscillations periods, diurnal Earth rotation, natural Earth oscillations, studing astophysical processes. Electromagnetic fields in ILF (below 1 Hz) are being investigated and all possible sources of periodical processes of that frequency range are being analysed. There has been developed a programme-analytical system (PAS) for studing the structure of the signals caused by subnoisy,periodical processes of geophysical and astrophysical character. Using eigen vectors spectral analysis method in long-term electrical field vertical component time series

showed its efficiency for revealing periodical components connected with lunar tides. One of the investigating directions of atmosphere tides at present is connected with the most important part of tides in forming geodynamic conditions in all seismic active regions of the Earth. One of the most important fundamental geophysics problems is a short-term earthquake forecast. It was shown all investigated time series had non-coherent components at the infralow frequency gravitational-wave radiation frequencies of the binary stellar systems. Investigations are taking place connected with studying interconnection of the infralow frequency electromagnetic fields and man's health index.



## АЙГЕНОСКОПИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛУННЫХ ПРИЛИВОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Рубай Д.В., Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых

[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

В работе рассматривается вопрос о возможности обнаружения лунных приливных процессов в структуре электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли. Исследование этого влияния важно с нескольких точек зрения. Это фундаментальные исследования в разделе геофизики, связанном с атмосферно-электрическими явлениями в пограничном слое. Решение задачи достоверного обнаружения воздействия лунных приливов на электрическое поле пограничного слоя атмосферы может стать важным звеном в изучении взаимосвязи электромагнитных полей и явлений геофизического характера. Работа основывается на результатах мониторинга вариаций электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли [1-3], проводившегося на разнесенных в пространстве станциях (Верхнее Дуброво, Душети, Воейково). При решении задачи обнаружения лунных приливов в структуре электрического поля с помощью классического спектрального анализа удалось оценить амплитуду на частотах, соответствующих приливным процессам. Однако, оценки отношения сигнал/шум по всем приливным частотам и анализируемым станциям оказались в пределах 0,4–2,7, что не позволило сделать вывод о достоверности обнаружения приливных воздействий в электрическом поле Земли. Дальнейшие исследования основываются на запатентованной модели анализатора собственных векторов и компонент сигнала (ACBиKC) [4]. Метод на основе ACBиKC не только позволил выделить приливные процессы с использованием различных критериев поиска, но и обеспечил необходимое отношение сигнал/шум по всем рассматриваемым частотам и станциям.

Одним из важных вопросов в исследовании является оценка вероятности ложной тревоги при обнаружении лунных приливов в структуре электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли. Ее оценка позволяет судить о достоверности выделения такого рода вариаций, в частности, при применении метода на основе ACBиKC как основного инструмента данных исследований.

Для системного анализа временных рядов экспериментальных данных был создан программно-аналитический комплекс (ПАК) для обработки экспериментальной информации с помощью как классических методов, так и метода на основе ACBиKC. Структура комплекса представлена на рис. 1. Алгоритм метода на основе ACBиKC состоит в том, что по исходному конечному ряду экспериментальных данных, представляющего собой набор значений, записанных с определенным временем дискретизации, строится так называемая траекторная матрица. Для этого выбирается величина интервала анализа – длины отрезка времени, который очевидно должен быть меньше всего ряда и путем смещения этого отрезка на шаг  $d$  формируется траекторная матрица. По траекторной матрице рассчитываются значения собственных векторов (СВ) и собственных значений (СЗ), которые в конечном итоге составляют так называемую ковариационную матрицу. Далее к каждому из СВ применяется быстрое преобразование Фурье для построения амплитудного спектра СВ. Амплитудные спектры затем являются предметом анализа посредством признаков, указывающих на обнаружение составляющей в структуре исходного ряда с искомой частотой колебаний. К таким признакам в частности относятся максимум коэффициента корреляции и совпадения частоты максимума амплитудного спектра СВ и искомой частоты. При нахождении такого СВ, максимум амплитудного спектра которого совпадает с искомой частотой, рассчитывается индекс когерентности – аналог отношения сигнала к шуму, равный отношению максимума спектра к сумме остальных значений спектра, исключая искомый. Подробно метод описан в [4]. Преимущество метода на основе ACBиKC перед аналогичными методами анализа (например, методом “гусеницы”) состоит в том, что спектральному разложению подвергаются его собственные вектора, несущие в себе информацию об энергетическом вкладе недоминирующих составляющих на различных частотах. Метод позволяет быстро и эффективно производить оценку присутствия вариаций искомой частоты в исходном дискретном временном ряде.

Для исследования вопроса о вероятности ложной тревоги использовался критерий совпадения индекса когерентности для ряда лунных частот по экспериментальным данным нескольких станций регистраций вариаций вертикальной составляющей электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли. ПАК подразделяется на две части. Первая часть представляет собой комплекс подготовки данных для обработки

различными методами. Она служит связующим звеном между аппаратной частью приемно-регистрирующего комплекса и между программными пакетами, реализующими методы спектрального оценивания. К задачам первой части ПАК относятся такие функции как: сшивка (первоначальная процедура обработки, заключающаяся в объединении файлов с экспериментальными данными регистраций геофизических параметров в рассматриваемый интервал анализа); устранение тренда (выделение медленно меняющихся компонент в структуре экспериментальных данных); фильтрация (удаление скачков и выбросов, вызванных сбоями работы регистрирующей аппаратуры, устранение грубых ошибок); разрежение (приведение ряда экспериментальных данных к необходимому шагу дискретизации).

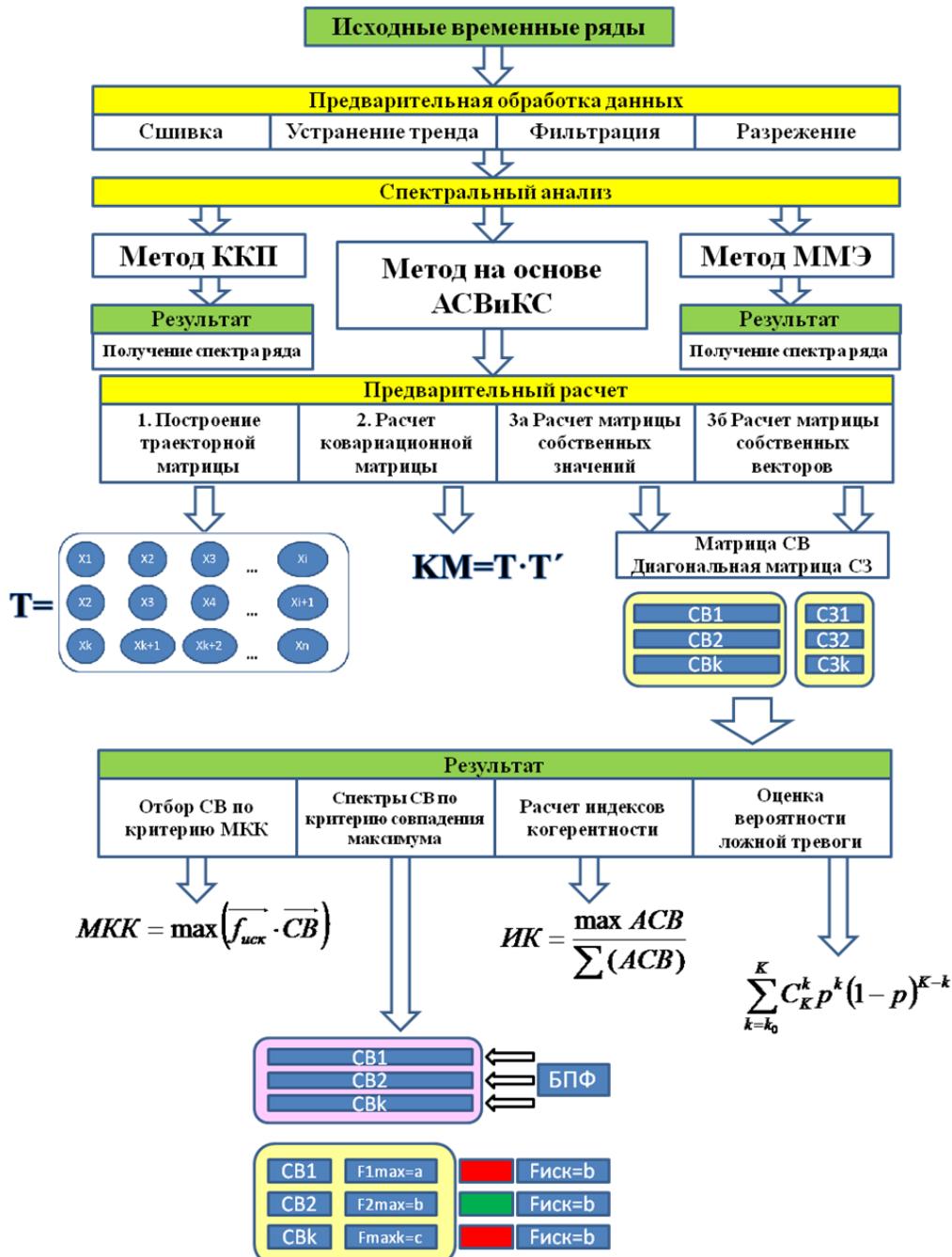


Рис.1 – Структурная схема метода собственных векторов и компонент сигнала

Вторая часть ПАК реализует методы спектрального оценивания с целью выделения вариаций, вызванных воздействием лунных приливов. Применение различных методов позволяет провести сравнительный анализ результатов обработки, не только с целью выявления эффективности применения методов, но и также с целью повышения достоверности результатов выделения при сравнении с модельными оценками, например, формирования вариаций в структуре электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли, вызванных лунными приливами. В частности, обратим внимание на метод собственных векторов как на

один из эффективных методов выделения лунных приливов в структуре временных рядов экспериментальных данных.

В разработанном нами методе анализатора собственных векторов и компонент сигнала для выявления недоминирующих составляющих используется разложение Карунена-Лоэва и основанный на нем метод «Гусеница». Однако, метод «Гусеница» ориентирован на прогнозирование поведения недоминирующих составляющих с использованием группировок собственных векторов. Перед нами стоит задача обнаружения сигналов в электрическом поле, вызванных приливными процессами, изучение структуры этих сигналов. Разработанный нами метод анализатора собственных векторов и компонент сигнала АСВиКС (полезная модель №116242RU, авторы Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, Д.В. Исакевич) показал свою эффективность в решении поставленной задачи.

В анализаторе собственных векторов с помощью спектрального анализа исследуется структура самих собственных векторов, несущих в себе информацию об энергетическом вкладе недоминирующих составляющих на различных частотах, что является его основным преимуществом перед методом «Гусеница». Амплитуда сигнала на частотах лунных приливов изменяется в пределах 0,5-0,8 В/м, что согласуется с модельными оценками. Результаты анализа показывают, что расчетные значения индекса когерентности по всем собственным векторам лежат в пределах от 0 до 500, в то время, как для лунных приливов лежат в пределах от 33 до 193, что подтверждает достоверность обнаружения приливных процессов в электрическом поле пограничного слоя атмосферы Земли.

Входными данными для анализа являлись ковариационные матрицы размерностью 1000x1000 по станциям регистрации вертикальной составляющей электрического поля пограничного слоя атмосферы: Верхнее Дуброво, Войково, Душети. Для проведения эксперимента была написана программа в среде Scilab для определения индекса когерентности по всем собственным векторам (СВ) ковариационных матриц по вышеуказанным станциям. Для каждого очередного собственного вектора по методу быстрого преобразования Фурье строился спектр, определялось значение амплитудного максимума и как следствие – расчет индекса когерентности (ИК). Также определялись индексы когерентности для пиков амплитудных спектров, совпадающих по частоте с частотами лунных приливов (различие в частоте не более одного дискрета анализа –  $10^{-6}$  Гц). По рассчитанным значения ИК построена функция распределения с нанесенными на нее точками, показывающими область варьирования ИК по спектральным составляющим, соответствующим лунным приливам. На рис. 2-4 представлены результаты вычислительного эксперимента. Специальными символами (о) на рисунке отмечены значения индексов когерентности для собственных векторов, пики амплитудных спектров которых находятся в пределах одного дискрета анализа. Для нахождения вероятности ложной тревоги использовалось правило превышения медианного порога на кривой выборочной функции распределения, описанное в [6].

Таким образом, для системного анализа временных рядов экспериментальных данных был создан программно-аналитический комплекс (ПАК) для обработки экспериментальной информации с помощью как классических методов, так и метода на основе АСВиКС. В анализаторе собственных векторов с помощью спектрального анализа исследуется структура самих собственных векторов, несущих в себе информацию об энергетическом вкладе недоминирующих составляющих на различных частотах, что является его основным преимуществом перед методом «Гусеница». Амплитуда сигнала на частотах лунных приливов изменяется в пределах 0,5-0,8 В/м, что согласуется с модельными оценками. Результаты анализа показывают, что расчетные значения индекса когерентности по всем собственным векторам лежат в пределах от 0 до 500, в то время, как для лунных приливов лежат в пределах от 33 до 193, что подтверждает достоверность обнаружения приливных процессов в электрическом поле пограничного слоя атмосферы Земли. По всем станциям верхняя оценка вероятности ложной тревоги не превышает порядок  $10^{-4}$ , что говорит о достоверном выделении вариаций, вызванных лунными приливами в структуре электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли.

Работа осуществлены при поддержке Государственного Задания 2014/13,2871, гранта РФФИ № 14-07-97510\14.

#### Библиографический список

- Грунская Л. В., Морозов В. Н., Ефимов В. А., Золотов А.Н., Рубай Д. В., Закиров А. А. Мониторинг электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы Земли// Монография Издатель: Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing. – ISBN: 978-3-659-32919-7. -2013 г, 192 с.
- Грунская, Л.В. Лунные приливы в электрическом поле пограничного слоя атмосферы / Л.В.Грунская, В.Н Морозов, В.А. Ефимов, А.А. Закиров // Известия вузов. Физика. 2010. –т.53.- №1.- С.22-27.
- Грунская Л.В., Ефимов В.А., Закиров А.А., Золотов А.Н., Рубай Д.В., Лещев И.А./Мониторинг электромагнитных полей инфракрасного диапазона пограничного слоя атмосферы Земли// Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. Москва Изд. «Профиль».2014, ISSN 2226-8812, Вып.2,с.32-42)
- Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В. Анализатор собственных векторов и компонент сигнала. Патент РФ на полезную модель №116242 от 30.09.2011.
- Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Рубай Д.В., Золотов А.Н. Исследование

воздействия лунных приливов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы с помощью метода собственных векторов./ Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 4. С. 65-70.

6. Исакевич В.В., Грунская Л.В., Исакевич Д.В. /Выявление спектрально локализованных компонент на частотах лунных приливов во временных рядах вертикальной составляющей электрического поля пограничного слоя атмосферы Земли// Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. Москва Изд. «Профиль».2014, ISSN 2226-8812, Вып.2,с.43-52)

## **AYGENOSKOPIYA OF TIME SERIES IN THE ANNEX TO A PROBLEM OF DETECTION OF LUNAR INFLOW IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD OF EARTH**

Rubay D.V., Grunskaya L.V., Isakevich V. V., Isakevich D. V.

Vladimir state university of Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovykh  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

In work the question of a possibility of detection of lunar tidal processes in structure of an electric field of a boundary layer of an Earth's atmosphere is considered. Research of this influence is important from several points of view. These are basic researches in the section of a geophysics, the bound to the atmospheric and electric phenomena in a boundary layer. The solution of a problem of reliable detection of impact of lunar inflow on an electric field of a boundary layer of the atmosphere can become an important link in studying of interrelation of electromagnetic fields and phenomena of geophysical character.



## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ИНДИКАТОРА РИСКА»**

Лукьянов В.Е., Грунская Л.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

Работа связана с исследованием возможности определения вероятности возникновения опасных геофизических процессов на основе метода собственных векторов. В работе осуществляется разработка программно – аналитического комплекса для обработки многомерных временных рядов для задач прогнозирования возникновения опасных геофизических и технологических процессов, а так же разработка методики обнаружения и прогнозирования возникновения сейсмических и техногенных процессов на базе разработанного программно-аналитического комплекса. На примере обработки многомерных временных рядов по концентрации радона показана эффективность использования данного программно – аналитического комплекса для задач прогнозирования землетрясений.

Одной из главных задач является обеспечение безопасности людей. В России решением данной проблемы занимаются Специально уполномоченные органы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС). Однако, количество ЧС не снижается. Среди всех источников чрезвычайных ситуаций в первую очередь необходимо отметить источники природных ЧС, такие как землетрясения, извержения вулканов, цунами, лесные пожары и др. Экономический ущерб от сейсмических катастроф достигает сотен миллиардов долларов США: в отдельных случаях до 40% национального достояния страны, оказавшейся в эпицентре стихийного бедствия.

Кроме того, на земном шаре функционируют сотни тысяч потенциально опасных объектов (химически-, радиационно-, пожаро- и взрывоопасных объектов, гидротехнических сооружений), а в зонах воздействия поражающих факторов при возникновении аварий и катастроф проживают сотни миллионов людей. Нарастание риска возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций в России обусловлено тем, что в последние годы в наиболее ответственных отраслях потенциально опасные объекты имеют выработку проектного ресурса на уровне 50-70%, иногда достигая предаварийного уровня.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций предполагает определение вероятности возникновения ЧС, определение времени и места наступления. Поэтому, предупреждать стихийные природные явления и техногенные катастрофы на основе мониторинга их предвестников, заблаговременно готовиться к ним, предотвращая или ослабляя последствия, экономически более выгодно, чем ликвидировать то, к чему стихийные бедствия и чрезвычайные ситуации приводят.

Таким образом, прогнозирование ЧС обычно имеет цель установить возможный факт ее появления и возможные последствия.

В работе [1] показано использование байесовского подхода для построения оценки сверху для апостериорной вероятности аномального поведения временного ряда, предложено выражение для оценки сверху отношения правдоподобия для момента возникновения критических событий. Продолжением данного подхода стало создание универсального устройства «Индикатор риска».

«Индикатор риска» представляет собой универсальное адаптивное устройство, которое анализирует временной ряд (временные ряды) и формирует на своем выходе сигнал об увеличении риска пропорциональный увеличению вероятности аномального состояния наблюдаемой системы.

Прогноз возникновения катастрофических событий основан на обработке двух временных рядов, один из которых представляет собой физическую величину, чувствительную к аномальному поведению, другой – оцифрованный ряд ранее произошедших катастрофических событий.

На рисунке 1 представлена структурная схема «Индикатора риска».

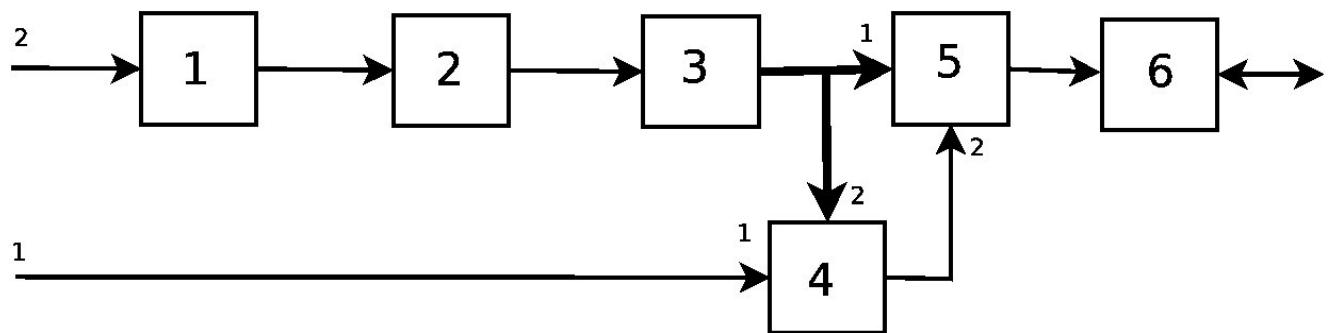


Рис. 1 – Общая конструкция «Индикатора риска:1 – блок оценки вероятности превышения, 2 – блок нелинейного преобразования, 3 – блок фильтров, 4 – блок оценки подобия, 5 – блок коммутации, 6 – блок визуализации и принятия решений.

Оценка максимально возможного увеличения вероятности возникновения аномального события (оценка сверху функции правдоподобия) формируется на выходе индикатора риска и верна для любых физических величин, на изменение которых влияет увеличение риска. Прогнозирование возникновения аномальных событий происходит при помощи сглаживания оценки сверху функции правдоподобия при помощи адаптивного фильтра.

На рисунке 2 приведен результат обработки рядов концентрации почвенного радона на Камчатке в период с августа 2015 года по февраль 2016 года с целью прогнозирования возникновения сильных землетрясений.

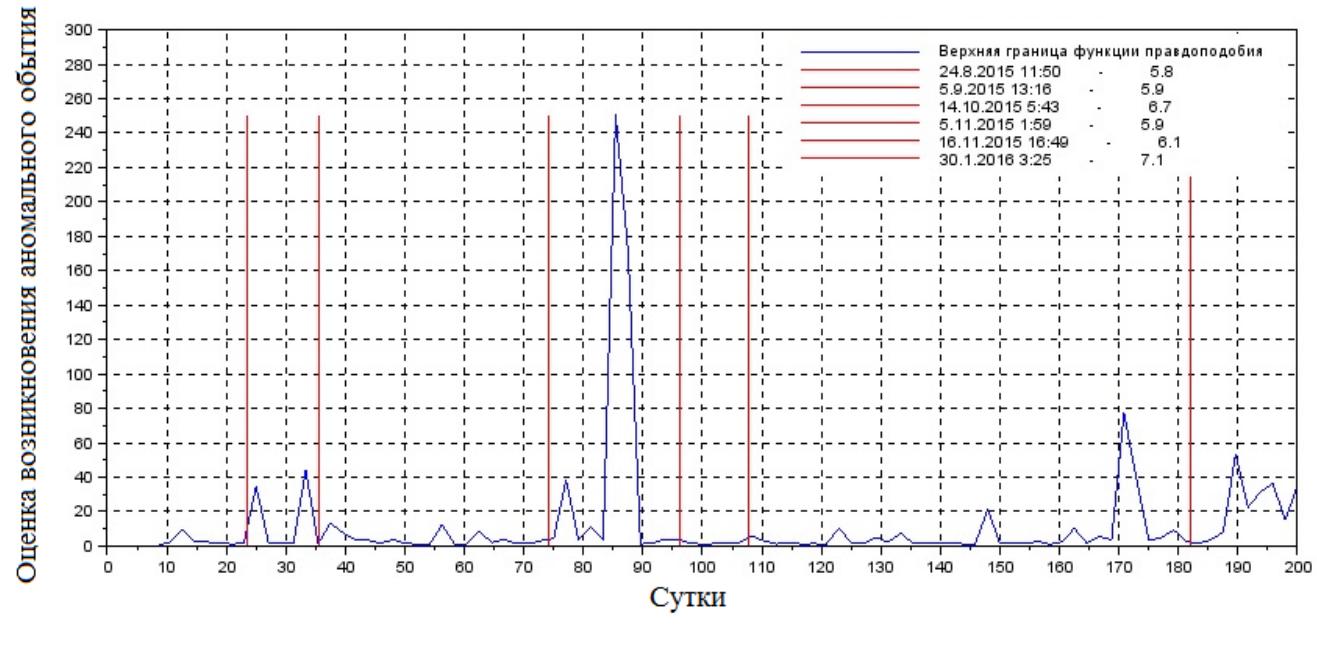
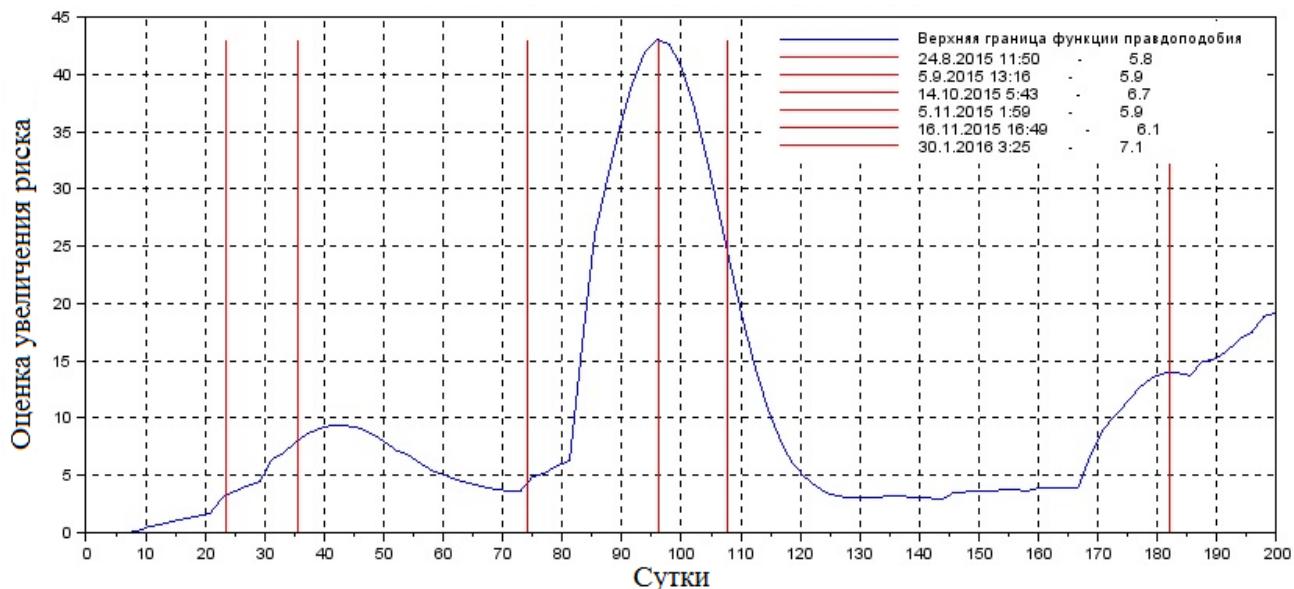


Рис. 2а, - Оценка максимально возможного повышение вероятности возникновения землетрясения. Показана оценка сверху для отношения правдоподобия в зависимости от времени при обнаружении аномалий коллективного поведения. Как видно из рисунка, наблюдаются значительные аномалии в точках близких к 25, 35, 80, 85, 170 и 200 единицам времени.



6)

Рис.к 26. Сглаженная верхняя оценка отношения правдоподобия (сглаживание проводилось при помощи адаптивного фильтра с задержкой 50 суток и величиной суток). Вертикальными линиями на рисунках 2а и 2б показаны моменты землетрясений с магнитудами, превышающими 5.6.

Как видно из рисунка 2а, имеются наивысшие значения оценки сверху функции правдоподобия, которые соответствуют 25, 35, 80, 85 и 170 суткам с момента начала обработки (08.2015), что означает значительное увеличение вероятности возникновения землетрясения. Для обнаружения моментов самих землетрясений использовано сглаживание оценки сверху при помощи адаптивного фильтра.

Работа осуществлены при поддержке Государственного Задания 2014/13,2871, гранта РФФИ № 14-07-97510\14.

#### Библиографический список

1. Лукьянов В.Е. Оценка сверху для отношения правдоподобия возникновения катастрофических событий //Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «В мире научных открытий», Таганрог, 30 июня 2015 г., с.115-117.

#### PREDICTION OF EMERGENCE OF CATASTROPHIC EVENTS WITH USE "RISK INDICATOR"

Lukyanov V. E., Grunskoy L.V.  
Vladimir state university of Alexander Grigoryevich  
and Nikolay Grigoryevich Stoletovykh  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

Work is bound to research of a possibility of definition of probability of emergence of dangerous geophysical processes on the basis of a method of latent vectors. In work development programmatically – an analytical complex for processing of many-dimensional time series for problems of prediction of emergence of dangerous geophysical and technological processes, and also development of a technique of detection and prediction of emergence of seismic and technogenic processes on the basis of the developed program and analytical complex is carried out. On the example of processing of many-dimensional time series on concentration of a radon effectiveness of use this programmatically – an analytical complex for problems of prediction of earthquakes is shown.



**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Орешкин Д.М., Васильев А.С., Давыдов Н.Н., Ефимов В.А., Данилов С.Ю., Давыдов Нт.Н., Разумов Д.А.  
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых, [oreshkindmitry@mail.ru](mailto:oreshkindmitry@mail.ru)

Научно-исследовательские работы направлены на отработку методики и обобщение результатов экспериментальных исследований физических характеристик и параметров материалов и окружающей среды, а также на совершенствование аппаратно-программных средств компьютерной поддержки научного приборостроения [1, 2]. При обосновании методики проведения испытаний комплекса учитывалось, что регистрируемые параметры являются универсальными и неотъемлемыми факторами в общей системе характеристик и свойств, и с ними связаны многие физические явления, как в структуре вещества, так и на поверхности материалов.

При отработке методики регистрации параметров окружающей среды выполнена модернизация флюксметра «ЭФ-4» и измерительного стенда, и сопоставлены результаты одновременных наблюдений за вариациями градиента потенциала электрического поля атмосферы  $V'$  (ЭПА), полученные с помощью усовершенствованного флюксметра «ЭФ-4» и флюксметра «Поле-2», разработанного в «Главной геофизической обсерватории им. А.И. Войкова» РАН. Общий вид флюксметров «Поле-2» и «ЭФ-4» приведен на рисунке 1.

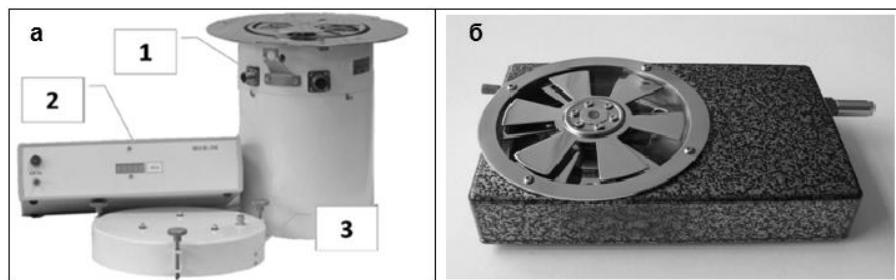


Рисунок 1 – Электростатический флюксметр «Поле-2» (а) и флюксметр ЭФ-4 (б), где: 1 – выносной блок первичного преобразователя (датчик); 2 – вторичный блок питания и сопряжения; 3 – насадка на датчик для проведения контроля измерений.

Технические характеристики сравниваемых измерительных приборов «Поле-2» и «ЭФ-4» приведены в таблице.

Таблица. Технические характеристики флюксметров «Поле-2» и «ЭФ-4

Параметры	«Поле-2»	«ЭФ-4»
Верхняя граница измеряемых напряжений электрического поля	1 канал $\pm 0.5 \text{ кВ/м}$ 40% 2 канал $\pm 5 \text{ кВ/м}$ $\pm 40\%$	$V' = \pm 2 \text{ кВ/м}$
Максимальное выходное постоянное напряжение датчика	$\pm 1 \text{ В}$	$\pm 5 \text{ В}$
Выходное сопротивление	75 Ом	2 кОм
Среднеквадратическая погрешность измерения	0.5%	5 мВ
Время выхода в номинальный режим	20 мин.	30 мин
Напряжение питания	220В, частота 50 Гц	10-14В DC
Потребляемая мощность	30Вт	3Вт
Температура воздуха	от $-50^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$	от $-40^{\circ}\text{C}$ до $+80^{\circ}\text{C}$
Влажность	до 100%	
Режим работы	непрерывный	
Вес	3кг	1 кг

Структурные схемы приборов концептуально идентичны, но имеются существенные отличия по способу измерения и построению электрической схемы. В «Поле-2» применена двухканальная дифференциальная схема измерений, в результате имеется два вложенных один в другой воспринимающих электрода, которые экранируются единственным заземленным электродом (обтюратором). При этом основной вклад в погрешность измерений вносит контактная разность потенциалов между экранирующим электродом и общей шиной, которая в дифференциальной схеме измерений не устраняется. В приборе «Поле-2» используется мощный двигатель переменного тока, число оборотов которого поддерживается на заданном уровне путем стабилизации напряжения питания. Однако при этом механическая нагрузка на обтюратор, а, следовательно, и число оборотов изменяются во времени.

В приборе «ЭФ-4» используется прецизионный вентильный двигатель с напряжением питания +12 В, который потребляет рабочий ток не более 0,3А. Скорость вращения обтюратора поддерживается на заданном уровне микропроцессорной системой, которая корректирует скорость вращения с учетом механической нагрузки двигателя. В результате в качестве источника питания может быть использован аккумулятор, что допускает эксплуатацию прибора в автономном режиме при отсутствии сетевых помех.

При проверке идентичности электростатических флюксметров «ЭФ-4» и «Поле-2» исследования выполнены в обсерватории «Паратунка» ИКИР ДВО РАН. Приборы устанавливались в 200-х метрах от здания обсерватории на площадке радиусом 12 м, расчищенной от деревьев, на эквипотенциальной поверхности высотой 3 м (см. рисунок 2, а), выравнивающей силовые линии электрического поля параллельно поверхности Земли (см. рисунок 2, б).

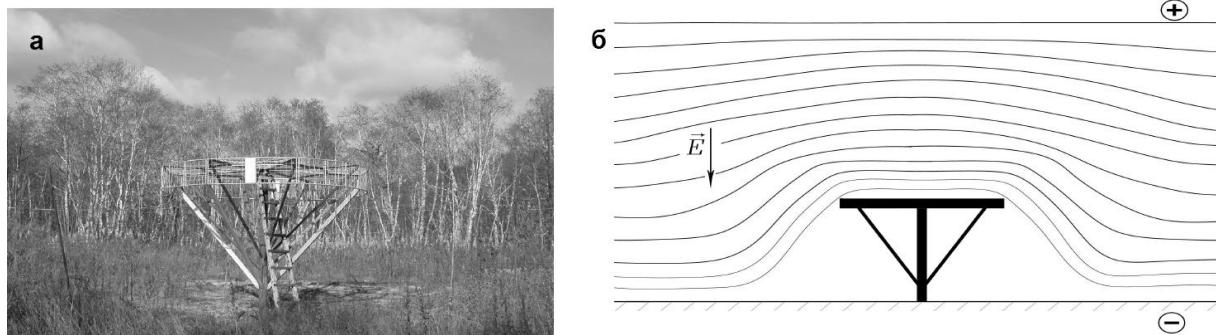


Рисунок 2 – Общий вид эквипотенциальной поверхности участка по месту установки флюксметра (а) и схема линий напряженности ЭПА над эквипотенциальной поверхностью (б).

Регистрируемые зависимости в абсолютных значениях  $V'$  ЭПА для флюксметров «ЭФ-4» и «Поле-2» за период времени с 28.12.2014 г. по 31.12.2014 г. и с 02.01.2015 г. по 05.01.2015 г. приведены на рисунке 3, из которых следует, что динамика вариаций  $V'$  ЭПА в показаниях обоих приборов идентична, и абсолютные значения имеют отклонения не более 20%, обусловленные отличием месторасположения приборов на стенде.

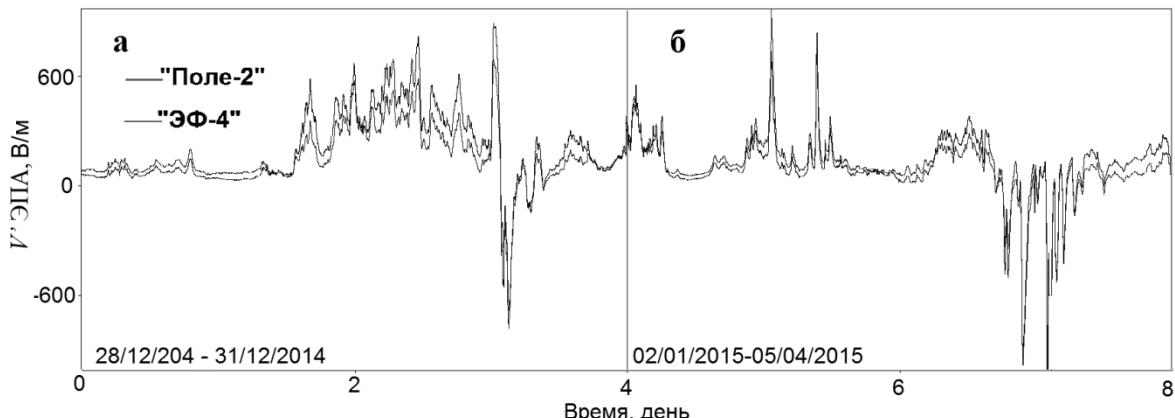


Рисунок 3 – Записи  $V'$  ЭПА флюксметрами «Поле-2» и «ЭФ-4» за периоды времени: а – с 28.12.2014 г. по 31.12.2014 г., б – с 02.01.2015 г. по 05.01.2015 г.

В комплекте флюксметра «Поле-2» предусмотрена специальная калибровочная насадка (см. рисунок 1, а), с помощью которой был прокалиброван чувствительный канал прибора (см. рисунок 4).

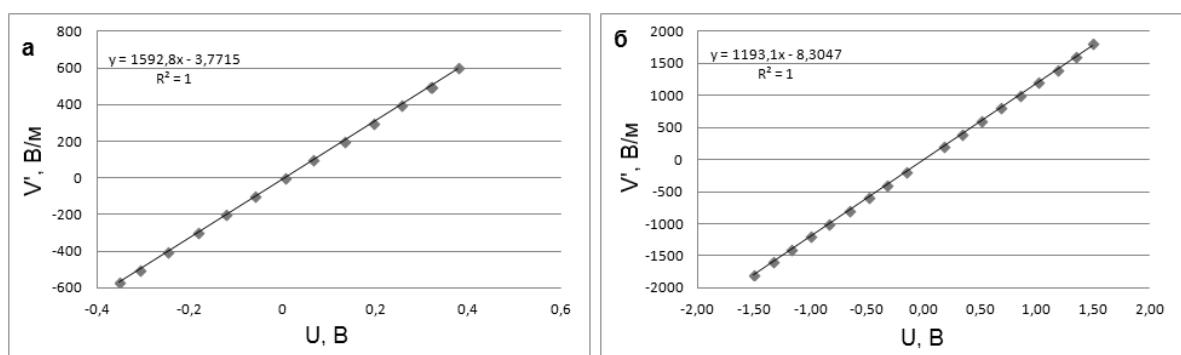


Рисунок 4 – Калибровочная кривая: а – флюксметр «Поле-2»; б - флюксметр «ЭФ-4»,  $R^2=1$ .

Для калибровки прибора «ЭФ-4» изготовлен специализированный стенд (конденсатор), состоящий из двух обкладок в виде фольгированного стеклотекстолита размером 700\*700 мм. Флюксметр «ЭФ-4» устанавливался в стенде таким образом, чтобы его обтюратор находился в плоскости нижней пластины конденсатора по её центру. Нижняя обкладка вместе с прибором «заземлялась», а на пластины подводилось электрическое напряжение от источника постоянного тока. При известных геометрических параметрах пластин рассчитана напряженность электрического поля в конденсаторе и построены калибровочные кривые  $V' = f(U_{\text{вых}})$  (см. рисунок 4). Показано, что для калибровочных зависимостей степень достоверности  $R^2$  равна 1, что указывает на высокую линейность характеристики и стабильность приборов.

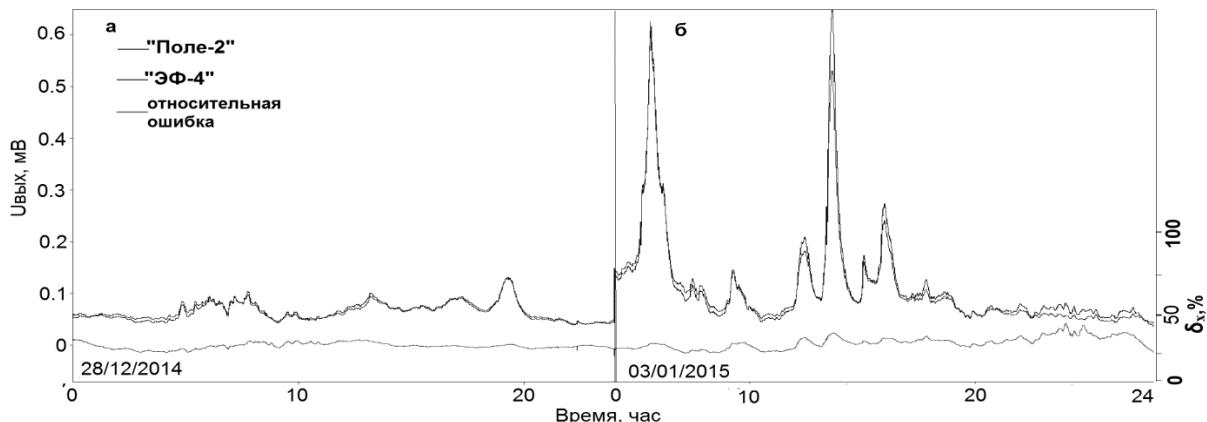


Рисунок 5 – Суточные вариации, регистрируемые электростатическими флюксметрами «Поле-2» и «ЭФ-4», где:  
а - 28.12.2014 г., б - 03.01.2015 г., время по UT.

Суточные вариации, регистрируемые электростатическими флюксметрами «Поле-2» и «ЭФ-4» приведены на рисунке 5. Относительная ошибка значений, регистрируемых прибором «ЭФ-4», по отношению к значениям, регистрируемым прибором «Поле-2», в среднем за двое суток составляет 7,6%, при этом

$$\delta \% = \left( \frac{U_s - U_n}{U_n} \right) \cdot 100.$$

В последнее время, – в связи с появлением новых экспериментальных данных в пунктах наземного мониторинга, при спутниковых наблюдениях и баллонном зондировании атмосферы, – продолжает возрастать интерес к исследованию ЭПА [3 - 8]. Это подтверждает необходимость совершенствования современной приборной базы и перехода на цифровые средства регистрации и компьютеризированного контроля параметров ЭПА.

В дополнение к флюксметру «ЭФ-4» разработаны средства аппаратно-программного комплекса, обеспечивающие визуализацию при одновременном наблюдении за вариациями градиента потенциала  $V'$  ЭПА, регистрируемыми цифровым прибором «ЭФ-4», и отклонениями параметров окружающей среды – температуры, давления, влажности.

Известные наиболее распространенные методы сбора, обработки, хранения, передачи и визуализации измерительной информации основаны на применении универсальных персональных ЭВМ, характеризующихся высокими энергопотреблением, габаритами и стоимостью и функционирующие под управлением операционной системы Microsoft Windows.

Подобный подход к созданию измерительных комплексов имеет высокую степень унификации и универсальности, однако характеризуется сетевой энергозависимостью, узким температурным диапазоном эксплуатации регистрирующей аппаратуры, невозможностью модификации служебного программного обеспечения, высокой себестоимостью измерений и комплектующих.

В рамках выполнения работ по договорам о научно-техническом сотрудничестве ВлГУ с институтами РАН (КФ ГС РАН № 678/15 от 1 октября 2015 г. и ИКИР ДВО РАН № 680/15 от 1 октября 2015 г.) разработан автономный унифицированный аппаратно-программный комплекс регистрации, обработки и визуализации данных экспериментальных измерений параметров и характеристик материалов и окружающей среды, представленный на рисунке 6.

Разработанный аппаратно-программный комплекс реализован на базе микрокомпьютера Odroid XG3 Lite, построенного на основе микроконтроллера семейства ARM, работающего под управлением свободно-распространяемой операционной системы Linux. Помимо одноплатного компьютера в состав комплекса входит семидюймовый сенсорный дисплей (монитор), предназначенный для настройки специализированного компьютера и отображения результатов измерения в режиме реального времени. В качестве основного инструмента для обработки данных экспериментальных измерений создано специализированное программное обеспечение.

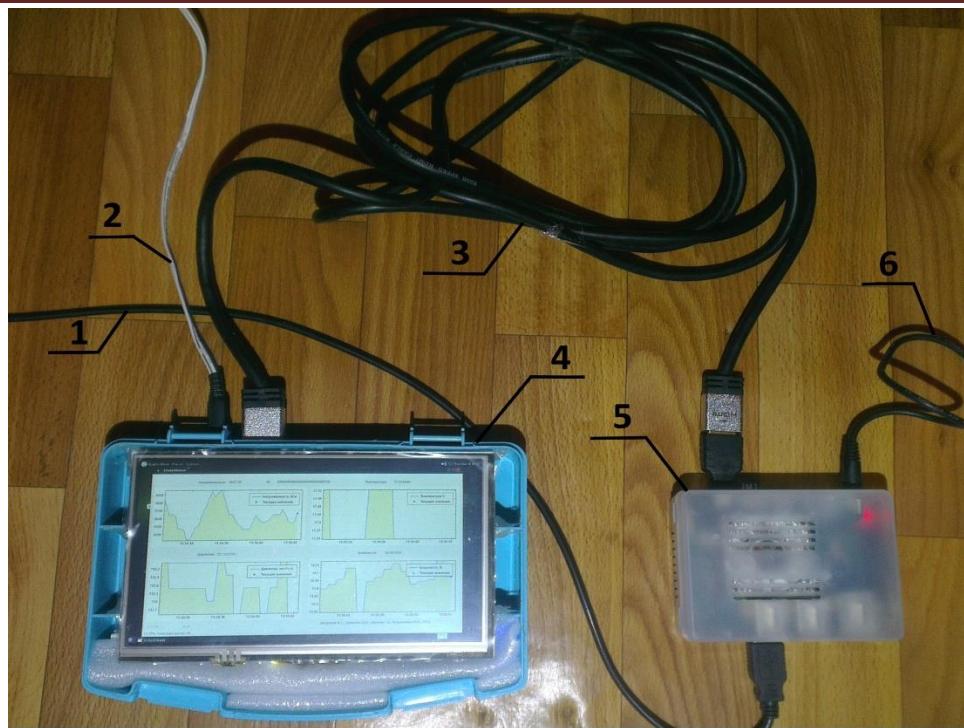


Рисунок 6 – Аппаратно-программный комплекс регистрации, обработки и визуализации данных экспериментальных исследований, где: 1 - data-кабель датчика (флюксметра); 2 - кабель питания устройства отображения информации; 3 - data-кабель вывода изображения на устройство отображения информации (на монитор комплекса); 4 - устройство отображения информации (монитор); 5 - одноплатный специализированный компьютер; 6 - кабель питания одноплатного компьютера.

На рисунке 7 приведен пример отображения измерительной информации на экране сенсорного монитора в режиме стоп-кадр.



Рисунок 7 – Пример отображения измерительной информации на экране сенсорного монитора в режиме стоп-кадр.

Аппаратно-программный комплекс совмещен с цифровым датчиком напряженности электростатического поля атмосферы Земли (флюксметром «ЭФ-4»), дополненный встроенной цифровой интегрированной метеостанцией с соответствующими датчиками.

Коммутация флюксметра «ЭФ-4» с системой регистрации осуществляется по цифровому интерфейсу USB/RS232. Комплекс поддерживает подключение дополнительных устройств по интерфейсам Ethernet, RS485, Bluetooth и WiFi.

Новизна разработанного программного обеспечения комплекса подтверждена Свидетельствами РФ на программы для ЭВМ [9 - 13].

Применение комплекса совместно с цифровым датчиком напряженности электрического поля «ЭФ-4» обеспечивает возможность наблюдения, в том числе, за состоянием атмосферы вблизи промышленных предприятий, когда возможен выброс опасных для здоровья человека и окружающей среды ионизированных газов, таких, как хлор, пропан, метан и др., изменяющих электростатическую активность воздушной среды. Объединение в сеть совокупности аппаратно-программных средств способствует отслеживанию в режиме реального времени направление перемещения воздушных потоков и скорость их движения, а также обеспечивает контроль за уровнем концентрации опасных веществ [5, 6, 12, 13].

В ходе разработки комплекса создана унифицированная система, допускающая регистрацию данных экспериментальных измерений, поступающих с выходов различных датчиков. Тем самым обеспечивается возможность автоматизации процессов экспериментального исследования физических параметров и характеристик материалов, среды и опасных веществ [14; 15].

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00794, № 14-07-97520 и №16-08-01226), а также Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере «Фонд содействия инновациям» (гранты У.М.Н.И.К. № 1771 и № 1774).

### Библиографический список

1. Ефимов В.А., Калыгина Л.А. Структура вариаций электрического поля Земли в диапазоне частот  $1 \cdot 10^{-5} \div 2,5 \cdot 10^{-5}$  Гц // Динамика сложных систем. – 2015. - №2. – С. 39-45.
2. Ефимов В.А., Готюр И.Г., Щукин Г.Г. Измеритель напряженности электрического поля Земли на основе цифровых методов обработки сигнала // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2015. - №4. – С.20-24.
3. Ефимов В.А., Акбашев Р.Р., Фирстов П.П., Хомутов С.Ю. Измерение электрического поля атмосферы: результаты сверки электростатических флюксметров «ЭФ-4» и «Поле-2» // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: труды V научно-технической конференции (27 сентября – 3 октября 2015 года, г. П.-Камчатский). - Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2015. – 117 с. – С. 19-21.
4. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Разумов Д.А., Ефимов В.А., Данилов С.Ю. Средства метеорологического мониторинга приземных слоев атмосферы // Экология и космос: Труды II Всероссийской научной конференции им. академика К.Я. Кондратьева (7-10 февраля 2015 года, Санкт-Петербург) / Под общ. ред. Ю.В. Кулешова. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2015. – 461 с. – С. 179-186.
5. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Разумов Д.А., Давыдов Нт.Н. Информационно-техническое обеспечение мониторинга электростатической активности атмосферы вблизи охранных зон // Волновая электрогидродинамика проводящей жидкости. Долгоживущие плазменные образования и малоизученные формы естественных электрических разрядов в атмосфере: материалы X1 Международной научной конференции (4 – 7 июля 2015 г., Ярославль) / Яросл. гос. университет им. П.Г. Демидова. – Ярославль, 2015. – 192 с. – С. 63-68.
6. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Разумов Д.А., Давыдов Нт.Н., Гулин А.С. Мониторинг безопасности движения и активности среды в охранной зоне скоростных магистралей // Фундаментальные и прикладные проблемы науки. Том 1. – Материалы X Международного симпозиума, посвященного 70-летию Победы (8-10 сентября 2015 года, г.Миасс, Россия). – М.: МСНТ РАН, 2015. – 171 с. – С. 149-160.
7. Разумов Д.А., Орешкин Д.М., Давыдов Н.Н. Структура программно-аналитического комплекса обработки метеорологических и электрофизических параметров местности // Инновационное развитие современной науки, сборник статей Международ. науч.-практич. конфер. 31 января 2014г.: в 9 ч. Ч.3. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – 370 с. – С. 308 – 312.
8. Разумов Д.А., Давыдов Н.Н. База данных программно-аналитического комплекса обработки метеорологических и электрофизических параметров местности // Наука и технологии в современном обществе: материалы Международ. науч.-практич. конфер. 28-29 марта 2014г.: в 2 ч. Ч.2. – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2014. – 208 с. – С. 52 – 54.
9. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Давыдов Нт.Н., Иванов С.А., Никольская О.В., Разумов Д.А., Ефимов В.А., Гулин А.С. Операционная система датчиков метеорологических и электрофизических параметров окружающей среды // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613345: рег. 12.03.2015г. – Заявлено 12.01.2015г., № 2015610133. – Опубл. 20.04.2015.
10. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Иванов С.А., Никольская О.В., Разумов Д.А., Давыдов Нт.Н., Данилов С.Ю. Управляющая программа датчиков метеорологических и электрофизических параметров окружающей среды // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015618164: рег. 03.08.2015г. – Заявлено 13.04.2015г., № 2015612957. - Опубл. 20.08.2015.
11. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Иванов С.А., Никольская О.В., Разумов Д.А., Данилов С.Ю. Программа просмотра измерений датчиков метеорологических и электрофизических параметров окружающей среды // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015618668: рег. 13.08.2015. – Заявлено 10.04.2015г., № 2015612831. - Опубл. 20.09.2015.

12. Разумов Д.А., Орешкин Д.М., Давыдов Н.Н. Сервер хранения и обработки параметров окружающей среды заданной местности с использованием объединенной в сеть совокупности датчиков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615084: рег. 16.05.2014г. – Заявлено 25.03.2014г., № 2014612556.

13. Разумов Д.А., Орешкин Д.М., Давыдов Н.Н. Клиент централизованного просмотра данных о параметрах окружающей среды заданной местности с использованием объединенной в сеть совокупности датчиков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615091: рег. 19.05.2014г. – Заявлено 18.03.2014г., № 2014612231.

14. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Данилов С.Ю., Никольская О.В., Разумов Д.А. Управляющая программа комплекса контроля стойкости микросхем // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615840: рег. 26.05.2015г. – Заявлено 13.04.2015г., № 2015612906. - Опубл. 20.06.2015.

15. Давыдов Н.Н., Орешкин Д.М., Давыдов Н.Н., Разумов Д.А. Операционная система аппаратной части комплекса контроля стойкости микросхем // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615856: рег. 26.05.2015г. – Заявлено 10.04.2015г., № 2015612832. - Опубл. 20.06.2015.

## **HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF REGISTRATION OF THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS AND ENVIRONMENT PARAMETERS**

Oreshkin D. M., Vasiliev A. S., Davydov N. N., Efimov V. A., Danilov S. Yu., Davydov Nt.N., Razumov D. A.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,

[oreshkindmitry@mail.ru](mailto:oreshkindmitry@mail.ru)

In work methods and the collection and processing of the measurement results of parameters of environment funds. Possible ways to reduce energy consumption to provide longer battery life. It uses a variety of approaches: design solutions that use low-power electronic components, free software that allows you to reduce the final cost of finished products.



## **ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ GPS ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТОЧКИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ**

Илюхин А.А., Конешов В. Н.

ФГБУ ВО Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия,

ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук, г. Москва, Россия,  
[ylsuiluxin@mail.ru](mailto:ylsuiluxin@mail.ru), [slavakoneshov@hotmail.com](mailto:slavakoneshov@hotmail.com)

Широкое использование высокоточных GPS измерений в геофизических измерениях позволяет уточнять методические приемы измерений в разных разделах геофизики. Предполагается, что спутниковое позиционирование по системам GPS или ГЛОНАСС позволит с высокой точностью решать многие геодинамические задачи геофизики, в частности, движение точек земной поверхности в сейсмоопасных зонах. Отдельно стоит задача движения точек земной поверхности в координатах современного эллипсоида ГСК 2011 [8]. В этом случае подразумевается абсолютное геодинамическое движение рассматриваемой точки, а не дифференциальная оценка – движение одной точки относительно другой.

Целесообразно уточнить потенциальные возможности GPS позиционирования при выполнении долговременных геофизических наблюдений.

Цель данной статьи – получение оценки погрешности отображения перемещения точек измерений на эталонах по вертикали и горизонтальным направлениям по отчетам приемников GPS в разных режимах.

Методика высокоточных GPS измерений сегодня ориентирована на два основных метода:

- дифференциальный режим работы GPS (Differential Global Positioning System);
- режим работы GPS PPP (Precise Point Positioning).

В принципе дифференциального режима работы DGPS заложена аксиома: один из приемников находится в точке с известными координатами (базовая станция GPS), а другой – в точке измерений.

Погрешности измерения координат и высоты, полученные в приемнике базовой станции GPS, вычитаются из результатов приемника GPS в точке измерений. В точке измерений разности отсчетов и погрешностей базовой станции GPS «пропускаются» через тот или иной фильтр. Результаты фильтрации принимаются в качестве значений координат и высоты в точке измерений. Расстояние между точкой измерений и базовой станцией может составлять от 100 км до 2800 км. [1]. Данные базовых станций могут корректироваться. Эти коррекции происходят с учетом геодинамического движения точки нахождения

базовой (опорной или референц-станцией) или по каким-то иным причинам. Названный метод в ряде случаев носит название дифференциального позиционирования в статическом режиме [1].

В основе режима работы PPP используется всего один измерительный приемник GPS, который определяет координаты и высоту в точке наблюдения. В этом методе используется высокоточная корректирующая информация о точном положении спутников и погрешности их часов, предоставляемых центральными опорными спутниковыми центрами космической связи [7]. Корректирующие данные для режима PPP на сегодняшний день можно получить двумя путями:

- в режиме квазиреального времени с некоторых ресурсов в сети Ethernet;
- в режиме постобработки, когда спустя определенный интервал времени в сети Ethernet появляется файл с высокоточными данными коррекции за 24 часа.

Необходимо отметить, что физическим принципом, лежащем в основе GPS определения координат и высоты, является метод определения координат в трехмерном пространстве по трем наклонным дальностям. В современной трактовке – это его модификация в виде разносто-фазо-дальномерного метода [6]. При определении координат, как правило, должно быть не менее пяти спутников GPS в видимом созвездии, позволяющих получить решение о координатах точки наблюдения и высоте относительно эллипсоида WGS-84 для систем GPS и эллипсоида ГСК-2011 для систем ГЛОНАСС. После фильтрации значений координат среднее решение геодинамических задач в этом случае можно рассматривать как относительное изменение координат в соответствующих эллипсоидах [10] в диапазоне частот с периодами более одного месяца.

В то же время отдельно стоит задача об уточнении реального определения высоты точки наблюдения высокоточными методами (PPP, DGPS). Необходимо получить ответ на вопрос – могут ли вышеуказанные методы использоваться для получения высокоточных решений, отслеживающие геодинамические движения точки дневной поверхности по высоте и горизонтальным направлениям? Эти исследования являются продолжением работ, описанных в [2].

Для получения ответа на поставленный вопрос были проведены серии экспериментов с июля по сентябрь 2015 года. При реализации дифференциального режима в качестве базовой станции использовался двухчастотный GPS приемник Prego-T, установленный на подмосковной базе ИФЗ РАН «Долгое Ледово» в точке, имеющей государственную геодезическую регистрацию. Координаты базовой станции в системе координат WGS-84 были следующими: широта  $\phi=55^{\circ}51'28''$ , долгота  $\lambda=37^{\circ}58'33''$ . В последующих экспериментах точка базовой станции перемещалась ближе к точке измерений с целью оценки влияния расстояния до базовой станции на результаты решения задачи в режиме DGPS.

В качестве точки измерений был использован постамент геофизической обсерватории «Запольское». Приемной станцией Rover служил двухчастотный GPS приемник Sigma. Первоначальное расстояние между базовой станцией и точкой наблюдений составило 164,7 километра. Здание обсерватории «Запольское» находится на дневной поверхности. Оно оборудовано двойным контуром термоизоляции и радиопрозрачной крышей [4, 2].

В ходе экспериментов необходимо было выяснить – возможно ли краткосрочными GPS наблюдениями увидеть отдельно изменения высоты и положения антенны приемника Rover, обусловленными намеренным изменением высоты и положения по установленным реперным точкам. Изменения высоты выполнялись на технологическом кронштейне (рисунок 1).

Задачей экспериментов являлась сличение отклика сигналов приемника GPS при эталонном перемещении антенны приемника Rover по высоте и координатам. Временной интервал между точками перемещений в каждом эксперименте был постоянным. В выполненных экспериментах он находился в диапазоне от 15 минут до одного часа.

При рассмотрении рядов координат и высот точки наблюдений использовался как DGPS режим, так и режим PPP. На протяжении выполненных экспериментов сырье навигационные данные записывались в энергонезависимую память приемников GPS с частотой фиксации 1Гц. При обработке временных рядов в режимах DGPS и PPP рассматривалась спектры изменений высоты и выявлялись в них составляющие, обусловленные изменениями по высоте приемника Rover по таблице экспериментов.

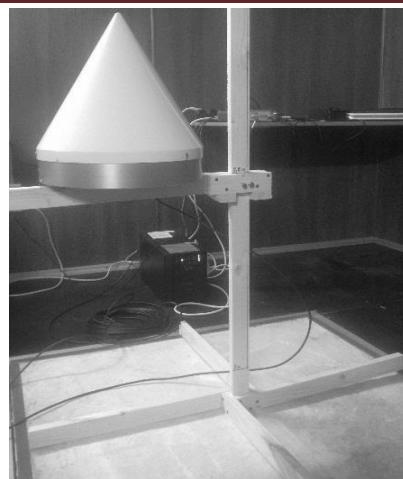


Рис.1. Фотография технологического кронштейна с антенной и эталонной линейкой перемещений по высоте

Для проведения экспериментов необходимо было произвести измерения в нескольких точках с периодичным изменением условной высоты антенны от 0 метров до +1,5 метров. На рисунке 2 представлена временная диаграмма с ожидаемым результатом измерений в виде меандра. На технологическом кронштейне с эталонной линейкой по высоте располагалась высокоточная антенна GPS RingAnt-G3T, показанная на рисунке 1.

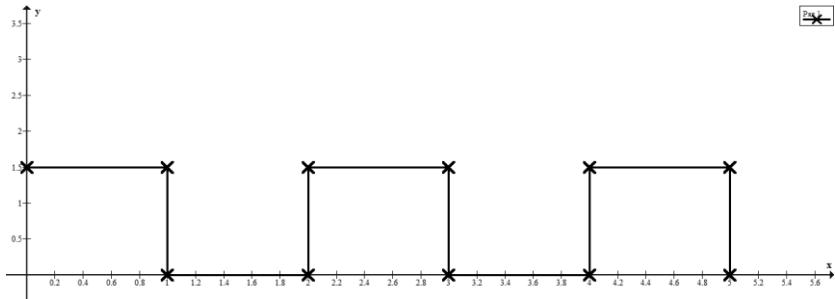


Рис. 2. Задаваемые изменения высоты (по оси X время, где каждая 1 кратна 30 минутам, по оси Y- изменения высоты в метрах).

По такой же методике изменялось положение по горизонтальным направлениям. Антенна перемещалась на плоскости постамента. В качестве эталона использовалась буква «Н» с размером буквы в 60 сантиметров. Перемещение антенны показано на рисунке 3. Интервалы времени от точки к точке на букве «Н» были аналогичны отображенным на рисунке 2.



Рис. 3. Задаваемые изменения положения антенны приемника GPS по горизонтальным направлениям.

По результатам постобработки изменений высоты, показанных на рисунке 2, получены следующие оценки для режимов DGPS и PPP. Эти оценки приведены на рисунке 4.

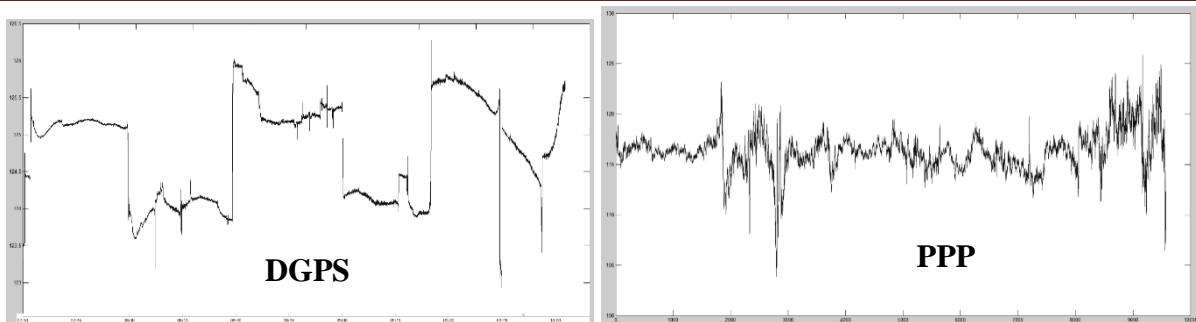


Рис. 4. Изменения высоты во времени, вычисленные методом DGPS и PPP

По результатам обработанных данных методом DGPS (рисунок 4) видно, что измерения высоты получились приемлемые и с некоторой точностью повторяют реперные точки, заданные в таблице эксперимента. Неожиданной является продолжительность переходного процесса при получении оценок высот расположений антенны приемника Rover. Пересчет данных об изменениях высоты антенны методом PPP (рисунок 5) не позволил получить приемлемого результата. С помощью этого метода для этих частот отслеживание изменений высоты не произошло.

Для задаваемых изменений положения антенны приемника GPS по горизонтальным направлениям (рисунок 3) результаты обработки показаны на рисунке 5.

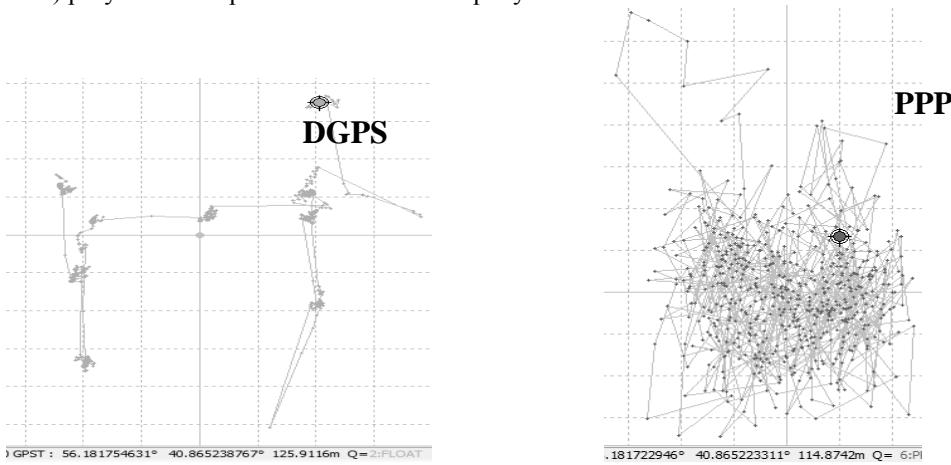


Рис. 5. Изменения координат во времени, вычисленные методом DGPS и PPP

Полученные результаты показывают, что для рассматриваемого диапазона частот изменений положения антенны приемника GPS по высоте и координатам предпочтительным является метод DGPS. В то же время DGPS является относительным методом. Пока не получен ответ на вопрос – как можно отследить в рассматриваемом диапазоне частот по показаниям системы GPS абсолютное перемещение точки в координатах принятого эллипсоида.

#### Библиографический список

1. Галоганов О.Н., Гусева Т.В., Крупенникова И.С., Передерин В.П. Прецизионные спутниковые измерения на северо-востоке Азии. М., Геофизические приборы, 2014, №4.
2. Илюхин А.А., Конешов В.Н. Экспериментальная оценка возможностей GPS позиционирования в условиях геофизической обсерватории. Труды XI Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» ФРЭМЭ'2014. Владимир-Сузdal, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2014, стр. 124-127.
3. Илюхин А.А., Конешов В.Н. Об оценке погрешностей GPS наблюдений при комплексных приливных измерениях. М., Сейсмические приборы, Том 50, №4, 2014, с. 58-65.
4. Конешов В.Н., Абрамов Д.В., Дорожков В.В.. Особенности построения и использования наземного сейсмогравиметрического комплекса. М., Сейсмические приборы, 2010, том 46, №4, стр. 5-13.
5. Методические указания по курсу "Математические основы обработки сигналов". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный томский политехнический университет», Томск, 2012, 101 с.
6. Основы GPS навигации (часть 2). <http://www.drive2.ru/users/alex-obukhov/blog/707539/>.
7. Оценка точности метода PPP и возможности его применения при кадастровых работах. Геопрофи., 2010, стр. 27-30.
8. Постановление Правительства Российской Федерации «О единых государственных системах координат» №1463 от 28.12.2012.

9. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002, 608с. 13. Что такое широта и долгота? <http://www.bolshoyvopros.ru/questions/254811-cto-takoe-shirota-i-dolgota.html>.
10. RTKLib – Сантиметровая точность GPS/ГЛОНАСС в пост-обработке <http://habrahabr.ru/post/244475/>.
11. Экспериментальная оценка потенциальной точности DGPS позиционирования в условиях геофизической обсерватории, 20 всероссийская научная конференция студентов - физиков и молодых ученых, Ижевск, 27 марта - 4 апреля 2014г., с.519-521.
12. Оценка эффективности метода DGPS позиционирования в условиях геофизической обсерватории. Перспективные технологии в средствах передачи информации. Владимир-Сузdalь, 26–28 июня 2013 г., с.130-132.
13. Clark A. Analysis, measurement and modelling of Jitter // ITU-T Delayed Contribution COM12 - D98, International Telecommunication Union. – Geneva, January 2003.

**«ASSESSMENT OF METHODS OF PROCESSING OF GPS OF MEASUREMENTS OF GEODYNAMIC MOVEMENTS OF THE POINT OF THE TERRESTRIAL SURFACE IN THE HIGH-FREQUENCY RANGE»**

Ilyukhin A. A., Koneshov V. N.  
The Vladimir State University,  
[vlsuixin@mail.ru](mailto:vlsuixin@mail.ru)

Institute of physics of the Earth. Schmidt of the Russian Academy of Sciences, [slavakoneshov@hotmail.com](mailto:slavakoneshov@hotmail.com)

During experimental works options of data processing of vertical and horizontal GPS channels of measurements are considered. In the conditions of geophysical observatory experiments on imitation of movement of a point of supervision separately on vertical and to the horizontal directions were made. Experiments were carried out on a pedestal on initial standards in each direction. Movements in high-frequency area with different values of time of the movement from a point to a point and not exceeding one hour were imitated. In relation to reference movements of points of measurements on a vertical and the horizontal directions errors of display of movements of points of measurements by results of processing of indications of GPS receivers are shown. These data have been processed in the differential mode and the PPP mode. Experimental results confirm lack of a potential possibility of display according to the GPS receiver of the vertical movement of a terrestrial surface caused by tidal supervision.



**КРУГЛОГОДИЧНЫЙ МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКИХ И МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СЕЙСМОСТАНЦИИ «ВЛАДИМИР» И ТЕРРИТОРИИ ВЛАДИМИРСКОГО РЕГИОНА**

Малышева, Д.А., Дорожков В.В., Фуров Л.В.  
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых,  
[dmalysheva.npa@gmail.com](mailto:dmalysheva.npa@gmail.com), [vlsudorozhkov@mail.ru](mailto:vlsudorozhkov@mail.ru), [lfurov@vlsu.ru](mailto:lfurov@vlsu.ru)

Фундаментальные научные исследования в области сейсмического мониторинга твердой Земли направлены на обеспечение непрерывного сейсмического мониторинга территории России и отдельных ее регионов для сейсмического и микросейсмического районирования, определения места, параметров и прогноза землетрясений. Основным фактором, ограничивающим способность сейсмостанций к обнаружению сейсмических источников и оценке их параметров, являются микросейсмические помехи. Техногенными источниками помех являются локальные источники, такие, как города, промышленные предприятия, и протяженные, такие, как железнодорожные и автомобильные магистрали.

Сейсмическое и микросейсмическое районирование является важным видом работ не только в сейсмоопасных районах. С учетом того, что в последние годы темпы гражданского и промышленного строительства увеличиваются, работы по микросейсмическому районированию приобретают все большую актуальность. Результаты сейсмического микрорайонирования, используемого для уточнения исходной сейсмичности, являются основанием для проектных работ. Активно развиваются методы, в которых микросейсмы выступают в роли зондирующего сигнала.

В соответствии с директивными документами Правительства Российской Федерации на территории России в непрерывном режиме должна функционировать система сейсмологических наблюдений. На основе высокоточных сейсмологических наблюдений и исследований возможно более углубленное развитие фундаментальных исследований в области наук о Земле. Такие измерения позволяют сделать современные высокочувствительные сейсмические станции, обеспечивающие регистрация слабых колебаний почвы и грунтов с амплитудой в диапазоне первых нанометров ( $10^{-9}$  м). Однако высокоточные исследования возможны лишь в сейсмически тихих местах, удаленных от источников антропогенных помех, от промышленных центров и транспортных путей.

Известно, что в Центральном регионе Российской Федерации, насыщенном промышленными зонами и различными транспортными артериями, весьма трудно найти место расположения высокоточной сейсмоаппаратуры.

Одним из центров экспериментальных исследований в Центральном регионе России является научный экспериментальный полигон кафедры общей и прикладной физики (ОиПФ) Владимирского государственного университета (ВлГУ), расположенный в 40 километрах от г. Владимира, являющийся "геофизическим заповедником" с низким уровнем техногенных помех. Он расположен вдали от железнодорожных и автомобильных магистралей. Полигон создавался в 1970-е годы для выполнения работ по важнейшей тематике и Государственным Постановлениям.

Действующий научный полигон, созданный и сохраняемый преподавателями и сотрудниками кафедры ОиПФ, с системами энергоснабжения и жизнеобеспечения, лабораториями и мастерскими, с постоянной охраной позволяет круглогодично проводить работы и исследования. На полигоне расположен комплекс различных крупномасштабных установок, устройств, а также укрытия для аппаратуры и помещения для работы операторов.

Результатом совместного проекта Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН – ведущего в области гравиметрических и сейсмических научных исследований учреждения РАН и научной группы кафедры ОиПФ ВлГУ явилось создание на экспериментальном полигоне геофизической (сейсмогравиметрической) обсерватории «Запольское». Обсерватория включает высокоточный гравиметрический комплекс и сейсмическую станцию «Владимир» [1,2].

Обсерватория построена в соответствии с условиями, предъявляемыми к гравиметрическим пунктам 1 класса Государственной гравиметрической сети РФ. При создании обсерватории учтены множество факторов, влияющих в конечном итоге на точность результатов измерений. В том числе: созданы специальные конструкции трех центров-постаментов; учтены и компенсированы влияние суточного хода температуры (многоконтурное терmostатирование), влияние уровня подземных вод, влияние радиолокационных помех, техногенного воздействия. Для точной временной привязки с использованием GPS-станций крыша обсерватории выполнена радиопрозрачной.

Гравиметрический комплекс обсерватории, включающий высокоточные гравиметры A-10 и CG-5 Autograv "Scintrex", наклономеры, GPS-станции, метеостанции и ряд других приборов, позволяет выполнять долговременных высокоточные гравиметрические измерения. При учете регистрируемых сейсмических событий, данных всего измерительного комплекса обсерватории, при долговременных высокоточных гравиметрических наблюдениях и при достигнутой точности измерений в единицы и доли микроГал (1мкГал =  $10^{-8}$  м/с<sup>2</sup>), получены фундаментальные результаты выявления факторов неприливных изменений силы тяжести.

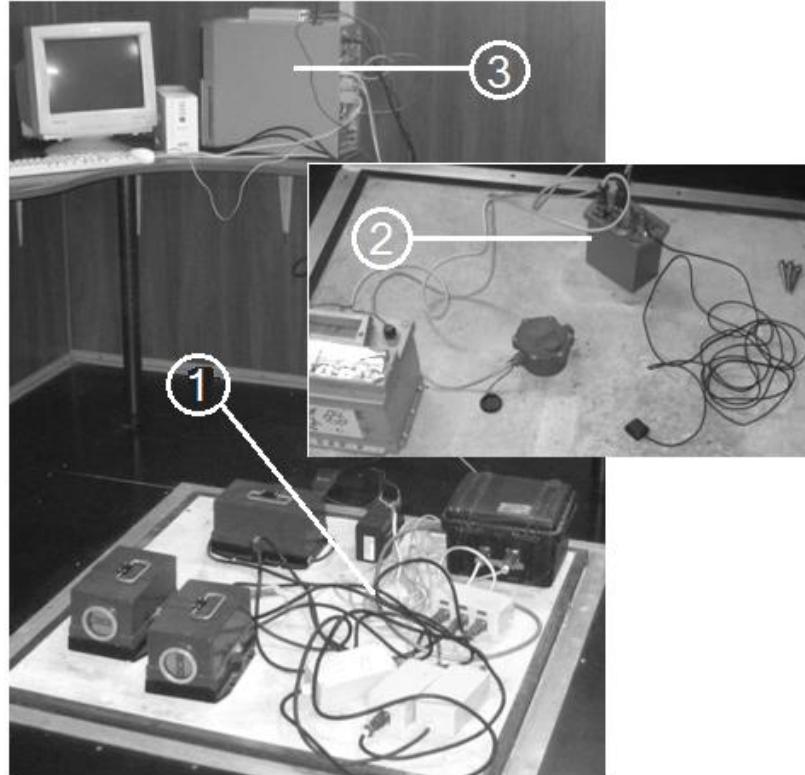


Рис. 1 – 1 – комплект сейсмостанции «UGRA»; 2 – комплект сейсмостанции «Байкал АСН-06»; 3 – комплект аппаратуры трансляции на сервер Геофизической службы РАН

В состав измерительного комплекса сейсмостанции «Владимир» входят:

1. Широкополосная цифровая трехкоординатная автоматическая сейсмостанция «UGRA»;

2. Цифровая трехкоординатная автоматическая сейсмостанция "Байкал АСН-06" – 2 шт.;
3. Трехкоординатные сейсмические датчики (С5С, СМЗ-ОС и другие);
4. GPS-приемники навигационного позиционирования, предназначенные в том числе для синхронизации работы дифференциального режима измерений сейсмостанциями "Байкал АСН-06".
5. Комплект цифровых метеоприборов контроля внутри обсерватории и внешней метеостановки.
6. Ноутбуки для обработки и архивирования информации.

На рисунке 1 показано расположение сейсмических станций на постаментах сейсмогравиметрической обсерватории «Запольское».

С момента создания обсерватории в 2009 году ведутся непрерывные круглогодичные сейсморегистрации. Были пройдены этапы экспериментальных сейсморегистраций в непрерывных режимах, направленные на совершенствование регистрационных характеристик комплексов, составляющих комплекты автоматических сейсмостанций – сейсмических датчиков, автоматических регистраторов, GPS-приемников, блоков питания.

Широкополосная цифровая автоматическая сейсмостанция „UGRA“ производства НПП «Геотех+», используется как основная типовая станция, является научным оборудованием и предназначена для проведения региональных и телесейсмических наблюдений в стационарных условиях. Основные параметры и характеристики станции соответствуют всем требованиям, предъявляемым Геофизической службой РАН к регистрирующей аппаратуре для мониторинга сейсмических явлений Земли. Станция обеспечивает работу в автономном режиме с записью трех компонент реализаций сейсмопроцессов в системе единого времени GPS-навигации.

Сейсмостанция «Владимир» в непрерывном режиме регистрирует все без исключения достаточно сильные землетрясения Мира. Большая часть из зарегистрированных далеких землетрясений соответствует данным сайта геологической службы США (каталог NEIC). Периодически сейсмостанция регистрирует близкие сейсмические события техногенного характера, предположительно взрывы на промышленных карьерах во Владимирской области, регистрирует локальные сейсмические события – микротрески. Регистрация микросейсм осуществляется непрерывно, при этом проводятся вычисления их спектров.

На рисунке 2 приведены – фрагмент спокойных фоновых трехкомпонентных записей и осредненные по длительным наблюдениям спектры мощности результатов сейсмоизмерений сейсмостанции «UGRA».

Как подтверждается постоянными, в обсерваторском режиме, сейсмонабледениями, уровни техногенных сейсмических шумов на сейсмостанции «Владимир» являются минимальными по отношению к уровням средних минимальных значений техногенных шумов на сейсмических станциях России.

С 2013 года с территории научного экспериментального полигона ВлГУ ведется непрерывная трансляция результатов трехкомпонентных сейсмоизмерений на сервер Геофизической службы РАН, г. Обнинск. Создана

VLAK 19.04.2010 20h 00m 16.00s

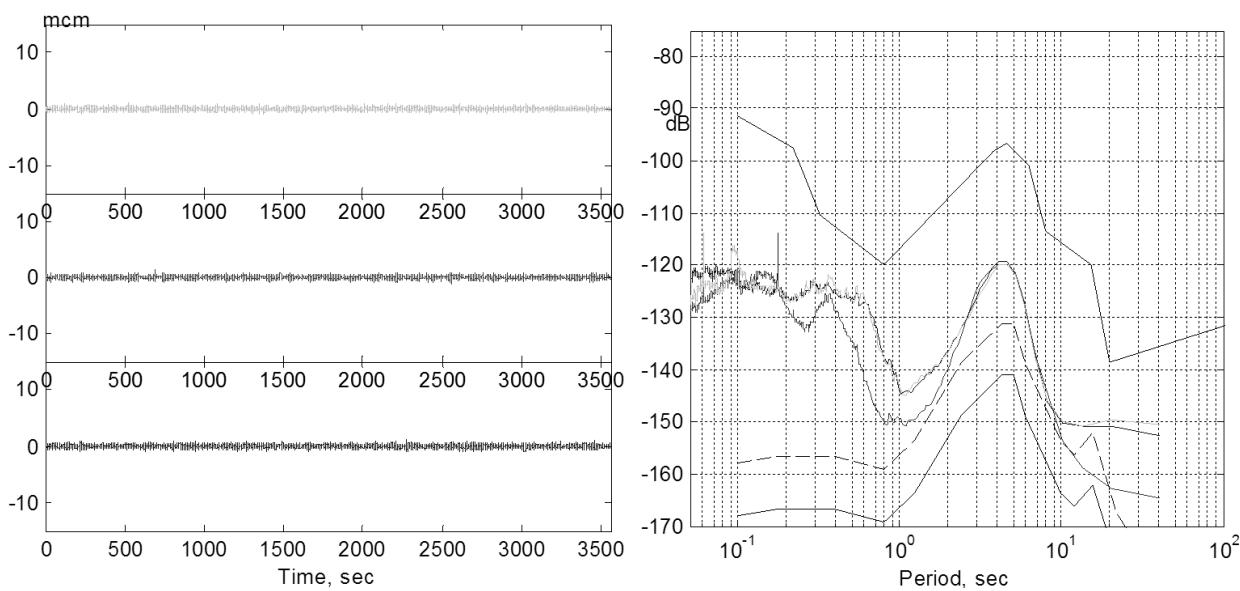


Рис. 2 – Один из участков фоновой записи микросейсм и спектры мощности результатов сейсмоизмерений сейсмостанции «UGRA»

система дистанционного (дальнего) открытого доступа в реальном масштабе времени к результатам непрерывных круглогодичных сейсмоизмерений.

На сейсмостанции «Владимир» выполняется комплексный круглогодичный мониторинг микросейсм.

Микросейсмические волны всегда присутствуют на поверхности Земли в каждой ее точке. Они постоянно вовлекают в колебания как верхние, так и более глубокие части Земной коры, предоставляя тем самым определенные возможности для получения информации об особенностях структуры и параметрах геологических объектов. Как известно, микросейсмическое поле формируется за счет ряда источников, от

которых зависят его амплитудные составляющие и временные вариации. По характерному частотному диапазону различают сигналы длинных периодов при  $T > 1$  секунды (вариации давления в атмосфере, штормы в северных областях океанов и т.д.) и коротких периодов  $T$  – менее 1 секунды, что примерно соответствует разделению между микросейсмами естественной природы и от искусственных, техногенных источников (антропогенная деятельность).

Микросейсмический шум имеет различные и весьма значительные суточные, сезонные, погодные и непрогнозируемые техногенные вариации. Одной из геофизических задач является оценка нестационарности (трансформации) спектра микросейсмических шумов в точке наблюдений. Поэтому достаточно информативные результаты измерения шумов возможно получить лишь на основе долгосрочных наблюдений.

Широкополосная станция «UGRA» позволяет проводить исследования в низкочастотных диапазонах микросейсм. Так экспериментально доказана корреляция давления в точке наблюдения с временными реализациями микросейсм [3].

Автоматические цифровые сейсмостанции "Байкал АСН-06", частотный диапазон которых от 4,5 до 50 Гц, наиболее соответствуют диапазону микросейсмических колебаний искусственного происхождения – антропогенной деятельности.

Выполнены долговременные регистрация сейсмостанцией "Байкал АСН-06" на территории научного экспериментального полигона кафедры ОиПФ ВлГУ. Станция располагалась, как показано на рисунке 1, на одном из центров-постаментов сейсмогравиметрической обсерватории.

Для данной точки измерений получены усредненные значения спектров мощности для трехкомпонентной регистрации микросейсмического фона в рабочем диапазоне частот (рисунок 3). Вычисления при использовании метода Уэлча (метод усреднения модифицированных периодограмм - averaged modified periodogram method) организуются следующим образом:

1. Вектор отсчетов сигнала делится на перекрывающиеся сегменты. Как правило, на практике используется перекрытие на 50 %. Строго говоря, оптимальная степень перекрытия зависит от используемой весовой функции. Каждый сегмент умножается на используемую весовую функцию.

2. Для взвешенных сегментов вычисляются модифицированные периодограммы.

3. Периодограммы всех сегментов усредняются.

Среднее значение периодограмм взвешенных сегментов дает оценку периодограммы Уэлча:

$$\widehat{P}_W(f) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \widehat{P}_{xx}^{(p)}(f), \text{ где } P_{xx}(f) - \text{спектр сегментов в выбранном диапазоне частот; } P - \text{количество сегментов.}$$

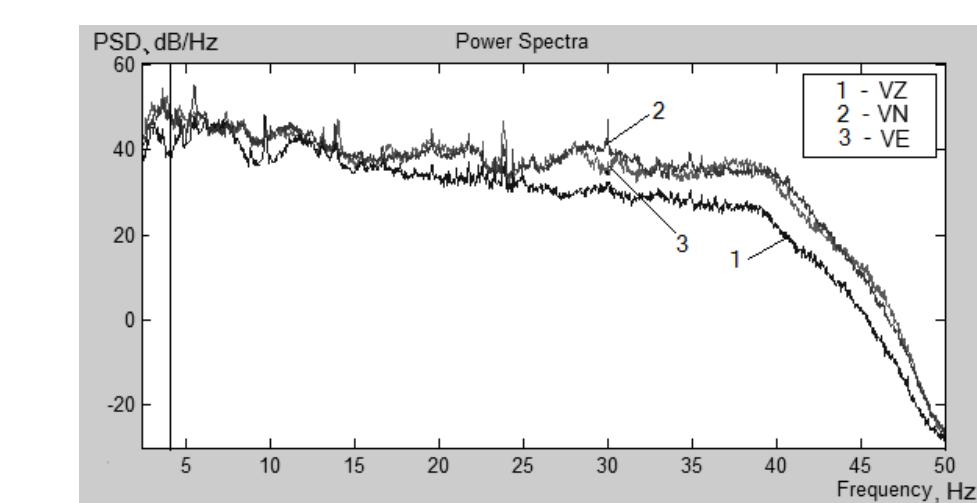


Рис. 3 – Спектр мощности микросейсмического фона при регистрации сейсмостанцией «Байкал АСН-06» в сейсмогравиметрической обсерватории (VZ,VN,VE)

Техногенное микросейсмическое районирование выполняется в частотных диапазонах более 1 Гц и требует исследований территорий конкретных регионов. Техногенными источниками являются локальные источники, такие, как города, промышленные предприятия, и протяженные, такие, как железнодорожные и автомобильные магистрали.

На территории Владимирского региона мониторинг распределения микросейсм как естественной природы (на частотах менее 1 Гц), так и техногенного происхождения и районирование микросейсм ранее не проводились. На карте уровней микросейсм (на частоте 1 Гц) на территории Российской Федерации, полученной в результате исследований, проведенных Комплексной сейсмологической экспедицией Института физики Земли РАН (2004 год) [4], показано, что во Владимирской области микросейсмические измерения не проводились и данные по изучению микросейсм отсутствуют.

При этом Владимирский регион – территория планируемого и готовящегося строительства высокоскоростных магистралей (таких, как высокоскоростная железнодорожная магистраль «Москва-Казань»)

и автомагистралей, многих промышленных и гражданских объектов. Существующие и проектируемые магистрали и трассы проходят через различные геологические районы Владимирской области.

В период 2015 года выполнены комплексных полевые тестовые работы по регистрации микросейсмических процессов техногенного воздействия и впервые выполнена оценка уровней микросейсм в ряде пространственно разнесенных точек в нескольких природных районах Владимирского региона с различным геологическим строением и рельефом. Точки измерений в различных районах выбирались исходя из условия удаленности от источников техногенного воздействия, то есть в ненаселенных местах, вдали от автомобильных и железных дорог.

Подготовлен для выполнения работ измерительный комплекс, использующий дифференциальный метод измерения двух сейсмостанций «Байкал АСН-06» для проведения мониторинга техногенных микросейсмических процессов на территории Владимирского региона. Целью исследований является анализ и обоснование методологии проведения комплексных полевых работ мониторинга распределения микросейсм техногенного происхождения и создание карт районирования микросейсм (зон изомикросейсм) на территории Владимирского региона, с выявлением локализованных и протяженных источников техногенных воздействий.

### Библиографический список

1. Abramov D.V., Dorozhkov V.V. and Koneshov V.N. Key Elements of Construction and Exploitation of a Land-Based Seismic-Gravimetric Complex // Seismic Instruments, 2011, vol. 47, No 3, pp. 253-258.
2. Конешов В.Н., Абрамов Д.В., Дорожков В.В., Фуров Л.В. Особенности создания и использования наземного сейсмогравиметрического комплекса // Вестник Пермского университета. Сер. Геология. 2011. № 2. С. 29-38.
3. Малышева Д.А., Дорожков В.В., Конешов В.Н. О возможности мониторинга микросейсмической активности на экспериментальном полигоне //
4. Антонова Л.В., Алтикаев Ф.Ф. Карта уровня короткопериодных микросейсм на территории России и сопредельных государств // Исследования в области геофизики: к 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта. – М.: ОИФЗ РАН, 2004.- С. 43-53.

### YEAR-ROUND MONITORING OF SEISMIC AND MICROSEISMIC PROCESSES ON THE SEISMIC STATION "VLADIMIR" AND TERRITORIES OF THE VLADIMIR REGION

Malisheva D.A., Dorozhkov V.V., Furov L.V.

The Vladimir State University (VLSU), [dmalysheva.npa@gmail.com](mailto:dmalysheva.npa@gmail.com), [vlsudorozhkov@mail.ru](mailto:vlsudorozhkov@mail.ru), [lfurov@vlsu.ru](mailto:lfurov@vlsu.ru)

Results of creation on the experimental ground of department of the general and applied physics of the Vladimir state university of geophysical (seismogravimetric) observatory of "Zapolskoye" are presented. The observatory which is in seismically quiet place includes a high-precision gravimetric complex and the seismic station "Vladimir" consisting of several automatic digital three-component seismic stations. On a seismic station year-round monitoring of seismic and microseismic processes in the wide frequency range is conducted. Complex field test works on registration of microseismic processes of technogenic influence are performed and the assessment of levels of microseisms in a number of spaced points in several natural areas of the Vladimir region with various geological structure and a relief is for the first time made.



### ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОТОЧНЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ «ЗАПОЛЬСКОЕ»

Дорожков В.В. Конешов В.Н. Абрамов Д.В. Фуров Л.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), [vlsudorozhkov@mail.ru](mailto:vlsudorozhkov@mail.ru), [lfurov@vlsu.ru](mailto:lfurov@vlsu.ru)

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН), г. Москва, [koneshovv@mail.ru](mailto:koneshovv@mail.ru)

В настоящее время в мире ведутся активные исследования по созданию гравиметрических комплексов, которые позволили бы с высокой точностью выполнять долговременные геофизические гравиметрические наблюдения для решения ряда фундаментальных и прикладных задач. Актуальным является получение долговременных гравиметрических наблюдений в полосе частот от десятка герц до  $1 \cdot 10^{-8}$  герц (период один год). Для проведения высокоточных гравиметрических измерений необходимым является наличие комплексов высокоточных приборов, а также наличие условий, обеспечивающих их беспомеховое функционирование.

Одной из фундаментальных задач гравиметрии является выявление факторов неприливных изменений силы тяжести и оценка величины этих факторов, которые могут быть получены при долговременных высокоточных гравиметрических наблюдениях.

В рамках совместного проекта Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН) и Владимирского государственного университета (ВлГУ) в Центральном регионе Российской Федерации в точке с низким уровнем сейсмических шумов создана комплексная геофизическая (сейсмогравиметрическая) обсерватория «Запольское», включающая высокоточный гравиметрический пункт 1 класса и сейсмическую станцию «Владимир» [1,2].

Геофизическая обсерватория располагается на территории экспериментального научного полигона кафедры общей и прикладной физики Владимирского государственного университета, являющегося «геофизическим заповедником» с низким уровнем техногенных помех и промышленных загрязнений, с условиями, позволяющими круглогодично проводить работы и исследования. На полигоне ВлГУ длительное время выполняются исследования в области крупномасштабных тепло и электрофизических процессов, создания сверхмощных импульсных электромагнитных излучений, измерения вариаций электрических кайненизкочастотных полей в приземном слое атмосферы Земли, коррелирующих с рядом глобальных явлений, и многие другие исследования.

Благодаря уникальности обсерватории «Запольское» – расположению в сейсмически тихом месте и построению в соответствии с техническими условиями для гравиметрического пункта 1 класса Государственной гравиметрической сети, оказалось возможным получение длинных рядов гравиметрических наблюдений и определение геофизических характеристик в области временных периодов до одного года.

При создании в 2009 году обсерватории учтены множество факторов, влияющих, в конечном итоге, на точность результата измерений. Комплекс сейсмогравиметрической аппаратуры располагается в обсерватории на трех специальных центрах-постаментах в оборудованном пункте, обладающим рядом конструктивных особенностей, позволяющих всесезонно проводить высокоточные измерения. В том числе: созданы специальные конструкции центров-постаментов; учтены и компенсированы влияние суточного хода температуры (двухконтурное терmostатирование помещения в целом и трехконтурное терmostатирование гравиметров), влияние уровня подземных вод, влияние помех техногенного воздействия. Крыша обсерватории выполнена радиопрозрачной для точной временной привязки с использованием навигационных систем.

Комплекс сейсмогравиметрического оборудования включает: абсолютный баллистический гравиметр A10; два относительных гравиметра CG-5 Autograv "Scintrex"; трехкомпонентные цифровые автоматические сейсмостанции, в том числе две автоматические цифровые сейсмостанции UGRA с комплектами сейсмодатчиков СМЗ-ОС и GS-5 и две сейсмостанции "Байкал АСН-06"; два однокомпонентных наклонометра; комплексы GPS-ГЛОНАСС приемников навигационного позиционирования PREGO-T и SIGMA; комплект метеоприборов контроля внутри обсерватории и внешней метеообстановки; специализированные компьютеры записи и архивирования информации. Помимо основной задачи, сигналы GPS-системы используются для общей синхронизации всех геофизических, метеорологических и геодезических измерений.

Гравиметрические и сейсмические наблюдения имеют один и тот же физический принцип – измерение перемещений с высокой точностью. В то же время каждый вид этих долговременных наблюдений существует отдельно, каждый из них рассматривает перемещение пробной массы в «своей» полосе частот.

На созданный геофизический комплекс, как и на все геофизические приборы, установленные на упругой Земле, действует не только сила тяжести, но и силы, возникающие при деформации Земной поверхности. Особенностью созданного геофизического комплекса является то, что он способен регистрировать воздействия со стороны основания в широком диапазоне частот, начиная с длиннопериодных изменений силы тяжести и кончая высокочастотными сейсмическими.

При исследовании длинных гравиметрических рядов реакцию Земли на сейсмические воздействия можно рассматривать как погрешность гравиметрических измерений. Причина этой реакции вполне понятна – гравиметр ведет себя в момент землетрясений как вертикальный сейсмометр.

Одной из геофизических задач является оценка нестационарности (трансформации) спектра микросейсмических шумов в точке наблюдений. Микросейсмический шум имеет различные и весьма значительные суточные, сезонные, погодные и непрогнозируемые техногенные вариации. Поэтому достаточно информативные результаты измерения шумов возможно получить лишь на основе долгосрочных наблюдений.

Микросеймическое поле формируется за счет ряда источников, от которых зависят его амплитудные составляющие и временные вариации. По характерному частотному диапазону различают сигналы длинных периодов при  $T > 1$  секунды (вариации давления в атмосфере, штормы в северных областях океанов и т.д.) и коротких периодов  $T$  – менее 1 секунды, что примерно соответствует разделению между микросейсмами естественной природы и от искусственных, техногенных источников (антропогенная деятельность).

Широкополосная цифровая сейсмическая станция «UGRA» предназначена для проведения региональных и телесейсмических наблюдений в стационарных условиях. Основные параметры и характеристики станции соответствуют всем требованиям, предъявляемым Геофизической службой РАН к регистрирующей аппаратуре для мониторинга сейсмических явлений Земли. Автоматические цифровые сейсмостанции "Байкал АСН-06", частотный диапазон которых от 4,5 до 50 Гц, наиболее соответствуют диапазону микросейсмических колебаний искусственного происхождения – антропогенной деятельности.

Начато изучение распределения микросейм техногенного происхождения на всей территории Владимирского региона с применением дифференциальных измерений, когда базовая (опорная) сейсмостанция "Байкал АСН-06" располагается на одном из центров-постаментов обсерватории.

При проведении в обсерватории долговременного непрерывного (круглогодичного) сейсмологического мониторинга регистрируются: все достаточно сильные землетрясения Мира; сейсмические техногенные события; локальные сейсмические события (микротрески). Регистрация микросейсм осуществляется непрерывно, при этом проводятся вычисления их спектров. Большая часть из многих зарегистрированных далеких землетрясений соответствует данным сайта геологической службы США (каталог NEIC).

Определено, что положение научного полигона с точки зрения уровня сейсмических шумов соответствует наивыгодному уровню относительно средних минимальных значений шумов на сейсмических станциях России.

С 2013 г. с сейсмостанции «Владимир» ведется непрерывная круглогодичная трансляция результатов сейсморегистраций «UGRA» через интернет на сервер Геофизической службы РАН РФ.

В комплексе гравиметрической аппаратуры обсерватории абсолютный баллистический гравиметр A10 – прибор нового поколения, обладающий высокой точностью, способный осуществлять измерение ускорения силы тяжести ( $g$ ) до долей микрогал ( $1\text{мкГал} = 10^{-8} \text{ м/с}^2$ ). Однако опыт проведенных измерений в обсерваторском режиме показал, что наиболее целесообразно использовать A10 как эталонный прибор при отдельных опорных измерениях.

В качестве базового прибора используется относительный кварцевый гравиметр CG-5 Scintrex, обладающий требуемой точностью, широким диапазоном, высокой степенью автоматизации, возможностями учета поправок за смещение нуля, наклонов гравиметра, нутацию полюса, учета поправок на лунно-солнечное влияние и другое. Используются два высокоточных относительных гравиметра CG-5.

Совместное использование гравиметров разных конструкций и физических принципов позволяет исключить в ходе измерений инструментальные погрешности каждого из приборов. Методика комплексного использования результатов наблюдения таких различных по физическому принципу и технологии эксплуатации гравиметров ранее не применялась [1,2].

Известно, что итоговые результаты гравиметрических измерений получаются в ходе камеральной обработки первичных данных и учета многих оценок, в том числе, метеорологических факторов и сейсмических внешних воздействий.

В ходе исследований, при выполнении долговременных изменений силы тяжести, разработаны методические приемы введения поправок, учитывающих следующие факторы: изменение гравитационной постоянной и суточного вращения Земли; приливные изменения; смещение Земных масс; гравитационные эффекты не тектонического происхождения: а) атмосферные эффекты; б) гидрологические эффекты; в) техногенные изменения. Так для каждого сейсмического события подбирается соответствующий фильтр или аппроксимирующая функция.

При долговременных геофизических наблюдениях важную роль играют собственные инструментальные погрешности приборов. Определение погрешностей и выработка соответствующих поправок – важнейшая задача геофизического комплекса.

В ИФЗ РАН разработаны вычислительные программы A10SVOD, SCINSEAM и PROXIEXP для перечисленных задач в дополнение к имеющемуся математическому обеспечению (PRILET, PLUSMIN и др.).

Получен анализ основных внешних факторов, влияющих на скорость дрейфа для относительных гравиметров CG-5. Рассчитана аппроксимация результатов измерений полиномами высоких порядков [3].

Наблюдения вертикальных ускорений гравиметрами происходит на фоне сейсмических воздействий той или иной интенсивности. При определении ускорения силы тяжести это воздействие является помехой. Причина этой реакции вполне понятна – гравиметр ведет себя в момент землетрясений как вертикальный сейсмометр.

Новым результатом геофизических наблюдений при получении длинных гравиметрических рядов наблюдений является тот факт, что информативным параметром оказалось среднеквадратическое отклонение (СКО) измеренных значений ускорений силы тяжести. Это отклонение увеличивается не только при землетрясениях, но и при длительном большом изменении атмосферного давления [4,5].

СКО выработанное относительным гравиметром CG-5, является мерой «зашумленности» инерциального сигнала во временном диапазоне 0,17–57 сек, и обусловлено как внутренними шумами прибора, так и, в основном, внешними условиями наблюдения. Землетрясения магнитудой до 7 оказывают воздействия на гравиметрические измерения в течении 1,5–7 часов. В случае возникновения землетрясений магнитудой более 8 высокоточные гравиметрические измерения возможно выполнять только через двое суток с момента события.

Влияние грозовой активности в ходе гравиметрических измерений ранее не рассматривалось. Выявлено, что во время интенсивной грозовой активности появляется систематическая погрешность измеряемой величины ускорения силы тяжести. Величина этого эффекта не превышает 3 мкГал. Он достоверно был отслежен по отношению к графику приливных наблюдений при 9-часовом прохождении интенсивного грозового фронта [6].

Полученный эффект наблюдался впервые. Его следует отнести к одному из вариантов неприливных изменений ускорений силы тяжести.

В условиях введения единых государственных систем координат (Постановление Правительства РФ «О единых государственных системах координат») повышение точности значений координат и их изменений во времени конкретной точки поверхности Земли является актуальной задачей и требует разработки комплексных

методических приемов, позволяющих осуществлять мониторинг геодинамических перемещений точки земной поверхности.

Разработаны вопросы методологии исследований по оценке смещения положения точки наблюдения на земной поверхности, обусловленного влиянием событий метеорологических, техногенных, геофизических факторов [7]. Следует отметить, что изначально обсерватория «Запольское» проектировалась, как точка на дневной поверхности Земли, в отличие от известных пунктов, располагаемых, обычно в тоннелях и шахтах.

В условиях обсерватории при использовании комплекта GPS-приемников проводятся исследования возможностей высокоточных измерений изменения координат во времени в дифференциальном GPS режиме и GPSPPP [8].

С увеличением требований к точностным характеристикам практическая значимость особо актуальна при решении прикладных задач для нужд Министерства обороны РФ. Высокоточное определение положения точки наблюдения необходимо при отработке лазерного наведения, лазерного нивелирования на дневной поверхности Земли.

Кратко, основные результаты создания в Центральном регионе РФ геофизической обсерватории «Запольское» и проводимых исследований:

- обсерватория по построению соответствует техническим условиям для гравиметрического пункта 1 класса Государственной гравиметрической сети;
- положение обсерватории соответствует минимальным значениям шумов на сейсмических станциях России;
- комплект автоматических сейсмостанций сейсмостанции «Владимир» включает широкополосные и высокочастотные цифровые станции;
- с сейсмостанции «Владимир» ведется непрерывная круглогодичная трансляция результатов на сервер Геофизической службы РАН РФ;
- комплекс гравиметров включает высокоточные гравиметры абсолютный А10 и два относительных CG-5 Autograv;
- получены длинные ряды гравиметрических наблюдений и определены геофизические характеристики в области временных периодов до одного года;
- при камеральной обработке результатов гравиметрических измерений разработаны методические приемы введения многих поправок, учитывающих приборные и внешние факторы;
- новым результатом явился тот факт, что наиболее информативным параметром оказалось среднеквадратическое отклонение измеренных значений ускорений силы тяжести;
- выполнена оценка влияния сейсмических и метеорологических факторов на точность измерений относительным гравиметром;
- определены методические приемы получения предельной точности гравиметра CG-5 Autograv при долговременных измерениях в единицы и доли микроГал;
- выявлена корреляция результатов гравиметрических измерений и измерений микросейсмического шума с изменением атмосферного давления;
- впервые выявлен эффект влияния активной грозовой деятельности как один из вариантов неприливных изменений ускорений силы тяжести;
- выполнена оценка величины вертикального движения точки на дневной поверхности Земли по геофизическим данным.

Таким образом, уникальная геофизическая обсерватория «Запольское» на экспериментальном научном полигоне Владимирского государственного университета, находящимся в сейсмически тихом месте, дает широкие возможности для выполнения долговременных высокоточных гравиметрических измерений. В итоге, при комплексном учете сейсмических факторов, данных всего измерительного комплекса сейсмогравиметрической обсерватории, точность представления результатов гравиметрических измерений определяется только предельной точностью гравиметров и при долговременных измерениях составляет единицы и доли микроГал.

Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант № 14-05-97504.

#### **Библиографический список**

1. Abramov D.V., Dorozhkov V.V., and Koneshov V.N. Key Elements of Construction and Exploitation of a Land-Based Seismic-Gravimetric Complex // Seismic Instruments, 2011, vol. 47, No 3, pp. 253-258.
2. Конешов В.Н., Абрамов Д.В., Дорожков В.В., Фуров Л.В. Особенности создания и использования наземного сейсмогравиметрического комплекса // Вестник Пермского университета. Сер. Геология. 2011. № 2. С. 29–38.
3. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Оценка предельной точности гравиметра CG-5 Autograv // М., Сейсмические приборы, 2013, том 49, № 2, С. 39-43.
4. Абрамов Д. В., Дробышев М. Н., Конешов В. Н. Оценка влияния сейсмических и метеорологических факторов на точность измерений относительным гравиметром // Физика Земли, № 4, 2013, С. 105-110.

5. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Учет сейсмического воздействия на высокоточные измерения гравиметром CG-5 Autograv // Физика Земли. 2014. № 4. С.131–134.
6. Abramov D.V., Koneshov V.N. On the Intense Thunderstorm Activity on High-Precision Gravimetric Observations // Seismic Instruments, 2015, Vol. 51, № 3, pp. 256–258.
7. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Оценка величины вертикального движения точки на дневной поверхности Земли по геофизическим данным // Сейсмические приборы, 2015, Т.51, №4, С. 22-28.
8. Iljuhin A.A. and Koneshov V.N. On the Estimation of GPS Observation Errors in Complex Tidal Measurements // Seismic Instruments, 2015, Vol. 51, № 3, pp. 267–271.

**LONG-TERM HIGH-PRECISION GRAVIMETRIC MEASUREMENTS  
AND RESEARCHES ON GEOPHYSICAL OBSERVATORY OF "ZAPOLSKOYE"**

Dorozhkov V.V. Abramov D.V. , Furov L.V. Koneshov V.V.

Vladimir state University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs (VlSU),  
vlsudorozhkov@mail.ru, [lfurov@vlsu.ru](mailto:lfurov@vlsu.ru)

Institute of physics of Earth of O. Yu. Schmidt of the Russian Academy of Sciences (IFZ RAS), Moscow,  
koneshovv@mail.ru

Survey information on the geophysical observatory of "Zapolskoye" created in the Central region of the Russian Federation located in the territory of the scientific experimental testing ground of department of the common and applied physics of the Vladimir state university is provided. In observatory the complex of seismic and high-precision gravimetric devices operates. Accuracy of results of gravimetric measurements at long-term supervision in units a microGal is received. Fundamental results in of area of not tidal changes of gravity in the ranges of the temporary periods till one year are received.



**ВЛИЯНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ**

Гаврилова А. А., Чурмасов А. В., Ахматгалиева М. Д.  
ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА»  
[fizikangsha@yandex.ru](mailto:fizikangsha@yandex.ru)

В настоящее время в условиях импортозамещения повышение продуктивности сельскохозяйственных растений и животных является важным направлением сельского хозяйства. При этом современные технологии, применяемые с этой целью должны соответствовать требованиям экологической безопасности, а также условиям ресурсо- и энергосбережения. Этим требованиям, как нам представляется, вполне могут соответствовать электромагнитные поля СВЧ диапазона низкой интенсивности. Применяемый аппарат [1] отличается малой потребляемой мощностью (не более 5 Вт) и характеризуется нетепловым информационным действием на биосистемы [2].

Механизм действия нетеплового СВЧ излучения имеет острорезонансный характер, и может зависеть от различного содержания воды, в том числе связанной, в биологических тканях и угла падения излучения [3, 4, 5]. Однако при частоте от 1 до 3 ГГц поглощение варьирует от 20 % до 100 % независимо от угла падения и содержания воды в организме. Это объясняется предположением [6], что диапазон от 0,3 до 2 ГГц является областью сигма дисперсии, обусловленной вращением боковых групп белковых молекул, а также релаксацией белково-связанной воды, таким образом влияя на саму основу биологическую жизнь. Многочисленные исследования [7, 8, 9, 10, 11] также показывают, что почти на всех исследуемых биологических объектах было установлено, что:

- 1) эффект воздействия сильно зависит от частоты СВЧ - колебаний;
- 2) в определенных пределах величины СВЧ излучения эффект воздействия слабо зависит от изменения мощности на порядки величины;
- 3) наблюдается значительная зависимость эффектов от времени облучения.

Выбор СВЧ излучения низкой интенсивности как регулирующего фактора воздействия на живые организмы также обоснован открытием проф. Б. Н. Орлова [12], практическое значение которого выражается в том, что путем воздействия нетеплового низкоинтенсивного СВЧ излучения, эквивалентным СВЧ излучению Солнца, с той или иной временной структурой на биоритмическую систему организма, можно стимулировать или ингибировать физиологические процессы в организме для получения максимального биологического эффекта.

Цель данных исследований состояла в изучении возможности применения СВЧ излучения нетепловой интенсивности для регулирования процессов жизнедеятельности живых организмов и растений.

Материал и методы исследований

Объектами изучения были выбраны семена сельскохозяйственных растений – ячменя *Hordeum L.*, гороха *Pisum sativum L.*, кукурузы *Zea mays L.*, ржи *Secale cereale L.* В качестве животных объектов при изучении плодородия почвы были выбраны дождевые черви *Lumbricina*. Обработку биообъектов осуществляли с помощью генератора электромагнитного излучения сверхнизкой интенсивности сантиметрового диапазона «Биоритм-1 с диапазоном частот электромагнитных колебаний – 2,0  $\div$  4,0 ГГц и управляемой выходной мощностью (0,01 - 2,0) мВт [1].

Изучаемые показатели у семян растений – всхожесть, средняя длина первичных корешков и листочек проростков, число корешков на один проросток, время и скорость прорастания, а также изменение массы в процессе прорастания, что характеризует интенсивность данного процесса. У червей также отмечали изменение массы после опыта, а плодородие почвы оценивали по проведенному анализу [13] на содержание гумуса и минеральных элементов (азот (нитраты), оксид фосфора (V), оксид калия). Для анализа эффективности воздействия СВЧ излучения нетепловой интенсивности на биологические объекты выбрали в качестве показателя биологический эффект (БЭ), который является по сути процентом к контролю. Обработку полученных данных проводили стандартными методами [14]. Достоверность полученных результатов оценивали по критерию Стьюдента при 5 %-ном уровне значимости ( $P = 0,05$ ).

#### Результаты и обсуждение

Семена растений отличались по фотопериодичности сельскохозяйственных культур: длиннодневные – злаковые (ржь, ячмень), короткодневные – кукуруза, и нейтральные – горох [15].

По длительности СВЧ воздействие на семена ячменя и гороха разделялось на 3 режима облучения: 1) 12 часов непрерывного воздействия сменялись 12 часами отсутствия воздействия – нет воздействия (условное обозначение 12 В: 12 Н); 2) 6 часов воздействия – 18 часов нет воздействия (6 В: 18 Н); 3) 3 часа воздействия сменялись 6 часами отсутствия облучения, затем вновь 3 часа воздействия и 12 часов его отсутствия (3 В : 6 Н : 3 В : 12 Н).

У семян изучали изменение под действием нетеплового СВЧ излучения следующих показателей: лабораторную всхожесть (В) или энергию прорастания, средние длину, число корешков на один проросток, время и скорость прорастания, а также изменение массы в процессе прорастания, что характеризует интенсивность (И) данного процесса.

Результаты опытов показали, что длиннодневное облучение в течение 12 ч (режим 1) было стимулирующим в отношении интенсивности прорастания у семян ячменя БЭ (И) =  $11,9 \pm 1,2$  % и всхожести для гороха БЭ (В) =  $12,1 \pm 10,1$  %. Такое же по длительности ночное облучение (режим 2) было наиболее благоприятным для всхожести семян ячменя БЭ (В) =  $23,8 \pm 12,3$  %. Таким образом оказалось, что наибольшее стимулирование всхожести семян ячменя происходит при ночном 12-часовом СВЧ облучении ( $23,8 \pm 12,3$  %; режим 2), а повышение интенсивности ростовых процессов – при 12-часовом дневном СВЧ облучении (БЭ (И) =  $11,9 \pm 1,2$  %; режим 1). Всхожесть гороха при длительном дневном облучении возрастила: БЭ (В) =  $12,1 \pm 10,1$  %, более значительно она возрастила при короткодневном облучении (режим 3) семян гороха БЭ (В) =  $27,6 \pm 14,2$  %. У семян ячменя, напротив, при обработке третьим режимом повышение всхожести было не таким высоким: БЭ (В) =  $11,7 \pm 8,6$  %. Прерывистое облучение подавляло всхожесть обоих видов растений, а ускорение протекания ростовых процессов происходило при этом лишь у семян ячменя БЭ (И) =  $10,4 \pm 1,1$  %.

Варианты воздействия на семена кукурузы были следующими: все опытные семена облучались в течение 2-х суток в замоченном состоянии в течение 15 ч ночью (опыт 1) и в течение 8 ч днем (опыт 2). В целом воздействие оказалось на прорастание семян кукурузы негативное воздействие. Особенно сильно реагировали на облучение семена ночью в течение 15 ч: их показатели эффективности по всхожести, средней длине корешка и листочек снижались наиболее заметно – на -13,3%, -10,2% и -15,2%. Зато другие показатели этих же семян положительно отреагировали на данный вид воздействия. Так, среднее число корешков у проростка увеличилось на 19,2%, а скорость, выражаящая частоту прорастания семян по дням возросла на 14%.

Почти все показатели снижались после воздействия СВЧ излучения и только среднее число корешков, приходящееся на один проросток существенно отличалось от контрольного значения.

Семена ржи облучались сухими и только в дневном режиме в течение 4 и 8 часов. В первом опыте семена замачивали сразу после обработки СВЧ излучением, во втором – спустя 25 дней, что никогда ранее не проводилось. Всхожесть семян в первом опыте при восьмичасовом воздействии СВЧ излучения повышалась почти на 14 %, при облучении в течение 4-х часов – снижалась до -57 %, что по всей вероятности связано с фотопериодизмом растения. Облученные семена во втором опыте прорастали значительно хуже, чем в контроле, но меньше контрольных поражались гнилью.

Для обработки почвы и червей были выбраны следующие варианты: 1) облучение почвы вместе с червями в течение 15 ч ночью (Он 15 ч); 2) облучение почвы вместе с червями в течение 8 ч днем (Од 8 ч); 3) облучение почвы без червей в течение 15 ч ночью (червей помешали в почву после окончания облучения; Он 15 ч); 4) облучение почвы без червей в течение 8 ч днем (Од 8 ч). Время облучения обусловлено астрономической продолжительностью дня в пределах средней полосы: летняя в среднем составляет 16 - 17 ч, а зимняя – 6 - 7 ч [10]. В данных исследованиях почву облучали ЭМИ СВЧ с частотой  $f = 2450$  МГц и выходной мощностью  $P = 0,01$  мВт. Облучение было двухкратным. Выборка червей содержала разновозрастные особи. В каждой выборке по 10 червей. Опыты проведены в двух повторностях. Перед помещением червей в емкость с почвой их взвешивали. Наблюдение проводили в течение месяца, после чего червей снова взвешивали. Затем проводили анализ почвы, включающий pH, азот (нитраты), оксид фосфора (V), оксид калия и органические

вещества (гумус) [11]. Данные о влиянии СВЧ излучения на изменения массы червей приведены в таблице 1. В таблице 2 отражено действие СВЧ излучения на показатели почвы и вермикултуру.

Таблица 1. Средняя масса дождевых червей *Lumbricina* по результатам двух опытов

Вариант	$M_0$ в начале опыта, г	$M$ в конце опыта, г	$\Delta M$ изменение массы, г	$\text{БЭ}^* (\Delta M)$ , %
Он ночь, 15ч	$0,29 \pm 0,02$	$0,35 \pm 0,03$	$0,060 \pm 0,003$	$-45,5 \pm 7,4^{**}$
Од день, 8ч	$0,35 \pm 0,03$	$0,42 \pm 0,03$	$0,070 \pm 0,004$	$-36,4 \pm 7,5^{**}$
Опн ночь, 15ч	$0,23 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,01$	$0,010 \pm 0,005$	$-90,9 \pm 10,6^{**}$
Опд день, 8ч	$0,30 \pm 0,03$	$0,54 \pm 0,04$	$0,240 \pm 0,010$	$118,2 \pm 15,5^{**}$
Контроль	$0,37 \pm 0,03$	$0,48 \pm 0,04$	$0,110 \pm 0,005$	–

Как показывают приведенные данные, практически во всех случаях масса червей достоверно снижалась, и только в опыте с дневным облучением почвы (без червей) в течение 8 ч был отмечен существенный прирост в массе (опытные значения почти в два раза отличались от контрольных).

Таблица 2 - Результаты влияния низкоинтенсивного СВЧ излучения на показатели качества почвы при воздействии на почву и дождевых червей (по данным двух опытов)

Вариант	pH		$\text{NO}_3$		$\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{K}_2\text{O}$		гумус	
		БЭ, %	мг/кг	БЭ, %	мг/кг	БЭ, %	мг/кг	БЭ, %	%	БЭ, %
Контроль	6,2	–	$26,50 \pm 1,14$	–	$67,9 \pm 3,2$	–	$170,1 \pm 7,2$	–	$5,8 \pm 0,3$	–
Он, ночь, 15ч	6,4	2,8	$25,95 \pm 1,12$	$-2,1 \pm 6,1$	$59,7 \pm 2,8$	$-12,1 \pm 6,8^*$	$188,7 \pm 8,0$	$10,9 \pm 6,8^*$	$5,6 \pm 0,2$	$-3,4 \pm 6,4$
Од день, 8ч	6,2	0,0	$37,10 \pm 1,69$	$40,0 \pm 9,4^*$	$94,0 \pm 4,0$	$38,4 \pm 9,3^*$	$128,5 \pm 5,5$	$-24,5 \pm 6,4^*$	$6,6 \pm 0,3$	$13,8 \pm 8,0^*$

Приведенные показатели свидетельствуют о существенном положительном влиянии восьмичасового СВЧ облучения (вариант 2) на азот (нитраты), оксид фосфора (V) и органические вещества (гумус). При этом оксид калия заметно снижался. Ночное облучение почвы с дождевыми червями (вариант 1) приводило к достоверному снижению фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и увеличению оксида калия. При чем второму варианту обработки соответствует наименьшее изменение массы червей по сравнению с контролем (таблица 1).

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. Влияние СВЧ излучения низкой интенсивности на прорастание семян выражается как в подавлением, так и стимулированием всхожести и других показателей прорастания, и зависит от видового различия, а также от длительности воздействия, что, предположительно связано также с их природной фотопериодичностью.

2. СВЧ излучение низкой интенсивности существенно влияет на показатели плодородия почвы. Значительному повышению нитратов и фосфора (в 1,4 раза по сравнению с контролем), а также гумуса способствует восьмичасовое дневное облучение. pH при этом практически не отличается от контрольного значения, а содержание оксида калия достоверно уменьшается. Ночное облучение приводит к повышению этого показателя при существенном снижении фосфора и незначительных отклонениях других показателей.

#### Библиографический список

- Патент РФ № 66883, А01С 1/00. Устройство для обработки биообъектов низкоинтенсивным СВЧ излучением / Б. Н. Орлов, А. А Гаврилова, А. В. Чурмасов, М. А. Кревский. – № 2007111431; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. – 1 с.
- Казаков А. В. О биологической роли электромагнитных излучений оптического и радиочастотного диапазонов. // А. В. Казаков, Б. Н. Орлов, А. В. Чурмасов. – Сельскохозяйственная биология, 2009. – № 6. – с. 11-17.
- Девятков Н. Д. Особенности частотно-зависимых биологических эффектов при воздействии электромагнитных излучений / Н. Д. Девятков, М. Б. Голант // Электронная техника. Сер. Электрика СВЧ. – 1982. – вып. 12 – 348 с.
- Исмаилов Э. Ш. Биофизическое действие СВЧ-излучений / Э. Ш. Исмаилов. – М: Энергопромиздат, 1987. – 144 с.

5. Киселев В. Ф. Роль воды в механизме воздействия низкоинтенсивных КВЧ и СВЧ излучений на биосистемы / В. Ф. Киселев [и др.]. // Фундаментальные и прикладные аспекты применения миллиметровых электромагнитных излучений в медицине: тез. I Всесоюз. симпоз. с междунар. участ. – Киев, 1989. – С. 53.
6. Давыдов Б. И. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / Б. И. Давыдов, В. С. Тихончук, В. В. Антипов. – М.: Энергоатомиздат. – 1984. – 176 с.
7. Банный В. А. Взаимодействие СВЧ-излучения нетепловой интенсивности с культурой дрожжевых клеток / В. А. Банный, А. В. Макаревич, Д. А. Орехов // Биомедицинская технология и радиоэлектроника. – 2002, № 5-6. – с. 102-105.
8. Гаврилова А. А. Применение СВЧ технологии сверхнизкой интенсивности в сельском хозяйстве. / А. А. Гаврилова, В. Г. Егоршин, А. В. Чурмасов, М. А. Кревский. // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2014. – № 11. – <http://jre.cplire.ru/jre/nov14/14/text.pdf>.
9. Егоршин В. Г. Использование информационного СВЧ-излучения и звуковой диагностики в исследованиях на медоносных пчелах (*Apis mellifera L.*) / В. Г. Егоршин, Б. Н. Орлов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, № 3 (22), 2011. – с. 40 – 42.
10. Крылов О. А. Особенности соматических и вегетативных реакций организма на действие дециметровых волн / О. А. Крылов [и др.]. // Биологическое действие электромагнитных полей: тез. докл. Всесоюз. симпоз., Пущино. – 1982. – С. 38.
11. Лихачева А. А. Воздействие СВЧ-излучения на клетки микроорганизмов и некоторые предположения о его механизме / А. А. Лихачева, А. А. Лукьянов, Г. М. Зенова // Автотрофные микроорганизмы: материалы междунар. науч. конф., Москва, 13-15 декабря, 2000. – М., 2000. – с. 115-116.
12. Орлов Б. Н., Борисов Д. С. Закономерность информационного воздействия ЭМ излучения СВЧ природных интенсивностей на циркануальные ритмы живых организмов. Диплом № 230 на открытие, М., регистр. № 273, 7 октября 2003 г.
13. Ганжара Н. Ф. Практикум по почвоведению. / Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа., 1990. – 300 с.
15. Тихомиров А. А. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. Учеб. пособие. / А. А. Тихомиров, В. П. Шарупич, Т. М. Лисовский. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2000. – 213 с.

#### **THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION OF NON-THERMAL INTENSITY ON INDICES OF GERMINATION AND FERTILITY OF THE SOIL**

Gavrilova A.A., Churmasov A.V, Ahmatgalieva M.D.

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (NNSAA)

[fizikangsha@yandex.ru](mailto:fizikangsha@yandex.ru)

The paper studies a possibility of application of microwave technology ultra-low intensity as a regulating factor of the indicators of germination of seeds of plants and soil fertility. As the studied biological objects were taken from seeds of the barley *Hordeum L.*, peas *Pisum sativum L.*, corn, *Zea mays L.*, rye *Secale cereale L.* and *Lumbricina* earthworms and soil. For irradiation of biological objects was used specially developed for this purpose, the device is in the centimeter range thermal intensity "biorhythm - 1". The radiation frequency was 2451 MHz, output power antenna –  $10^{-8}$  -  $10^{-5}$  W, which caused the intensity of the wave near the bio-object in the order of  $10^{-7}$  W/m<sup>2</sup>. The duration of exposure ranged from 6 to 8 to 12 hours and 15 was due to natural photoperiodically plants. Thus, it was found that prolonged (12 hours) irradiation of barley seeds during the night period resulted in a significant increase in seed germination rate (up to 20% compared to control), and the same duration of daylight exposure resulted in decline, but more significantly affect the intensity of growth processes. Daily 8-hour exposure of soil with worms led to a significant increase of nitrogen and phosphorus (about 40 %), increased the humus (CA. 14%). Upon irradiation of the soil without worms, the soil structure improved during night 15 hours of irradiation (almost 40% increased potassium, 23% increased humus, 12.5% nitrogen).

Thus, studies have shown that the use of different modes of microwave irradiation of low intensity opens the possibility of regulation of indicators of seed germination and affects the composition of the soil, improving its structure and increasing its fertility.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ ВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Архипов И.Е., Архипов Е.А., Никитин О.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Arxipov.evg@yandex.ru

Решение задачи автоматического распознавания типа транспортного средства по данным видеонаблюдения позволит усовершенствовать процедуру управления транспортными потоками, приведет к увеличению сроков службы дорожного полотна и улучшению экологической обстановки в районах с интенсивным движением автомобильного транспорта.

Для решения задачи распознавания предлагается использовать сигнатурный алгоритм, предложенный [1]. Представляет интерес чувствительность этого алгоритма к шумам источником которых могут являться осадки в виде дождя и снега, туман, загрязнение объектива камеры и т.д.

Шумы на изображении являются основной проблемой при оконтурировании, так как детекторы краев, в том числе и детектор Канни [2,3], строятся таким образом, что дают большой выход при резких изменениях яркости. Прибавление к значениям пикселей посторонних значений (а шумы в разных пикселях, как правило, не коррелируют), то есть шумов, так же является причиной возникновения резких перепадов яркости.

На рисунке 1 - в, г показаны результаты оконтурирования изображений (рисунок 1- а,б), к которым искусственно добавлены шумы в количестве 0,1% и 0,5% от числа пикселей изображения.

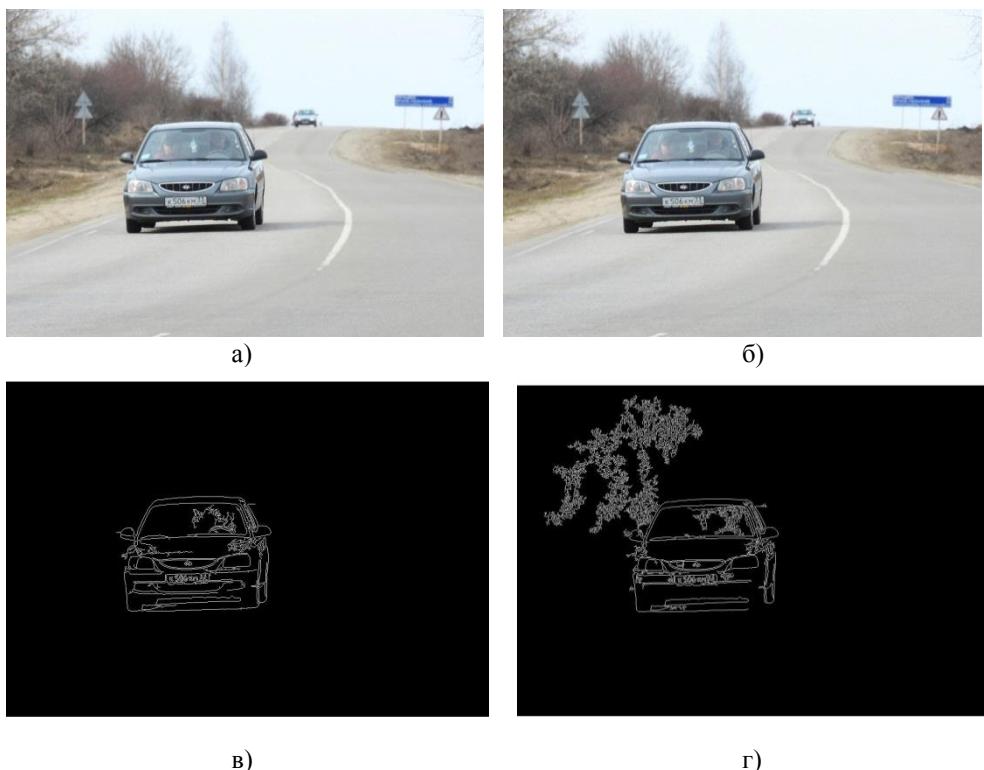


Рис.1. Изображение с добавлением 0,1% шума (а), с добавлением 0,5% шума (б), соответствующие результаты оконтурирования (в, г)

Из рисунка 1-в,г видно, что шум, незаметный невооруженным глазом создает серьезные трудности при оконтурировании. Очевидно, что имеющийся в детекторе Канни [3] гауссовский фильтр не обеспечивает необходимой фильтрации изображения. Поэтому целесообразно применить средства MATLAB для данной фильтрации изображения.

В данной работе рассматривается в качестве метода борьбы с шумами рассматривается линейная пространственная фильтрация по причине ее простоты и достаточно высокой эффективности.

Механизм фильтрации состоит в умножении каждого пикселя окрестности на соответствующий коэффициент и суммирование этих произведений для получения результирующего отклика процесса в каждой точке (x, y). Если окрестность имеет размер m×n, то потребуется mn коэффициентов. Эти коэффициенты сгруппированы в виде матрицы, которая называется фильтром или маской. Из определения фильтрации видно, что механизм ее аналогичен механизмам работы оконтурирования и морфологической обработки.

Линейной фильтрации является, если операции, совершаемые над пикселями окрестности, являются линейными.

Методом параметрического синтеза была определена маска, позволяющая добиться максимального эффекта при фильтрации набора экспериментальных изображений. Полученная маска представляет собой матрицу  $8 \times 8$  элементов, состоящую из одинаковых значений  $w$

$$w = \frac{\text{mean} - 150}{2000} + 0,0095.$$

где: *mean* - среднее значение яркости изображения.

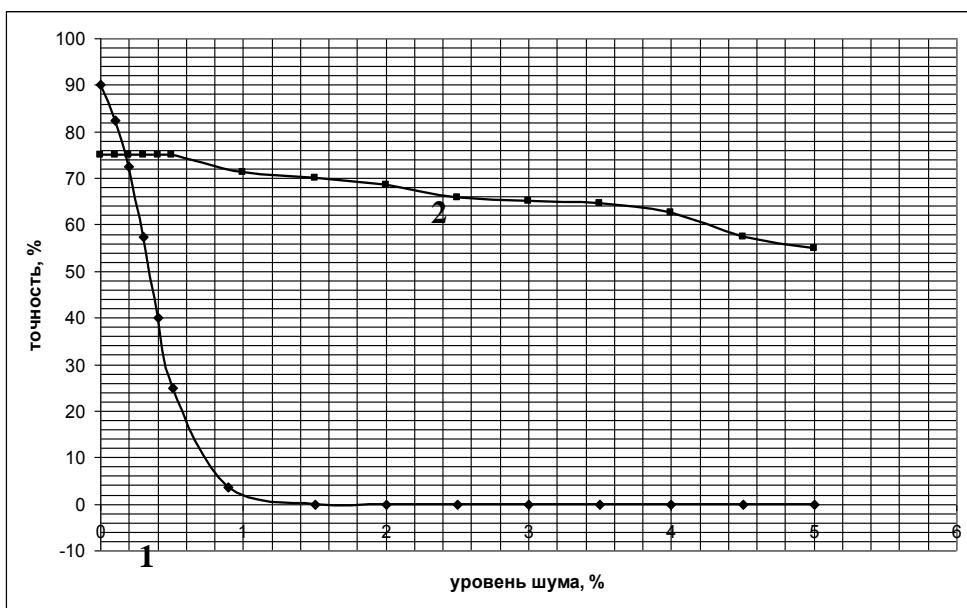


Рис. 2. Зависимость точности работы программы от уровня шума; кривая 1 - без фильтрации, кривая 2 – с фильтрацией

Применение фильтрации (рисунок 2, кривая 2), очевидно, дает выигрыш при уровне шумов начиная с 0,5%. Однако, следует заметить, что при отсутствии шумов программа распознавания с таким фильтром на входе обеспечивает точность всего в 75%. Это объясняется сглаживанием перепадов яркости, отвечающих за границу объекта, что приводит к подавлению данных перепадов в детекторе контуров.

Для увеличения эффективности работы программы распознавания целесообразно в дальнейшем предусмотреть процедуру оценки уровня шума на изображениях с тем, чтобы обеспечить адаптивную фильтрацию.

#### Библиографический список

1. Архипов И.Е., Архипов С.Е., Никитин О.Р. Идентификация транспортных средств.//Методы и устройства передачи и обработки информации.-2011.-№13.-С13-18.
2. Журавлев, Ю.И., Рязанов, В.В., Сенько, О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения/ Ю.И.Журавлев, В.В.Рязанов, О.В.Сенько. – М.: Фазис, 2005. –159 с.
3. Гонсалес, Р., Вудс, Р., Эддинс, С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB/ Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с. – ISBN 5-94836-092-X.

#### THE SIMULATION PROCEDURE OF AUTOMATIC RECOGNITION OF VEHICLE TYPES FOR SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL MONITORING TRAFFIC

Arkhipov I.E., Arkhipov E.A., Nikitin O.R.

The Vladimir state university, [Arkipov.evg@yandex.ru](mailto:Arkipov.evg@yandex.ru)

In this paper discusses the main procedures of processing of images of vehicles for recognition of their type for the system of ecological monitoring of the motor transport. The simulation of the system within MATLAB translation.



## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ

Никитин О.Р., Шубин А.А.

Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)  
[enjeners@yandex.ru](mailto:enjeners@yandex.ru)

В настоящее время в мире насчитывается огромное количество инженерно-технических сооружений тесно связанных с экосистемами различных регионов. К таким сооружениям относятся автомобильные и железнодорожные мосты, дамбы и плотины. Мониторинг состояния таких сооружений и поддержание их в технически исправном состоянии одна из очень важных экологических задач. Разрушение подобных объектов вследствие естественного износа либо нарушений правил эксплуатации может привести к человеческим жертвам и экологической катастрофе.

Многие объекты построены десятки лет назад и первоначальное расположение опор мостов, отклонение вертикального профиля плотин и дамб относительно поверхности грунта может не соответствовать их первоначальному состоянию. Одним из мероприятий по безопасной эксплуатации уже имеющихся и вновь строящихся объектов является постоянный мониторинг их состояния.

Особенно остро в настоящее время стоит вопрос диагностики опор мостов. Для этих целей используются различные методы диагностики (исследование подводных частей опор водолазами, контроль надводной части с помощью видеосъемки и средств определения ориентации в пространстве). Преимущество методов определения ориентации в пространстве для мониторинга заключается в том, что они позволяют дистанционно контролировать отклонения опор от вертикального положения в реальном времени и позволяют передавать данные мониторинга на пульт оператора по различным каналам связи.

Одним из наиболее важных элементов систем определения положения в пространстве являются датчики наклона. Датчики наклона позволяют получать информацию о положении объекта относительно горизонта. Полученная от датчиков наклона информация позволяет определить отклонение мостовых опор от вертикали.

Основными типами устройств, используемых для получения информации о положении объекта относительно плоскости горизонта, являются жидкостные и твердотельные датчики горизонта, а также гироскопы. Наибольшее применение получили гироскопы, представляющие собой датчики с вращающимся рабочим телом и препятствующие изменению первоначального положения оси вращения. Гироскопические системы применяются в различных системах навигации, отслеживающих отклонение объекта от заданного состояния. При этом для решения задач экологического мониторинга гироскопические датчики имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются высокие требования к изготовлению и сборке прецизионных деталей. В момент включения гироскопа невозможно определить первоначальное положение объекта относительно плоскости горизонта. Так же существенными недостатками таких датчиков является прецессия осей вращения и необходимость калибровки изделия в течение срока эксплуатации [1].

Особенностью твердотельных датчиков являются миниатюрность и широкий диапазон рабочих температур, однако существенным недостатком является неточное определение положения массивных объектов, вследствие малого рабочего хода чувствительных элементов.

Жидкостные датчики позволяют точно отслеживать малые перемещения больших объектов. После подачи питания жидкостные датчики практически мгновенно дают информацию о положении объекта относительно плоскости горизонта.

Для обработки сигналов в жидкостных датчиках применяют два вида электрических схем – аналоговые и цифровые. Устройства, работающие на аналоговых схемах в большинстве случаев имеют большое количество радиоэлементов, следовательно большие габариты изделий. Точность передачи данных с датчиков в аналоговом виде ниже по сравнению с цифровыми каналами передачи информации.

Наиболее простым решением для уменьшения габаритов датчиков наклона и повышения точности определения положения объектов в пространстве является использование цифровой схемы обработки сигналов. Печатные платы, спроектированные на основе цифровых схем обработки сигнала, имеют меньшие габариты, соответственно это позволяет уменьшить габариты датчиков наклона. Цифровыми системами с компьютерным управлением можно управлять с помощью программного обеспечения, в том числе дистанционно [2,3].

Измерительный канал жидкостного датчика состоит из колбы с ферромагнитной жидкостью, схемы подогрева колбы, схемы обработки сигнала, схемы формирования донесений и источника питания. Схема обработки сигнала при наклоне основания датчика относительно плоскости горизонта вырабатывает аналоговый электрический сигнал, пропорциональный углу наклона. Информация с выхода блока обработки сигнала передается блоку формирования донесений. Донесения появляются при отклонении опоры от вертикального положения на определенный, заранее выбранный угол.

Для обеспечения работы датчика при пониженной температуре окружающей среды (-50°C) рядом с жидкостным чувствительным элементом установлен датчик температуры (полупроводниковый диод 2Д522Б) и резистивный нагревательный элемент. Для поддержания рабочей температуры рабочей жидкости сигналы с датчика температуры обрабатываются блоком электроэлементов и преобразовываются в управляющий сигнал

для нагревательного элемента.

Технические характеристики датчика представлены в таблице.

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Диапазон измеряемых углов	$\pm 3^\circ$
2	Разрешающая способность	5 угловых секунд
3	Диапазон рабочих температур	от $-50^\circ\text{C}$ до $+50^\circ\text{C}$
4	Напряжение питания	27 В
5	Потребляемый ток	не более 2,4 А

Блок схема аналоговой обработки сигнала представлена на рисунке 1

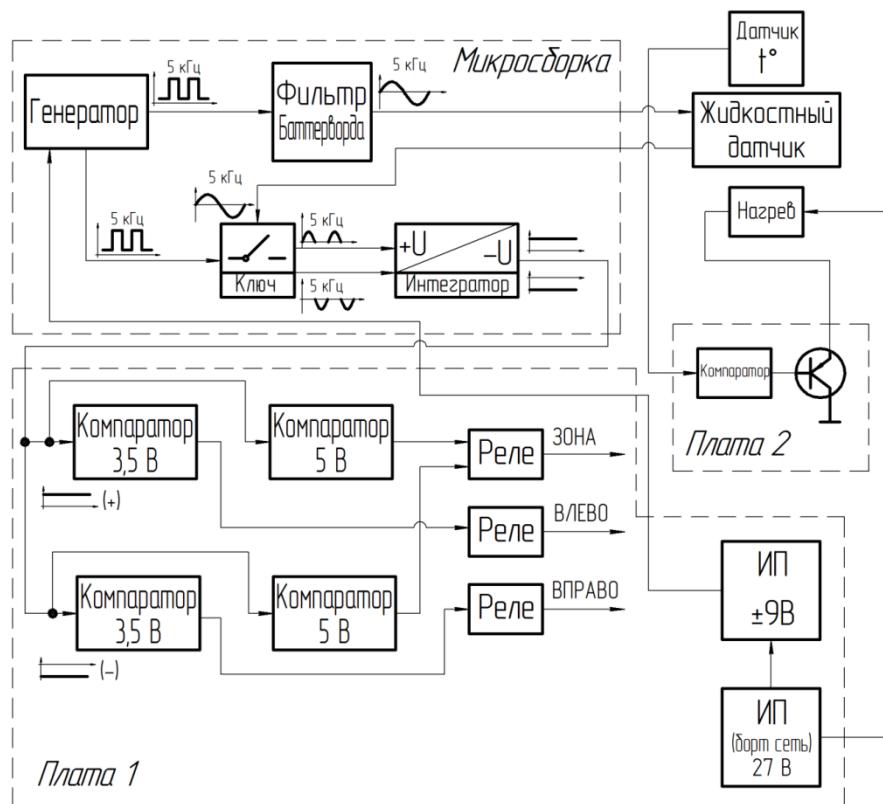


Рис.1 - Блок схема аналоговой обработки сигнала датчика наклона

Обработка сигнала происходит следующим образом. На вход устройства подается питание 27 В постоянного тока. Затем напряжение стабилизируется и снижается до 18 В, происходит разделение питания на + 9 и – 9 вольт. Такое питание необходимо для работы радиоэлементов, находящихся в микросборке. Внутри микросборки расположен генератор прямоугольного сигнала, работающий на частоте 20 кГц. Сигнал с генератора идет на 2 делителя частоты, поступает на интегратор и фильтр низких частот. На выходе фильтра получаем синусоидальных сигнал с частотой 5 кГц. Этот сигнал подается на первичную обмотку, намотанную на катушку с жидкостью. На катушке также расположены две встречно намотанные вторичные обмотки. При наклоне колбы на одной из обмоток возникает напряжение, которое подается на усилитель, расположенный внутри микросборки. После усиления синусоидальный сигнал поступает на ключ. На выходе ключа при совпадении фазы опорного прямоугольного сигнала и входного сигнала, пройдут только положительные полуволны синусоидального сигнала. При несовпадении фаз – отрицательные полуволны. Затем сигнал на интеграторе преобразуется в постоянный с положительным или отрицательным напряжением. Усилившись, сигнал поступает на 2 инвертирующих усилителя. Затем сигнал с положительным напряжением поступает на компаратор. При достижении уровня 3,5 В, компаратор пропускает сигнал, который заставляет срабатывать электромеханическое реле. На выходе схемы появляется донесение ВЛЕВО. При увеличении уровня сигнала более 3,5 В, в работу включается второй компаратор, и достигнут уровня 5 В сигнал замыкает контакты второго реле. На выходе схемы появляется донесение ЗОНА. В случае когда на выходе инвертирующих усилителей появляется сигнал с отрицательным напряжением, в работу вступают 3 и 4 компараторы. В результате на выходах схемы появляются донесения ВПРАВО и ЗОНА. Донесения фиксируют отклонения мостовых опор от вертикального положения влево и вправо. Донесения «Зона» соответствует нахождению опоры в пределах допустимых отклонений от вертикали.

Датчик наклона на основе колбы с ферромагнитной жидкостью обладает самыми оптимальными параметрами, позволяющими решать задачу точного получения информации о положении массивного объекта относительно плоскости горизонта в различных температурных условиях. Однако, точности аналоговой обработки сигнала в условиях длительного мониторинга мостовых опор бывает недостаточной. Более точное определение отклонения опоры от вертикального положения позволяет более оперативно реагировать на изменения ее состояния. Необходимую точность позволяют получить устройства цифровой обработки сигнала на основе микроконтроллеров. В сложившейся сейчас политической и экономической ситуации применение радиоэлементов отечественного производства является наиболее предпочтительным.

Для решения описанных выше вопросов предлагается использовать в датчиках наклона цифровую схему обработки сигнала на основе микроконтроллера 1986ВЕ93У, изготавливаемого компанией «Миландр» (г. Зеленоград).

Цифровая схема обработки сигнала представлена на рисунке 2.

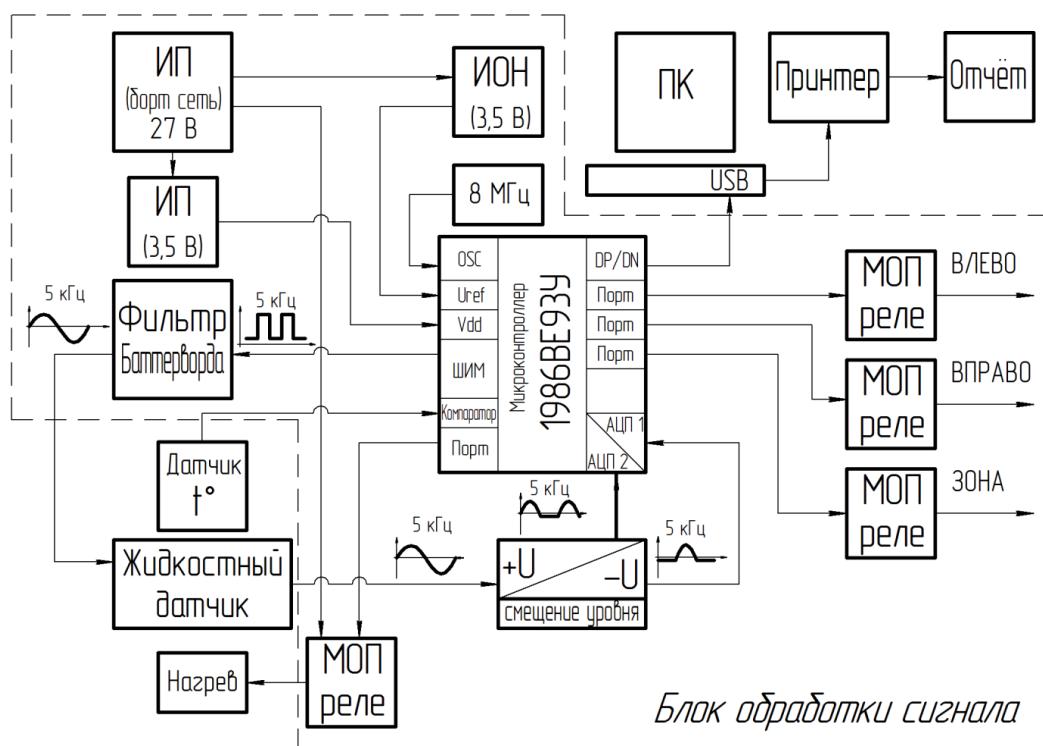


Рис. 2 - Блок схема цифровой обработки сигнала

Работает схема следующим образом. На вход схемы подается питание 27В постоянного тока. Питающее напряжение, пройдя помехоподавляющий фильтр, поступает на источник питания. На выходе формируется стабильное напряжение + 3,5В, необходимое для питания микроконтроллера. Одновременно питающее напряжение подается на источник опорного напряжения. На выходе которого формируется напряжение +3,3В, необходимое для встроенного компаратора и АЦП. Через программные входы в микроконтроллер записывается программа. В соответствии с программой ШИМ микроконтроллера формирует сигнал прямоугольной формы (меандр) с частотой 5 кГц. Этот сигнал пройдя фильтр Баттерворта второго порядка преобразуется в синусоидальный сигнал. Синусоидальный сигнал подается на первичную обмотку чувствительного элемента. При заклоне на одной из вторичных обмоток появляется сигнал, который подается в блок смещения уровня сигнала. Затем сигнал поступает на 2 АЦП. Цифровой сигнал программируется сравниваться с необходимыми для появления донесений значениями. В зависимости от того на каком выходе появляется донесение срабатывают соответствующие твердотельные МОП реле. Таким образом на выходе схемы формируются необходимые донесения в аналоговой форме. Параллельно аналоговой обработке сигнала на цифровых выходах микроконтроллера формируется цифровой сигнал, несущий информацию об угле наклона датчика. Далее информация в аналоговом и цифровом виде передается на персональный компьютер оператора и может быть представлена, при необходимости в виде отчета.

Таким образом, применение цифрового датчика наклона на основе колбы с ферромагнитной жидкостью позволяет построить надежные, эффективные и точные системы экологического мониторинга инженерно-технических сооружений. Сигнал с цифрового датчика позволяет передавать в систему определения положения объекта в пространстве информацию с точностью до 0,01 угловой секунды. Применение цифровой схемы обработки сигнала на основе микроконтроллера отечественного производства позволит заблаговременно предупредить экологические катастрофы.

### Библиографический список

- 1 Бузыканов С. Датчик наклона на основе твердотельного акселерометра / С. Бузыканов // М: Современная электроника - декабрь 2004 - с. 42-45;
- 2 Семенов С. Е., Андреев М. А., Алгоритм горизонтизации транспортной платформы / С. Е. Семенов, М. А. Андреев // Инженерный вестник, , №10, октябрь 2014
- 3 Щербаков В. С., Корытов М.С., Григорьев М.Г. Автоматизация проектирования устройств управления положением платформы строительной машины. Монография // В. С. Щербаков, М.С. Корытов, М.Г. Григорьев // Омск :СибАДИ -118 с.

### ENVIRONMENTAL MONITORING OF ENGINEERING STRUCTURES WITH USE OF MEANS FOR DETERMINING THE ORIENTATION IN SPACE

Nikitin O. R., Shubin A. A.  
 State University of Vladimir (VlSU),  
[enjeners@yandex.ru](mailto:enjeners@yandex.ru)

The article describes the condition monitoring system of engineering structures on the tilt sensors. Sensitive element of sensor is the bulb with ferromagnetic liquid. Described the drawbacks of analog signal processing. A variant of constructing a digital circuit based on the microcontroller of domestic production.



### БИОРИТМЫ ЧЕЛОВЕКА И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Грунская Л.В, Лещев И.А., Сныгина И.А., Антонова М.А.  
 Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
 и Николая Григорьевича Столетовых  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

Проведен анализ периодов и частот биофизических и геофизических процессов в инфранизкочастотном диапазоне. Отобрана группа частот имеющих место в биофизических и геофизических процессах. Проанализированы спектральные составляющие в электромагнитном поле Земли инфранизкочастотного диапазона, совпадающие с частотами биофизических процессов.

Проведен анализ взаимодействия гелио- и геофизических факторов (числа Вольфа, электрическое поле Земли, магнитное поле Земли) с дорожно – транспортными происшествиями по Владимирской области за 2001-2006 годы. Актуальность данной темы обусловлена высоким уровнем дорожно-транспортного травматизма и необходимостью проведения исследований по выявлению воздействия гелио- и геофизических факторов на здоровье человека. Не смотря на многофакторность анализируемых взаимосвязей на отдельных участках временных рядов выявлена значимая корреляция между вертикальной составляющей напряженности электрического поля, магнитным полем Земли, числами Вольфа и количеством ДТП, количеством пострадавших в ДТП по Владимирской области (таблица 1).

На отдельных участках временных рядов выявлена значимая корреляция между вертикальной составляющей напряженности электрического поля, магнитным полем Земли, числами Вольфа и количеством ДТП, количеством пострадавших в ДТП по Владимирской области (табл. 1). Например, коэффициент корреляции между погибшими в ДТП и числами Вольфа в северном полушарии Солнца за период 21.03.2006-21.04.2006 равен 0,7 при вероятности ошибки  $P \leq 0,001$ ; коэффициент корреляции между ДТП и Число Вольфа в южном полушарии Солнца за период 27.11.2006-28.12.2006 равен -0,63 при вероятности ошибки  $P \leq 0,001$ . Для анализа степени случайности появления участков со значимыми коэффициентами корреляции, было осуществлено сравнение распределения коэффициента корреляции между двумя случайными рядами и распределения коэффициента корреляции между рядами анализируемых процессов. Случайные ряды получены в программе MS Excel при величине выборке 32, величине ряда 1000.

Для анализа степени случайности появления участков со значимыми коэффициентами корреляции были проанализированы гистограммы распределения коэффициентов корреляции между ДТП и напряженностью электрического поля, магнитным полем, числами Вольфа при выборке 32 за 2004-2006 года. Анализ полученных результатов позволяет сделать предварительный вывод о возможной неслучайности полученных корреляционных связей. На здоровье человека влияет много факторов: экологические, техногенные, социальные факторы, случайные факторы. На следующем этапе исследований планируется, используя экспериментальную базу по различным геофизическим полям и явлениям за несколько десятков лет, более детально проанализировать полученные взаимосвязи.

Развернута и испытана сетевая программная система оценки изменений вероятности возникновения обострений хронических заболеваний и дорожно-транспортных происшествий (ДТП) по результатам мониторинга электромагнитного поля (ЭМП) на базе зарегистрированного и вновь разработанного (и подлежащего государственной регистрации) программного обеспечения, функционирующего на базе Scilab, а также систем коллективной работы IBM Notes. Разработана модель взаимосвязи обострения хронических заболеваний и ДТП с электромагнитным полем ИНЧ диапазона пограничного слоя атмосферы и солнечной активностью.

Планируется оценка изменения риска обострения хронических заболеваний и возникновения дорожно-транспортных происшествий по результатам анализа изменений ЭМП З КНЧ, данных МСЧ по ДТП по Владимирской области и данных солнечной активности.

Разработан план использования разработанной и запатентованной модели взаимосвязи обострения хронических заболеваний и ДТП с электромагнитным полем ИНЧ диапазона пограничного слоя атмосферы и солнечной активностью для получения оценок изменений вероятности возникновения обострений хронических заболеваний и ДТП

Работа осуществлены при поддержке Государственного Задания 2014/13,2871, гранта РФФИ № 14-07-97510\14.

Таблица 1 Коэффициенты корреляции с вероятностью ошибки  $p$  для количества ДТП, погибших, раненных в результате ДТП, их сумма по Владимирской области и напряженности электрического поля, магнитного поля Земли, чисел Вольфа за 2001-2006 год

Год	Анализируемые процессы	Даты	Коэф. коррел.	P
2001	ДТП и электрическое поле Земли	28.06.2001-24.07.2001	-0,45	$\leq 0,02$
	ДТП и геомагнитное поле	28.06.2001-08.08.2001	0,40	$\leq 0,01$
	ДТП и Число Вольфа (S)	28.06.2001-29.08.2001	0,45	$\leq 0,001$
	Погибшие в результате ДТП и Число Вольфа (N)	19.07.2001-19.09.2001	-0,46	$\leq 0,001$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (S)	19.07.2001-19.09.2001	0,39	$\leq 0,01$
2002	Погибшие в результате ДТП и геомагнитное поле	10.07.2002-21.08.2002	-0,41	$\leq 0,01$
2003	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (N)	11.07.2003-11.08.2003	-0,46	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (N)	11.08.2003-11.09.2003	0,46	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (S)	11.08.2003-11.09.2003	-0,41	$\leq 0,02$
2004	ДТП и Число Вольфа	13.02.2004-25.03.2004	-0,46	$\leq 0,01$
	ДТП и Число Вольфа (N)	30.01.2004-11.03.2004	-0,41	$\leq 0,01$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	31.10.2004-31.12.2004	-0,30	$\leq 0,02$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	15.08.2004-25.09.2004	-0,37	$\leq 0,02$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	31.08.2004-01.10.2004	-0,44	$\leq 0,02$
	Погибшие в результате ДТП и Число Вольфа	22.11.2004-23.12.2004	-0,48	$\leq 0,01$
	Погибшие в результате ДТП и Число Вольфа (N)	24.11.2004-25.12.2004	-0,51	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа	29.01.2004-30.03.2004	-0,33	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (S)	25.02.2004-26.04.2004	-0,35	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и электрическое поле Земли	05.10.2004-15.11.2004	-0,36	$\leq 0,02$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа	29.01.2004-10.03.2004	-0,43	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (S)	30.10.2004-10.12.2004	0,40	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа	02.02.2004-04.03.2004	-0,47	$\leq 0,01$
	Раненые в результате ДТП и Число Вольфа (N)	12.04.2004-13.05.2004	-0,45	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа	29.01.2004-30.03.2004	-0,34	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа (S)	06.10.2004-06.12.2004	0,31	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа (S)	29.01.2004-30.03.2004	-0,32	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	30.10.2004-10.12.2004	-0,37	$\leq 0,02$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа	29.01.2004-10.03.2004	-0,45	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа	02.02.2004-04.03.2004	-0,51	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа (N)	12.04.2004-13.05.2004	0,47	$\leq 0,01$
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа	29.01.2004-29.02.2004	-0,50	$\leq 0,01$

	(S)			
	Пострадавшие в результате ДТП и Число Вольфа (S)	30.10.2004-30.11.2004	0,41	$\leq 0,01$
2005	ДТП и электрическое поле Земли	4.01.2005-6.03.2005	-0,284	$\leq 0,05$
	ДТП и электрическое поле Земли	3.08.2005-3.10.2005	-0,330	$\leq 0,01$
	ДТП и магнитное поле Земли	2.08.2005-2.10.2005	-0,345	$\leq 0,01$
	ДТП и Число Вольфа	19.09.2005-19.11.2005	-0,301	$\leq 0,02$
	ДТП и Число Вольфа (S)	8.01.2005-10.03.2005	0,310	$\leq 0,02$
	ДТП и Число Вольфа (S)	28.01.2005-30.03.2005	0,314	$\leq 0,02$
	ДТП и электрическое поле Земли	10.01.2005-20.02.2005	-0,397	$\leq 0,01$
	ДТП и электрическое поле Земли	23.08.2005-30.10.2005	-0,472	$\leq 0,01$
	ДТП и магнитное поле Земли	05.04.2005-16.05.2005	-0,463	$\leq 0,01$
	ДТП и Число Вольфа	05.10.2005-15.11.2005	-0,392	$\leq 0,02$
	ДТП и Число Вольфа (S)	28.01.2005-10.03.2005	0,454	$\leq 0,01$
	ДТП и электрическое поле Земли	28.01.2005-28.02.2005	-0,574	$\leq 0,001$
	ДТП и электрическое поле Земли	02.09.2005-03.10.2005	-0,535	$\leq 0,01$
	ДТП и магнитное поле Земли	04.04.2005-05.05.2005	-0,436	$\leq 0,02$
	ДТП и Число Вольфа (N)	15.02.2005-18.03.2005	-0,431	$\leq 0,02$
	ДТП и Число Вольфа (S)	25.01.2005-25.02.2005	0,479	$\leq 0,01$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	09.07.2005-08.09.2005	-0,390	$\leq 0,01$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	25.08.2005-25.10.2005	-0,397	$\leq 0,01$
	Погибшие в результате ДТП и магнитное поле Земли	08.06.2005-08.08.2005	-0,320	$\leq 0,02$
	Погибшие в результате ДТП и Число Вольфа (S)	02.03.2005-02.05.2005	0,322	$\leq 0,02$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	22.03.2005-02.05.2005	0,493	$\leq 0,001$
	Погибшие в результате ДТП и электрическое поле Земли	29.07.2005-08.06.2005	-0,460	$\leq 0,01$

#### Библиографический список

- Грунская, Л.В. Влияние геофизических характеристик пограничного слоя атмосферы на некоторые показатели здоровья населения/ Л.В. Грунская, В.Н. Буренков, И.А. Лещев, Л.Т. Сушкива, Е.Г. Рыжова, М.И. Дегтерева//Биотехносфера.- 2011. - №5. - С.59-65.
- Грунская, Л. В. Мобильный приемно-регистрирующий комплекс для мониторинга электромагнитного поля приземного слоя атмосферы / Л. В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 69 – 74.
- Грунская Л.В., Исакевич В.В., Ефимов В.А. Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования воздействия геофизических и техногенных факторов на электрическое поле приземного слоя атмосферы // Биомедицинская радиоэлектроника, 2008, №6, стр. 87-93
- Грунская, Л.В. Программно-аппаратный комплекс исследования электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы / Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, А.А. Закиров, Д. В. Рубай, Д. В. Исакевич, А.С. Батин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. №6.- С.42-47.
- Широбоков, А.В. Влияние геофизических факторов на здоровье человека / А.В. Широбоков, И.А. Лещев, Л.В. Грунская, В.Н. Буренков, Е.Г. Яскин, А.И. Ершов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. - №6.-С.62-66.

#### BIORHYTHMS PERSON AND THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE EARTH INFRALOW RANGE

Grunskaya L.V., Leshchev I.A., Snygina I.A., Antonova M.A.  
 Vladimir State University named after Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs  
[grunsk@vlsu.ru](mailto:grunsk@vlsu.ru)

The experimental data clearly indicate the ecological importance of natural EMF Earth infra-low frequency range. The level of intensity of EMF and their range are effectively controlled by solar activity variations in the solar wind parameters magnetic field and change the flow of hard electromagnetic radiation, ionospheric disturbance current systems.



## СЕКЦИЯ 8

### ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ДЫХАНИИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КИСЛОРОДА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

<sup>1</sup>Северин А.Е., <sup>2,3</sup>Розанов В.В., <sup>1</sup>Торшин В.И., Семенов Ю.Н., <sup>1</sup>Северина Е.А., <sup>2</sup>Зубова О.М.  
1 - Российский университет дружбы народов,  
2 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
3 - Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений,  
[aesever@mail.ru](mailto:aesever@mail.ru)

Влияние измененной газовой среды на функциональное состояние организма и величину его функциональных резервов – хорошо изученная тема в результате многочисленных исследований, проведенных Агаджаняном Н.А., Давыдовым Г.А., Елфимовым А.И. и др. [1,2]. В этих работах было убедительно показано, что недостаток кислорода отражается преимущественно на функции сердечно-сосудистой системы, уменьшая её функциональные резервы, а избыток углекислого газа – на функции внешнего дыхания, снижая его эффективность. При этом, сочетание гипоксии и гиперкапнии до определенной степени компенсируют негативные эффекты этих воздействий, сохраняя функциональные резервы организма на достаточно высоком уровне.

Анализ динамики заболеваемости и итогов диспансеризаций студентов свидетельствует о том, что данная проблематика становится все более актуальной [3]. По данным за 2011-2013 гг. болезни органов дыхания вышли на первое место в структуре заболеваний студентов и третье среди заболеваний, являющихся причиной академических отпусков.

В исследованиях Северина А.Е. и др. [4] было установлено, что при дыхании гипоксическими газовыми смесями в сочетании с гиперкапнией сохраняется дыхательная аритмия, в то время как при дыхании чисто гипоксическими газовыми смесями она практически исчезает при  $pO_2$  во вдыхаемом воздухе 85 - 90 мм.рт.ст. В то же время, наличие дыхательной аритмии является достаточно надежным критерием хорошего функционального состояния как кардиореспираторной системы, уровня вегетативной регуляции, так и всего организма в целом. В этой связи перспективно для целей диагностики использовать методику оценки вариабельности сердечного ритма [5] в комбинации с действием измененной газовой среды с сочетанием гипоксического и гиперкапнического стимулов, как адекватных раздражителей, вызывающих усиление функций как дыхания, так и кровообращения.

В случае использования указанных газовых смесей снимаются некоторые ограничения, существующие при использовании в качестве тестирующего воздействия физической нагрузки. Кроме этого, широко используемый для целей повышения функциональных резервов организма дыхательный тренажер «Самоздрав» Самарского НПО также перспективно сочетать с исследованием вариабельности сердечного ритма для качественной и количественной оценки изменений, происходящих в функциональном состоянии организма непосредственно при использовании тренажера, а также в период восстановления между тренировками [2,3]. При этом, перспективно использование программируемого дозированного изменения состава измененной газовой среды на организм человека, адекватное по нарастанию интенсивности воздействия со скоростью ответных реакций организма, что возможно с применением небольших программно-аппаратных устройств на основе широко распространенных современных гаджетов.

#### Библиографический список

1. Брагин Л.Х., Северин А.Е., Агаджанян Н.А. Динамика внешнего дыхания и газов крови у человека при сочетанном воздействии гиперкапнии и гипоксии. – Авиакосмическая и экологическая медицина. 1980. Т. 14. № 2. С. 38.
2. Агаджанян Н.А., Степанов В.К. Использование гипоксическо-гиперкапнической газовой среды в восстановительной медицине. – Вестник восстановительной медицины. 2008. № 5. С. 19-23.

3. Карташов В.Т., Черняев А.П., Розанов В.В., Северин А.Е., Погонин А.В. Медицинская составляющая в комплексной проблеме сохранения здоровья студентов. – Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. № 1. С. 209.

4. Радыш И.В., Вартанова О.В., Торшин В.И., Щербакова Д.Ю., Северин А.Е., Юсупов Р.А. Реакция сердечно-сосудистой системы на воздействие гипоксически-гиперкарбнической газовой среды. – Технологии живых систем. 2015. Т. 12. № 3. С. 33-37.

5. Северин А.Е., Розанов В.В., Торшин В.И., Щукин С.И. Одновременный анализ сердечного ритма и дыхания для расширения возможностей функциональной диагностики. – Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 10. С. 96-102.

**INVESTIGATION OF VARIABILITY OF THE CARDIAC RHYTHM AT BREATH BY GAS MIXES  
WITH VARIOUS CONTENT OF OXYGEN AND CARBON DIOXIDE FOR THE VALUATION OF THE  
FUNCTIONAL CONDITION OF THE ORGANISM**

Severin A.E.<sup>1</sup>, Rozanov V.V.<sup>2,3</sup>, Torshin V.I.<sup>1</sup>, Semenov Y.N., Severina E.A.<sup>1</sup>, Zubova O.M.<sup>2</sup>

People s Friendship University of Russia<sup>1</sup>, Lomonosov Moscow State University<sup>2</sup>,

Russian Institute of medicinal and aromatic plants<sup>3</sup>,

[aesever@mail.ru](mailto:aesever@mail.ru)

Influence of the changed gas environment on a functional condition of an organism and level of its functional reserves – is well studied subject as a result of numerous researches (N.A. Agadjanayn, G.A. Davydov, A.I. El'fimov). In these works it has been convincingly shown that the lack of oxygen is reflected mainly in function of cardiovascular system, reducing its functional reserves, and excess of carbon dioxide – in functions of external breath, reducing its efficiency. At the same time, the combination of a hypoxia and a hipercapnia in a certain degree compensate negative effects of these influences, keeping functional reserves of an organism at rather high level. At the same time, existence of respiratory arrhythmia is rather reliable criterion of a good functional state as cardiorespiratory system, level of vegetative regulation, and all organism in general. In this regard it is perspective for diagnostics to use a technique of an valuation of a warm rhythm variability in a combination with action of the changed gas environment with a combination of hypoxic and hipercapnic incentives as the adequate irritants causing strengthening of functions both breath, and blood circulation.

In case of use of the specified gas mixes some restrictions existing when using as the testing impact of physical activity are lifted. At the same time, use of the programmable dosed change of composition of the changed gas environment on a human body, adequate on increase of intensity of influence with a speed of responses of an organism is perspective that is possible with use of small hardware-software devices on the basis of widespread modern gadgets.



**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕТСКОМ И ГЕРОДИЕТИЧЕСКОМ  
ПИТАНИИ КАК ОСНОВА ОЗДОРОВЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

Исаев В.А.

НИИ детского питания – филиал ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи ФАНО

Физика и радиоэлектроника всё больше входят в сферу питания и здравоохранения, создавая невероятно эффективные условия производства оздоровительных продуктов питания, позволяющих перейти от принципа лечения больных к обеспечению принципа «не болеть». Ведь ещё античный врач Гален в начале нашей эры говорил, что люди умирают не от болезней, а от лекарств.

Среди физических методов приготовления функциональных продуктов питания всё большую популярность приобретают ультразвуковые волны, обеспечивающие тонкое диспергирование компонентов пищи, стерилизацию лабильных эмульсий, явление кавитации, сепарирование рассеянных в воздухе различных по величине фракций незаменимых компонентов пищи для последующей распылительной сушки с целью получения мелкодисперсных микрокапсул. Особое значение ультразвук приобретает для случаев микрэмульгирования и микрокапсулирования таких значимых компонентов питания как докозагексаеновая (ДГК) и эйкозапентаеновая (ЭПК) о-3 жирные кислоты из морских организмов.

Известно, что случаи внезапной смерти людей зачастую происходят при истощении плазмы крови, в которой отсутствует докозагексаеновая кислота. Аналогично – случаи появления гестозов у беременных женщин во втором триместре происходят при снижении в жирнокислотном составе плазмы их крови докозагексаеновой кислоты до уровня 2,5% и ниже.

Конечно, дефицит этой кислоты можно компенсировать использованием биологически активных добавок к пище в форме мягких желатиновых капсул, но когда речь идёт о детях, о школьниках и дошкольниках, где докозагексаеновая кислота рассматривается как главный компонент пищи для повышения операторских способностей мозга и адаптационных возможностей ребёнка к усвоению знаний и развитию интеллекта, нужна другая форма ДГК и ЭПК, больше напоминающая известные традиционные формы пищи,

например, в составе молочных продуктов, хлебобулочных изделий, комбинаций растительной и животной пищи, мороженого и других приятных для детей продуктов.

Актуальность инновационных технологий для обеспечения детского организма незаменимыми факторами питания, а ведь школьников у нас больше 14 миллионов, сомнений не вызывает, а если к этому контингенту прибавить людей пожилого возраста и слабозащищенных социальных групп населения, то окажется, что предлагаемые инновационные технологии являются первостепенными по значимости.

Мы имеем первые результаты пилотного производства хлебобулочных и кисломолочных продуктов оздоровительного действия, положительно воспринятых населением. Физическая сущность диспергирования и стерилизации молока в волновом поле ультразвука сводится к тому, чтобы ультразвуковые волны специально подобранный амплитуды в режиме резонанса вызвали во всем объеме молока явление кавитации, т.е. возникновение во всем объеме молока исключительно большого количества микропустот. Схлопывание (микровзрыв) этих пустот сопровождается чрезвычайно высокими локальными градиентами температур, которые уничтожают практически всю патогенную флору в молоке на порядок эффективнее, чем традиционные технологии пастеризации и стерилизации. УЗ гомогенизатор обеспечивает после гомогенизации 98% жировых шариков одного размера по всему объему (смеси имеют размеры 1 мкм, 0,5 мкм, 0,1 мкм, уровень патогенной микрофлоры уменьшается на 6 порядков), что обеспечивает сохранность всех водо- и жирорастворимых витаминов и энзимов молока, а также создает уникальную органолептику продуктов питания премиум класса.

Нами отработана и последующая стадия превращения микроэмulsion в микрокапсулы размером 2-4 мкм, где в процессе поисков в качестве внешней оболочки испытывались пищевые компоненты из серии крахмалов, модифицированных крахмалов, пектинов, желатина, отличающихся высоким поверхностным натяжением, позволяющим сформировать сферу за доли секунды в распылительной сушилке. При этом серьезная работа проводится в плане дезодорации вкуса и запаха, антиоксидантной защиты, сроков хранения и гармонизации органолептических показателей.

Микрокапсулы Эйконола прошли экспертную проверку в ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи ФАНО и процедуру Государственной регистрации в Федеральной Службе Роспотребнадзора в качестве биологически активной добавки к пище для изготовления функциональных пищевых продуктов питания. Свидетельство СГР №RU.77.99.32.003.У.010340.11.15. Микрокапсулирование Эйконола открывает широкие возможности для укрепления здоровья населения, в т.ч. школьников и дошкольников.

Анализ болезней адаптации показывает, что самыми остродефицитными в питании населения России являются витамины, микро- макроэлементы и, особенно, ПНЖК ω-3 из морских рыб. Они улучшают липидный спектр крови: снижают в плазме крови содержание триглицеридов, а также липопротеидов низкой и очень низкой плотности, увеличивают концентрацию липопротеидов высокой плотности. Эти изменения очень благоприятны для торможения развития атеросклероза сосудов. Липопротеиды низкой плотности атерогенны и являются переносчиками холестерина и способны при определенных условиях внедряться в стенки кровеносных сосудов, вызывая в них повреждения. А липопротеиды высокой плотности, наоборот, выводят холестерин из стенок сосудов.

Известно, что кровь эскимосов Гренландии, питающихся традиционной для них морской пищей, имеет более благоприятный липидный профиль, чем кровь у эскимосов Дании, приобщившихся к пищевому благополучию Запада. У эскимосов Гренландии также наблюдали пониженную склонность тромбоцитов крови к агрегации, т.е. у них слабее выражена способность крови к образованию бляшек на поверхности сосудов, ведущая к сужению их просвета и к тромбообразованию. Все эти факторы снижают вероятность инфарктов, инсультов и других заболеваний, являющихся наиболее массовой причиной смертности от болезней в наше время, что и послужило основой для создания Эйконола.

Потребление морских омега-3-ПНЖК с пищей приводит к изменению свойств мембран клеток, повышая их чувствительность к инсулину и уменьшая нарушения обмена, характерные для диабета 2 типа. Систематическое употребление ПНЖК ω-3 из гидробионтов позволяет снижать давление у больных гипертонией. Давление здоровых людей при этом не снижается.

Омега-3-ПНЖК внесены в перечень продуктов функционального питания для профилактики от сердечнососудистых заболеваний. Рекомендуется ежедневное употребление их в виде биодобавок к пище – Эйконол, Эйфитол и другие источники докозагексаеновой и эйкозапентаеновой жирных кислот.

Глубокими исследованиями в Институте общей патологии и патофизиологии под руководством профессора Мерсона Ф.З. установлено, что такой российский источник ПНЖК ω-3, как Эйконол, снижает смертность при инфаркте миокарда в 6-7 раз и, одновременно, повышает порог электрической стабильности сердца в 2-3 раза, т.е. обладает сильным антиаритмическим действием.

Положительное действие ПНЖК ω-3 установлено также в снижении с 29 до 13% мозаичности мозгового кровообращения у пациентов старших возрастных групп, в улучшении зрения, в повышении на 100% средней скорости кровотока при облитерирующем атеросклерозе, в защите печени, почек, в устраниении аллергических симптомов, в повышении операторских способностей мозга и многом другом.

Созданные российскими учеными препараты Эйконол и Эйфитол в ходе исследований с пациентами ИБС (40 человек) показали прекрасные результаты по нормализации показателей уровня ПНЖК ω-3 в плазме крови. Если в норме этот показатель в составе мембран эритроцитов оценивается в 10%, то при ИБС он снижается до 7,5%, а после включения в их диету Эйфитола по 6 г в день в течение 2х месяцев этот показатель

вырос до 11,5%. У пациентов с гиперлипидемией уровень ПНЖК  $\omega$ -3 в мембранах эритроцитов за это же время вырос с 7,9% до 9,5%.

Еще более эффективным оказалось применение Эйфитола для нормализации с 4,5 до 7,2% уровня ПНЖК  $\omega$ -3 в мембранах тромбоцитов в исследовании в группе пациентов (n=20) с ИБС дозами по 5 г в сутки 1,5 месяца, а в группе из 20 пациентов с ГЛП уровень ПНЖК  $\omega$ -3 вырос с 4,1 до 8,0%.

Научная новизна предложенных нами инновационных технологий подтверждена 75 Патентами РФ, в т.ч. на устройство и способ получения микрокапсулы (Патент РФ №2559285 от 13.07.2015 г. и Патент РФ № 2557526 от 26.06.2015 г.). Практическая значимость этих технологий также сомнений не вызывает, ведь среди причин смерти людей на сердечно-сосудистые заболевания приходится более 50% от всех причин смерти. По заключению НИИ общей патологии и патофизиологии сердца РАМН Эйконол снижает смертность от инфаркта миокарда в 6-7 раз и повышает порог электрической стабильности сердца в 2-3 раза (профессор Меерсон Ф.З), а это и определяет практическую значимость новых технологий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашмарин И.П., Исаев В.А., Самсонов М.А. Физиологические аспекты применения Эйконола и других ПНЖК  $\omega$ -3 при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. Методические рекомендации. МГУ. Биологический факультет, 1999. – 21 с.
2. Верткин А.Л., Мартынов А.И., Исаев В.А. и др. Новые антиатерогенные компоненты пищевого рациона. Ж. Клиническая фармакология и терапия, №3, 1994. – с. 23-25.
3. Доронин А.Ф., Шендеров Б.А. Функциональное питание. М. «ГРАНТЪ», 2002. – 295 с.
4. Исаев В.А. Эйконол и атеросклероз. М. «МИР и СОГЛАСИЕ», 2008. – 350 с.
5. Исаев В.А. Незаменимые факторы питания и физиологические аспекты их действия в организме человека. М. «МИР и СОГЛАСИЕ», 2008. – 247 с.
6. Исаев В.А. Физиологические аспекты пищеварения и питания. М. «АСМС», 2011. – 63 с.
7. Исаев В.А., Верткин А.Л. Коррекция показателей крови и сосудов с помощью жирных кислот. М. «МИР и СОГЛАСИЕ», 2009. – 98 с.
8. Исаев В.А., Кудров А.Н., Назлуханян С.О. Болезни адаптации и их системная профилактика. М. «МИР и СОГЛАСИЕ», 2008. – 40 с.
9. Исаев В.А. Физиологические аспекты биоценоза кишечной микрофлоры, дисбактериоз и его коррекция с помощью «Бифейнола». М. МГУ им. М.В.Ломоносова, 2001. – 31 с.
10. Максимов В.И. Пища и дегенеративные болезни. М. «МИКЛОШ», 2010. – 228 с.
11. Меерсон Ф.З., Исаев В.А., Верткин А.Л. и др. Влияние тканевого рыбного жира на перекисное окисление липидов, аритмии и летальность при острой ишемии, реперфузии и инфаркте миокарда в эксперименте. Ж. Кардиология, №3, 1993. – с.43-48.
12. Прохорович Е.А., Исаев В.А. Лечебно-профилактическое действие Эйконола при ишемической болезни сердца и стенокардии. Труды I международного форума «Кардиология 99» 28-31.01.99 г. М. – с.312-323.
13. Рихард Класс. Живите долго и с наслаждением. Киев. Изд. «Лебедь», 2004. – 244 с.
14. Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А., М. «КОЛОС», 2002. – 423 с.
15. Хавкин А.И., Исаев В.А. Природные источники ПНЖК  $\omega$ -3 в лечении детей с аллергическими поражениями кожи и желудочно-кишечного тракта. М. Ж. Лечебный врач, №1, 2000. – с. 38-39.
16. Хироми Шинья. О вреде «здорового питания». М. Изд. «София», 2007. – 160 с.

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN CHILDREN'S AND GERODIYETICHESKY FOOD AS BASIS OF IMPROVEMENT OF THE POPULATION

Isaev V.A.

Scientific research institute of baby food – FRCs branch of food, biotechnology and safety of food of FASO

The physics and radio electronics fall within the scope of food and health care more and more, creating incredibly effective conditions of production of the improving food allowing to pass from the principle of treatment of patients to ensuring the principle "not to be ill". Still the antique doctor Galen at the beginning of our era said that people die not of diseases, and of drugs.

Among physical methods of preparation of functional food the increasing popularity is gained by the ultrasonic waves providing thin dispersing of components of food, sterilization of labile emulsions, the cavitation phenomenon, separation of the fractions of irreplaceable components of food, various in size, disseminated in air for the subsequent raspilitelny drying for the purpose of receiving fine microcapsules. The ultrasound is of particular importance for cases of microemulsification and microencapsulation of such significant components of food as dokozageksayen (DGK) and eykozapentayen (EPA)  $\omega$ -3 fatty acids from marine organisms.

Consumption sea PUFA omega-3- with food leads to change of properties of membranes of cages, increasing their sensitivity to insulin and reducing violations of an exchange, 2 types, characteristic of diabetes. The systematic use

of PUFA  $\omega$ -3 from hydrobionts allows to reduce pressure at patients with a hypertension. Pressure of healthy people at the same time doesn't decrease.

Omega-3- PUFA are brought in the list of products of functional food for prevention from cardiovascular diseases. Their daily use in the form of bioadditives to food – Eykonol, Eyfitol and other sources of dokozageksayen and eykozapentayen fatty acids is recommended.

In-depth studies at Institute of the general pathology and a pathophysiology under the leadership of professor Meerson F.Z. it is established that such Russian source of PUFA  $\omega$ -3 as Eykonol, reduces mortality at a myocardial infarction by 6-7 times and, at the same time, raises a threshold of electric stability of heart by 2-3 times, i.e. possesses strong antiarrhythmic action.

Positive action of PUFA  $\omega$ -3 is established also in decrease from 29 to 13% of mosaicity of brain blood circulation at patients of the senior age groups, in sight improvement, in increase for 100% of average speed of a blood-groove at the obliterating atherosclerosis, in protection of a liver, kidneys, in elimination of allergic symptoms, in increase of operator abilities of a brain and many other.

Scientific novelty of the innovative technologies offered by us is confirmed with 75 Patents of the Russian Federation, including on the device and a way of receiving a microcapsule (The Russian Federation patent No. 2559285 from 7/13/2015 and the Russian Federation Patent No. 2557526 from 6/26/2015). The practical importance of these technologies also doesn't raise doubts, among causes of death of people more than 50% of all causes of death are the share of cardiovascular diseases.



## ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ПОВСЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мельник О.В.

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
[omela111@yandex.ru](mailto:omela111@yandex.ru)

Объективные данные о текущем состоянии организма человека могут быть использованы для оптимизации учебного и трудового процесса, предотвращения эмоциональных и физических «срывов» (потери сознания, гипертонических или гипотонических кризов, приступов стенокардии, инфаркта миокарда) и развития патологий психоорганического характера. На сегодняшний день наиболее распространенной при реализации портативных носимых устройств для мониторинга функционального состояния является регистрация параметров пульса на основе фотоплетизмографии, однако наблюдается тенденция к расширению набора анализируемых сигналов. Информация о функциональном состоянии организма (ФСО), которую можно извлечь из данных фотоплетизмографии с использованием обработки ряда кардиоинтервалов, характеризует общий уровень стресса и напряженности регуляторных систем организма [1], позволяет фиксировать некоторые типы нарушений сердечного ритма, однако является недостаточной для задач всесторонней оценки ФСО и выявления и предотвращения рисков коррелирующих со стрессом заболеваний, в частности, заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Наиболее перспективной для задач оценки функционального состояния человека в процессе повседневной деятельности представляется регистрация электрокардиосигнала (ЭКС). Это связано с несколькими аспектами.

1. Относительно недавнее появление и распространение емкостных датчиков для регистрации электрокардиосигнала типа EPIC (Electric Potential Integrated Circuit; интегральная микросхема для измерения электрического потенциала) Plessey [2] снимает ограничения, связанные с использованием ЭКС в разработке портативных носимых устройств для мониторинга функционального состояния организма. Данный тип датчиков, в отличие от традиционной технологии «мокрого» (гелевого) электрода в кабеле пациента при снятии электрокардиограммы, не требует ни геля, ни других веществ, улучшающих качество контакта. Таким образом, на сегодняшний день для регистрации ЭКС может быть использована компактная беспроводная гарнитура в виде браслетов или нагрудного датчика, не требующая специальных мер «обслуживания» и не ограничивающая повседневную активность человека.

2. Электрокардиосигнал является носителем информации как о функциональном состоянии организма в целом (параметры вариабельности сердечного ритма), так и о состоянии сердечно-сосудистой системы. Как было показано в [3], наиболее значимыми ранними предвестниками миокардиальных заболеваний, которые могут быть выявлены в процессе мониторинга повседневной активности, являются ишемические изменения ST-сегмента ЭКС и признаки аритмогенной готовности миокарда, выражющиеся в наличии альтернаций Т-зубца. Использование помехоустойчивых методов выявления предикторов миокардиальных заболеваний [4] позволит в режиме реального времени фиксировать не только повышенный уровень стресса, но и предупреждать о возможности развития угрожающих здоровью и жизни патологий.

3. Электрокардиосигнал является косвенным носителем информации о еще одном значимом биологическом сигнале – сигнале дыхания, непосредственная регистрация которого в процессе повседневной

активности человека не всегда является удобной. На основе регистрации изменения положения электрической оси сердца за счет смещения органов грудной клетки из записи ЭКС может быть восстановлен дыхательный сигнал [5]. На сегодняшний день широко используемой является концепция о возможности рассмотрения параметров системы кровообращения в качестве индикатора адаптационных реакций целостного организма, когда инструментом оценки функционального состояния организма является вариабельность сердечного ритма (ВСР). В меньшей степени разработаны физиологические аспекты и математический аппарат использования дыхательного ритма [6,7], выраженная вариабельность которого является маркером срыва адаптации. Анализ временных соотношений дыхательного цикла позволяет изучить механизмы центральной регуляции дыхания и использовать полученные данные для оценки функционального состояния. Кроме того, как было показано нами в [8], механизм регуляции частоты сердечных сокращений, опосредуемый влиянием вегетативной нервной системы, модулируется множеством различных влияний (дыхание, физическая нагрузка, изменение положения тела, психоэмоциональная сфера и т.п.). Подобное многофакторное взаимодействие обуславливает неоднозначность интерпретации показателей, связанных с оценкой функционального состояния организма, и неучет влияния различных паттернов дыхания может приводить к ошибкам в оценке функционального состояния на основе анализа параметров ВСР. Вместе с тем, параллельная обработка сигналов ритмограммы и дыхания позволяет не только скорректировать результаты анализа ВСР, но и получить дополнительную информацию о степени синхронизированности работы сердечно-сосудистой и респираторной систем и более достоверно выявить преобладающие механизмы регуляции физиологических процессов. В [9] нами было предложено использование для оценки ФСО нового критерия на основе индекса Фехнера, характеризующего степень согласованности работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем и, в конечном итоге, уровень адаптации.

Таким образом, для решения задачи контроля функционального и психоэмоционального состояния человека в процессе повседневной деятельности на основе регистрации и анализа ЭКС можно предложить следующие этапы обработки информации (рисунок 1).

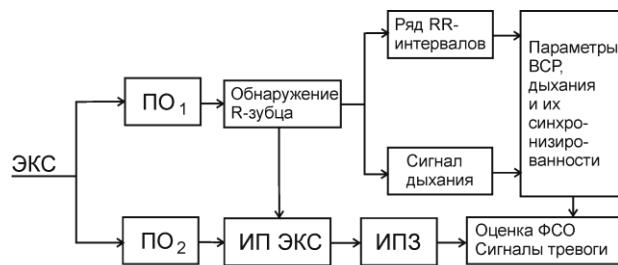


Рис. 1. Этапы обработки информации

На данном рисунке ПО<sub>1</sub> и ПО<sub>2</sub> – блоки предварительной обработки электрокардиосигнала [10] для задач выявления R-зубцов в каждом кардиоцикле и формирования информативных признаков (ИП) ЭКС, связанных с маркерами и предикторами нарушений в работе сердца соответственно. На основе данных ИП формируется набор информативных признаков заболеваний (ИПЗ), характеризующих возможные ишемические изменения и аритмогенную готовность миокарда во время появления на фоне стрессовой нагрузки ишемического эпизода, возможно, безболевого. Значения ИПЗ участвуют в формировании сигнала тревоги.

Выявленные значения R-зубцов в каждом кардиоцикле используются для формирования ряда кардиоинтервалов (временные параметры) и восстановления сигнала дыхания (амплитудные параметры). Полученный ряд кардиоинтервалов и дыхательный сигнал используются для формирования параметров ВСР, скорректированных с учетом влияния реального дыхательного паттерна, параметров дыхательного цикла и критерия синхронизированности деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Данный набор параметров используется для оценки текущих показателей различных аспектов ФСО (уровня стресса, преобладание возбуждения или торможения в центральной нервной системе, степени эмоциональной напряженности) и участвуют в формировании сигналов тревоги в случае превышения данными показателями пороговых уровней.

Предлагаемые этапы обработки информации могут быть при технической реализации «разнесены» по разным уровням аппаратно-программных средств – от портативной носимой гарнитуры для регистрации ЭКС до онлайн-обработки данных.

Таким образом, использование регистрации ЭКС в задаче повседневного контроля функционального и психоэмоционального состояния человека может существенно расширить возможности мониторинга за счет использования не только параметров ВСР, но и параметров, связанных с предикторами нарушений в деятельности сердечно-сосудистой системы и параметров сигнала дыхания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-60114 мол\_а\_дк «Методы и автоматизированная система для контроля функционального и психоэмоционального состояния человека в процессе повседневной деятельности».

## Библиографический список

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 237 с.
2. Бекмачев А. Датчики Еріс от Plessey Semiconductors – прорыв в сенсорных технологиях // Компоненты и технологии. 2013. № 1. С. 130-133.
3. Мельник О.В. Методы и средства для ранней диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы// Биомедицинская радиоэлектроника, №7, 2013. с. 65-69.
4. O.V. Melnik Methods of electrocardiosignal processing and analysis for early diagnosis of violations in the cardiovascular system. Russian-German Conference (RGC-2014) Proceedings. pp. 54-56.
5. Bailon R., Sornmo L., Laguna P. A robust method for ecg-based estimation of the respiratory frequency during stress testing. IEEE transactions on biomedical engineering 2006; 53(7):1273–1285.
6. БреславИ.С., ГлебовскийВ.Д. Регуляциядыхания. Л. 1981. 280 с.
7. Вагин Ю.Е.Количественные приемы квантового анализа ритма дыхания. М.: Изд-во Московской медицинской академии. 1990. 36 с.
8. Мельник О.В., Михеев А.А. Принципы оценки функционального состояния организма на основе контроля параметров сердечно-сосудистой и респираторной систем // Биомедицинская радиоэлектроника (Индекс 83820. Издательство «Радиотехника». Москва) 2011. №7. С. 72-75.
9. Даниченко М.Ю., Мельник О.В., Михеев А.А., Соломаха В.Н., Шувалов П.Л. Оценка синхронизированности деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма // Биотехносфера, №1, 2013. С. 2-6.
10. Мельник О.В. Использование параллельных каналов для обработки и анализа электрокардиосигнала в задаче ранней диагностики. Биомедицинская радиоэлектроника, 2015, №5. с.56-60.

**PRINCIPLES OF FUNCTIONAL AND PSYCHO-EMOTIONAL STATUS OF THE PERSON  
MONITORING DURING DAILY ACTIVITIES**

Melnik O.V.  
RyazanStateRadioEngineeringUniversity,  
[omela111@yandex.ru](mailto:omela111@yandex.ru)

The principles of function and psycho-emotional status of a person control on the basis of continuous electrocardiosignal recording are described. The advantages of the use of electrocardiosignal in the monitoring task are shown. Provides information processing steps, taking into account not only the use of the HRV parameters but parameters associated with the predictors of disturbances in the cardiovascular system and the respiratory signal parameters.



**АМИНО-СИЛИКО НАНОЧАСТИЦЫ ПОКРЫТИЕ СЛОЯМИ ДНК И ЛИПИДОВ СПОСОБНЫ  
ЗАМЕНИТЬ ТОКСИЧНЫЕ ЛИПОПЛЕКСЫ В ГЕННОЙ ТЕРАПИИ.**

Кувичкин В.В.  
Государственное бюджетное научное учреждение Институт биофизики клетки Российской Академии  
Наук, 142290, Пущино, Московской обл., РФ.

**1. Введение**

Наночастицы (НЧ), используемые в качестве носителей ДНК в клетках должны иметь преимущества по сравнению с уже существующими, безвирусными системами доставки: липосомами [1], липоплексами [2], полыми капсулами, приготовленными методом нанесения компонентов "слой за слоем" [3] и т.д. Они должны выполнять следующие условия: иметь большой потенциал для ДНК, чтобы быть стабильной в физиологических растворах (кровь, плазма крови), защищать ДНК от действия нуклеаз, чтобы преодолеть все возможные клеточные барьеры на пути ДНК в ядро, чтобы быть нетоксичными для клеток и организма [4-6]. Для того, чтобы компактизовать отрицательно заряженную ДНК, требуется положительно заряженная поверхность, и для переноса генов, наносистемы должны оставаться стабильными в виде суспензии. Также полезно, чтобы свести к минимуму количество цитотоксического катионного липида, необходимого для компактизации ДНК в средствах доставки. Есть много типов НЧ, в том числе содержащие ДНК в их структуре. Существуют комплексы ДНК с натуральными и синтетическими поликатионами: полилизин, поли-L-глутамин, хитозан, полиэтиленимин, полиаллиламин, спермин, спермидин, из которых при определенных условиях (концентрации компонентов, их соотношения, значения pH, ионного состава и концентрации буфера, и т.д.) можно получить компактный по размеру НЧ (50-100) нанометров в диаметре с высокой способностью к трансфекции [7]. Известные, как липоплексы, комплексы ДНК с катионными поверхностно-активными

веществами (ДОДА, ДОТМА и т.д. [8] в последние 20 лет получили широкое применение в генной терапии. Однако, в настоящее время они теряют популярность в связи с их высокой токсичностью.

Последние 10 лет быстро развивается использование НЧ, как системы доставки генов. Конечно, самое простое использование в этом вопросе - положительно заряженные НЧ, которые асorбируют на своей поверхности ДНК. Существует возможность того, чтобы вместо одного слоя, поместить несколько таких слоев ДНК, чередуя их с отрицательно заряженным полимером (полистеарилсульфат, полилизин и т.д.) [9]. Есть много конструкций НЧ с использованием липидного бислоя в качестве основного компонента. Существует работы золотыми НЧ или НЧ из диоксида кремния покрытых бислоем из нейтральных липидов с небольшой добавкой катионных липидов. Асorбция ДНК с НЧ предотвращает ферментативную деградацию ДНК, хотя причина этой защиты не до конца понята. Такие НЧ имеют большую способность связываться с ДНК, чем только золотые НЧ или НЧ из диоксида кремния, за счет того, что они имеют повышенную стабильность в биологических растворах [10, 11].

Существуют очень сложные конструкции НЧ с использованием нескольких липидных бислоев и добавки различных веществ, повышающих способность бислоев к слиянию с клеточными структурами [12]. Имея высокую способность трансфекции по данным авторов, такие НЧ очень дороги и трудны в изготовлении, что может быть препятствием для их широкого распространения.

## 2. Материалы и методы

ДНК с высокой молекулярной массой и низкой молекулярной массой получали от (Sigma-Aldrich). Липиды DOPC, ДМФХ и ДПФХ были из этого источника тоже. Все растворы, приготовленные на HEPES буфера 1мм рН 6,0.

Мы использовали Varian-Carry-UV-VIS-NIR 6000 спектрофотометр и малые кварцевые кюветы (объем - 0.5мл, 1см путь).

Для контроля размера и zeta-потенциала НЧ мы использовали MalvernZeta-sizer.

Для анализа ДНК после операции озвучивания мы использовали Vibro вискозиметр SV-10 / SV-100 (A&D Company, Limited, Токио, Япония).

Озвучивание ДНК производится на ультразвуковой дезинтегратор CovarisS2 производимого KBiosciences, Hoddesdon EN11 OEX, Соединенное Королевство.

Образцы НЧ центрифугировали на центрифуге Eppendorf 5800, Гамбург, Германия.

## 3. Результаты и их обсуждение.

После многих попыток мы сделали следующую конструкцию: кремний наночастицу, содержащий поверхностные аминогруппы и имеющие положительный дзета-потенциал, ДНК с низкой молекулярной массой и липосомы из DOPC (DMPC) и ДОДА (в пропорции менее 5%). Все стадии нового производства наночастиц были проверены на Zeta-sizer. Низкая молекулярная масса ДНК была получена путем обработки ультразвуком высокой молекулярной массы ДНК в течение 6 минут на desintegrator CovarisS2.

Липосомы получали путем обработки ультразвуком на том же устройстве, из высущенной пленки липидного смеси ДОФХ (ДМФХ) и ДОДА (5%). После обработки ультразвуком липосомы центрифугировали 5 мин при 12000грт. Осадок, не являющийся везикулярными липидами был удален.

### 3.1. Порядок подготовки НЧ:ДНК-липидный бислой.

1. К 500 мкл. обработанной ультразвуком (6 мин) ДНК (2 мг / мл), добавляют 500 мкл. наночастиц аминокислоты при быстром встряхиванием.

2. Наночастицы встряхивали 30-40 мин. на шейкере Грант-Bio (600-800 оборотов в минуту при комнатной температуре.

3. Дважды промывали для удаления несвязанной ДНК (12000 об/мин 5 мин.)

4. Наночастицы, диспергированные в HEPES-буфере (возможно короткий 1-2 минут обработки ультразвуком в ультразвуковой ванне) и добавить к ДОФХ-додайте липосом (0,3мм) (1: 1) при быстром встряхиванием.

5. Два раза встряхивали в вортеце 14000грт, 5 мин.

6. ресуспендировали в наночастицах HEPES показал в анализе DLS размером 150 нм, дзета-потенциал + 25 мВ, то есть хорошие параметры наночастиц для переноса генов в клетки.

7. Поскольку дзета-потенциал, полученный для этой конструкции показан аналогичный положительный заряд изучал многих работ с системой lipoplexes и в присутствии сыворотки тоже, мы считаем, что взаимодействие этих наночастиц будет аналогична.

Таблица 1.

ОБРАЗЕЦ	НЧ	НЧ+ ДНК (1000 п.о.)	НЧ+ДНК+ липосомы (ДОДА-ДМФХ)
Измеряемый параметр			
Размер (нм)	55	90	160
Zeta-потенциал (mv)	+22	-41	+25

Таблица 1. Биофизические характеристики НП в ходе подготовки ДНК-липиды слоев покрывающих амино-диоксид кремния НЧ

В нашей конструкции НЧ были использованы существующие элементы многослойных НЧ с ДНК [9] и ДОДА-ДПФХ липидных бислоев [10]. Оригинальность нашей конструкции в наслоении ДНК на положительно заряженных НЧ из модифицированного амином -диоксида кремния и покрытия этого НЧ бислоем ДМФХ-ДОДА для предохранения ДНК от переваривания нуклеазами и обеспечения положительного заряда в результате чего НЧ, повышают проникновение НЧ через структуры клетки и ядерной мембраны. UV-VIS спектры исходного НЧ, НЧ + ДНК и НЧ, содержащий два слоя ДНК и ДМФХ-ДОДА показаны на Рис.1.

Рис. 1. УФ-видимый спектр препарата 3 стадии амино-силикатного NP подходящей для переноса генов. Количество слоев ДНК и бислоев DODA-DMPC в составе НЧ может быть 2-4, но необходимо проверить эти конструкции на эффективность переноса генов.

#### Библиографический список

1. Schwendener RA. Liposomes in biology and medicine. *Adv Exp Med Biol.* 2007;620:117-28.
2. Tros de Ilarduya C, Sun Y, Düzgüneş N. Gene delivery by lipoplexes and polyplexes. *Eur J Pharm Sci.* 2010 Jun 14;40(3):159-70.
3. Shchukin DG, Sukhorukov GB, Möhwald H. Smart inorganic/organic nanocomposite hollow microcapsules. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2003 Sep 29;42(37):4472-4475.
4. L Zhang, FX Gu, JM Chan, AZ Wang, RS Langer and OC Farokhzad Nanoparticles in Medicine: Therapeutic Applications and Developments, *CLINICAL PHARMACOLOGY & THERAPEUTICS*, 2007
5. Ayush Verma and Francesco Stellacci Effect of Surface Properties Interactions, *Small* 2010, 6, 12–21
6. Zafar Ai, Esmaeil Biazar, Mostafa Jafarpour, Mohamad Montazeri, Ali Majdi, Saba Aminifard, Mandana Zafari, Hanie R Akbari. Hadi Gh Rad, Nanotoxicology and nanoparticle safety in biomedical designs *International Journal of Nanomedicine* 2011;6 1117-1127
7. Abdelatif Elouahabi and Jean-Marie Ruysschaert, Formation and Intracellular Trafficking of Lipoplexes and Polyplexes, *Molecular Therapy* (2005) 11, 336–347
8. Tarahovsky YS. Cell transfection by DNA-lipid complexes - lipoplexes. *Biochemistry (Mosc.)* 2009;74(12):1293-1304.
9. Kefeng Ren, Jian Ji, Jiacong Shen Construction of Polycation-Based Non-Viral DNA Nanoparticles and Polyaniion Multilayers via Layer-by-Layer Self-Assembly *Macromol. Rapid Commun.* 2005, 26, 1633–1638
10. Neeshma Dave and Juewen Liu, Programmable Assembly of DNA-Functionalized Liposomes by DNA *ACS Nano*, 2011, 5 (2), pp 1304–1312
11. Sushma Savarala, Selver Ahmed, Marc A Ilies, Stephanie L WunderStabilization of soft lipid colloids: competing effects of nanoparticle decoration and supported lipid bilayer formation. *ACS nano* (2011): 5; 4: 2619-2628
12. Akita H, Kudo A, Minoura A, Yamaguti M, Khalil IA, Moriguchi R, Masuda T, Danev R, Nagayama K, Kogure K, Harashima H. Multi-layered nanoparticles for penetrating the endosome and nuclear membrane via a step-wise membrane fusion process. *Biomaterials*. 2009; 30: 2940-2949.

#### THE AMINO-SILICA NANOPARTICLES COVERED BY LAYERS OF DNA AND LIPIDS CAPABLE TO REPLACE TOXIC LIPOPLEXES IN GENE THERAPY

Kuvichkin V.V.

*Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, 142290, Pushchino, Moscow reg., Russia; E-mail. [vvkuvichkin@gmail.com](mailto:vvkuvichkin@gmail.com)*

Nanoparticles (NP) used as DNA carriers in cells should have to advantages in comparison with already existing non virus gene delivery system type of liposomes [1], lipoplexes [2], "layer by layer" prepared hole capsules [3], etc. They should fulfill conditions: to have the big capacity for DNA, to be stable in physiological solutions (blood, blood plasma), to protect DNA from nucleases action, to get all possible cellular barriers on the way DNA to a nucleus, to be nontoxic for cells and an organism [4-6]. In order to compact the negatively charged DNA, a positively charged surface is required, and for transfection applications, the nanosystems must remain stable in suspension. It is also useful to minimize the amount of cytotoxic cationic lipid needed for DNA compaction in delivery applications. Taking into account these conditions it was prepared NP 200 nm in diameter by interaction of zwitterionic liposomes with DNA in presence of  $Mg^{2+}$ . These NP was stable in a buffer solution within a week. The stability of NP and their binding with proteins of plasma of blood should not differ strongly from cationic lipoplexes.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Тужилкин Д.А.<sup>1</sup>, Шитов А.В.<sup>2</sup>, Бородин А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Горно-алтайский государственный университет

[dmitry-88@mail.ru](mailto:dmitry-88@mail.ru), [sav@gasu.ru](mailto:sav@gasu.ru), [bas\\_56@mail.ru](mailto:bas_56@mail.ru)

В процессе эволюции живые системы научились приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды посредством подстройки внутренних физиологических ритмов к ритмам физических факторов – освещенности, температуре, влажности и т.д. Тем не менее, резкие нестационарные изменения подобных факторов приводят к нарушению адаптационных реакций живого организма, что в конечном итоге оказывается на его функциональном состоянии. Исследования последних лет показывают, что геомагнитное поле Земли, а в особенности сильные флуктуации поля, способны оказывать влияние на живые системы разного уровня организации. В частности, большое внимание уделяется исследованию влияния вариаций геомагнитного поля на человека. Показано, что состояние организма как здорового, так и, в большей степени, ослабленного тем или иным заболеванием человека существенно зависит от окружающей геомагнитной обстановки [1-4]. При этом наблюдается специфика отклика по различным нозологическим проявлениям [5].

Нетипичная для нормального функционирования живого организма геомагнитная обстановка наблюдается не только во время сильных геомагнитных бурь, но и в районах геомагнитных аномалий, обусловленных преимущественно различной намагниченностью верхней частей коры, в том числе в результате сейсмических процессов. В настоящее время геомагнитные аномалии являются одним из наименее исследованных экологических факторов риска для человека. На территории Российской Федерации существует достаточно большое количество подобных зон. Расположенные в местах проживания людей и городах (район Курской магнитной аномалии, Республика Алтай, Дальний Восток и др.), с учетом возрастающей антропогенной нагрузки, районы геомагнитных аномалий являются фактором существенного риска для здоровья и жизнедеятельности населения [6]. Исследования, проведенные ранее в 2011-2012 гг. в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения (2003 г.), на протяженных участках аномалией полного вектора магнитного поля, показали, что организм человека способен реагировать на изменяющиеся условия окружающей среды в пределах зоны активного разлома [7].

В данной работе представлены результаты экспедиционного исследования 1-2 августа 2013 года. Исследуемый участок представляет собой равнинную территорию (в пределах нескольких десятков квадратных метров) с расположенной в центре глыбой гнейсовых пород. Домены магнитосодержащих минералов в ней в связи с процессами динамометаморфизма приобрели четкую ориентацию, что и обусловило сильноградиентную неоднородность магнитного поля вблизи глыбы (порядка десятков тысяч нТл/м). Таким образом, в отличие от проведенных ранее исследований, район магнитной аномалии занимает ограниченный участок на местности. Во время экспедиции фиксировался весь возможный комплекс гелиогеофизических и климатических показателей в период проведения измерений. Общая планетарная геомагнитная активность за весь период проведения измерений была низкой ( $K_p = 1-2$ ).

Каждый из волонтеров, участвующих в эксперименте, жил вдали от магнитоаномальной зоны в лагере, проходил по одному и тому же маршруту с нахождением в зоне в течение 15-20 мин., после чего возвращался в лагерь тем же маршрутом (рис. 1).

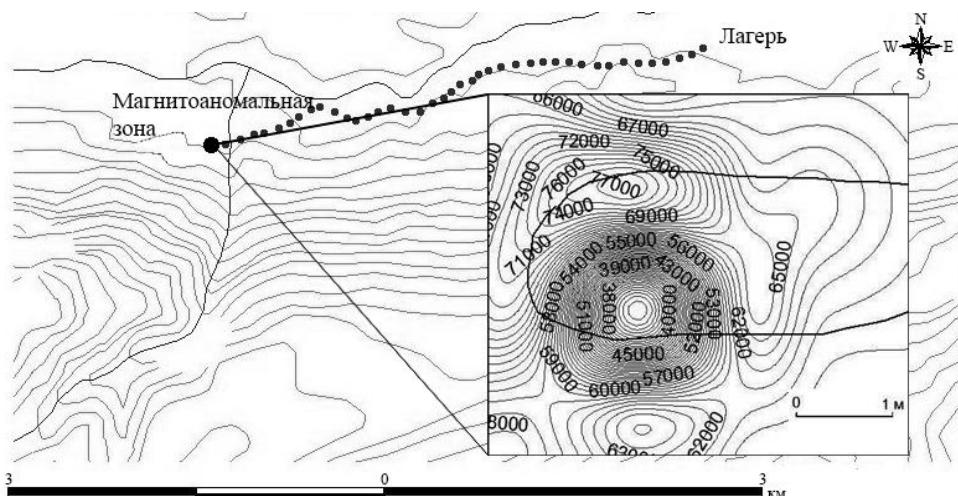


Рис.1 – Маршрут эксперимента с выделенной магнитоаномальной зоной (значения магнитного поля в нТ)

В исследовании принимали участие шесть волонтеров без существенных нозологических отклонений. Четверо из них оснащались холтеровским монитором «Валента» с целью круглосуточной регистрации электрокардиограммы, двое – монитором неинвазивной круглосуточной регистрации оксигенации крови и одновременной регистрации пульса WristOx. Далее четверо волонтеров (по два волонтера в сутки) – посещали магнитоаномальную зону, двое других (по одному в сутки) выступали в качестве «фоновых», находясь в это время в лагере. В первый день в качестве волонтеров выступали девушки в возрасте 20-23 лет, во второй день – мужчины, один в возрасте 23 лет и двое в возрасте 40-50 лет.

Для анализа адаптивных реакций организма на изменчивость условий окружающей среды были использованы временные ряды периода сердечных сокращений (R-R интервалы), полученные в результате анализа электрокардиограммы и данных регистрации пульса, а также ряды значений оксигенации крови.

На рисунке 2а представлена временная динамика среднего периода сердечных сокращений (показатель mRR) и стандартного отклонения (показатель SDNN) волонтера ЗЮА в первый день исследования, период усреднения – три минуты. Ввиду зашумленности исходных данных с целью увидеть общую тенденцию наблюдаемых переменных использовалась фильтрация исходных данных на основе фильтра Хемминга. На рисунке 2б представлена динамика среднего содержания кислорода в крови волонтера (показатель meanO2) и стандартного отклонения (показатель sdO2). Стрелками здесь и далее на рисунках обозначены: 1 – начало маршрута, 2 – пребывание в зоне градиентного магнитного поля, 3 – прибытие в лагерь.

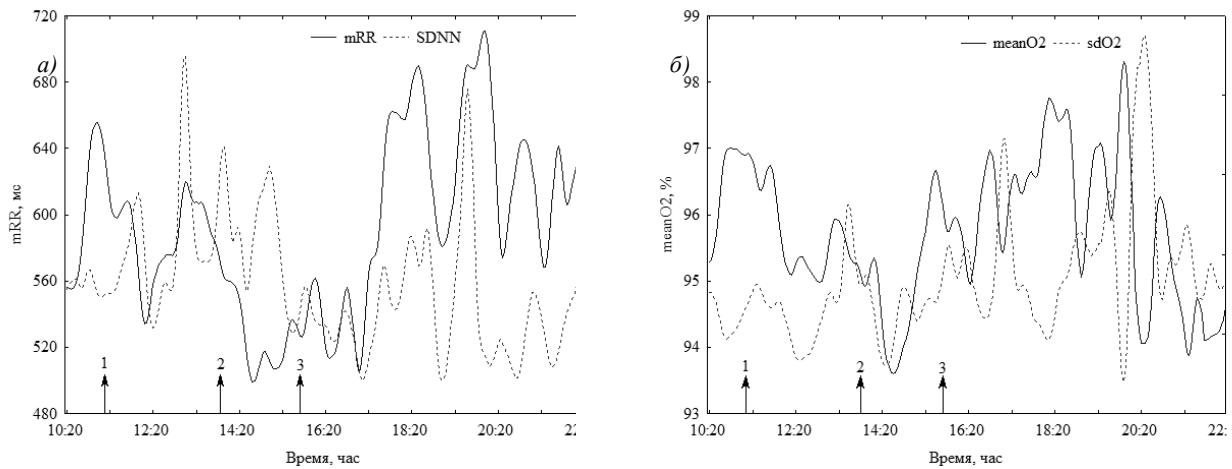


Рис. 2 – Временная динамика показателей изменчивости периода сердечных сокращений (а) и оксигенации крови (б) волонтера ЗЮА

В целом, момент посещения разломной зоны не обнаруживает существенного изменения вариабельности наблюдаемых показателей. При этом после покидания зоны по пути возвращения волонтера в лагерь наблюдается как учащение сердечного ритма (уменьшение mRR) по сравнению с интервалом до посещения, так и пониженный уровень содержания кислорода в крови. Данный результат можно трактовать как нарушение адаптационно-приспособительных реакций организма после пребывания в зоне магнитной аномалии, что хорошо согласуется с литературными данными. Второй волонтер НГМ, участвующий одновременно с первым в походе к исследуемой зоне, также обнаруживает учащение сердцебиения после выхода из зоны по пути в лагерь (рис. 3). Для фонового волонтера в лагере подобная динамика не наблюдается.

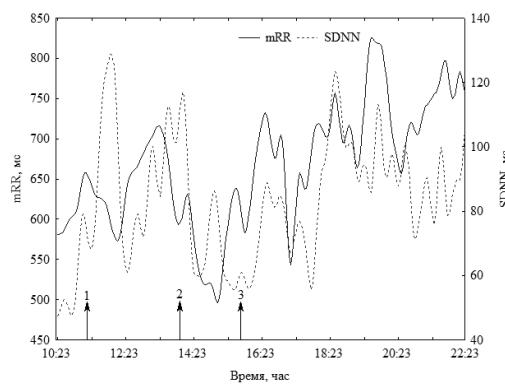


Рис. 3 – Временная динамика показателей изменчивости периода сердечных сокращений волонтера НГМ

Кроме того, проводился анализ спектральный плотности мощности колебаний ряда R-R интервалов. Дискретное преобразование Фурье дает возможность получить спектры изменяемости интервалов R-R синусового ритма. Эти спектры далее разделены по амплитуде частот на следующие поддиапазоны: VLF –

0.005-0.04 Гц; LF – 0.04-0.15 Гц; HF – 0.15-0.4 Гц; HF2 – 0.5-1 Гц. На рисунке 4 представлены результаты спектрального анализа вариабельности ритма сердца волонтера НГМ. Видно, что на момент пребывания в пределах зоны магнитной аномалии приходится пик в диапазонах частот LF (рис. 4а) и HF2 (рис. 4б).

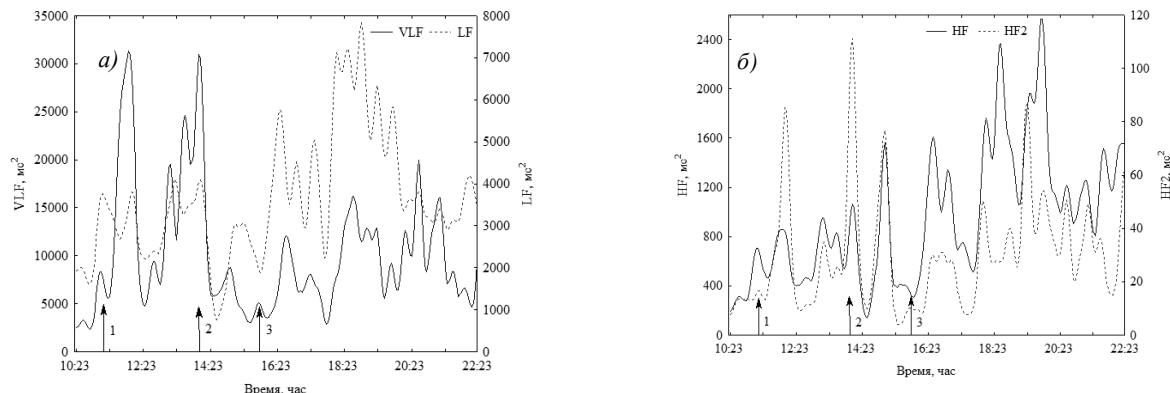


Рис. 4 – Результаты спектрального анализа колебаний ряда R-R интервалов волонтера НГМ

Результаты, полученные во второй день исследования, имеют похожую, хоть и менее выраженную динамику. Так, на рисунке 5а представлена временная динамика среднего и стандартного отклонения периода сердечных сокращений волонтера ШАВ. Данный волонтер принадлежит к возрастной категории 40-50 лет, и обнаруживает кратковременное учащение сердцебиения как во время вхождения в зону магнитной аномалии, так и по пути возвращения в лагерь после посещения зоны. Что касается уровня содержания кислорода в крови, то на протяжении всего похода он сохраняется на низком уровне, падая до минимального значения уже после возвращения в лагерь (рисунок 5б).

Другой волонтер ВДС (мужчина, 23 года), участвовавший в походе во второй день исследования, не обнаруживает существенных изменений в функционировании регистрируемых показателей активности сердечно-сосудистой системы. Наблюдаемые различия могут быть связаны как с гендерными или возрастными различиями (в первый день участвовали только девушки одной возрастной группы, во второй – мужчины разных возрастных групп), так и с индивидуальными особенностями организма человека, вариациями его физиологического состояния.

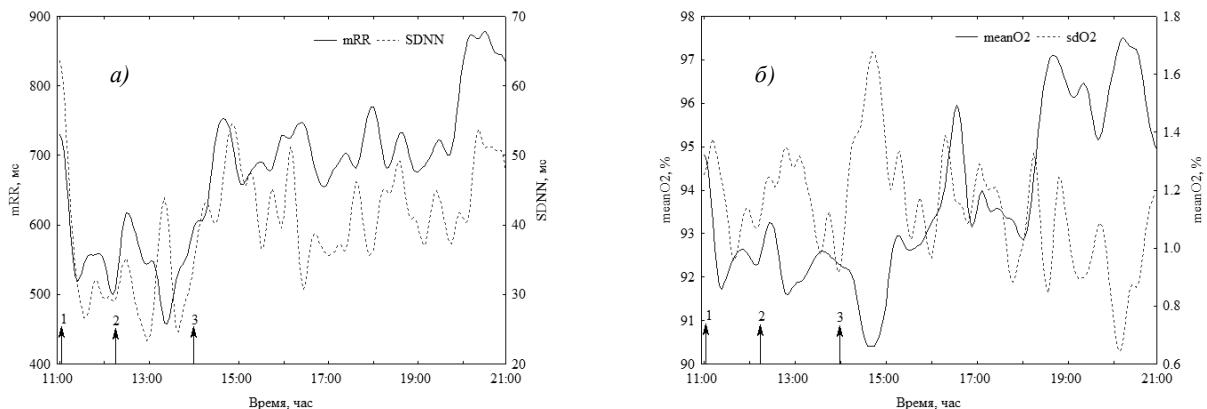


Рис. 5 – Временная динамика показателей изменчивости периода сердечных сокращений (а) и оксигенации крови (б) волонтера ШАВ

Таким образом, в результате исследования влияния пространственно ограниченной природной геомагнитной аномалии на организм человека обнаружено, что кратковременное пребывание человека в пределах зоны может привести к срыву адаптационных характеристик организма, что выражается в увеличении спектральной плотности мощности колебаний ряда R-R интервалов сердечного ритма в диапазонах 0.04-0.15 Гц и 0.5-1 Гц в момент нахождения в пределах зоны, в учащении сердцебиения после посещения исследуемой аномалии, а также сопровождается понижением содержания кислорода в крови после посещения зоны, которые в независимости от связи с системой дыхания могут специфическим образом реагировать на состояние окружающей среды. Предполагается, что различные гендерные и возрастные группы имеют специфическую реакцию на воздействие аномальных значений геомагнитного поля. Полученные результаты, ввиду малой статистики набранных экспериментальных данных по причине специфики экспедиционных исследований требуют верификации посредством проведения дальнейших экспериментов.

#### Библиографический список

1. Adey W.R. Biological effects of electromagnetic fields // J. Cell Biochem. 1993. V. 51, № 4. P. 410–416.
2. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.Н., Шебзухов К.В. Хроноструктура ритмов сердца и факторы внешней среды. М.: Полиграф сервис, 2002, 232 с.
3. Тужилкин Д.А., Бородин А.С. Воздействие физических полей окружающей среды на сердечно-сосудистую систему человека // Изв. вузов. Физика. 2012. – Т. 55, № 8/3. – С. 167-168.
4. Stoupel E., Petrauskienė J., Abramson E., Kalediene R., Sulkes J. Distribution of monthly deaths, solar and geomagnetic activity: their interrelationship in the last decade of the second millennium: the Lithuanian study 1990-1999 // Biomedicine & pharmacotherapy. 2002. V. 56. P. 301–308.
5. Borodin A.S., Tuzhilkin D.A., Gudina M.V., Vladimirska B.M. Phenomenological features of mortality and morbidity dynamics in Tomsk versus heliogeophysical activity // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2015, Vol. 51, No. 8, pp. 792-805.
6. Гудина М.В., Волкотруб Л.П., Бородин А.С. Риск развития инфаркта миокарда на участках территорий с различными уровнями электромагнитных полей // Казанский медицинский журнал, 2009, Т. 90, № 4, с. 481-484.
7. Shitov A.V., Borodin A.S., Tuzhilkin D.A., Apryatkina M.L. Influence of Physical Fields of Active Geological Faults on the Human Cardiovascular System // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2014, Vol. 50, No. 7, pp. 696-711.

### RESEARCH OF ADAPTIVE RESPONSE OF THE HUMAN BODY IN A SPATIALLY INHOMOGENEOUS GEOMAGNETIC FIELD

Tuzhilkin D.A.<sup>1</sup>, Shitov A.V.<sup>2</sup>, Borodin A.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University

<sup>2</sup>Gorno-Altaisk State University

*dmitry-88@mail.ru, sav@gasu.ru, bas\_56@mail.ru*

The results of expeditionary studies in August 2013 at the Chui region of the earthquake epicenter (2003), in the area, characterized by an abnormal performance of the spatial distribution of the geomagnetic field vector values. We studied the adaptive response of the human body by analyzing the variability of the cardiovascular system activity in a short stay in the region of the natural character geomagnetic anomaly. It is shown that a person entering the zone with abnormal magnetic field gradient levels can disrupt adaptive human body reaction that is accompanied by an increased level of functioning of the cardiovascular system after visiting zone and increasing the power spectral density of oscillations several RR intervals of heart rate in the range 0.04-0.15 Hz and 0.5-1 Hz at the time of finding within the zone.



### ГАРМОНИЯ ЗВУКА: ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗВУКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА. ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗ ЗВУКА

Ганьков Д. О., Садовский Н.В.

Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, [danygankoff@gmail.com](mailto:danygankoff@gmail.com)

В современном мире нас окружает огромное множество источников различных сигналов. Таковыми являются и источники звуков: аналоговые и цифровые. Информация, передаваемая ими воспринимается человеком на слух, а слуховое восприятие имеет свои особенности и определённые преимущества перед другими в силу своих физиологических свойств. Таким образом, например, мы ведём устный диалог, где говорящий передаёт определённую суть путём извлечения последовательностей звуков, модели которых задаются языками и физиологией говорения, а слушатель – принимает эту информацию, слыша, и анализирует её, после чего осознаёт идею, которую до него пытаются донести. Помимо речи, звук полон неосознаваемых образов, передаваемых музыкой – сочетания звуков способны вызывать у человека сильные чувства и психологически способствовать эмоциональному подъёму.

Целью работы было создание алгоритма программной генерации сигналов с заданными параметрами и функцией и исследование воздействия сгенерированных с помощью своего алгоритма, опираясь на музыкальную теорию, волн на психику человека. Помимо этого, звуки были использованы в профессионально-записанном музыкальном миксе, наряду с акустическими инструментами.

Для изучения аудио-сигналов был составлен программный синтезатор, генерирующий файлы WAV с сигналами, строящимся либо по заданным периодическим математическим функциям, либо по Фурье-образам, стремящимся к виду заранее заданных математических функций путём сложения гармоник<sup>[1]</sup>. Высота волны задаётся любая, что даёт возможность изучить поведение сигналов частот, близких к порогам слышимости

человека. При демонстрации работы, помимо воспроизведения сгенерированных звуков, для большей наглядности показывается и их изображение на осциллографе.

Очень важно уметь передавать звуковую информацию таким образом, чтобы она была однозначно понятна реципиенту. Возникающие при передаче информации проблемы, как, например, помехи радиотехники, как следствие, возникновение шумов, погрешности сжатия цифровых сигналов – всё это может помешать точности и однозначности восприятия. Поэтому важно четко понимать физику звуковых сигналов на уровне их источников. То есть, если мы должны передать цифровой сигнал, предварительно сжав его до меньшего размера, путём уменьшения частоты дискретизации аудио, то нужно чётко понимать, что при этом возможны сильные искажения в спектре частот, особенно ближе к верхней границе, вплоть до “обрезания” части спектра, а это, в свою очередь, может сделать невозможным восприятие определённой части информации. Всё это видно при генерации сигналов с определёнными параметрами при помощи составленной программы.

Возможны определённые манипуляции с сигналами с целью улучшения их восприятия. Запись речи может иметь лишние шумы, мешающие её прослушиванию. При этом имеются в виду не обязательно цифровые сигналы. Например, на запись легли шумы на пороге в -20 дБ (пусть голос – 0 дБ) из-за технических особенностей записывающего устройства. Разумно пропустить сигнал через такую модель: каждое значение, меньшее -18 дБ, приравнивается  $-\infty$  дБ, поэтому шумы становятся неслышимыми, если говорящий молчит. Также можно обрезать сигнал в спектре частот до 300 Гц и после 4 кГц (стандарт телефонии<sup>[2]</sup>), так как эта полоса частот является определяющей в передаче голосовой информации. А шум становится особенно слышен вверху спектра, ближе к 20 кГц. Таким образом обработанный сигнал может быть более отчетлив, нежели исходный.

Очень большие возможности обработки звуковых сигналов открываются в современное время, когда так распространено представление информации в цифрах. За малым исключением, у каждого в доме есть какая-нибудь вычислительная машина, будь то компьютер, лэптоп, телевизор, смартфон – все эти устройства работают по заданным (или динамическим) алгоритмам, представленных цифрами. Таким образом возможно передавать и звук. Цифровой сигнал максимально точно передаёт исходный аналоговый и воспроизводится при помощи специальных средств: колонок, мониторов и прочих устройств, создающих колебания по значениям, заданным в файле. Аудио – неотъемлемая часть телевидения, информация может передаваться по радио и прочее. И тут снова встают вопросы о физике воспроизводимых сигналов (как сделать их максимально естественными) и физиологии восприятия звука человеком. Второй фактор является ведущим – знание этой самой физиологии. Ошибки в конструкции устройств могут не просто сделать невозможным восприятие информации, но и нанести ущерб здоровью пользователя.

Изучение прямого воздействия звука на организм человека является актуальным. С точки зрения медицины важно изучение психоакустики. Например, непрерывные сигналы с частотой, близким к верхней границе слышимых (около 20 кГц) могут наносить вред общему состоянию слушателя, вызвать головные боли. Звуки, громкостью больше 120 дБ<sup>[3]</sup>, способны нанести вред слуху. Соблюдение норм, принимаемых на основе изучения реакции организма на сигналы с определёнными параметрами, способно предупредить возникновение различных заболеваний.

Огромную роль в жизни человека играет музыка. Несмотря на весь глубокий художественный смысл этого высказывания, психологически так оно и есть. Музыка окружает нас со всех сторон, она может задавать определённый ритм жизни людям, помогать в трудную минуту – это определённого рода философия. Однако важно понимать, что именно сочетания звуков определённых частот, с динамикой, своим темпом (привязкой ко времени), могут вызвать у человека массу положительных эмоций, пробудить воспоминания, подобно сильно знакомым запахам. Поэтому важно изучение гармонии звуков с точки зрения физики – изучение поведения одних волн при суммировании с другими и их влияние на сознание человека, появление определённых звуковых и музыкальных образов.

Синтез звука, особенно цифровой, открывает огромные горизонты в изучении физики музыки, потому что он позволяет генерировать сигналы, максимально точные по частоте и математическому образу функции. Это позволяет точно проследить за поведением звуковых волн при их взаимодействии. Музыкальная теория основывается на тонах, высоты которых возможно просчитать математически<sup>[4]</sup>. Точными значениями сгенерированные волны можно складывать в интервалы, аккорды, параллельно наблюдая и изучая реакцию людей на получающиеся сигналы.

Таким образом, возможно создание определённых сигналов, способных положительно воздействовать на психику человека. Имеет место создание релаксирующих, математически точных звуков с помощью программного синтеза.

В докладе будут продемонстрированы различные музыкальные примеры, показывающие физику сигналов при суммировании, их поведение, сравнение тональной и атональной музыки с целью получения возможности сравнения их звучания и, как следствие, реакции слушателей. Будет показан описанный выше способ очищения сигнала от помех с целью лучшего восприятия информации, будут показаны и озвучены примеры специфических сигналов, таких как волны 16 Гц (при наличии воспроизводящего оборудования), 18 кГц, Фурье-образы некоторых сигналов с различными количествами гармоник.

В дальнейшем хотелось бы глубже изучать как физику звука в общем, в том числе и особенности акустики, и синтез звука, так и воздействие музыки на человека не только с физической точки зрения, но и с

психологической, отвечая на главный вопрос: почему же мы можем чувствовать музыку и какова её роль в нашей жизни?

#### Библиографический список

1. *Данко П.Е.* Высшая математика в упражнениях и задачах. В 2 ч. Ч. 2: Учеб. пособие для вузов. – 2003.
  2. *Варташян И. А.* Звук — слух — мозг. Л.: Наука, 1981.
  3. Изменения от интенсивного производственного шума - «Профессиональные заболевания ЛОР-органов», *В.Е. Остапкович, А.В. Брофман.*
  4. *Тюлин Юрий Николаевич.* Краткий теоретический курс гармонии. — М.: Музыка, 1978.
- Расчёт ведётся относительно тона “ля” – 440 Гц.

### THE HARMONY OF SOUNDS: SOUND SYNTHESIS AND IMPACT OF SOUNDS ON HUMAN ORGANISM

Gankov Daniil

Vladimir State University, [danygankoff@gmail.com](mailto:danygankoff@gmail.com)

The methods of analysis of sound impacts on human organism and research in the sound synthesis field. Comparison of different periodic signals and their Fourier-image.



### НЕМЕДИЦИНСКОЕ СУЖДЕНИЕ ОБ ОБРАТИМОМ НАПРЯЖЕНИИ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Кузнецов А.А.

Владимирский государственный университет, e-mail: artemi-k@mail.ru

#### Введение

Клиническая медицина занимается лечением больных людей. Патологическая физиология исследует закономерности развития и результирующего эффекта патологических отклонений и дефектов в больном организме, а нормальная физиология – в здоровом. Между указанными крайними состояниями недавно введена категория донозологического состояния [1]. Для исследования этого состояния рекомендованы методы вариабельности сердечного ритма [2]. Однако переходные состояния: норма – донозология, донозология – преморбидное состояние, не исследованы. В этих состояниях люди лечатся сами и либо вылечиваются, либо переходят в категорию больных.

Вероятно, такие пограничные состояния могут быть отнесены к предмету изучения в рамках нормальной физиологии. Однако, общая методика исследования в этой части сильно сдвинута за последние 50 лет в область микро- и даже нанобиологии (квантовые точки). Автор подходит к исследованию организма человека «постаринке», т.е. функционального состояния всего организма целиком. В этой части живая материя как полуоткрытая система представляется системной иерархией с общим «мягким» управлением при непрерывном действии процессов регуляции, reparации и санации. Сигналы от высших уровней иерархии не имеют характера жестких команд, подчиняющих активность всех подсистем и индивидуальных особенностей более низких уровней, но предопределяют переходы подсистем от одного режима функционирования к другому. Структурам каждого последующего все более низкого уровня «иерархической лестницы» непрерывно предлагается проходить через динамическую операцию выбора. Результирующим критерием в динамическом переборе вариантов, вероятно, будет являться вариант динамики наибольшей алгоритмической целесообразности [3, 4].

#### Функциональная модель динамики управляющего фактора обратимого заболевания

Развитие некоторых видов воспалительных процессов в организме в острой фазе (ОФ) условно, но общепринято можно представить пропорционально изменению температуры тела человека, как следствие фактора напряжения регуляторных систем организма человека.

С акцентом на условность обозначим уровень заболевания неким результирующим (управляющим) фактором  $A$  фазы заболевания. Пусть заболевание протекает естественно в рамках адаптационных реакций организма без осложнений, например, гриппозное заболевание молодого здорового организма. Это дает резонные основания для общего представления изменений  $A$  в простых графической (рис. 1) и аналитической

формах записи:  $A = A_0 + Bt^2 e^{-Ct^2}$ , где  $A_0$  – начальный фактор  $A$ , определяющий уровень необратимости начала заболевания,  $t$  – текущее время.

Предположение о естественном протекании процесса в рамках адаптационных возможностей организма позволяет данную модельную зависимость  $A(t)$  трактовать как сопутствующую развитию заболевания функцию напряжения регуляторных систем организма человека с учетом постоянной времени отложенного действия. В этом случае  $A_0$  – начальный уровень напряжения регуляторных систем. В общем случае величина  $A_0$  – переменная для обоих вариантов трактовки, но с наиболее вероятными малыми изменениями на коротких интервалах времени и большими – на больших интервалах времени (например, сезонными). Если принять, что динамика фактора  $A$  при «обратимом» заболевании качественно повторяет динамику стресс-индекса ( $SI$ ), то следует признать, что она обратна динамике информационной энтропии ( $I^*$ ) ритма сердца [5].

Величина  $A_1 = A_{\max}$  при значении аргумента  $t_1$  определена как соответствующая экстремальной точке на графике (рис. 1) при  $dA/dt = 0$ . В таком случае  $t_1 = 1/\sqrt{C}$ , или  $C = 1/t_1^2$  с приведением принятой модельной формы к виду:

$$A = A_0 + Bt^2 e^{-(t/t_1)^2} \quad (1)$$

Оценочная трактовка параметра  $B$  более сложна. Величина этого комплексного параметра должна быть пропорциональна текущему значению  $A$ . Она предопределяет и форму кривых, и их амплитудные значения, задавая скорость изменения величины  $A$  и конкурируя с обратной экспонентой за значение  $A_1$  и за длину «хвоста» (фазу условного выздоравливания) функции  $A(t)$ . Таким образом, оставляя в стороне мнимую составляющую параметра, отвечающую за хроническое течение болезни с отложенными осложнениями, получаем, что вещественная часть параметра  $B$  должна быть пропорционально связана с величиной обратного интервала времени  $1/t_1$ . Именно в этом случае исходная формула обретает интересное свойство: ее интеграл не меняется при изменении значения  $B$ , что, в свою очередь, позволяет представить семейство кривых функции  $A(t, B)$  при  $B_1 > B_2 > B_3$  (рис. 2). В таком случае  $A_1 > A_2 > A_3$  с появлением возможности внешней регуляции взаимозависимых параметров: максимума фазы заболевания, периода ОФ и длительности заболевания. С одной стороны параметр  $B$  становится реактивным параметром применения внешней регуляции, например медикаментозного лечения, с другой стороны приведенное выше неравенство порождает вопрос о предельном пороговом значении  $B$ , определяющем пороговое значение  $A_{\text{порог}}$  при минимальном значении  $t_1$ .

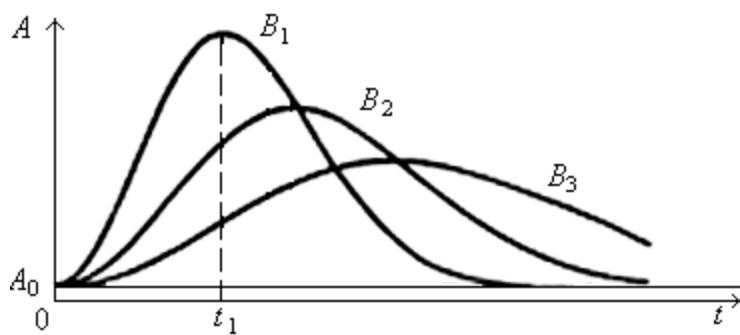


Рис. 1. Графическая качественная форма текущей Фазы заболевания

В рамках предложенной функциональной модели рассмотрим простейший случай внешней регуляции с учетом свойств «функции заболевания»  $A(t)$ . Если в режиме  $B_1$  величина  $A$  становится больше пороговой  $A_{\text{порог}}$  (рис. 3), то во избежание нелинейных необратимых эффектов с последующими реальными осложнениями, рожденных несоответствием фазы заболевания и допускаемого организмом уровня адаптации, как напряжения регуляторных систем, следует «сбить» быстрый рост фазы заболевания (например, «сбить» температуру). Проведение эффективных терапевтических процедур переводят «кривую заболевания» на иной режим ОФ  $B_2$  при  $t_2$ . В таком случае и величина  $\Delta t$  для ОФ, и фаза выздоровления обязаны расти (рис. 3).

Заболевание, проходящее (захватываемое) в рамках естественной адаптации организма, имеет формально одинаковую динамику с рассмотренным выше модельным случаем и может быть представлено графической и аналитической формах (см. рис. 1 – 3). Например, хроническая форма заболевания в рамках приведенной

логики описывается очень малыми значениями  $B$  и большими значениями  $t_1$ . такое сочетание в стационарном случае приводит к вырождению кривой  $B_3$  на рис. 2. в гармоническую форму с начальным уровнем напряжения регуляторных систем  $A_0 + A_3$ .

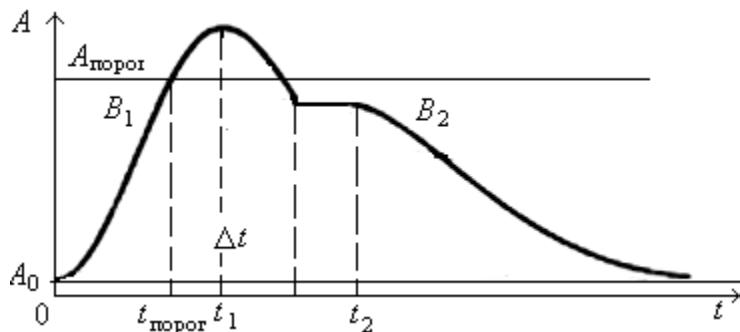


Рис. 3. Модельная иллюстрация терапевтического вмешательства в функцию текущей фазы заболевания

Обычно, полагается, что бурное развитие вирусной или бактериальной популяции в организме человека определяется начальным числом попавших в организм возбудителей, состоянием организма по готовности к их нейтрализации в пределах нормы и реакцией организма при их численности и активности вне пределов индивидуальной нормы [4]. В рамках этого общепринятого положения предполагается существование индивидуального текущего значения предела нормы по каждому типу возбудителя, определяющее значение  $A_0$ , как предельный уровень напряжения регуляторных систем диапазона нормы (см. рис. 1 – 3).

С одной стороны и как указывалось выше величина  $B$  в рамках предложенной вещественной функциональной связи должна быть пропорциональна значению фактора  $A$  фазы заболевания. Уменьшение значения  $B$  приведет к сглаживанию кривой с предельным вырождением ( $B \rightarrow 0$ ) в горизонтальную линию на уровне  $A_0$ . Рост значения  $B$  приведет к условию  $A \rightarrow A_{\text{порог}}$ , а далее, при  $A > A_{\text{порог}}$  с необходимостью медикаментозного вмешательства для предотвращения излишней нагрузки на критические органы и ткани (сердце, сосуды) (рис. 3). С другой стороны характерный интервал времени замыкания кривой фактора  $A$  на горизонтали уровня  $A_0$  фиксирует площадь под этой кривой для одного и того же возбудителя, но при разных состояниях организма человека. Таким образом, величина  $B$  становится ответственной за текущий уровень состояния иммунной системы человека. Уменьшение значения  $B$  предлагается трактовать сжатием рамок адаптационных реакций организма или снижением разрешенного максимального уровня напряжения регуляторных систем.

В рамках предлагаемой модели рассмотрим другой пример простудного или гриппозного заболевания, протекающего без вмешательства, в двух вариантах для двух разных организмов (молодого и пожилого):  $t_1 = 2$  суток,  $t = 6$  суток;  $t_1 = 3$  суток,  $t = 6$  суток. В обоих случаях 6 суток характеризует завершение заболевания с выходом фактора  $A$  на уровень  $A_0$ . В таком случае второе слагаемое формулы (1) будет стремиться к нулю. Это будет возможно, если в первом случае  $B \ll 900$ , сут $^{-2}$ , а во втором –  $B \ll 14$ , сут $^{-2}$ . Интерпретация единиц измерения величины  $B$  приведена выше. Однако, результаты оценки этой величины позволяют поправить ранее предполагаемую зависимость  $B \sim 1/t_1$  на иную форму:  $B = D/t_1^2$ . Тогда для приведенного примера безразмерный критерий состояния иммунной системы:  $D_1 = 225$ , а  $D_2 = 1,56$ .

Конечно, для одного и того же организма кривая  $A(t)$  должна иметь по представленной модели одну и ту же площадь. Уравнение этой кривой с учетом вышесказанного:  $A = A_0 + D\left(\frac{t}{t_1}\right)^2 e^{-(t/t_1)^2}$ , или

$$A = A_0 + Dp^2 e^{-(p)^2}, \quad (2)$$

где  $p = t/t_1$  – безразмерный параметр текущего времени заболевания относительно интервала времени ОФ.

Приведенные результаты анализа и используемая терминология относятся к случаю выполнения следующего предположения автора: иммунная система человека при обратимых заболеваниях работает в реакционном режиме в рамках заданных пределов напряжения регуляторных систем. Предельный уровень напряжения регуляторных систем и иммунореактивность пропорциональны общему уровню функционального состояния организма человека. Текущий уровень напряжения регуляторных систем обратно пропорционален текущему уровню функционального состояния организма человека. Скорость роста заболевания, заданная временной квадратичной функцией, подавляется непрерывным действием иммунной системы, принятым в представленной модели релаксирующей функцией обратной экспоненты.

Квадратичная форма зависимости весьма условна и принята для удобства и простоты изложения. Показатель степени при параметре  $p$  может быть любым, и даже переменным. Именно этот параметр определяет скорость развития заболевания, а на графике – крутизну кривой в интервале времени  $0 - t_1$ .

**Выводы**

1. В рамках предложенной функциональной модели обратимого заболевания человека становится возможной количественная оценка динамики заболевания по стадиям: от начала – до полного выздоровления.
2. При сопоставлении характеров протекания однотипных заболеваний одного и того же человека в разное время удобно использовать функциональную форму (2) с безразмерным критерием  $D$  иммунной системы

**Библиографический список**

1. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина. 1997. – 235 с.
2. *Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // European Heart Journal.* 1996. V.17. P. 354 – 381.
3. Кузнецов, А. А., Палей М. С. Определяющие явления активности материи / А. А. Кузнецов, М. С. Палей // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине. Форум идей. – СПб : ПГУ. 2000. – С. 48.
4. Кузнецов, А. А. Формы активности материи / А. А. Кузнецов // Циклы. Ставрополь - Кисловодск : Сев.-Кавк. ГТУ. 2001. – С. 100 – 101.
5. Кузнецов А.А. Системный анализ и обработка электрокардиографической информации. Дисс... д.т.н. – Н.Новгород: 2012. 297 с.

**NOT MEDICAL JUDGMENT ABOUT AN INTENSIFICATION OF A PERSON ORGANISM REGULATING SYSTEMS**

Kuznetsov A.A.

The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evicha Stoletovyh

In a format of simple functional model of the person organism functional state at convertible disease the opportunity of an estimation of an intensification dynamics of a person organism regulating systems is shown. Characteristic stages of illness are considered in analytical and graphic formats: the beginning, peak, recovery. Attempt of modeling of therapeutic influence on dynamics of illness is made. The criterion of a condition of an organism immune system is offered.

Key words: an intensification of a regulating systems, an organism of the person, functional model

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ**

Решетникова М. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет), [reshetnikovamariaalex@gmail.com](mailto:reshetnikovamariaalex@gmail.com)

Вариабельность ритма сердца (ВРС) – это естественные изменения интервалов времени между сердечными сокращениями. ВРС в состоянии полного покоя и отсутствии каких-либо внешних возмущающих факторов имеет внутреннее происхождение. В основе такой вариабельности лежат регуляторные колебания и биологические ритмы физиологических процессов [1,2]. Факторами внешними причин ВРС являются физическая нагрузка, стресс, переменная гравитация и др.

Условия искусственного изменения гравитации можно создать на короткорадиусной центрифуге [3], изменяя частоту ее вращения. Так, например, частота 12 обор/мин соответствует гравитации Луны, в то время, как естественная гравитация Земли моделируется частотой вращения 30-34 обор/мин [4].

С помощью системы динамического мониторинга сердечно-сосудистой системы регистрируется электрокардиографический (ЭКГ) сигнал. На рисунке 1 приведена структурная схема системы динамического мониторинга сердечно-сосудистой системы человека; на рисунке обозначены: ПКП – персональный комплект пациента; ССД – сервер сбора данных; РСВ – рабочая станция врача. Персональный прибор пациента в режиме реального времени передает информацию в стандарте Bluetooth на смартфон или планшет со встроенным GSM/GPRS модулем для сбора информации с датчиков биологических сигналов и передачи по сетям GPRS на сервер сбора данных, функционирующий на основе облачных технологий. Рабочие станции врача имеют доступ к необходимым данным пациентов, хранящимся на сервере сбора данных.

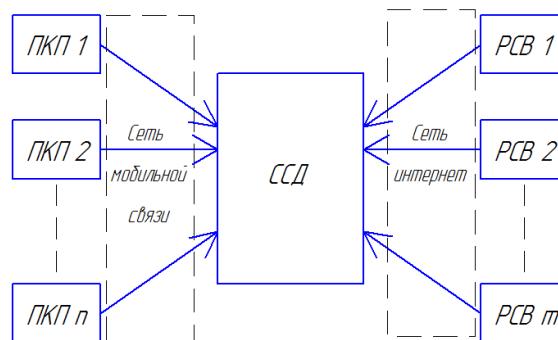


Рис. 1 – Структурная схема системы динамического мониторинга сердечно-сосудистой системы.

Для группы из 12 испытуемых разного пола проводились следующие испытания: вращение на короткорадиусной центрифуге проходило в двух режимах – 0 обор/мин (состояние покоя лежа) и 30 обор/мин. Регистрация ЭКГ сигнала составляла 5 минут на каждый режим. Полученные данные были обработаны и проанализированы в программе MATLAB. Первичная обработка зарегистрированного ЭКГ сигнала заключается в фильтрации полученных данных от высокочастотных помех и шумов.

Расчет статистических и спектральных оценок проходит в два этапа. Сначала первым программным файлом обрабатывается полученный ЭКГ сигнал. Из обработанного сигнала выделяется матрица RR интервалов, которая записывается в текстовый файл. Далее второй программный файл работает с матрицей RR интервалов, рассчитывая статистические и спектральные оценки, которые так же формируются в текстовый файл.



Рис. 2 – Схема алгоритма обработки параметров ВСР.

Анализ параметров ВСР осуществляется статистическим и спектральным и нелинейным методами, в котором использовались такие оценки, как SDNN, RMSSD, TP, LF/HF и  $\alpha$ .

1) SDNN – среднеквадратичное отклонение величин кардиоимпульсов (КИ) за весь рассматриваемый период:

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (NN_i - \bar{NN})^2},$$

где:  $NN_i$  – значение  $i$ -го КИ,  $\bar{NN}$  – среднее значение длительностей КИ,  $N$  – размер выборки КИ.

2) RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар КИ:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (NN_{i+1} - NN_i)^2}$$

3) TP – общая мощность спектра. Вычисляется по формуле:

$$TP = \frac{HF + LF}{VLF},$$

где  $VLF$  – компонент, отражающий действие различных факторов, к которым относят, например, сосудистый тонус, систему терморегуляции и др.  $TP$  позволяет оценить суммарную активности воздействий на ритм сердца вегетативной нервной системы [7].

4)  $HF$  (High frequency) компонент показывает влияние блуждающего нерва на работу сердца.  $LF$  (Low frequency) компонент показывает влияние симпатического и парасимпатического отделов на сердечный ритм.  $LF/HF$  – характеризует баланс влияния парасимпатического и симпатического отделов на сердце.

5) Вычисление показателя флюктуации  $\alpha$  для анализа нелинейной динамики последовательности КИ состоит из пяти этапов:

1. Составление кумулятивной суммы  $X_t$  для  $X_i$  КИ:  $X_t = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})$ , где:  $\bar{X}$  – среднее значение элементов последовательности,  $N$  – общее количество элементов последовательности интервалов.

2. Разбиение кумулятивной суммы  $X_t$  на временные окна равной длины  $L$ . Для каждого временного окна составляется интерполяционный полином, в случае использования метода DFA первого порядка это линейный полином  $Z$  [8].

3. Вычисление среднеквадратичного отклонения для каждого временного окна  $F$  по формуле:

$$F = \left[ \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L (X_{ij} - Z_j)^2 \right]^{0.5}$$

4. 2 и 3 этапы вычисления повторяются для различных значений  $L$ .

5. Определение характеристического показателя (показатель флюктуации первого порядка) зависимости  $F(L)$  как отношение логарифмов изменения  $F$  в зависимости от изменения  $L$ .

Расчет статистических, спектральных и нелинейных оценок проходит в два этапа. Сначала первым программным файлом обрабатывается полученный ЭКГ сигнал. Из обработанного сигнала выделяется матрица  $RR$  интервалов, которая записывается в текстовый файл. Далее второй программный файл работает с матрицей  $RR$  интервалов, рассчитывая статистические, спектральные и нелинейные оценки, которые так же формируются в текстовый файл.

Далее оценки сравнивались для двух режимов гравитации в диаграмме «ящик с усами». Примеры диаграмм для рассчитанных оценок приведены ниже.

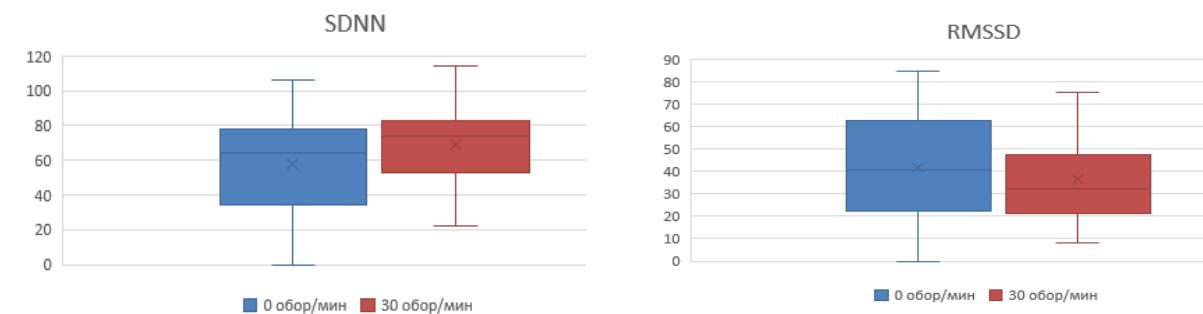


Рис. 3 – Диаграмма «ящик с усами» для статистической оценки: а) SDNN, б) RMSSD.

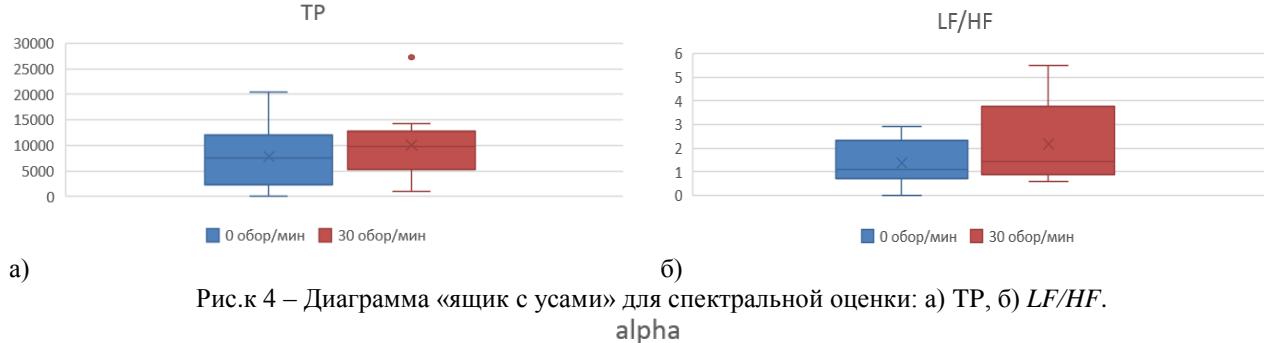


Рис.4 – Диаграмма «ящик с усами» для спектральной оценки: а) TP, б) LF/HF.

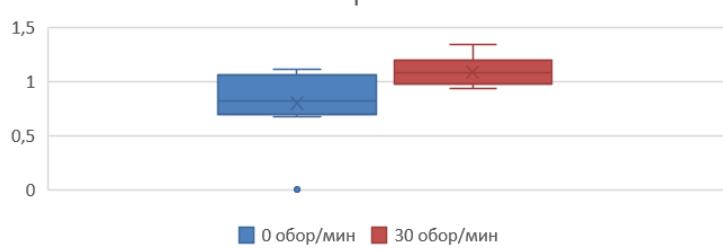


Рис. 5 – Диаграмма «ящик с усами» для нелинейной оценки  $\alpha$ .

Вывод: На данном исследовании ВСР при изменении условий переменной гравитации была протестирована система динамического мониторинга сердечно-сосудистой системы. Полученные с ее помощью записи ЭКГ сигналов были успешно обработаны и проанализированы, что позволит в дальнейшем сделать вывод о том, как влияет изменение условий переменной гравитации на состояние человеческого организма.

#### Библиографический список

1. Комаров Ф.И., Захаров Л.В., Лисовский В.А. Суточный ритм физиологических функций у здорового и больного человека. - Л.: Медицина, 1966. - 200 с.

2. Макаров Л.М. Особенности вариабельности циркадного ритма сердца в условиях свободной активности. Физиология человека т. 24 N 2 1998 с.56-62.
3. Котовская, А. Р. Медико-биологические аспекты проблем создания искусственной силы тяжести [Текст] / А. Р. Котовская, А. А. Шипов, И. Ф. Виль-Вильямс. – М.: Слово, 1996.
4. Акулов В.А., Макаров И.В. Методология и результаты исследования периферического кровотока в сеансах гравитационной терапии. – Самара: Известия СНЦ РАН, т.15, №6, 2013
5. Bauer A. et al. Phase-rectified signal averaging detects quasi-periodicities in non-stationary data // Physica A. – 2006. – Vol. 364. – P. 423–34.
6. Рябыкина, Г. В. Вариабельность ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. М.: Оверлей, 2001. - 200 с.
7. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / Р. М. Баевский [и др.]. М., 2002. - 53 с.
8. Биотехнические системы мониторинга и анализа сердечного ритма: Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т.; сост. А.А. Федотов; Самара, 2014. 28 с.

## ESTIMATION OF HRV PARAMETERS IN CONDITIONS OF ARTIFICIAL GRAVITY

Reshetnikova M. A.

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolev (National Research University),  
[reshetnikovamariaalex@gmail.com](mailto:reshetnikovamariaalex@gmail.com)

The impact of artificial gravity leads to certain changes that adversely affect the human's body function: the pressure decreases, the water-salt balance changes, osteoporosis develops, blood motion breaks, the muscle atrophy occurs and etc. At the moment there are many ways of estimation of HRV parameters in conditions of artificial gravity.

This paper presents the results of the evaluation parameters of heart rate variability (HRV) under the influence of artificial gravity, simulated using short-arm centrifuge. The changes in heart rate variability parameters are noted by changing the intensity of gravitational effects.



## РОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА В ЗАЩИТЕ ОРГАНИЗМА ОТ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Гулидова Г.П., Струкова Е.В.

Москва, ООО Научно-производственный медико-биологический центр “ИНДИВИД”

Любое проявление жизни связано с затратами энергии. В связи с этим одной из основных функций живого организма является способность к энергообеспечению за счет внешних и внутренних энергетических ресурсов.

Образование энергии происходит в сложной цепи реакций окислительного и гликолитического превращения ряда веществ. Существенно более эффективным является окислительный путь превращения веществ, локализованный в митохондриях (МХ) - клеточных органеллах размером 0,5-1,5 мкм, являющихся молекулярными энергетическими станциями организма, образующими энергию для обеспечения практических всех функций организма [15].

МХ несут в себе генетическую информацию, которая в значительной мере определяет цитоплазматическую наследственность организма и его склонность к развитию того или иного заболевания. В генетическом контроле структуры и функции МХ участвуют как хромосомные гены ядра, так и автономные генетические детерминанты МХ.

При митохондриальных патологиях возникают специфические клинические нарушения, чаще всего в мышечной и нервной системах, поскольку эти ткани требуют высокого энергообеспечения, что делает их особенно уязвимыми при митохондриальной дисфункции. Эти заболевания получили название митохондриальных энцефаломиопатий, которые имеют общие клинические симптомы: в мышцах - мышечная слабость, истощение, офтальмоплегия (нарушение функции глазных мышц); в нервной системе - расстройство координации, глухота, умственная отсталость, психические заболевания, в сердце - сердечный блок, кардиомиопатическая гипертрофия; в эндокринной системе - бесплодие, диабет, гипотиреоз.

Все физиологические и биохимические процессы, протекающие в организме, тонко отрегулированы. Система регуляции гибко изменяет величину ответных реакций организма на экстремальные воздействия.

Особую роль в этом плане играет функциональное состояние МХ, через нормализацию процессов окисления и образования энергии появляется возможность влияния на развитие адаптационного синдрома и улучшение физиологического состояния организма.

Исследовать окислительные и биоэнергетические процессы в МХ человека затруднительно в силу ограниченной доступности тканевого материала. По этой причине о состоянии этих процессов у человека в основном судили по изменению содержания продуктов энергетического обмена в жидкостных средах организма, что малоинформативно и не позволяет исследовать глубинные механизмы нарушения биоэнергетики при разных физиологических и патологических состояниях организма.

Одним из методов решения этого вопроса является исследование биологической активности жидкостных сред организма, через которые осуществляется гуморальная регуляция процессов окисления и образования энергии, а также других биохимико-физиологических процессов в клетках.

В литературе имеются единичные экспериментальные работы, посвященные исследованию воздействия биологических жидкостей человека (сыворотка и плазма крови, спинно-мозговая жидкость) на окислительные процессы в различных тест-объектах. [14,16,22,23,24] Однако, в этих работах жидкостные среды использовались в нефизиологических, высоких концентрациях, что вызывало необратимые изменения изучаемых процессов и приводило к отсутствию четких различий между нормой и патологией.

В нашей работе рассматриваются:

1) Новые методологические подходы к изучению биоэнергетических процессов у человека в норме, при различных заболеваниях (шизофрения, маниакально-депрессивный психоз (МДП), эпилепсия) и воздействии на организм экстремальных факторов – радиация, с использованием биологически-активных компонентов сыворотки крови пациентов и ее фракций.

2) Выявляются особенности нарушения процессов окисления и образования энергии в зависимости от формы заболевания и разрабатываются способы нормализации биоэнергетических процессов с целью повышения эффективности индивидуальной терапии заболеваний разного генеза.

#### **Материал и методы исследования**

Работа проводилась на МХ, изолированных из тканей животных методом дифференциального центрифугирования.

В качестве фактора, изменяющего функционирование МХ, используется сыворотка крови пациентов, содержащая эндогенные регуляторы биоэнергетических процессов. Гулидовой Г.П. были разработаны физиологические условия эксперимента при которых нарушения биоэнергетики носят функциональный характер и могут быть нормализованы под влиянием различных факторов [4].

Исследование процессов энергетического метаболизма проводилось полярографическим методом[21].

В работе рассматриваются следующие показатели энергетического обмена:

V3- скорость фосфорилирующего окисления в присутствии АДФ в среде инкубации,

V4- скорость окисления после фосфорилирования АДФ в АТФ,

АДФ/О – сопряженность окисления с образованием АТФ,

Vфос- скорость фосфорилирования – образования АТФ в единицу времени,

ДК- дыхательный контроль – показатель, характеризующий степень энергетической регуляции дыхания МХ АДФ.

#### **Результаты и обсуждение**

Разработана трех компонентная модельная система (МХ – сыворотка крови – нормализующее воздействие), позволяющее изучать функциональные, обратимые сдвиги процессов окисления и образования энергии в МХ.

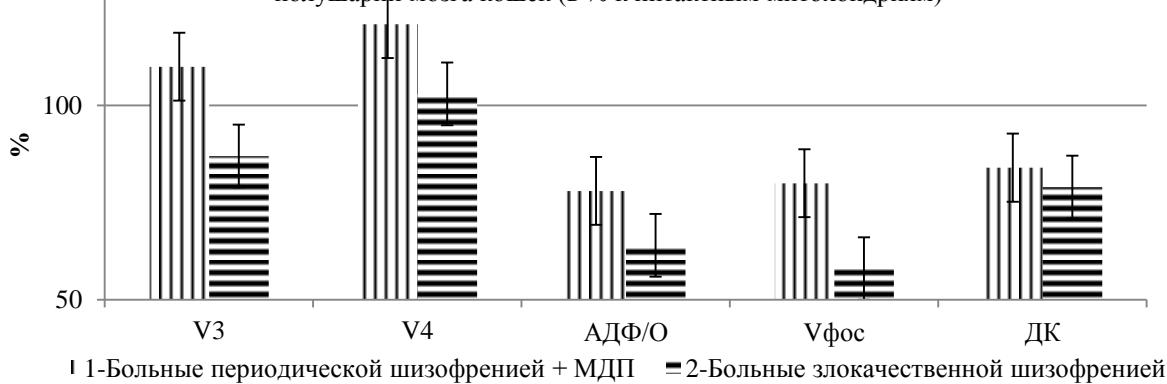
Эта модельная система позволяет анализировать причины нарушения энергетического метаболизма и находить способы нормализации окислительных и энергетических процессов в МХ [3,4,7,8].

#### **Психоневрологические заболевания, радиация и биоэнергетика**

Для большинства больных с нарушением психики характерны глубокие изменения углеводно-фосфорного обмена, особенно ярко выраженные в период обострения заболевания.

Сыворотка крови этих больных (Рис.1) характеризуется повышенной «деэнергизующей» активностью и при воздействии на изолированные МХ вызывает глубокие нарушения процессов окисления и образования энергии. Степень «деэнергизующего» действия сыворотки крови зависит от характера психического заболевания. В наименьшей степени процессы образования энергии снижаются под влиянием сыворотки крови больных МДП и приступообразной (периодической) шизофрении. В наибольшей степени – под влиянием сыворотки крови больных непрерывнотекущей (злокачественной) шизофренией.

Рис. 1. Влияние сыворотки крови больных злокачественной и периодической шизофренией на окислительный и энергетический обмен митохондрий коры больших полушарий мозга кошек (в % к интактным митохондриям)



При этом установлено, что причины изменения энергетического обмена не одинаковы и зависят от формы психического заболевания. В случае относительно благоприятной приступообразной шизофрении снижение энергетического обмена вызывается в основном повышением в МХ-ных фракциях активности фосфатаз, а при более тяжелых формах заболевания (злокачественная шизофрения) – снижением сукцинатоксидазы и воздействием на МХ перекисей липидов. В последнем случае активность фосфатазы изменяется незначительно [3-6].

Не одинаковы и способы нормализации биоэнергетики в каждом конкретном случае:

- в случае сыворотки крови больных приступообразной шизофрении нормализация функционирования МХ происходит под влиянием ингибиторов фосфатазы и для лечения этих больных перспективно использовать препараты, снижающие активность данных систем (соли лития, сердечные гликозиды, ряд нейролептиков и др.) [1-6];

- на фоне действия сыворотки крови больных злокачественной шизофренией нормализующее влияние оказывают антиоксиданты, комплексы металлов и др. Для этой группы больных перспективно применение препаратов, обладающих антиокислительной активностью (витамины группы А, В, Е, каталаза, глутатион восстановленный, препараты фенотиазинового ряда и др.) [4-6].

В соответствующих случаях эффективно сочетание препаратов с разным спектром биохимического действия [4].

Установлена односторонность действия нормализующих факторов в опытах *in vitro* – на энергетический обмен МХ, измененный сывороткой крови больных, и *in vivo* – при их лечении данными препаратами. Так, соли лития, нормализующие *in vitro* энергетический обмен МХ, нарушенный сывороткой крови больных МДП и приступообразной шизофренией, оказывают положительное действие на психическое состояние здоровья этих больных, снижая токсичность сыворотки крови, и практически не эффективны в случае злокачественной шизофрении. Интересен тот факт, что концентрация препаратов, нормализующих биоэнергетику *in vitro* и *in vivo* – одного и того же порядка [2,4].

В процессе лечения больных МДП и приступообразной шизофренией солями лития “токсичность” сыворотки крови больного снижалась, и она существенно в меньшей степени нарушала энергетический обмен изолированных МХ. Интересен тот факт, что биологически-активные компоненты сыворотки крови низкомолекулярные и находятся в ее ультрафильтрате [4].

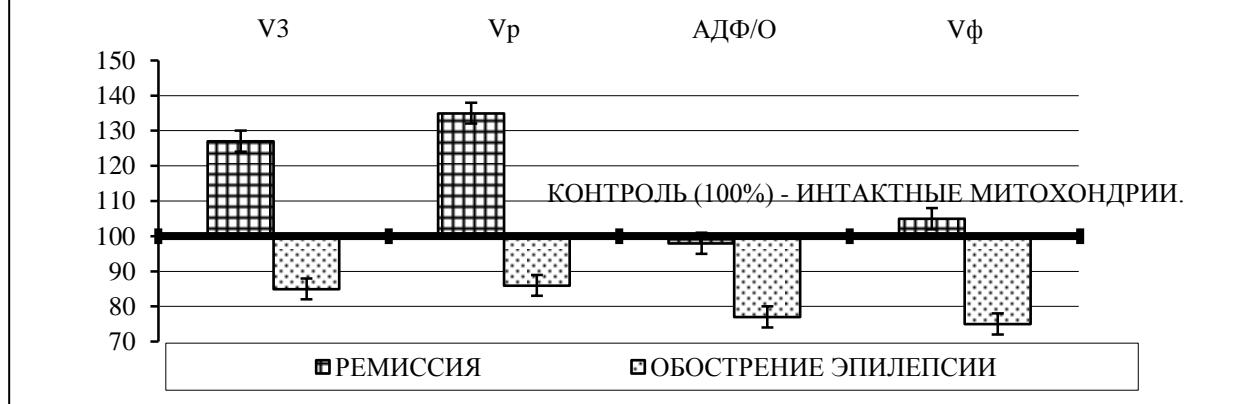
Представленные данные согласуются с работами других авторов [17,18], согласно которым установлена четкая корреляционная зависимость ( $r=0.96$ ) между ингибиторной активностью ( $1/C_{i50}$ ) токсических препаратов и основными параметрами токсикометрии тех же соединений ( $LD_{50}$ ).

Предложенная методология была использована также для определения фазы течения эпилепсии (Рис.2).

Установлено, что сыворотка крови больных эпилепсией, находящихся в состоянии обострения, вызывает снижение всех показателей окислительного и энергетического обмена МХ. В случае ремиссии сыворотка крови больных эпилепсией повышает скорость дыхания МХ в 3-ем и “разобщенном” метаболических состояниях, не изменяя по сравнению с нормой показатели энергетического обмена (эффективность и скорость фосфорилирования) [7].

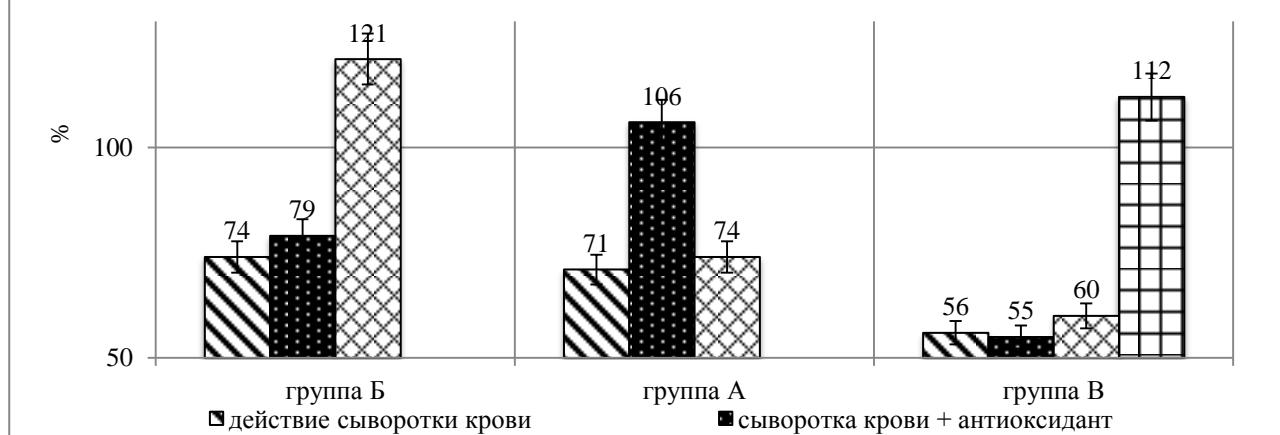
При работе с пациентами, подвергнутыми воздействию ионизирующей радиации, было установлено в 90-95% случаев наличие всесторонних нарушений энергетического обмена [9-12,19,20]. Как следует из представленных данных скорость окисления субстратов практически не изменяется. Сопряженность процессов окисления и аккумуляции энергии (АДФ/О) при окислении сукцината и гутамата значительно снижена на 19 и 22 % соответственно, а скорость образования АТФ (Vфос) – снижена на 16 и 24% соответственно. Более выраженные нарушения энергетического обмена – в НАД- зависимой дыхательной цепочке (субстрат окисления – глутамат с малатом) по сравнению с ФАД- зависимой дыхательной цепочкой (субстрат – сукцинат).

Рис. 2. ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА МИТОХОНДРИЙ МОЗГА ПОД ВЛИЯНИЕМ СЫВОРОТКИ КРОВИ БОЛЬНЫХ ЭПИЛЕПСИЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ БОЛЕЗНИ.



Выявлены глубокие индивидуальные различия в характере и механизмах нарушения биоэнергетики МХ под влиянием сыворотки крови пациентов, подвергнутых ионизирующему облучению. По этому признаку пациенты подразделяются на четыре группы (Рис.3).

Рис 3. Выявление механизма нарушения энергетического обмена у пациентов (субстрат окисления глутамат + малат) Скорость фосфорилирования (Vфос)



В первой группе основной причиной снижения биоэнергетики МХ является «деэнергизующее» действие перекисей липидов, во 2-ой группе – активация фосфатаз, в 3-й суммарное действие обоих факторов, в 4-ой – активация фосфалипазы А2.

Итак, при воздействиях на организм ионизирующей радиации, при психических заболеваниях нарушение биоэнергетики и ухудшение психосоматического состояния человека являются сопряженными процессами. Нормализация окислительных и энергетических функций МХ приводит к снижению «деэнергизующей» активности сыворотки крови больного и улучшению его психосоматического состояния.

Представленные результаты свидетельствуют о существенных нарушениях в биоэнергетических процессах в условиях экстремальных воздействий на человека и при различных патологических состояниях организма. Нормализация биоэнергетических процессов приводит к существенному улучшению психосоматического состояния обследуемых.

Разработанные новые методологические способы изучения биоэнергетики у человека, путем сочетания клинического (сыворотка крови и ее биологически активные фракции) и экспериментального материалов (МХ, синаптосомы, изолированные из тканей животных) позволяют моделировать *in vitro* нарушения биоэнергетических процессов, свойственные больным, изучать функциональные и обратимые изменения процессов окисления и аккумуляции энергии, выявлять их специфичность в зависимости от формы, фазы, вида заболевания и чувствительности организма к экстремальному воздействию [4,7].

Разработанная модельная система может также использоваться не только для выбора фармакологических препаратов с необходимым спектром биохимического действия, но и для выявления доз препаратов, оказывающих оптимальный лечебный эффект. Кроме того, она исключительно полезна для определения фазы течения заболевания (ремиссия – обострение), а также для выявления «группы риска» - в случае воздействия экологически неблагоприятных факторов (ионизирующая радиация).

Высокая эффективность и универсальность этих подходов подтверждена в клинической практике. Результаты клинических исследований показали, что нормализация биоэнергетики, перекисного обмена, фосфатазных систем приводила к существенному улучшению клинического состояния пациентов.

Впервые в медицине внутриклеточные энергетические процессы и их взаимосвязь с другими обменными процессами у пациента предстают не в виде «черного ящика», а в качестве системы доступной для количественного анализа, позволяющей разрабатывать рекомендации соответственно выявленным нарушениям.

На этой принципиально новой основе диагностики состояния здоровья человека на молекулярно-клеточном уровне и терапии можно успешно улучшать регуляцию нарушенных процессов и проводить профилактические мероприятия по предупреждению развития заболеваний, выявлению их генетической направленности и разработки способов коррекции.

### Библиографический список

- Гулидова Г.П., Полянская Н.П., Симич С. «Нормализующее действие лития на метаболизм митохондрий мозга, нарушенный воздействием сыворотки крови больных шизофренией». Ж. невропат. и психиатр. им. С.С.Корсакова, 1974, т. 74, вып. 3, с. 398-405.
- Гулидова Г.П., Хзардյан В.Г., Михайлова Н.М. «Влияние лития на энергетический метаболизм нервной ткани». Ж. невропат. и психиатр. им. С.С.Корсакова, 1977, т. 77, вып. 8, с. 1117-1186.
- Гулидова Г.П. «Роль биологически активных компонентов сыворотки крови больных шизофренией в нарушении энергетического обмена». В кн.: «Реакции живых систем и состояние энергетического обмена», Пущино, 1979, с. 168-174.
- Гулидова Г.П. «Механизмы нарушения и пути регуляции энергетического обмена в нервной ткани при психических заболеваниях». Автореферат докт. дисс., М., 1980 г.
- Гулидова Г.П. «Роль перекисей в изменении энергетического метаболизма в митохондриях мозга при воздействии сыворотки крови больных шизофренией». Бюл. эксп. биол. и мед., 1981, вып. 7, с. 42-44.
- Гулидова Г.П., Миронова Г.Д. «Влияние компонентов крови психических больных на энергетический и перекисный метаболизм изолированных митохондрий». В кн.: «Фармако-коррекция кислород-зависимых процессов», М., 1984, с. 53-55.
- Гулидова Г.П., Свиридова Е.И. «Способ определения фазы течения эпилепсии». Патент №1805385, 1993г.
- Гулидова Г.П. «Новый способ эндодиагностики человека». В кн.: «Научные основы энергоинформационных взаимодействий в природе и обществе», Материалы Международного конгресса «Интер-ЭНИО-97», Крым, Украина-97.
- Г.П. Гулидова, Б.В. Архангельский, Е.В. Струкова. Молекулярно-клеточный подход к диагностике состояния центральных обменных процессов и их коррекции у человека в постчернобыльский период.// Сб. «Экологическая антропология», 2002, С. 185-188.
- Г.П. Гулидова, М.Ф. Никонова, Б.В. Архангельский, Е.В. Струкова. Корреляционные изменения биоэнергетических и иммунологических процессов при воздействии ионизирующей радиации на организм человека// Медицинская Иммунология, Т.6, №3-5, 2004, С.411
- Гулидова Г.П., Струкова Е.В., Архангельский Б.В., Никонова М.Ф. Эффективное оздоровление организма.// в сб. Вестник Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, №1043, Харьков 2013г., стр 169-171.
- Гулидова Г.П., Струкова Е.В. Оздоровление организма на молекулярно-клеточном уровне.// Сб. Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XVI всероссийского симпозиума, Сочи, Красная поляна, 17-20 июня 2015г, Москва РУДН 2015, стр 48-49.
- Деркачев Э.Ф. «Биоэнергетика и стресс». В кн.: «Регуляция энергетического обмена и устойчивость организма», Пущино, 1975, с.195-200.
- Зильберштейн А.А., Сологуб Г.Р., Слободский И.Ш. «К вопросу о цитотоксических свойствах сыворотки крови больных шизофренией». В кн.: «Иммунология нервных и психических заболеваний», М., 1974, с. 138-141.
- Ленинджер А. «Биохимия. Молекулярные основы структуры и функции клетки». М., Мир, 1974г.
- Полищук И.А. (ред.) «Шизофрения». Киев, 1976 г.
- Ротенберг Ю.С. «Эксперименты на изолированных митохондриях и возможность количественного переноса получаемых результатов на целостных организмах».// «Руководство по изучению биологического окисления полярографическим методом». – М.:Наука, 1973. С.213-219.
- Ротенберг Ю.С., Курляндский Б.А. «К вопросу о роли энергетических процессов в реализации токсического эффекта». – М.: 1976. Депозит №1696-76. Редколлегия ж. «Фармакология и токсикология», АМН.
- Струкова Е.В. Особенности нарушения перекисного обмена у ликвидаторов аварии на ЧАЭС при воздействии малых доз радиации.//Тезисы докладов X Международный экологический симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный», Екатеринбург, 2002.
- Струкова Е.В. Особенности нарушения энергетического обмена у человека при воздействии ионизирующего излучения.//III Евразийский конгресс по медицинской физике и инженерии «Медицинская физика» 21-25 июня 2010, Т4 2010, С.341-343.
- Chance B., Williams GR. JBID., 1955, v.217., p.383.

22. Frohman C.E., Laby E.D., Tourney C. et al. Am.J.Psychiat., 1960, v.117, p.401.  
 23. Frohman C.E., Czajkowski N.P., Luby E.D. et al. Arch.gen.Psychiat., 1960, v.2, p.263.  
 24. Streifler M., Kornblueth W. В кн: Биохимия психозов.М., 1963, с.233.

### THE ROLE OF ENERGY METABOLISM IN THE PROTECTION OF HUMAN ORGANISM FROM EXTREME FACTORS

Gulidova G.P., Strukova E.V.

Scientific-production medical and biological center "INDIVID", Moscow, Russia; [argum@yandex.ru](mailto:argum@yandex.ru)

Energy metabolism plays a critical role in cell metabolism, since nearly all the vital processes are carried out with energy consumption. The main share of energy formed in the respiratory chain of mitochondria (MH) and stored in the molecule adenosine triphosphate (ATP). Gulidova G. P. developed the methodology of diagnosis and normalization of bioenergetic processes by the use of the test system: mitochondrial fraction animal – serum of patients – normalizing effect. Neurological and mental disorders revealed significant violations of the processes of oxidation and energy production. Investigated: the rate of oxygen consumption MH, the conjugation of oxidation and energy production, the rate of formation energy of ATP and the respiratory control MH. The degree of increase deenergizing action of the blood serum in patients on MH of the brain depends on progradient disease and increases in direction: healthy → diseased manic depressive psychosis (MDP) → paroxysmal → malignant schizophrenia. Identified different mechanisms deenergizing action of blood serum, depending on the form of the disease. In the case of paroxysmal schizophrenia is an activation of phosphatases. Inhibitors of these enzymes (oligomycin, ouabain, lithium salts) to enhance or normalize bioenergetics MH. In the case malignant schizophrenia – increased formation of lipid peroxides, decrease in the bioenergetic processes in MH, antioxidants normalize bioenergetics processes MH. Extreme factors (ionizing radiation and other) lead to significant violations of the processes of oxidation and energy production. There are four mechanism of the violation of the processes of oxidation and energy production.



### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ НА ТЕПЛОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Фролова Т.Н.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», [kafbmi@mail.ru](mailto:kafbmi@mail.ru)

В действии высокочастотных электрических колебаний на биологические ткани различают две основные группы эффектов: специфический и тепловой эффект. Нетепловой (специфический) эффект проявляется в различных внутримолекулярных, физико-химических изменениях, или структурных перестройках молекул, которые изменяют функциональное состояние клеток. Тепловой эффект заключается в локальном повышении температуры биологической ткани и изменении скорости и характера протекания биохимических реакций. Нагревание тканей электрическими полями высокой частоты происходит за счёт непосредственного выделения тепловой энергии в расположенных внутри тела тканях и органах.

Количество теплоты, выделяющееся в тех или иных органах и тканях организма, зависит от частоты и электрических свойств тканей. Биологические ткани обладают резистивными и ёмкостными свойствами и характеризуются удельной электрической проводимостью и диэлектрической проницаемостью. Ионная проводимость жидких сред в тканях обуславливает ток проводимости и, соответственно, потери энергии высокочастотных колебаний, которая выделяется в форме тепла. Ёмкостные свойства объясняются спецификой строения клеточных мембран, выполняющих роль диэлектрика в конденсаторах, проводящими обкладками которого является электролитная субстанция внутриклеточной и межклеточной жидкостей. Электропроводность и диэлектрическая проницаемость биологических сред являются сложными функциями величины протекающих токов и их частоты, температуры, а также физиологического состояния биообъекта.

В методах высокочастотной электротерапии электрическое поле создаётся с помощью двух электродов, соединённых с генератором УВЧ колебаний. Биологическая ткань, помещённая между электродами, подвергается действию электрического поля. Расчёты количества тепла, выделяемого на расстоянии от облучаемой поверхности, оценочны и зависят от выбора физической модели. Для облегчения анализа электрических свойств и интерпретации получаемых результатов биологическую систему (ткани, супензии клеток) представляют в виде модели — электрической схемы, состоящей из набора активных сопротивлений и ёмкостей, являющихся эквивалентами структур клеток или тканей, участвующих в проведении электрического тока. При моделировании электрических свойств тканей используются различные эквивалентные схемы, включающие как последовательное, так и параллельное соединения активных и реактивных сопротивлений. Различия импеданса разных тканей у одного и того же организма или у

организмов разных видов связаны с тканевыми и клеточными структурно-функциональными особенностями. Большая плотность клеточных элементов соответствуют более высоким значениям импеданса. Увеличение количества межтканевой жидкости, кровенаполнения и т.п. снижают импеданс ткани. Имеют значение также форма, размеры клеток, их электролитный и биохимический состав.

Индивидуальные физиологические особенности организма обуславливают различия импеданса биологических тканей и различное количество теплоты, выделяющееся в тех или иных органах и тканях разных организмов. Для оценки степени влияния электрофизических показателей биологических тканей на мощность тепловыделения рассмотрим эквивалентную схему [1], включающую последовательное соединение параллельно соединённых активных и реактивных сопротивлений. В рассматриваемом диапазоне частот (единицы - десятки мегагерц) за счёт уменьшения ёмкостного сопротивления мембран внутриклеточная среда начинает принимать участие в проведении ионного тока наряду с внеклеточной средой.

Тепловая мощность, выделяемая в  $i$ -ой биологической ткани

$$P_i = \frac{U^2}{Z^2} R_i, \quad (1)$$

где  $U$  – амплитуда генерируемого переменного напряжения;  $Z$  – импеданс эквивалентной цепи;  $R_i$  – активное сопротивление  $i$ -ой биологической ткани.

Для последовательного соединения импеданс

$$Z = \sqrt{R^2 + R_c^2}, \quad (2)$$

где  $R, R_c$  – активное и ёмкостное сопротивления эквивалентной схемы.

Активное сопротивление зависит от токов проводимости (ионных токов) и токов смещения в биологических тканях. Биологическая ткань в электромагнитных полях разных частот может обладать свойствами либо проводника, либо диэлектрика; в некоторых частотных диапазонах она может проявлять и проводниковые и диэлектрические свойства. В качестве критерия проводящих свойств среды часто используют величину тангенса угла диэлектрических потерь  $\delta$ :  $\operatorname{tg}\delta > 100$  для проводников,  $\operatorname{tg}\delta < 100$  для диэлектриков. Данные о электрофизических характеристиках биологических тканей в различных диапазонах частот [2; 3], позволяют определить доминирующие механизмы проводимости тканей в электрическом поле соответствующей частоты.

Сопротивление ткани с единичной площадью сечения, обусловленное током смещения

$$R_i = \frac{h_i}{\epsilon_0 \epsilon_i \omega \operatorname{tg}\delta_i}, \quad (3)$$

где  $h_i, \epsilon_i, \operatorname{tg}\delta_i$  – толщина, относительная диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь  $i$ -ой биологической ткани соответственно;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $\omega = 2\pi f, f$  – частота.

Сопротивление клеточной ткани с единичной площадью сечения при наличии ионных токов

$$R_j = \frac{k_j \rho_{b_j} \rho_{M_j}}{k_j \rho_{b_j} + \rho_{M_j}} h_j, \quad (4)$$

где  $\rho_{b_j}, \rho_{M_j}, h_j$  – удельное сопротивление внутриклеточной среды, удельное сопротивление межклеточной жидкости, толщина  $j$ -ой биологической ткани соответственно;  $k_j$  – коэффициент, характеризующий плотность ткани.

Ёмкостное сопротивление  $R_c$  эквивалентной цепи включает сопротивление воздушных конденсаторов, создаваемых электродами единичной площади и поверхностью тела человека, сопротивление поляризационных биоконденсаторов тканей.

Сопротивление воздушных конденсаторов

$$R_{c_0} = \frac{2h_0}{\epsilon_0 \omega}, \quad (5)$$

где  $h_0$  – расстояние от электрода до поверхности тела.

Ёмкостное сопротивление  $i$ -ой ткани

$$R_{c_i} = \frac{h_i}{\epsilon_0 \epsilon_i \omega}, \quad (6)$$

Количество компонент в активном  $R$  и реактивном  $R_c$  сопротивлениях эквивалентной схемы зависит от числа разнородных тканей в облучаемом участке биообъекта.

Нахождение частных производных функции (1) позволит оценить степень влияния электрофизических характеристик тканей, отражающих индивидуальные физиологические особенности биообъекта на мощность тепловыделения в тканях. Коэффициент влияния толщины  $i$ -ой биологической ткани с преобладанием ёмкостного сопротивления

$$B_{h_i} = \frac{\partial P}{\partial h_i} = \frac{U^2}{Z^2} \cdot \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_i \omega} \left( \frac{1}{\operatorname{tg}\delta_i} - \frac{4R_c}{Z(1+\operatorname{tg}\delta_i)} \right). \quad (7)$$

При определённых отношениях активного и реактивного сопротивлений биообъекта и тангенса угла диэлектрических потерь  $i$ -ой ткани коэффициент влияния становится отрицательным, т.е. увеличение толщины ткани приводит к уменьшению мощности тепловыделения.

Коэффициенты влияния тангенса угла диэлектрических потерь, относительной диэлектрической проницаемости удельного сопротивления межклеточной и внутриклеточной сред позволяют оценить степень зависимости мощности тепловыделения в биологических тканях от индивидуальных физиологических особенностей организма человека.

#### Библиографический список

1. Белик, Д.В., Импедансная электрохирургия. – Новосибирск: Наука, 2000. – 237 с.
2. Пономаренко, Г.Н., Турковский, И.И. Биофизические основы физиотерапии: Учебное пособие. – М.: ОАО «Издательство «Медицина». 2006. – 176 с: ил.
3. Березовский, В. А., Колотилов, Н. Н. Биофизические характеристики тканей человека. Справочник. – Киев: Науковадумка, 1990. – 224 с.

#### ASSESSMENT OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF BIOLOGICAL TISSUE FOR THERMAL EFFECTS OF HIGH ELECTRIC FIELDS

Frolova T. N.

"Vladimir State University named after Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs", [kafbmi@mail.ru](mailto:kafbmi@mail.ru)

The possibility of assessing the effect of the electrical characteristics of biological tissues on the power of heat of high electric fields.

#### СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

Антипов И.Н., Пименов А.Б.

Институт физической культуры и спорта ВлГУ, [pimenov@vlsu.ru](mailto:pimenov@vlsu.ru)

Возросшие интенсивность и объем тренировочных нагрузок, у спортсменов высшей квалификационной категории, приводят к перегрузке опорно-двигательного аппарата, морфофункциональным изменениям в тканях и органах, появлению травм и заболеваний. В этой связи проблема восстановления так же важна, как и сама тренировка, поскольку невозможно достичь высоких результатов только за счет интенсивных и объемных тренировок. Необходимо сочетание процессов воздействия физической нагрузки на организм и процессов восстановления.

Являясь составной частью учебно-тренировочного процесса, средства восстановления и повышения физической работоспособности имеют свои закономерности применения на различных этапах подготовки спортсменов, особенно высокой квалификации, которые основываются на принципах:

- сочетания педагогических, психологических и медико-биологических средств восстановления;
- рационального сочетания новейших достижений науки и техники;
- восстановления возникающих патологических состояний;
- индивидуального подхода к каждому спортсмену;
- поддержания адаптационных возможностей организма;
- выработки цели в зависимости от вида спорта;
- соответствие тренировочной нагрузки функциональным возможностям организма спортсмена;

Первоначальными основными профилактическими средствами восстановления являются педагогические, в виде:

- рационального планирования тренировочных нагрузок с учетом функциональных возможностей организма;
- обязательного использования полноценной разминки;
- оптимального сочетания физических нагрузок и отдыха;
- правильного построения тренировочных занятий;
- использования различных упражнений;
- создания положительного настроя;
- профилактики травматизма.

Так же эффективными являются средства психологической регуляции. Среди них можно выделить следующие:

- аутотренинг,
- гипноз (не проводится в период соревновательных мероприятий и у юных спортсменов). Используются методы убеждения и внушения;

-сублимация (вытеснение направленности мыслей спортсмена о возможном исходе соревнований и замена их установкой на определенные технико-тактические действия);

Очень важным восстановительным средством для спортсменов является хороший, полноценный сон, не менее 8-9 часов. Французские ученые считают, что при очень тяжелых тренировочных нагрузках или соревнованиях необходимо добавить 40-60 минутный дневной сон.

Одну из главных ролей для восстановления спортсменов имеют медико-биологические средства восстановления.

Сюда относятся: рациональное питание, возмещение дефицита жидкости и электролитов, витаминизация, применение БАД, продукты повышенной биологической ценности, использование фармакологических препаратов, физические средства (бальнео-, физиотерапевтические средства, сауна, различные виды массажа и др.).

Большое значение для восстановления двигательной работоспособности и снятия чувства утомления имеет восстановительный массаж. Длительность, глубина и интенсивность этого массажа должна быть индивидуальной для каждого спортсмена. При его назначении необходимо учитывать вид спорта, функциональное состояние спортсмена, развитие мышечной системы и применяемые нагрузки. Длительность восстановительного массажа в среднем равна 40-60 минут. Обязательно учитывается объем выполненной физической нагрузки (чем выше физическая нагрузка, тем длительнее должен быть перерыв между окончанием соревнований или тренировки, до начала массажа). При восстановительном массаже используются следующие приемы: поглаживание, растирание, разминание, потряхивание и валяние. Основное время уделяется разминанию (до 70%). Приемы выполняются мягко и безболезненно. Важную роль играет массаж дыхательных мышц, которые получают большую нагрузку. Для повышения эффективности воздействия массаж проводится под инструментальное музыкальное сопровождение, не несущее смысловой нагрузки. С целью увеличения эффективности воздействие на функциональное состояние спортсмена массаж применяется в сочетании с другими восстановительными средствами.

При современных тренировочных и соревновательных нагрузках суточные затраты энергии иногда достигают 7000-8000 ккал, что требует особых подходов в составлении сбалансированных рационов питания. При этом необходимо не только восполнить калории за счет белков, жиров и углеводов, но и обеспечить рацион питания достаточным количеством витаминов, микро- и макроэлементов, играющих огромную роль в поддержании физической работоспособности. Для решения данных проблем особое значение имеет применение БАД, которые в концентрированном виде содержат все необходимые сбалансированные пищевые компоненты.

Специализированное спортивное питание состоит из:

-традиционного рационального питания с учетом поддержания водно-солевого баланса;

-специализированных пищевых добавок;

-веществ пластического действия (белки животного и растительного происхождения), причем белков животного происхождения должно быть 60%, растительного происхождения 40%, которые находятся в продуктах: мясо, рыба, печень, творог, сыр, молоко, соя, фасоль и т.д.

-энергетических веществ (углеводы и жиры, в наименьшей степени белки)

Общая калорийность рациона и содержание в нем белков, жиров и углеводов при интенсивных занятиях спортом составляет: белки – 2.5 грамма, жиры – 2.1 грамма, углеводы – 12 грамм на 1-н килограмм веса. Всего 6000-7000 ккал.

В состав общепринятых фармакологических комплексов входят препараты, которые условно разделены по механизму действия на группы:

1. *Адаптогены растительного, минерального и животного происхождения*. Они снимают утомляемость и стресс, повышают гипофункцию половых желёз. К ним можно отнести препараты женьшения, элеутерококка, лимонника и др.

2. *Биологически активные добавки*. Которые содержат незаменимые компоненты пищи: витамины, минералы, аминокислоты, фосфолипиды, пищевые волокна и др.

3. *Иммуномодуляторы (интерферон, циклоферон, эхинацея)*. Данные вещества повышают неспецифическую сопротивляемость организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды и иммунитет.

Установлено, что физические нагрузки, достигающие стрессового уровня у высококвалифицированных спортсменов, влияют на основные регулирующие системы организма, приводя к развитию адаптационного синдрома, а при их постоянном воздействии и большой мощности могут нарушать гомеостаз с возникновением патологических состояний.

У спортсменов высокой квалификации при нерациональных занятиях спортом, приводящих к перегрузке и переутомлению, развивается выраженное угнетение иммунной системы.

4. *Антиоксиданты (эспадол, глутаминовая кислота, дубунол) и антигипоксанты (олифен, мексидол, винцетин)*. В процессе метаболизма в организме человека образуются свободные радикалы в виде гидроперекисей насыщенных жирных кислот, оказывающие токсическое действие на биологические мембранны, что приводит к нарушению энергетического обмена и снижению работоспособности.

Применение антигипоксантов снижает спортивный результат при их применении перед нагрузкой (организм расслабляется и хуже мобилизует свои силы), однако после тренировки они способствуют ускорению срочного восстановления, снижению артериального давления и активности симпатического отдела ЦНС.

5. *Водорастворимые и жирорастворимые витамины* (А, группа витаминов В, С и т.д.) Витамины обязательно назначаются во время еды 2 раза в день утром и в обед, не более 2-х недель.

Одновременно нельзя назначать более четырех препаратов. Необходимо следить за их возможным побочным эффектом (индивидуальная чувствительность и др.).

### Библиографический список

1. Система восстановления и повышения физической работоспособности в спорте высших достижений. М.: Советский спорт, 2006г. - 52 стр. Марков Г.В., Романов В.И., Гладков В.Н.
2. <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2001N8/P49-54.htm>
3. <http://www.vevivi.ru/best/Vosstanovlenie-i-povyshenie-rabotosposobnosti-v-trenirovochnom-protsesse-lyzhnikovgongshchikov-ref128409.html>
4. <http://bmsi.ru/doc/5baa0aca-b84c-400a-9c69-ca01e798cb10>

## SYSTEM RECOVERY AND IMPROVE PHYSICAL PERFORMANCE IN SPORT OF HIGH ACHIEVEMENTS.

Antipov I. N., Pimenov A. B.  
Institute of physical culture VLGU

The article describes the essential system of improving the athlete's physical performance and examines ways to achieve recovery after high-intensity training sessions and sport competitions.



## РАЗВИТИЕ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С НАРУШЕНИЕМ ЗРЕНИЯ СРЕДСТВАМИ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ

Рассамагин Д. А., Пименов А.Б.  
Институт физической культуры и спорта  
Владимирский государственный университет им.  
А.Г. И Н.Г.Столетовых(ВлГУ), pimenov@vlsu.ru

Актуальность данной темы вызвана тем, что на современном этапе развития системы обучения и воспитания детей с нарушением зрительной функции значительно увеличивается значение совершенствования качества обучения, трудового и физического воспитания учащихся, осуществление подготовки их к активной самостоятельной общественно-полезной деятельности. Человек, оказавшийся в состоянии инвалидности, должен научиться приспособливаться к существующим условиям, жить полноценно, активно участвовать во всех сферах жизни. В мире 45 миллионов людей лишены зрения, а еще 135 страдают различными дефектами. Только в России около 275 тыс.слепых и слабовидящих, которые имеют проблемы со здоровьем.

В системе учебно-воспитательной работы, проводимой в школах-интернатах для слепых и слабовидящих детей, возрастает роль и значение физического воспитания, которое призвано обеспечить укрепление их здоровья, физическое развитие, формирование жизненно необходимых двигательных навыков и умений. Необходимо правильно организовать досуг детей, приобщить их к разнообразным спортивным и физическим упражнениям и играм. Основной проблемой в совершенствовании физического развития детей и подростков с нарушением зрения является иногда отсутствие возможности и стимулирующего фактора к самостоятельной двигательной активности. Это влечет за собой гиподинамию, т.е. снижение нагрузки на мышцы и ограничение общей двигательной активности организма, что приводит к набору излишней жировой массы и сопутствует появлению сердечно-сосудистых заболеваний. Одной из главной составляющей адаптивной физической культуры является адаптивный спорт.

В специальных школах для детей с нарушением зрения важное значение имеет правильная организация психологической разгрузки и физкультурно-оздоровительных мероприятий как в режиме учебного дня, так и внеклассной работы. В их число входят физкультурно-оздоровительные мероприятия, включающие гимнастику до учебных занятий, во время учебного процесса (физкульт минутки) и подвижные игры на больших переменах. Вне учебные занятия могут включать для себя спортивные - физкультурные массовки, секции, спортивные игры и эстафеты, праздники физкультуры, прогулки, экскурсии, походы и т.д. Все эти мероприятия имеют большое значение для адаптации детей в социально-общественной сфере.

Все разнообразие форм, специфика организации и содержание работы по физическому воспитанию как в режиме учебного дня, так и внеклассной работы требуют четкого руководства со стороны тренера-преподавателя по физкультуре, классного руководителя и психолога. Они оказывают методическую помощь учителям и воспитателям школ, на классных собраниях родителям. Психолого-педагогический состав проводит непосредственную работу с детьми, планирует проведение физкультурно-оздоровительных и физкультурно-спортивных мероприятий, ведет агитационно-пропагандистскую работу здорового образа жизни среди учащихся. Общее руководство и контроль за правильным ее проведением должны осуществлять директор и завуч школы. Они создают условия для организации физкультурных мероприятий, привлекают к этой работе учителей, воспитателей, психологов, родителей и специалистов в этой области.

Постоянную помощь в организации работы коррекционных школ должны оказывать врачи поликлиники при содействии администрации города.

Анализируя современную научную литературу по указанной проблеме, можем выявить, что современные исследования, жизненный опыт и жизнедеятельность взрослых инвалидов по зрению свидетельствуют об их больших потенциальных возможностях в различных сферах жизни, и в то же время указывают на глубокое отставание в физическом развитии, которое осложняет решение самой актуальной проблемы современности – интеграции инвалидов в общество и систему создания общечеловеческих благ. Адаптивный спорт содействует интеграции инвалидов в общественную жизнь. Ученые-педагоги Л. Ф. Касаткин, В. А. Кручинин в своих научно-практических работах отмечали следующие физические особенности детей с нарушением зрительной функции: пониженная подвижность, нечеткие координационные движения, снижение темпа выполнения движений, снижение темпа выполнения движений, уменьшение ловкости, нарушение ритмичности движений, появление неточности движений, затруднение ориентировки в пространстве, сложность при выполнении движений на равновесие.

Медико-педагогическое наблюдение физического развития дошкольников в детском саду-интернате и наблюдения за их жизнедеятельностью учеными-практиками, выявили характерное отставание физического развития детей раннего возраста в соответствии с возрастной нормой. Образцом могут служить дети младшего возраста, овладение ходьбой у которых является одним из необходимых двигательных навыков, у слепых детей это происходит к 2–2,5 годам, у слабовидящих – к 1,5 годам, тогда как у видящие дети овладевают ею к концу первого года жизни. Эти наблюдения влекут за собой общее отставание детей с нарушением зрительных функций, не только в физическом, но также в психологическом аспекте. Возникает острая необходимость коррекции первичных физических и вторичных психологических нарушений, также разработка специальных компенсаторных методик.

Эту проблему затрагивал профессор Ю.В. Павлов в своих научных исследованиях, изучая влияния дозированных физических нагрузок различного характера на состояние органа зрения (а им учитывались: острота зрения, состояние фузионной способности-процесс психофизиологической обработки изображения объектов окружающего мира, осуществляемый зрительной системой, и позволяющий получать представление о величине, форме (перспективе) и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними, бинокулярное зрение-способность одновременно четко видеть изображение предмета обоими глазами), сделал вывод, что повышение остроты зрения в определенной степени связано с положительным влиянием примененной им системы проведения физических упражнений, другие показатели органа зрения остались без изменений. Подобное заключение делает и профессор Л. С. Сековец. Коррекционная и педагогическая работа, проводимая совместно с лечебно-восстановительными мероприятиями учеными-практиками, влечет за собой устойчивое повышение остроты зрения у детей с косоглазием и амблиопией- различные по происхождению формы понижения зрения, не поддающиеся коррекции с помощью очков или контактных линз.

Одним из показателей и условий хорошего физического и нервно – психического развития ребенка является развитие его рук, кистей, или, как принято называть, мелкой пальцевой моторики. По-словам философа И. Канта рука человека это, выдвинутый наружу головной мозг. По умелости детской руки специалисты на основе данных современных исследований делают вывод об особенностях развития центральной нервной системы и ее «святая святых» – мозга, и если когда – то подобные выводы были эмпирическими, основывались на опыте и наблюдениях, для современных нейрофизиологов, психологов взаимосвязь мозга и руки – аксиома, подтвержденная тончайшими датчиками специальных приборов. Вывод, чтобы развивался ребенок и его мозг, нужно тренировать руки. При нарушении зрительной функции это становится сложной, но вполне реализуемой задачей. В компенсацию потери или частичной утраты зрения, должны выступить здоровые и в полной мере функционирующие органы чувств. Развитие интеллекта идет параллельно с развитием руки и ее тонких движений пальцев. Как писал Лауреат Нобелевской премии физиолог И.П. Павлов, «руки учат голову, затем поумневшая голова учит руки, а умелые руки снова способствуют развитию мозга».

Подводя итоги мы можем сказать что, зрение выступает в роли проводника в сложный многогранный мир, и всегда лучшим вариантом лечения болезни будет ее предупреждение. Утрата или нарушение зрительной способности, приводит к различным нарушениям психики и здоровья человека. Эта проблема может коснуться абсолютного любого ребенка в результате, несчастного случая, нарушения техники безопасности, наследственной предрасположенности, влияния техногенной области нашей жизни. Необходимы четко понимать, что успешное лечение и последующая коррекция, психолого-педагогическая реабилитация

социально-трудовая адаптация и интеграция этих детей основная задача адаптивной физической культуры.

### Библиографический список

1. Сековец Л.С. Коррекционно-педагогическая работа по физическому воспитанию детей дошкольного возраста с нарушением зрения. - Н.Новгород, Изд. Ю.А.Николаев,2001
2. Павлов Ю. В. Коррекция двигательных нарушений у детей дошкольного возраста с косоглазием и амблиопией с применением специальных технических средств. Автореф. дисс. На соиск. уч. степ. канд. пед. наук. –М., 1988.
3. Смурров Т.С. Двигательная активность в жизнедеятельности детей с патологией зрения./Т.С. Смурров - М.: Просвещение, 2005 - 262 с.

### THE DEVELOPMENT OF YOUNGER STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT MEANS OF ADAPTIVE PHYSICAL TRAINING

Rassamagin D.A., Pimenov A. B.  
Institute of physical culture and sports  
Vladimir State University  
E-mail: [pimenov@vlsu.ru](mailto:pimenov@vlsu.ru)

Abstract: The article explores the difficulties experienced by teachers, physicians and psychologists while working with children who have impaired vision conditions and offers appropriate solutions to overcome them.



### ПОДАВЛЕНИЕ ПРОРАСТАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В.М. Авдюхина\*, У.А. Близнюк\*, П.Ю. Борщеговская\*, С.Н. Еланский\*\*, А.С. Илюшин\*, И.С. Левин\*, Ф.Р. Студеникин\*, А.П. Черняев\*  
\*Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова,  
\*\*Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
[f.studеникин@mail.ru](mailto:f.studеникин@mail.ru)

В среднем в России собирается примерно 35 млн. тонн картофеля в год. При этом возникает необходимость в длительном хранении картофеля до следующего урожая [4]. Одной из основных проблем хранения картофеля является его прорастание. В сельском хозяйстве применяются высокие дозы химических пестицидов для подавления прорастания клубней при хранении. Хранение при температуре около 10<sup>0</sup>С приводит к торможению прорастания клубней, однако, при таких температурах происходит увеличение содержания редуцирующих сахаров в картофеле, что может сказаться при его последующей обработке. Для ингибирования прорастания используют дорогостоящие и небезопасные препараты на основе хлорпрофама (СИРС), который накапливается в кожуре и верхнем слое мякоти клубней и, таким образом, попадает в пищу. Возникает необходимость в применении альтернативных методов контроля прорастания картофеля.

Облучение картофеля ионизирующим излучением является эффективным методом ингибирования прорастания клубней [2,3,8,10]. В мире широко применяются пучки ускоренных электронов [1,9] и гамма-излучение [5-7,11,12] для облучения различных овощей и фруктов. Однако, с целью повышения экономической эффективности методов обработки продуктов питания представляется интересным исследование воздействия рентгеновского излучения на кинетику прорастания клубней картофеля [11,12].

Целью данной работы является экспериментальная проверка эффективности использования рентгеновского излучения для ингибирования прорастания клубней картофеля.

В качестве объектов были выбраны клубни картофеля четырех сортов: «Невский», «Удача», «Лорх», «Ред Скарлетт», «Жуковский», «Алена», «Лидер», «Взрыв» выращенных на базе Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха. Клубни картофеля вышеперечисленных сортов массой от 70 г до 90 г произвольным образом были отобраны, вымыты и высушены. Тридцать клубней, не подвергенных облучению, были оставлены в качестве контрольных образцов. Проростки на клубнях на момент проведения облучения отсутствовали.

Клубни картофеля облучали рентгеновским излучением от рентгеновской трубы типа БСВ-23, материал анода – молибден. Ток трубы во всех экспериментах составлял 20 мА, напряжение - 50 кВ, рабочая мощность трубы 1 кВт. Клубни располагали на расстоянии 11 см от окна рентгеновской трубы (рис.1). Эксперименты и дальнейшее хранение происходили при температуре 16-18<sup>0</sup>С. Время облучения варьировалось от 5 до 60 минут с шагом 5 минут. Всего было проведено 250 сеансов облучения.

Длина проростков измерялась в течение 60 суток после проведения облучения. По полученным экспериментальным значениям строились зависимости средней длины проростков от времени после проведения облучения для каждого сорта.

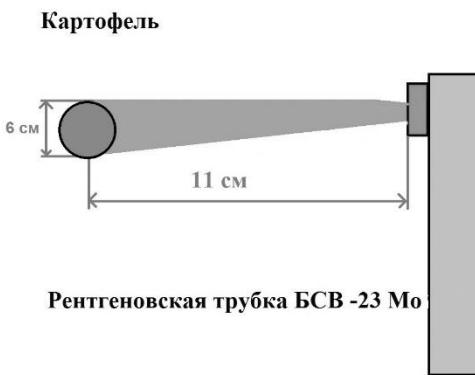


Рис. 1. Схема по облучению картофеля рентгеновским излучением с помощью трубы БСВ-23 Мо.

Для оценки поглощенной дозы в картофеле проводилось моделирование с использованием программного кода GEANT4.

При моделировании процесса прохождения рентгеновского излучения через картофель учитывали технические характеристики рентгеновской трубы БСВ-23 Мо, а также схему облучения картофеля. Все параметры рентгеновской трубы БСВ-23 Мо были запрошены у производителя и с точностью до 0,1 мм воспроизведены в программе.

В результате моделирования было получено, что мощность поглощенной дозы в картофеле массой 100 г составляла примерно 0.01 Гр в секунду.

На рис.2 представлены зависимости длины проростков, усредненной по всем клубням, облученным в одной и той же дозе, от времени после облучения для сортов картофеля «Лорх» и «Любава» при облучении в различных дозах.

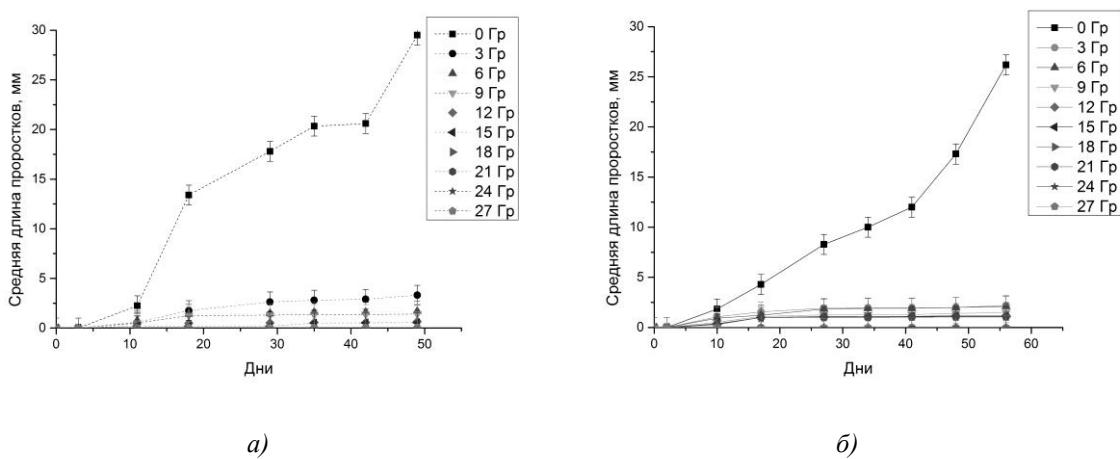


Рис. 2. Зависимость средней длины проростков от времени после проведения облучения для сортов (а) «Лорх» и (б) «Любава»

Из рис.2 видно, что с увеличением поглощенной дозы средняя длина проростков клубней, подвергавшихся воздействию рентгеновского излучения, уменьшалась по сравнению с контрольными необлученными образцами. Для сорта «Лорх» ингибирование прорастания произошло при дозах более 18 Гр, для сорта «Любава» - при дозах более 21 Гр. Для всех исследуемых сортов картофеля подавление прорастания происходило в диапазоне доз от 15 до 21 Гр.

Зависимости на рис.2 носят нелинейный характер: в течение 3-10 дней наблюдался «инкубационный период», в течение которого клубни не прорастали, причем длительность этого периода тем больше, чем больше доза облучения; от 10 до 30 дней после облучения зависимость носит линейный характер; после 30 дней скорость прорастания замедлялась.

Для оценки скорости прорастания клубней картофеля линейные участки кривых на рис.2 аппроксимировались, и далее по углу наклона определялась константа скорости прорастания. Далее строились зависимости относительной константы прорастания, нормированной на константу прорастания контрольных

образцов, от поглощенной дозы в картофеле (рис.3). Из рис.3 видно, что в диапазоне доз в среднем от 0 до 15 Гр с увеличением поглощенной дозы скорость прорастания уменьшалась, при дозах более 15 Гр – 21 Гр происходило полное подавление прорастания для различных сортов картофеля.

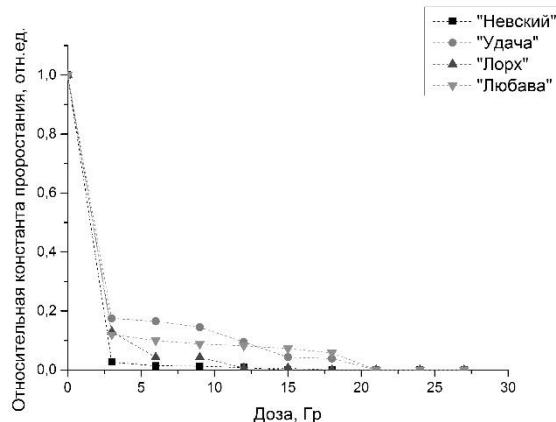


Рис. 3. Зависимость скорости прорастания от поглощенной дозы для сортов картофеля «Невский», «Удача», «Лорх», «Любава».

Таким образом, экспериментально получено, что обработка клубней картофеля рентгеновским излучением в дозах от 15 до 21 Гр является эффективным методом подавления их прорастания в зависимости от сорта картофеля.

#### Библиографический список

1. А. С. Алимов «Практическое применение электронных ускорителей» - Препринт НИИЯФ МГУ № 2011 – 13/877.
2. Ю.Б. Куряшов «Радиационная биофизика» - М: Физматлит. 2004.
3. А.П. Черняев «Ускорители в современном мире». Изд-во Московского Университета.2012.
4. В.Г. Плющиков., О.Г. Семенов. «Использование ионизирующих излучений в агропромышленном комплексе. Радиационная экспертиза объектов сельскохозяйственного производства». М.: Изд-во РУДН. 2007.
5. J. Nouri, F. Toofanian. «Extension of storage of onions and potatoes by gamma irradiation».Pakistan journal of biological science.V.4(10). p. 1275-1278. 2001.
6. W. G. Burton, R. S. Hannan. «Use of  $\gamma$ -radiation for preventing the sprouting of potatoes».Journal of the Science of Food and Agriculture V.8. I.12.p. 707–715.1957.
7. M. Rezaee, M. Almassi, A. MajdabadiFarahani, S. Minaeia, M. Khodadadi. «Potato Sprout Inhibition and Tuber Quality after Post Harvest Treatment with Gamma Irradiation on Different Dates». J. Agr. Sci. Tech. (2011) V. 13.p.829-842. 2001.
8. A.S. Ghanekar, S.R. Padwal-Dessi, G.B. Nadkarni. «Irradiation of potatoes: influence on wound periderm formation and on resistance to soft rot». J. Agric. Food Chem. V.31.p. 1009-1013.1983.
9. T. Hayashi, S. Todoriki. «Treatment of Foods with Soft-electrons (Low-energy Electrons)». JAERI-Conf.V.13. 2002.
10. M.J. Frazier , G.E. Kleinkopf, R.R.Brey, N.L.Olsen. «Potato sprout inhibition and tuber quality after treatment with high-energy ionizing radiation». American journal of potato research.V.83.I.1, .p 31-39. 2006.
11. Sigmund Schwimmer, Horace K. Burr, W. O. Harrington, William J. Weston. «Gamma irradiation of potatoes: effects on sugar content, chip color, germination, greening, and susceptibility to mold». American potato journal.V.34.p.31-41. 1957.
12. S. Singh, N. Singh, R. Ezekiel, A. Kaur. Elsevier.«Effects of gamma-irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches».Carbohydrate polymers.V.10. p. 1016.2010.

#### THE INHIBITION OF POTATO TUBER SPROUTING AFTER X-RAY IRRADIATION

V.M. Avduhina\*, U.A. Bliznyuk\*, P.U. Borchegovskaya\*, S.N. Elansky\*\*, A.S. Ilyushin\*, I.S. Levin\*, F.R. Studenikin\*, A.P. Chernyaev\*

\*Physical Department MSU named by M.V. Lomonosov

\*\*Biological Department MSU named by M.V. Lomonosov

[f.studenikin@mail.ru](mailto:f.studenikin@mail.ru)

Tuber sprouting is one of the important problems of potato storage. In world practice potatoes for processing into crisps and french fries are stored at a higher temperatures (about  $+10^0$  C). This storage does not allow to

accumulate reducing sugars, but tubers begin to sprout, lose the weight and tension, be affected with fungal and bacterial diseases and become unsuitable for processing after 2-4 months of storage.

One of the most perspective technologies is to treat on tubers using irradiation. Typically radioactive sources (Co60) are used for it. Our study demonstrates the efficiency of treatment on tubers using x-rays with the energy less than 50 Kev.

X-ray irradiation of the tubers was carried out using X-ray tube BCV-23 with molybdenum anode, power source PUR5/50, tube current 20 mA, voltage 50kV, operating power 1kW. Tubers intended for irradiation were placed at the 11 cm from the source. The uniformity of exposure was controlled by a luminescent screen placed behind the tubers. The time of exposure will vary from 5 to 60 minutes. The survey and subsequent storage will occur at 16-18C. After the irradiation the kinetics of irradiated samples germination was compared with the kinetics of nonirradiated tubers. The study determined optimal dose of X-rays for partial or complete inhibition of tuber sprouting in different types of potato.



## ИССЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА ИЗНОСА ПОЛИЭТИЛЕНА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДУЛЕ ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПОСЛЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Колесник А.И.<sup>1</sup>, Фролов Е.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра хирургических болезней факультета последипломного образования Курского государственного медицинского университета, Курск. E-mail: [ko-lesnik@mail.ru](mailto:ko-lesnik@mail.ru)

<sup>2</sup> Областная детская клиническая больница, Белгород. [ko-lesnik@mail.ru](mailto:ko-lesnik@mail.ru)

Основным осложнением тотального замещения тазобедренного сустава (ТБС), связанным непосредственно с функцией модуля эндопротеза, и возникающим, как правило, в отдаленном периоде, является остеолиз [10], при этом, авторы развитие остеолиза связывают с непосредственно продуктами износа металла и полиэтилена, которые образуются в узле трения эндопротезов и распределяются по всей контактной поверхности кость-имплантат. Так ревизия большого количества эндопротезов позволила прийти к выводу о том, что продукты износа полиэтилена являются причиной остеолиза и асептической нестабильности [5, 6, 11]. Продукты износа являются основным активатором развития асептической нестабильности бедренного и вертлужного компонентов эндопротеза, вызывая реакцию остеобластов, что закономерно приводит к выработке простагландинов Е2, которые в свою очередь вызывают активизацию остеокластов, вызывающих резорбцию кости. Доказано, что износ полиэтилена чаши или вкладыша металлической чаши эндопротеза тазобедренного сустава сопровождается развитием асептической нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава, и чем раньше и быстрее изнашивается полиэтилен, тем быстрее развивается асептическая нестабильность [1, 2, 7, 8, 9, 10]. В.Д. Данилов [4], основываясь на анализе выполненных исследований установил, что одним из определяющих параметров изнашивания образцов полимерного композиционного материала является контактное давление.

Цель исследования. Изучение результатов износа полиэтилена в лабораторных динамических условиях при разных углах горизонтальной инклинации (УГИ) в паре трения экспериментального модуля эндопротеза ТБС.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для этой цели была разработана методика износа полиэтилена, которую мы назвали «методикой экспресс – моделирования износа полиэтилена» в экспериментальных условиях. Для реализации методики «экспресс – моделирования износа полиэтилена» предложена специальная головка экспериментального модуля эндопротеза с шероховатой поверхностью, разработаны устройство для фиксации полиэтиленового вкладыша и оригинальный экспериментальный модуль эндопротеза ТБС.

Эксперимент проведен в испытательной лаборатории изделий ортопедо – травматологического назначения ООО «ЦИТОпроект» ФГУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова Минздрава России». Испытание проведено на универсальной испытательной машине сервогидравлического типа alter+BayAGLFV 10-T50, заводской № NR90024282/905. Свидетельство о поверке № 363465/445. Свидетельство о калибровке № F/D201280. Программный комплекс DionPro обеспечивал управление установкой Walter+BayAGLFV 10-50T и фиксацию результатов испытания (заведующий лабораторией доктор технических наук профессор Гаврюшенко Николай Свиридович).

Основные методы статистического анализа фактических данных выбирали согласно задачам исследования. Учитывая низкую чувствительность методики определения доверительного интервала к типу распределения, а также допустимый для экспериментальных медико-биологических исследований уровень  $p \leq 0,05$ , для подтверждения статистической гипотезы был выбран именно такой уровень значимости. Все вычисления выполнялись с помощью аналитического пакета приложения Microsoft Excel Office 2010, лицензией на право использования которой обладает ГБОУ ВПО КГМУ Минздрава РФ. Подсчет непараметрического критерия Манна-Уитни проводился в программной среде BioStat 2007.

Перед проведением исследования износа полиэтилена методом экспресс-моделирования в динамических условиях все полиэтиленовые вкладыши, включенные в эксперимент ( $n = 64$ ) были разделены на 4 группы (A,

Б, В, Б) и 16 подгрупп, с учетом углов инклинации. Моделирование износа полиэтилена выполняли под углами инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза тазобедренного сустава 0, 10, 20 и 30 градусов.

Для исследования площади участков износа (S изн.) полиэтилена и сохранения участков износа для возможности представления их в виде фотографий использован стереомикроскоп «LeicaM125», оснащенный видеотестсистемой в виде цифровой цветной камеры «LeicaDFC420», которая имеет высокое разрешение и обеспечивает получение цветного изображения. Для передачи на монитор и обработки фото в системном блоке установлена лицензионная графическая программа анализа изображений «ImageScopeS», рекомендованная разработчиками фирмы «Leica» и предназначеннная для ввода в компьютер цветных и полутооновых растровых изображений, формируемых в оптическом или электронном микроскопе, их сохранения и анализа. В графическую программу анализа изображений «ImageScopeS» заложена функция выделения интересующих объектов на изображении, измерение их площадей, нанесение текста на изображение, а также функция вычисления площади изображения нестандартной формы. Стереомикроскоп «LeicaM125» имеет регистрационное удостоверение и сертификат соответствия. Стереомикроскоп «LeicaM125» имеет объектив с увеличением от 0,8 до 10,0 и предназначен для микроскопии объектов с возможностью масштабирования от 0,8 до 10,0. Полученные изображения в сохраняются формате JPEG.

Следующим этапом выполняем контрастирование участка износа чернилами, которыми оттеняем всю вогнутую внутреннюю поверхность полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки, включая и участок износа. После этого маркером всю вогнутую внутреннюю поверхность полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки, включая участки износа полиэтилена, разделяем двумя взаимно перекрещивающимися под углом 90 градусов линиями на четыре равные секторы, при этом, точка пересечения линий находится точно в центре внутренней вогнутой поверхности вкладыша. Далее образовавшиеся секторы износа полиэтилена дополнительно разделяем на отдельные сегменты из расчета, что каждый отдельный сегмент занимает по площади не более 164мм<sup>2</sup>. После этого имплантаты (вкладыши) помещаем под объектив стереомикроскопа «LeicaM125». Далее важно отметить, что с целью определения величины площади участка износа вогнутой внутренней поверхности имплантата, которая максимально приближалась бы к реальной величине площади участка износа вогнутой внутренней поверхности, последовательно устанавливают имплантат по отношению к объективу микроскопа «LeicaM125» так, чтобы вогнутая внутренняя поверхность каждого из отдельно выделенных сегментов износа полиэтилена вогнутой внутренней поверхности полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки находилась поочередно под углом 90 градусов по отношению к объективу. В результате поочередно получаем максимально плоские изображения вогнутой внутренней поверхности всех отдельных сегментов полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки. После чего, используя графическую программу анализа «ImageScopeS» разделяем всю внутреннюю поверхность вкладыша на четыре равные сектора, и полученные изображения передаем в системный блок и сохраняем изображения в формате JPEG. Затем с помощью графической программы анализа «ImageScopeS» максимально плоское изображение отдельного сегмента вогнутой внутренней поверхности полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки выводят на монитор с увеличением 0,8. Затем приступаем к исследованию полученных изображений вогнутой внутренней поверхности всех отдельных сегментов каждого из четырех секторов полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки. Для этого при помощи функции выделения интересующих объектов на изображении обводим цветной линией, для наглядности и четкости, границы отдельных сегментов каждого из четырех секторов участка износа полиэтилена, при этом, графическая программа анализа «ImageScopeS» автоматически оттеняет каждый обведенный сегмент. После окончания выделения участков износа на всех изображениях с помощью функции вычисления площади изображения нестандартной формы графической программы анализа «ImageScopeS» определяем величины площадей выделенных отдельных сегментов износа в каждом из четырех секторов. Далее суммируем величины площадей отдельных сегментов износа, входящих в каждый из четырех секторов. Затем суммируем величины площадей износа каждого сектора и получаем общую величину площади участка износа вогнутой внутренней поверхности полиэтиленового вкладыша металлической чашки или полиэтиленовой чашки. Надо отметить, что данный способ измерения площади нестандартной формы на сферической вогнутой поверхности на макрообъекте методом исследования с использованием стереомикроскопа «LeicaM125», предназначенного для исследования микрообъектов, позволяет пошагово проводить исследование с возможностью сохранения промежуточных результатов, а в случае необходимости повторить, либо расширить исследование на интересующем этапе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения площади и топографии участка износа полиэтиленовых вкладышей после проведения динамических испытаний в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 0° в группе «А».

По результатам проведенного анализа износа в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 0° были выявлены практически равные значения площадей участков износа (S изн.) во всех четырех секторах внутренней поверхности испытанных вкладышей. Среднестатистические значения S изн. в каждом секторе составили от 154,00 до 174,80 мм<sup>2</sup>. При этом статистически значимых отличий между S изн. в каждом из четырех секторов также не было выявлено ( $p \leq 0,05$ ).

Результаты определения площади и топографии участка износа полиэтиленовых вкладышей после проведения динамических испытаний в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 10° (условия НРК ТБС 1-й степени) в группе «Б».

Проведенный анализ износа полиэтиленовых вкладышей в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 10° было выявлено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) преобладание S изн. I (0-90°) ( $196,05 \pm 4,228 \text{ мм}^2$ ) и II (90-180°) ( $187,76 \pm 4,227 \text{ мм}^2$ ) секторов над S изн. III (180-270°) ( $124,07 \pm 4,228 \text{ мм}^2$ ) и IV (270-0°) ( $115,79 \pm 4,228 \text{ мм}^2$ ). Следовательно, в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 10° происходит статистически достоверное ( $p \leq 0,05$ ) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на  $143,95 \pm 0,01 \text{ мм}^2$ .

Результаты определения площади и топографии участка износа полиэтиленовых вкладышей после проведения динамических испытаний в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 20° (условия НРК ТБС 2-й степени) в группе «В».

В данной группе по результатам проведения анализа износа полиэтиленовых вкладышей в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 20° было выявлено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) преобладание S изн. I ( $212,45 \pm 4,706 \text{ мм}^2$ ) и II ( $204,54 \pm 3,95 \text{ мм}^2$ ) секторов над III ( $101,62 \pm 3,95 \text{ мм}^2$ ) и IV ( $93,34 \pm 3,95 \text{ мм}^2$ ) (таблица 4). Следовательно, мы можем отметить, что в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 20° происходит дальнейшее, статистически достоверное ( $p \leq 0,05$ ) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на  $222,03 \pm 2,25 \text{ мм}^2$ , (таблица 16). При этом статистически значимых отличий между S изн. секторов переднего отдела и между S изн. секторов заднего отдела внутренней поверхности вкладышей не было выявлено ( $p \leq 0,05$ ) (таблица 5).

Результаты определения площади и топографии участка износа полиэтиленовых вкладышей после проведения динамических испытаний в условиях горизонтальной инклинации в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС 30° (условия НРК ТБС 3-й степени) в группе «Г».

По результатам проведения анализа износа полиэтиленовых вкладышей в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 30° было выявлено достоверное ( $p \leq 0,05$ ) преобладание I ( $216,08 \pm 4,228 \text{ мм}^2$ ) и II ( $207,81 \pm 4,233 \text{ мм}^2$ ) секторов над III ( $94,32 \pm 4,228 \text{ мм}^2$ ) и IV ( $86,05 \pm 4,229 \text{ мм}^2$ ) (таблица 18). Следовательно, в условиях горизонтальной инклинации экспериментального модуля эндопротеза ТБС 30° происходит статистически достоверное ( $p \leq 0,05$ ) смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей на  $243,52 \pm 0,05 \text{ мм}^2$ , (таблица x2). При этом статистически значимых отличий между S изн. секторов переднего отдела и между S изн. секторов заднего отдела внутренней поверхности вкладышей не было выявлено ( $p \leq 0,05$ ).

Таким образом, основываясь на статистически достоверных результатах анализа износа полиэтилена в четырех группах вкладышей можно утверждать, что увеличение значений УГИ в экспериментальном модуле эндопротеза ТБС вызывает закономерное смещение S изн. в передний отдел полиэтиленовых вкладышей.

### Библиографический список

1. Булгаков В.Г., Ильина В.К., Гаврюшенко Н.С., Шальнев А.Н., Омельченко Н.П., Цепалов В.Ф. Трибохимический компонент развития окислительного стресса при имплантации искусственных суставов. Ч. 3. Ингибирование радикалообразующей и антипролиферативной способности частиц износа антиоксидантами и костным жиром // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2012. – № 2. – С 56–60.
2. Гаврюшенко Н.С. Влияние некоторых физико-механических факторов на судьбу эндопротезов тазобедренного сустава и его функциональные возможности // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 1994. – № 4. – С. 30–34.
3. Головка модуля эндопротеза тазобедренного сустава для экспресс-моделирования износа полиэтилена вкладыша или полиэтиленовой чашки модуля эндопротеза тазобедренного сустава : полез.модель № 145248 от 06.08.2014 / Колесник А.И., Гонеев С.В, Гаврюшенко Н.С., Соколенко Н.В., Андросов В.В., Гончаров Н.Н., Деркач Г.М., Докалин А.Ю., Булгаков В.Г., Фомин Л.В., Андрианов В.А., Чеботарева Т.М., Постникова Н.В. – заявл. 29.04.14 ; опубл. 10.09. 2014, Бюл. № 25. – 10 с.
4. Данилов В.Д. Механические и трибологические свойства композиционного материала на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Вестн. науч.-техн. развития. – 2008. – № 12 (16). – С. 14–19.
5. Жабин А.И., Носкова Т.И., Гаврюшенко Н.С., Захарова В.И., Образцова Л.Н., Курзин А.А. Протезы тазобедренных суставов. Лабораторная оценка степени износа трущихся поверхностей : основные рекомендации : Р 42-610-02 : (утв. Минздравом РФ 27.02.2002) / Всерос. науч.-исслед. и испытат. ин-т мед. техники (ВНИИИМТ). – М., 2002. – 9 с.
6. Загородний Н.В., Каграманов С.В., Чрагян Г.А. Ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава бесцементными компонентами эндопротеза Цваймюллера (Bicon, SL и SLR-plus) // Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2012. – № 1 (63). – С. 66–72.
7. Загородний Н.В. Калашников С.А., Магомедов Х.М. Низкофрикционные эндопротезы в хирургии тазобедренного сустава // Вестн. Рос.ун-та дружбы народов. Сер. Медицина. – 2002. – № 2. – С 52–56.
8. Имплантаты для хирургии. Замещение сустава тотальным эндопротезом. Определение долговечности работы узла трения эндопротеза тазобедренного сустава методом оценки кручущего момента : ГОСТ Р 52640-2006. – М., 2006. – 7 с.

9. Колесник А.И., Солодилов И.М., Сизых С.Г., Алпееев А.В., Гонеев С.В., Кравченко С.А., Колобаева Е.В., Воропаев А.С., Раджкумар Д.С.Р., Мишустин В.Н. Анализ результатов анатомо-хирургического обоснования транспозиции наружных ротаторов бедра при моделировании и устраниении наружной ротационной контрактуры тазобедренного сустава // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». – 2012. – № 2. – С. 94–99.
10. Максимов А.Л., Горбач Е.Н., Каминский А.В. Анализ причин асептической нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава компании «Алтимед» // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 52.
11. Солодилов И.М., Колесник А.И., Сизых С.Г., Алпееев А.В., Гонеев С.В., Кравченко С.А., Колобаева Е.В., Воропаев А.С., Раджкумар Д.С.Р., Мишустин В.Н. Результаты эндопротезирования больных коксартрозом с наружной ротационной контрактурой тазобедренного сустава // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». – 2012. – № 2. – С. 117–122.

#### DETERMINING AREA AND TOPOGRAPHY OF POLYETHYLENE WEAR IN EXPERIMENTAL HIP JOINT ENDOPROSTHESIS MODEL AFTER DYNAMIC TESTS

Kolesnik A.I.<sup>1</sup>, Frolov E.B.

1 Surgical Diseases Department of postgraduate education faculty of Kursk State Medical University,

Kursk. E-mail: ko-lesnik@mail.ru

2 Regional Children's Clinical hospital, Belgorod.

The analysis of the investigation results established the area of polyethylene inlays wear (Swear) to amount  $657.60 \pm 2.632$  mm<sup>2</sup> in group "A". In group "B" it was  $34.33 \pm 2.461$  mm<sup>2</sup> less and amounted  $623.67 \pm 0.007$  mm<sup>2</sup>. In group "C" Swear amounted  $611.95 \pm 2.25$  mm<sup>2</sup>. Comparing to group "A" Swear in group "C" was  $45.75 \pm 1.988$  mm<sup>2</sup> less and comparing to group "B" no statistically significant variations ( $p \geq 0.05$ ) were revealed. Swear in group "D" amounted  $604.26 \pm 0.048$  mm<sup>2</sup> that evidently differed from Swear in group "A" by  $53.74 \pm 2.26$  mm<sup>2</sup>. However, in comparison to groups "B" and "C" no statistically significant variations ( $p \geq 0.05$ ) were revealed.

Key words: strategy, experiment, express-modeling, wear, polyethylene, experimental hip joint endoprostheses model, analysis



#### ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РИТМЫ НЕИДЕНТИФИЦИРУЕМОЙ ПРИРОДЫ

А.А. Кузнецов

Владимирский государственный университет, [artemi-k@mail.ru](mailto:artemi-k@mail.ru)

##### Введение

«*There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt of in your philosophy*» [1]. К таким непостижимым на данный момент к измерительным исследованиям полям следует отнести «психические поля» людей и животных. О них много пишут и говорят на разных уровнях мировоззрений отдельных философов и социологов с обсуждением их результирующих трансцендентных проявлений в формах эмоций. Но совершенно неизвестными остаются как механизмы генерации и передачи информации, так и источники информации, т.е. то, что формирует понятие природы этих полей. Ясно одно – это поля сверхслабо-энергетические, что позволяет резонно предположить их ритмическое устройство.

Эволюция организма в онтогенезе вне социума при непрерывном внешнем влиянии проходит в рамках естественного информационного алгоритма, с реализацией (не реализацией) полного частотного спектра «гомеостатического баланса информационной энтропии». Информация (ритмическая) системно «ложится» в структуру. Эволюция материи при структуризации характеризуется сдвигом баланса в сторону ее приема с формированием максимума информационной энтропии в онтогенезе, а ре-эволюция (старение) – в сторону исхода формированием минимума информационной энтропии. Нереализованные гармоники переводятся в диапазоны высших частот, создавая динамическую базу перестройкам, регуляции и синхронизации всех уровней структурной организации [2].

Человечество «качается в люльке» ритмов существенно ниже условных 0,1 Гц. Диапазон спектра «чистых» длинноволновых влияний не подвержен искусенномуискажению. Искажения происходят в диапазонах измерений физических, физиологических, социальных в формах «потерь» высоких частот в механизмах регуляции и управления. Обнаруженная автором последовательная и кратная 2 потеря высоких частот в ритме сердца при патогенезе, может свидетельствовать о снижении чувствительности информационных компонентов электрокардиосигнала к внутренним раздражителям, фиксируя эффект автономизации режима работы сердца к указанному диапазону частот. Сердце дискретно самоизолируется от сигналов высокочастотной регуляции, создавая ритмическую десинхронизацию процессов онтогенеза и само, встраиваясь в этот процесс аритмии, как поисковый – переходный [2].

Исследования в указанной части касается длинноволновой фазовой (информационной) компоненты результирующего сигнала, реализацией которой являются временные параметрические ряды. Для таких рядов понятие «выделение сигнала» следует поменять на понятие «выделение детерминизма» по отклонению от хаотического (стохастического) в задаваемых характерных интервалах времени. Исходя из наиболее информативной компоненты, такие ряды должны иметь большой шаг дискретизации и большие (бесконечные) размеры.

Цель работы – феноменологический поиск общих черт и характера информационных полей, в предположении глобального первоисточника – информационного поля, задающего общий информационный фон для всех биообъектов на планете Земля.

#### **Феноменологический аспект передачи, приема и восприятия информации человеком**

Наличие и действие естественных информационных ритмов неидентифицируемой природы (ЕИРНП) может быть неопределенно обнаружено косвенно по результирующей реакции объекта (эмоции), конвертирующего принимаемый сигнал в энергетически идентифицируемый сигнал. Так как неизвестна природа сигнала, то неизвестны и механизмы конвертирования, и их месторасположение. По этой причине они не могут быть включены в известные адаптационные механизмы, обеспечивающие одноименные пределы, поэтому следует полагать, что они действуют вне них в режиме пассивного приема и автономного конвертирования. Последние представляют в логике исследования функцию «черного ящика оператора эволюции». При пассивном приеме сами «сигналы» находятся вне управления и регуляции «оператором эволюции». Активные механизмы управления частично известны для реакций, существенно проявляющихся лишь в адаптационных рамках и приводящих к неосознанным действиям человека. Однако возможны и несущественные их проявления, являющиеся источником мысли, переводящие неосознанный эффект приема к латентному осознанию принятого (состояние раздумья) с отложенным косвенным обнаружением или без оного. Таким образом, внешний реальный сигнал информационного поля переводится в категорию внутреннего мнимо-индивидуального. На основе проб и ошибок человек учится «вслепую» пользоваться поступающей не идентифицированной по природе информацией – учится «слушать себя». Поступающая «тихая» (неэнергетическая) информация и, вероятно, непрерывная в информационном фоне.

Если принять для высокоразвитых организмов местонахождение «пассивного» оператора эволюции в головном мозге (между полушариями), то исключая влияние (от незнания) на сам сигнал, невозможно исключить свойственные при конвертировании «помехи» в передаточном звене структур мозга. На приемные характеристики мозга напрямую или опосредованно через вегетативную нервную систему оказывают разные по природе и характеристикам факторы влияния: сильные вариации электромагнитных полей в разных диапазонах частот, смена сезонов, слабые длительные изменения гравитационных условий и т.п. Можно допустить, что такие искажения сигналов ЕИРНП приводят к изоляции человека от внешнего информационного поля с конечным результатом – депрессией. Человек перестает «слушать себя» и теряет самоощущение внутренних координат и времени (веру в себя).

Вероятно, проводящей средой рассматриваемой ритмической информации является вода или водный аэрозоль. Дело здесь не в степени присутствия его в атмосфере, а в качестве его структуры. Возможно, даже усилить это предположение: «клластерные кристаллы» являются и проводниками и усилителями ритмической информации [3, 4]. Следовательно, они становятся и источниками помех. Их заменителями могут быть плазменные, дымные структуры и пылевые образования [5]. В рамках этого *n*-ного предположения возникают прямые и косвенные логические следствия. При полном отсутствии воды в атмосфере – депрессия неизбежна. Вероятно, диаграммы направленности приему у таких заменителей водной структуры иная – лепестковая. Если это так, то такие структуры фильтруют большую часть информации по направлению и содержанию. Усечение информационного потока приведет к сбою и десинхронизации выходных действий больших групп людей с требованиями информационного поля, а, иногда, и просто к «глюкам». В водной атмосфере становится возможным экранировать прием информации веществами, активно поглощающими воду, например, помещением человека в бетонный бункер. Дальше – больше. Так как водная среда мозга вероятно, идеальная среда в указанном смысле, то и сам мозг может генерировать и полезный, и искаженный сигнал при кодировке в собственные жидкокристаллические формы в разных, но ограниченных объемах, организуя соответствующие им морфологические образы и самим собой их воспринимаемые в коре.

Если амплитуда принимаемых информационных ритмических сигналов пренебрежимо мала, а частоты чрезвычайно высоки, то энергетика таких сигналов существенно не определена, а источники должны быть распределены в пространстве непрерывно. Остается заключить, что водная среда организма человека – это индивидуальный объем таких источников. Информационное поле находится в оболочке тела человека, принимая индивидуальные признаки в зависимости от состояния среды. Если такое собственное информационное поле человека условно назвать душой, то ее характеристический признак, вероятно, следует обозначить фактором связи с внешним информационным полем. Чем сильнее и качественнее эта связь, тем сильнее вера в себя, тем сильнее духовность человека. Базовым фактором нивелирования помех и искажений связи помимо упомянутых ранее и по мнению автора, является генофонд для каждого отдельно взятого человека.

Каждому сложному ритму с собственным спектром обязана соответствовать структура информационного кластера. Чем сложнее (богаче) ритм, тем сложнее (ажурнее) структура. Известно, что структура всех снежинок

разная. Также известно, что структура кожи (узор) у каждого свой – индивидуальный. Говорят – нет одинаковых людей. В таком случае бесконечное множество структур не может быть классифицирована даже условно. У духовных людей узоры на коже должны быть богаче – сложнее, как застывший отпечаток налаженного качества устойчивой информационной связи. Проводятся попытки исследования механизмов формирования таких узоров на коже при исследованиях кожно-гальванических (КГ) процессов. Автор пытается подобраться к расшифровке этой связи посредством структурно-частотного анализа ритма сердца, принимая КГ эффекты как латентное, отложенное непрерывное формирование этих узоров по ритмическому механизму.

### Ритмы генерации и ассоциации живых организмов

Предположение стационарного возмущения глобальной текущей субстанции времени приводит к непременному существованию характерных интервалов времени. В рамках такого причинно-следственного отношения глобальный эволюционный процесс  $A = \alpha(t) \pm i\beta(t)$  представляется непрерывно-дискретным. Первая часть описывается мнимой (отрицаемой) частью  $\beta(t)$  непрерывного выбора, вторая – разрывной временной функцией  $\alpha(t)$  с разными составляющими: релаксационными, спонтанными, асимптотическими и т.п. Вторая часть (эволюционная, вещественная, энергетическая) определена глобальными процессами с механизмами триггера на характерных интервалах времени. Первая часть (мнимая, информационная) не позволяет затухать эволюции в точках разрыва «переключений» первой части, являясь динамической и ритмической базой первой. Ее мнимость определена «невмешательством» при действии первой части. Но она порождает характерные интервалы при последующей работе первой части и непрерывно их контролирует. Это определяет ее как ритмическую и долго-периодичную.

Ритм Вселенной (РВ) составлен в первом приближении длинноволновыми гармоническими функциями с бесконечным набором периодов (интервалов времени). В рамках «жесткой модели» начальные организмы (первоорганизмы) необходимо задать. Процессы митоза, размножения и размеры колоний (объемы популяций) характеризуются собственными ритмами, которые управляются в режиме непрерывного резонанса (компенсации) адекватными составляющими информационного поля РВ. Собственные ритмы (СР) организмов имеют как минимум два широких спектра в значительно более узких собственных диапазонах частот: собственный индивидуальный (генотип) и собственный колониальный, популяционный (геном). В рамках такой модели с жестким управлением удобно ввести понятие постоянных и одинаковых временных масштабов для всех составляющих РВ. Для эффективного управления временные масштабы СР должны быть сопряжены и кратны (соизмеримы) масштабам РВ. Если коэффициент сопряжения равен 1, то управление абсолютно жесткое; если меньше единицы (0,5, 0,3, 0,25, ...), то управление жесткое, допускающее периодические «пассивные» – неуправляемые извне временные масштабы собственного времени. Такое представление времени допускает ему быть глобальной текущей субстанцией, с оговорками на назначение масштаба дискретизации и границ собственного диапазона частот. В рамках модели каждый организм несет в себе частотную копию (отображение) спектра РВ со значимыми ритмическими дополнениями места рождения и жительства – территорией, рельефом, ветрами, близостью моря или рек, количеством солнечных лучей, продолжительностью зимы и т.п. Ритмика русской нации определяется частушками и колокольным перезвоном. Их мелодии, размерность и ритм совпадают. В частности, вторая симфония Рахманинова написана ритмом русской нации: начало задается низким звуком (колокольный набат) с эхом, а далее слышится колокольный перезвон, заканчивающийся этим же эхом. У других наций дополнительная ритмика в общем случае совершенно иная. Таким образом, на очень больших интервалах времени формируются на высоких и низких гармониках основных тонов дополнительных спектров языки и генофонды наций, соответственно. Вероятно, возникающая конкуренция ритмов дополнительного спектра, например, при смене сильно разнесенного в пространстве Земли местожительства, приводит к спектральному дисбалансу приемника ритмов (мозга) с последующим развитием неопределенности, называемой депрессией (ностальгией).

Под собственные ритмы матери, управляемые и корректируемые РВ, каждый организм в утробе выстраивается и обретает СР. Интервал времени РВ, задающий архитектуру и системное функционирование организма, составляет 7 месяцев, а устойчивое системное функционирование (с набором массы) – 9 месяцев. Характерный интервал времени, определяющий жизнь человека, вероятно, составляет 150 лет. Можно предположить, что под указанными интервалами времени следует понимать полупериоды соответствующих гармонических функций, составляющих РВ. Эти гармонические функции (наряду с иными – неизвестными) можно назвать базовыми или управляющими. Они определяют низшую частоту СР и диапазон несущих частот. Построение организма – это одновременное сканирование и репликация материнского СР. Эволюция организма происходит считыванием участка РВ по СР. Возникает параметр скорости считывания. Вероятно, она определяется индивидуальными отличительными признаками СР родителей, а также СР окружающих (особенно в детстве) людей.

Для этой модели «ритмической данности (судьбы)» существует множество «вопросов без ответов», основные из которых следующие: 1. РВ – это ритм какого физического параметра. Где искать источник? Астрологи уверяют, что это функции результирующей напряженности гравитационного поля от относительного смещения планет Солнечной системы; 2. Если РВ участвует в эмбриональном развитии, начиная с момента зачатия, то гармонические функции должны генерироваться непрерывно каждый момент. Все моменты времени становятся неотличимыми, и понятие текущей субстанции исчезает.

Модель мягкого (качественного) управления в целом более понятна и привлекательна, но значительно сложнее в отсутствие иерархической системы алгоритма управления. Каждый характерный интервал времени характеризуется своим флюктуирующими масштабом, поэтому должен иметь категорию устойчивости. Наряду с данностью, возникает категория хаоса. Случайность и закономерность сосуществуют. Развитие сценария развития определяется ими в той или иной мере в каждый момент времени.

В системе ноосферы биообъекты зарождаются, развиваются и умирают в информационной ритмически-активной среде энергий всех качеств и в рамках допустимых ею частотных спектров. Эволюционные процессы проходят лишь в энергетически активных средах наивысшего качества: длинноволновых гравитационных и электромагнитных полях, поддерживающих и определяющих формы генераций и распределений информационных ритмических структур. Разнообразие гармонических структур (мод), фазовая и энергетическая пространственно-временная переменчивость объясняют многообразие биообъектов и объясняются разнообразием форм переменчивости распределенных волновых связей с биообъектами. Концентрация мод становится основным причинным параметром пространственно-временной локальности биообъектов. В поставленных условиях детальности они не могут быть объединены в единый биообъект, но в совокупности представляют цельность и смысл (системность) в гравитационном и электромагнитном поле Земли [6].

Говоря о ноосфере и ее устойчивости необходимо ввести в рассмотрение фактор устойчивости как системного самоподобия, в отсутствие эталона включающий один, несколько или бесконечное множество критериев подобия. Системность глобального процесса управления жизнедеятельностью базируется на латентности его составляющих, выраженных интервалами времен задержек их системной динамики. При этом принцип системности базируется на иерархичности интервалов времен задержки, определяющей его устойчивость в форме кооперации балансных процедур сдержек и противовесов, не допуская крупных флюктуаций и смены качества на любом уровне указанной иерархии. Требуемая для самоуправления иерархия системы задержек распространяется на всю экосистему, определяя ее основное свойство – информационно-ритмическое в формах длинноволновых ритмов и их гармоник. Спектральное разнообразие последних задает разнообразие естественных приемных датчиков – пассивных и активных приемников ритмов разной природы. Пассивность и активность приемников ритмов трактуется отсутствием или наличием конвертируемости сигналов, необходимой для их сопоставления. Результирующий сигнал может быть только одной природы, все остальные – вне рамок адаптации, но в рамках селекции полуоткрытой системы организма.

Люди ассоциированы психическим полем мысли. Качество мысли аккумулируется социумом в рамках условий и качества идей, как генофонд, с явным ритмическим проявлением в акустических ритмах (язык и слово). На природное управление накладывается управление разума – социальное управление. Это означает, что к основным принципам идеалистической и материалистической эволюционных концепций Ламарка (1809) и Дарвина (1859) [7, 8], прикладывается трендовая совокупность правил, с жесткостью регламентации пропорциональной плотности населения. Организм человека обретает признаки субъекта и объекта: в физических и социальных полях и в психическом поле собственной мыслительной генерации. На балансную систему сдержек накладывается непрерывный стрессовый фон действующих переменных правил «человеческого общежития». Фазовые изменения отношений указанных факторов влияния активной среды (действия) приходят в противоречие с самим приемником (мозгом) с десинхронизацией гармонического соответствия (реакции) и ослаблением взаимодействия. Здесь тонкие предчувствия необходимой смены естественного поведения подменяются психически мотивированными, с выделением эмоций (отрицательной энтропии), разрушающих парадигмы, но временно сохраняющих относительно большие группы людей. Основным трендом становится стирание прошлого с последующей невозможностью достоверной экстраполяции будущего. Конечно, «рукописи не горят», но «набитое на клавишиах» исчезает полностью, в худшем случае с искажением – подменой на историческую целесообразность каждой новой парадигмы.

### Выводы

Положение Локка [9] о подобии мозга новорожденного чистой грифельной доске следует уточнить реальной нестираемой и полной «записи»: генотипа (фактора особы), генома (фактора вида). Переходя от биологических и наследственных к физическим характеристикам, вероятно, можно за генотипом признать фактор места (момента пространства), за геномом – факторы интервалов времени и пространства. В этом случае не хватает точки начала отсчета времени, поэтому добавим фактор момента времени как «функцию судьбы». Для популяции все факторы системны, но первичен геном, базой которого является генотип. Опуская разнообразие видов, и рассматривая только социум, получаем, что при «жесткой» вещественной структуризации кода генома, мнимую часть, формирующую естественное поведенческое и социальное разнообразие, вносит только фактор момента времени.

### Библиографический список

1. The Tragical History of HAMLET, Prince of Denmarke, by William Shakespeare/ At London, Printed by I.R. for N.L. 1605.
2. Кузнецов А.А. Основы информационной биоритмологии // Cardiostim-2016 International Congress. Сборник тезисов XI Международного конгресса «Кардиостим». С.-Пб. 2016. С. 234.

3. Кузнецов А.А., Фуров Л.В. Производство и исследование шароидов электромагнитной природы в свободной атмосфере // Физика аэродисперсных систем. – Одесса: ОНУ. 2006. № 43. С. 131 – 136.
4. Цитович В.Н. Плазменно-пылевые кристаллы, капли и облака // Успехи физических наук, 1997. Т. 167, № 1. С. 57 – 99.
5. Фортов В.Е., Храпак А.Г., Храпак С.А., Молотков В.И., Петров О.Ф. Пылевая плазма // Успехи физических наук, 2004. Т. 174, № 5. С. 495 – 544.
6. Ламарк Ж.Б. Философия зоологии. В 2-х томах. – М. – Л.: 1935 – 1937.
7. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора. Соч., Т.3. – М. – Л.: 1939.
8. Кузнецов А.А. Макро-ритмика экосистемы (гипотеза 1) // Cardiostim-2016 International Congress. Сборник тезисов XI Международного конгресса «Кардиостим». С.-Пб. 2016. С. 232.
9. Локк Дж. Сочинения: в 3 т. Т. 3. Опыты о законе природы / Пер. с англ. и лат. – М.: Мысль. 1988. С. 3 – 53.

## NATURAL INFORMATION RHYTHMS OF A NOT IDENTIFIED NATURE

A.A. Kuznetsov

The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evicha Stoletovyh

Phenomenological search of the common features and character of "silent" information fields in the assumption of the global primary source - an information field is carried out. Some author's aspects of mechanisms of transfer, reception and perception of mental both other information by the person and the general models of similar rhythms generation in ecological and social system are offered.



## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Буренков В.Н., Яскин Е.Г., Пермяков С.А., Щербович С.Н., Ломалов А.А.

Управление Роспотребнадзора по Владимирской области, vlad-burenkov@yandex.ru

Городская клиническая больница Скорой медицинской помощи г.Владимира gkbsmp.vladimir@mail.ru

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, AVShi-104@yandex.ru

**Актуальность.** Совершенствование медико-профилактических мероприятий возможно лишь на основе глубокого и всестороннего анализа медико-демографических показателей. Эпидемиологический подход, предусматривающий сравнения заболеваемости в различных группах населения применялся и применяется для изучения причин возникновения любой патологии [1]. В Российской Федерации эпидемиологические методы исследования давно и успешно применяются в кардиологии, ревматологии, онкологии и для изучения других патологий. Эпидемиология сыграла важную роль в профилактике гипертонии. Эпидемиологические методы помогли определить масштабы проблемы, установить тот уровень кровяного давления, при котором лучше всего начинать профилактику[2].

Вместе с тем, проведение эпидемиологических исследований на популяционном уровне в масштабах региона требует не только определенной подготовки исследователя, но и является достаточно трудоемким процессом.

**Цель исследования:** разработать унифицированные методические подходы к проведению разведочных клинико-эпидемиологических исследований по данным официальных медицинских статистических отчетов, реализовать их в виде компьютерного программного комплекса.

**Материалы и методы.** Исходными данными для разведочного анализа являются материалы медицинских статистических отчетов, (форма № 35 «Сведения о больных злокачественными новообразованиями», формы № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения», форма № 63 «Сведения о заболеваниях, связанной с микронутриентной недостаточностью» и др.) а также медико-демографические данные.

Разработанная компьютерная программа позволяет осуществлять:

- ввод абсолютных значений заболеваемости, численности населения, как в ручном режиме, так и экспортируемых из офисных приложений по всем административно-территориальным образованиям региона;
- корректировку введенных данных;
- сохранения данных;
- расчет относительных показателей, среднеквадратичные отклонения;
- построение линейных моделей полученных показателей с расчетом коэффициента корреляции полученной модели с фактическими данными;
- краткосрочный прогноз;

- вычисление среднемноголетних показателей, показателей темпов роста (снижения) за анализируемый период;
- построение графиков показателей по всем территориям; ранжирование территорий по среднемноголетнему значению, темпам роста (снижения) показателей, сумме рангов.
- Вывод отчета в текстовом формате, в форматах PDF, RTF, HTML.

**Результаты и обсуждение.** С использованием разработанной программы были проведены разведочные клинико-эпидемиологические исследования по следующим направлениям:

- Смертность населения Владимирской области за 1990-2015 годы
- Общая заболеваемость (1999-2014 г.г.)
- Заболеваемость органов дыхания (1999-2014 г.г.):
  - острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей;
  - пневмонии;
  - острый ларингит и трахеит;
  - острый обструктивный ларингит;
  - бронхит хронический и неуточненный;
  - другая хроническая обструктивная легочная болезнь, бронхоспастическая болезнь;
  - астма; астматический статус;
- Болезни системы кровообращения:
  - болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением;
  - ишемические болезни сердца;
  - инфаркт;
  - цереброваскулярные болезни.

В результате исследования общей заболеваемости населения Владимирской области за 1999-2014 годы (Рис.1) было отмечено, что, несмотря на относительно стабильную ситуацию, заболеваемость по различным административно-территориальным образованиям имеет ярко выраженные отличия.

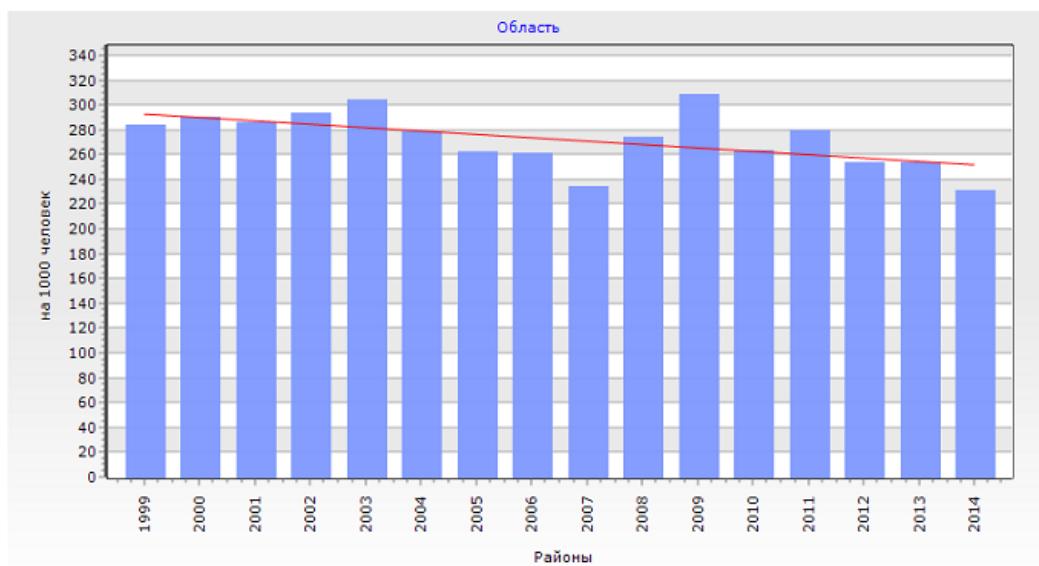


Рис.1 Общая заболеваемость по Владимирской области с 1999 по 2014 год

Так, общая заболеваемость в Гусь-Хрустальном районе значительно выше, аналогичных показателей в Александровском районе на протяжении всего периода наблюдения, при этом следует отметить, что по полу-возрастным характеристикам эти территории не имеют значимых различий.

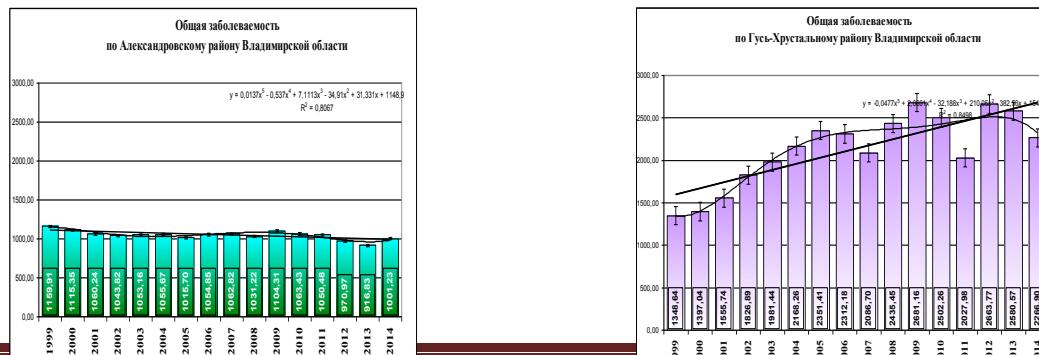


Рис.2 Общая заболеваемость по Александровскому району

Рис.3 Общая заболеваемость по Гусь-Хрустальному району

Среднее значение показателя общей заболеваемости за анализируемый период времени (Таблица 1) колеблется от 155,63 в Александровском районе до 336,05 в Кольчугинском, также значительные различия отмечены и по темпам роста (снижения заболеваемости). Так, наименьшее значение темпа (-3,6) в Александровском, наибольшее (1,9) – в Гусь-Хрустальном районах. Краткосрочное прогнозирование проводилось на основании построения линейных моделей, коэффициент корреляции полученных линейных моделей и фактических данных колеблется от 0.27 до 0.87.

Таблица 1

Оценка многолетних характеристик общей заболеваемости по Владимирской области (1999-2014г.г.)

Название района	Среднее (на 1000 чел.)	Ранг среднего	Темп роста (%)	Ранг темпа	Сумма рангов	Прогноз (на 1000 чел.)	СКО
Александровский	155,63	1	-3,6	2	3	113,9	26,29
Вязниковский	210,16	5	-0,3	14	19	208,17	13,11
Гороховецкий	235,02	9	0,8	16	25	267,9	34
Гусь-Хрустальный	314,95	15	1,9	18	33	303,46	49,7
Камешковский	206,66	4	-2,4	8	12	126,38	43,73
Киржачский	296,48	14	1,6	17	31	321,52	44,43
Ковровский	321,93	16	-1,4	13	29	256,29	31,55
Кольчугинский	336,05	17	-1,7	10	27	300,13	61,86
Меленковский	249,23	10	-3,4	3	13	169,08	38,48
Муромский	186,78	2	-2,9	4	6	143,45	37,13
Петушинский	199,96	3	0,5	15	18	195,83	27,24
Селивановский	222,4	8	-2,9	5	13	189,78	73,29
Собинский	221,01	7	-2,7	7	14	149,87	26,31
Судогодский	214,13	6	-2,8	6	12	171,73	51,87
Сузdalский	269,42	13	-6,6	1	14	82,12	68,77
Юрьев-Польский	258,72	11	-1,6	11	22	211,15	30,22
г.Радужный	262,43	12	-1,9	9	21	215,51	41,76
г.Владимир	348,16	18	-1,5	12	30	299,09	25,26
Область	272,44		-1,4			228,2	22,51

Программой предусмотрено проведение ранжирования территорий по среднему значению показателей, по темпам роста(снижения), а также по сумме рангов, для выявления наиболее неблагополучных территорий.

Так, по показателям среднего значения высокие значения выявлены в г. Владимире, Кольчугинском, Ковровском районах, низкие – в Петушинском, Муромском, Александровском районах. (Рис.4)

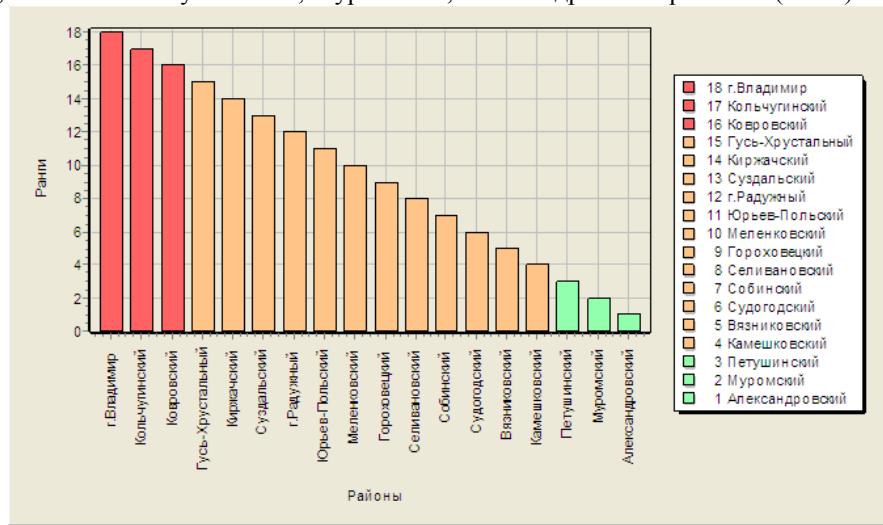


Рис. 4 Ранг среднего значения заболеваемости

По темпам роста (снижения) показателей общей заболеваемости наибольшие значения отмечены в Гусь-Хрустальном, Киржачском, Гороховецком, наименьшие в Меленковском, Александровском, Сузальском районах.

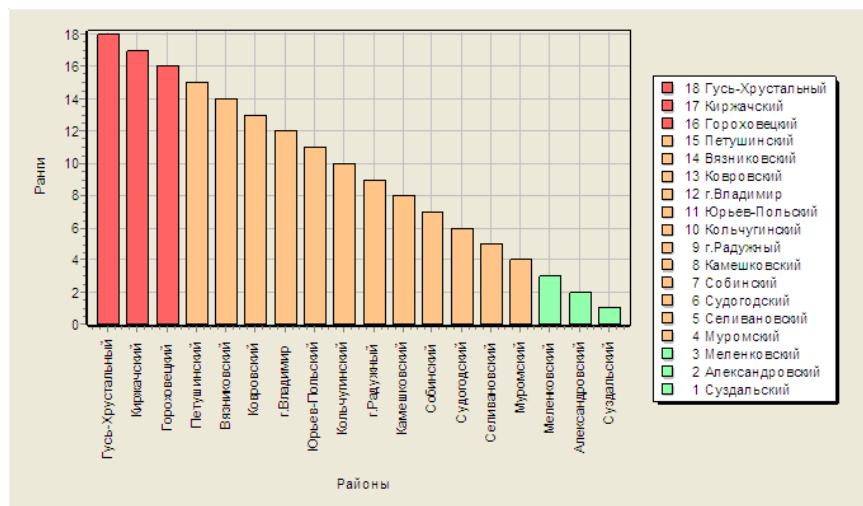


Рис. 5 Ранг темпа

Таким образом, по сумме рангов показателей, характеризующих как средний уровень, так и динамику заболеваемости, наиболее проблемными территориями являются Гусь-Хрустальный, Киржачский районы и г.Владимир.

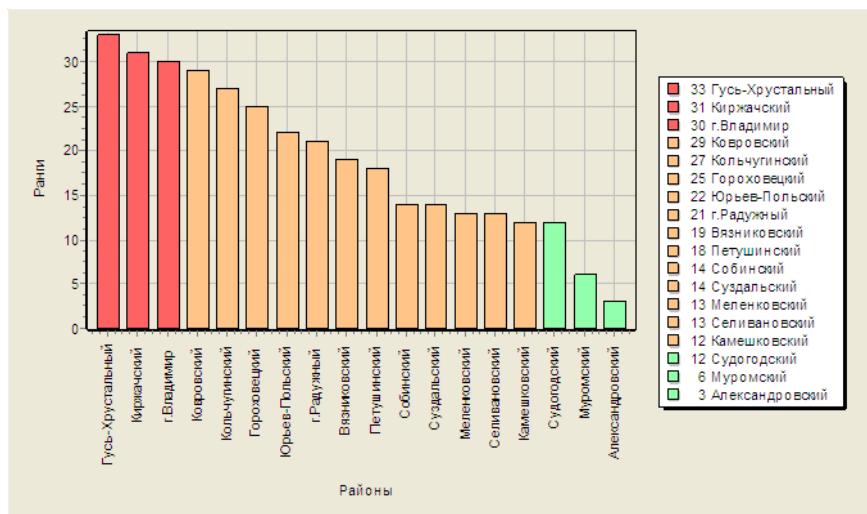


Рис. 6 - Сумма рангов

#### Выводы:

1. Разработанный программный комплекс для проведения разведочных клинико-эпидемиологических исследований может быть использован для первичной обработки данных официальной медицинской отчетности.
2. Программа позволяет исследователю оценить показатели, характеризующие общественное здоровье как по административно-территориальным образованиям, так и в целом по региону.
3. Учитывая сложившееся неблагополучие по заболеваемости и смертности в отношении ряда нозологических форм, а также имеющиеся значительные колебания по этим показателям по различным территориям Владимирской области, необходимо проведение дополнительных исследований клинико-эпидемиологических особенностей неинфекционной патологии, с использованием современных информационно-аналитических технологий и методов доказательной медицины

#### Библиографический список

1. Зуева Л.П., Яфаев Р.Х., Эпидемиология: Учебник. – С.-Петербург: «Фолиант» 2005. – 647 с.
2. Основы научных исследований. Под ред. Л.П. Зуевой// СПбГСГМИ, 1992
3. Речкин В.И., Лебедев А.И. Методическая разработка практического занятия на тему: Анализ многолетней динамики заболеваемости. - Ленинград: Изд-во ЛенГИУВим.С.М.Кирова. 1989. - 19 с.
4. Мерков А.М., Поляков Л.Е. Санитарная статистика//Ленинград, «Медицина», 1974

## SOFTWARE FOR EXPLORING CLINICAL-EPIDEMICAL INVESTIGATIONS

Burenkov V.N., Yaskin E.G., Permyakov S.A., Scherbovich S.N., Lomalov A.A.  
 Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Vladimir region  
 vlad-burenkov@yandex.ru  
 Vladimir Clinical Emergency Hospital gkbsmp.vladimir@mail.ru  
 Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, AVShi-104@yandex.ru

The improvement of medical and preventive actions is possible on basis of deep and multidirectional analysis of medical-demography data. Epidemiological approach was used for investigation of different pathologies in the population of Vladimir region. The results and main software features were presented.

◆

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ДИАГРАММ РИТМА СЕРДЦА И  
ДИАГРАММ АМПЛИТУД СИСТОЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РИТМА СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ  
ЛЮДЕЙ**

Кузнецов А.А., Пермяков С.А., Сушкина Л.Т.  
 Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

**Введение:** Оценка функционального состояния по данным ритма сердца с использованием параметров вариабельности ритма сердца (ВСР) [1] является признанной методикой в практической медицине. Ритм сердца в виде диаграммы (ДРС) регистрируется чаще всего по электрокардиограмме (ЭКГ). При этом сначала определяются координаты R-зубцов [мВ, мс], а затем интервалы между ними – RR [мс]. Данная методика помимо информации о ритме сердца позволяет получить в качестве предмета исследования диаграмму амплитуд систолического потенциала (ДАСП) [мВ], свойства и информативность которой изучены недостаточно.

Известны статистический и топологический подходы к изучению ДАСП [2,3], однако оценка корреляции параметров ДАСП и ДРС, а также оценка внутренних взаимосвязей ДАСП не проводились.

**Цель:** исследовать степень корреляции параметров диаграмм ритма сердца и диаграмм амплитуд систолического потенциала.

**Материалы и методы:** База данных исследований содержала 416 групповых двадцатиминутных регистраций ЭКГ условно-здоровых студентов ВлГУ в возрасте 19-21, в положении сидя. Регистрация ЭКГ проводилась с помощью амбулаторного комплекса регистрации «AnnA Flash 3000» в период февраль-май, 2010-2015 годов. Конвертирование ЭКГ в ДРС и ДАСП, а также дальнейшая обработка и расчёт параметров проводились в программной среде MATLAB с помощью авторского программного обеспечения (Свидетельство №2014660794, 2015617446).

По данным ДРС и ДАСП составлялись синтезированные ряды параметров вариабельности (табл.1), по которым согласованно по отдельным регистрациям проводился корреляционный анализ.

Таблица 1. Исследуемые параметры ДРС и ДАСП

Обозначение	Название	Размерность для ДРС	Размерность для ДАСП
Mx	Среднее значение	мс	мВ
Dx	Стандартное отклонение	мс	мВ
Ax	Асимметрия	у.е.	у.е.
Ex	Эксцесс	у.е.	у.е.
Mo	Мода	мс	мВ
Cv	Коэффициент вариации	%	%
AMo	Амплитуда моды	%	%
ИН	Стресс-индекс	мс <sup>-2</sup>	мВ <sup>-2</sup>
TP	Общая мощность спектра	мс <sup>2</sup>	мс·мВ
VLF	Мощность спектра очень низких частот	мс <sup>2</sup>	мс·мВ
VLF%	Относительная мощность спектра очень низких частот	%	%
LF	Мощность спектра низких частот	мс <sup>2</sup>	мс·мВ
LF%	Относительная мощность спектра низких частот	%	%
HF	Мощность спектра высоких частот	мс <sup>2</sup>	мс·мВ
HF%	Относительная мощность спектра высоких частот	%	%
LH/HF	Отношение мощностей диапазонов низких и высоких частот	у.е.	у.е.
I*	Информационная энтропия	бит/отсчёт	бит/отсчёт

В анализе результатов также использовались результаты исследования пятиминутных регистраций ритма сердца, приведённые в работе [4].

**Результаты исследования.** На рис.1 представлены коэффициенты корреляции рядов параметров ВСР для ДРС и ДАСП. Из рисунка 1 видно, что практически все параметры ДРС и ДАСП имеют коэффициент корреляции меньше (или равно) 0,4. Исключение составили параметры: общей мощности ( $K = 0,74$ ) и амплитуды моды ( $K = 0,51$ ).

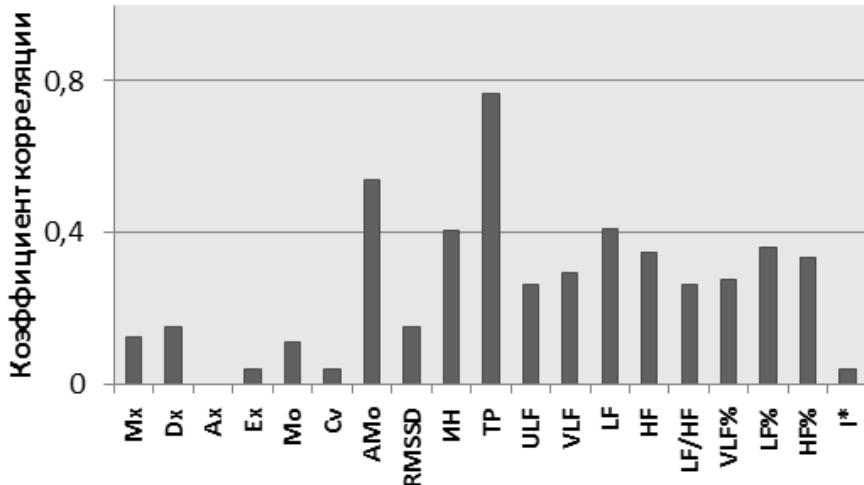


Рис.1. Коэффициенты корреляции параметров ДРС и ДАСП

Результаты анализа взаимосвязи параметров отдельно для ДРС и ДАСП представлены в таблицах 2 и 3. В работе принята расширенная классификация корреляционных связей: связь считается сильной при  $|r| > 0,75$ , и умеренной при  $0,25 < |r| < 0,75$ . Для визуальной оценки представленных данных сильные и слабые взаимосвязи соответственно затемнены. В качестве уточняющих данных использовались результаты исследования ВСР [4] для здоровых людей.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции параметров ритма сердца

	Mx	Dx	Ax	Ex	Mo	Cv	AMo	RMSSD	SI	TP	ULF	VLF	LF	HF	LF/HF	I*
Mx	1	0,69	-0,59	-0,45	0,97	0,37	-0,66	0,75	-0,66	-0,81	-0,24	-0,25	-0,61	0,25	-0,39	0,65
Dx		1	-0,3	-0,4	0,7	0,9	-0,9	0,9	-0,7	-0,5	-0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,3	0,9
Ax			1	0,44	-0,6	-0,1	0,29	-0,3	0,24	0,28	-0,1	-0,2	0,55	-0	0,24	-0,3
Ex				1	-0,4	-0,3	0,58	-0,4	0,44	0,38	0,09	0,08	0,37	-0,2	0,25	-0,5
Mo					1	0,3	-0,6	0,7	-0,6	-0,8	-0,2	-0,2	-0,6	0,2	-0,4	0,6
Cv						1	-0,8	0,7	-0,7	-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	0,1	-0,2	0,9
AMo							1	-0,7	0,89	0,58	0,16	0,26	0,4	-0,2	0,3	-1
RMSSD								1	-0,6	-0,6	-0,2	-0,4	-0,5	0,5	-0,5	0,8
SI									1	0,66	0,26	0,28	0,35	-0,2	0,25	-0,9
TP										1	0,53	0,35	0,45	-0,2	0,32	-0,6
ULF											1	0,03	-0,2	-0,3	0,07	-0,2
VLF												1	-0,1	-0,4	0,13	-0,2
LF													1	-0,3	0,59	-0,4
HF														1	-0,7	0,2
LF/HF															1	-0,3
I*																1

Из таблицы 2 для ДРС видно сильные взаимосвязи параметров ( $AMo \sigma$ ), ( $\sigma I^*$ ), ( $I^* RMSSD$ ), ( $RMSSD \sigma$ ), ( $Mx RMSSD$ ), которые подтверждаются результатами [4], а также ( $Mo Mx$ ), ( $\sigma Cv$ ), ( $Cv AMo$ ), ( $TP Mx$ ), ( $TP Mo$ ), ( $SI Mo$ ), ( $SI I^*$ ). Также обращает на себя внимание отсутствие сильной связи между  $\sigma$  и  $TP$  ( $r = -0,5$ ) ДРС, что требует отдельного исследования.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции параметров систолического потенциала

	Mx	Dx	Ax	Ex	Mo	Cv	Amo	RMS SD	SI	TP	ULF	VLF	LF	HF	LF/HF	I*
Mx	1	0,47	-0,16	0,12	0,99	-0,3	-0,09	0,38	-0,66	-0,02	0,13	0,07	-0,14	0,10	0,16	0,22
Dx		1	0,04	-0,2	0,5	0,7	-0,3	0,8	-0,7	0,04	-0	0,03	-0	0	-0	0,1
Ax			1	-0,2	-0,2	0,2	-0,1	-0	0,05	0,06	-0	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Ex				1	0,1	-0,3	0,61	-0,3	0,1	0,14	0,54	0,42	-0,3	0,3	0,54	0,1
Mo					1	-0,3	-0,1	0,4	-0,7	-0	0,12	0,06	-0,1	0,1	0,14	0,2
Cv						1	-0,3	0,6	-0,2	0,05	-0,1	-0	0,08	-0	-0,1	-0
Amo							1	-0,4	0,43	0,35	0,42	0,26	-0,1	0,2	0,35	-0,5
RMSSD								1	-0,6	-0,3	-0,3	-0,1	0,21	-0,2	-0,2	0,1
SI									1	0,11	0,03	-0	0,03	-0	-0	-0,4
TP										1	0,4	0,23	0,13	0,2	0,11	-0,4
ULF											1	0,47	-0,6	0,5	0,94	0,1
VLF												1	-0,3	0,7	0,46	0,2
LF													1	-0,6	-0,6	-0,3
HF														1	0,49	0,2
LF/HF															1	0,2
I*																1

Для ДАСП сильные связи обнаружены среди следующих пар параметров (Mo Mx), ( $\sigma$  I\*), (RMSSD  $\sigma$ ) и (ULF LF/HF). При этом количество сильных связей среди параметров ДРС – 14, а среди параметров ДАСП – 4, количество умеренных связей параметров соответственно 71 и 44.

Среди наиболее связанных параметров для 20-минутных регистраций ДРС можно выделить – Mx,  $\sigma$ , TP и I\*, из наиболее несвязанных параметров выделяются параметры ULF и HF.

Среди наиболее связанных параметров для 20-минутных регистраций ДАСП можно выделить – Ex, Amo, из наиболее несвязанных параметров выделяются параметры Mo, Ax и Cv.

#### Выводы.

Параметры ВСР диаграмм ритма сердца и диаграмм амплитуд систолического потенциала слабо коррелируют между собой, и при данном рассмотрении (групповые регистрации) являются в целом независимыми друг от друга, что подтверждается и различным характером, видом и количеством значимых внутренних связей параметров ВСР.

На фоне высокой взаимосвязи параметров ДРС, низкая взаимосвязь для ДАСП указывает на то, что набор исследуемых параметров ВСР для ДАСП имеет другую чувствительность и требует особого внимания.

Полученные результаты исследования являются основой для дальнейшего изучения взаимосвязей в механизме генерации ритма сердца.

Можно предположить, что между ДРС и ДАСП, как между фазовой и амплитудной составляющими имеется таковая сдвигка.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта УМНИК № 4581ГУ1/2014

#### Библиографический список

1. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1. – С. 54–64.
2. Пермяков С.А., Кузнецов А.А. Анализ методов нормировки значений систолического потенциала ЭКГ//Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады 10-й межд. научн.-техн. кофн. - Владимир, 2012 - кн.1 235-239 с.
3. S. Permyakov, L.Sushkova, A.Kuznetsov Topological approaches to simultaneous analysis of ECG orthogonal components // Proceedings of 11th German-Russian-Conference on Biomedical Engineering RGC 2015
4. Дурнова Н. Ю., Довгалевский Я. П., Бурлака А. Н., Киселев А. Р., Фурман Н. В. Изучение зависимостей между показателями вариационной пульсометрии, энтропии ритма сердца, временного и

спектрального анализа вариабельности ритма сердца в норме и при ишемической болезни сердца // Саратовский научно-медицинский журнал. 2011. Т. 7, № 3. С. 607–611

## INVESTIGATION OF HEART RATE DIAGRAMS AND SYSTOLIC POTENTIAL AMPLITUDE DIAGRAMS PARAMETER CORRELATION IN HEALTHY PERSONS

Permyakov S.A., Kuznetsov A.A., Sushkova L.T.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs

Usually the functional state is evaluated on basis of heart rate variability parameters. The heart rate signal is measured on ECG as phase component of the heart cycle. Other side – the amplitudes of R-peaks could be transformed into a amplitude ECG component – diagrams of systolic potential amplitudes, what should be investigated in comparing with phase ECG component. In the present work the correlation between heart rate parameters of amplitude and phase ECG components were studied.

Key words: ECG, heart rate, R-peaks, HRV, correlation



## ПРОБЛЕМА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ТРАВМАТИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ.

Алешин В.Д., Филиппова Н.А., Матанский С.В., Писарева А.В.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, [AleshinVasiliy@yandex.ru](mailto:AleshinVasiliy@yandex.ru), [nina-filippova@inbox.ru](mailto:nina-filippova@inbox.ru)

По статистике в России ежегодно умирает более 1,8 млн. человек. Виной тому кроме социальных факторов являются также различные природные катаклизмы, пожары, авиакатастрофы, ДТП и т.д. По этим причинам в стране ежегодно погибает около 300 тысяч человек, из них около 30 тысяч погибает в ДТП. Проблема смертности при ДТП в России стоит очень острым вопросом.[1] На сегодняшний день на территории Российской Федерации работают государственные программы и аппаратные комплексы в области обеспечения безопасности дорожного движения. Развитие этих решений позволит в кратчайшие сроки существенно сократить время прибытие бригад служб спасения, повысить качество оказываемой помощи и сократить число погибших на дорогах Российской Федерации.

### Статистика смертности в ДТП

Автомобильный транспорт выступает в роли самого небезопасного из всех доступных человеку. По глобальной статистике именно ДТП выходит на первое место по числу погибших и пострадавших. По этим параметрам автомобильный транспорт значительно обгоняет железнодорожный, авиационный и водный транспорт. Дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной гибели людей. Они происходят по многим причинам, среди которых есть как технологические, так и человеческие факторы. Авария может случиться по вине уставшего водителя, из-за обледенения дорожного покрытия или неисправности тормозной системы.

По статистике ВОЗ за 2015 год Российской Федерации занимает 3 место среди всех стран Европейского региона по показателю дорожно-транспортной смертностью на 100 000 населения (рисунок 1). По статистике ГИБДД за 2015 год в ДТП погибло 22 270 человек.

Ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий погибают или получают ранения свыше 275 тыс. человек. На дорогах за последние 9 лет погибли 9852 ребенка в возрасте до 16 лет, травмированы 209223 ребенка. Демографический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за 2004 - 2011 годы составил 571407 человек.[3]

Статистика последствий ДТП за 2015 год по месяцам представлена в таблице 2.[4] Как видно из графика, максимальное количество ДТП и число раненых приходится на летние месяцы. Самый пик достигается в августе. В основном это связано с тем, что этот месяц приходится на период отпусков, что существенно увеличивает поток машин на дорогах.

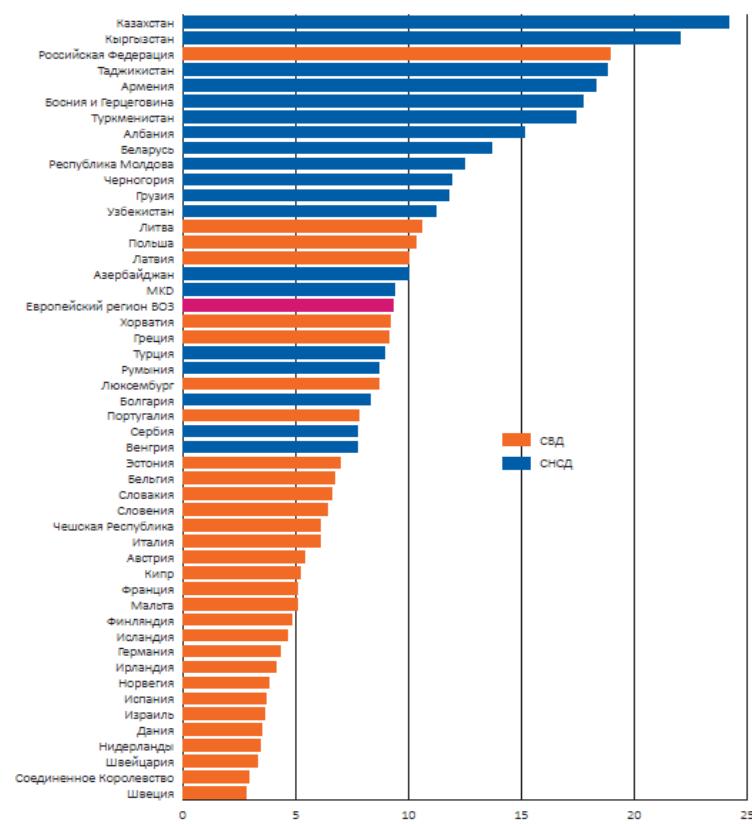


Рис. 1 Статистика ДТП по странам Европы [2]



Рис. 2 Статистика ДТП и их последствий в РФ в 2015 году

Социально-экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за 2004 - 2011 годы превысил отметку в 8188 млрд. рублей. Эта цифра сопоставима с доходами консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации за 2012 год (8064,3 млрд. рублей). Несмотря на то, что в 2011 году социально-экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий снизился до 862 млрд. рублей, его годовой размер, тем не менее, все равно существенен и примерно равен расходам консолидированного бюджета субъектов Российской Федерации за 2011 год на жилищно-коммунальное хозяйство (881,25 млрд. рублей).[3]

#### Повышение безопасности дорожного движения

Обеспечение безопасности дорожного движения это одна из ключевых составных частей задач обеспечения личной безопасности, устранения демографических, социальных и экономических проблем, улучшения качества жизни и содействия региональному развитию.

Именно для обеспечения безопасности дорожного движения, а также для снижения последствий травматизма и смертности на дорогах была создана система «ЭРА-ГЛОНАСС». Также целью разработки

данной системы было сделать первый шаг на пути создания массового навигационного рынка услуг и оборудования, что поспособствовало бы развитию отечественного производства.

Разработка системы экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС» осуществлялась в рамках проекта, одобренного Комиссией при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России (пункт 1 протокола заседания Комиссии от 28 октября 2009 г. № 5). В итоге в 2013 году работы по созданию системы были завершены, а с 1 января 2015 года система введена в промышленную эксплуатацию.

Внедрение программ повышения безопасности на дорогах России Президент Российской Федерации В. В. Путин в своем Послании Федеральному Собранию Российской Федерации на 2013 год назвал одной из актуальных задач развития страны.

История создания системы «ЭРА-ГЛОНАСС» началась с первой международной конференции по созданию европейской платформы экстренного реагирования при авариях e-Call в 2008 году, которая и послужила примером создания отечественного аналога. На конференции присутствовал директор Ассоциации «Интеллектуальные транспортные системы России» («ИТС-Россия») Владимир Крючков. После конференции решено было начать создание аналогичной системы на территории Российской Федерации.[5]

### Принцип работы системы «ЭРА-ГЛОНАСС»

При тяжёлой аварии, например, сопровождающейся срабатыванием подушек безопасности или изменением геометрии кузова, несколько датчиков фиксируют момент ДТП, измеряют перегрузки в момент аварии, а терминал автоматически определяет местоположение пострадавшего транспортного средства через спутники системы ГЛОНАСС, устанавливает связь с серверным центром системы мониторинга и передаёт данные об аварии по каналам сотовой связи — координаты и время ДТП, VIN транспортного средства. Оператор голосом уточняет детали происшествия и в случае подтверждения информации или при отсутствии ответа направляет службы экстренного реагирования, например, спасателей МЧС, Скорую помощь, ГИБДД. При незначительном ДТП, в случае когда датчики не сработали, но водителю или пассажирам требуется оказание квалифицированной помощи, участники могут также вручную включить устройство, передать данные и связаться с оператором.

Сигнал о бедствии имеет приоритетный статус и будет передан через любого сотового оператора, чей сигнал в данном месте будет самый сильный. Если сеть будет перегружена множеством телефонных звонков, то их можно прервать для передачи экстренной информации.

На удалённых территориях, не охваченных сотовой связью, в перспективе предполагается осуществлять контакт с системой с использованием спутниковой группировки «Гонец».[6]

Система также способна оценивать тяжесть ДТП, строя эквивалентную модель события. Это позволяет увидеть траекторию движения транспортных средств последние минуты до аварии, сам момент ДТП, а также возможные последствия и местоположение транспортных средств на дороге.

### Недостатки системы

К сожалению, система ЭРА-ГЛОНАСС лишена возможности оценки состояния участников дорожного движения в реальном времени, а также возможности передавать видеоизображение с места происшествия. Оператор может давать оценку ситуации основываясь лишь на показания от участников происшествия (при условии наличия у них сознания), которые могут быть расходится с реальностью ввиду состояния аффекта у пострадавших. Это значительно усложняет оказание помощи при ДТП на дорогах повышенной опасности, будь то горные серпантини или лавиноопасные зоны. При ДТП с большим количеством пострадавших, например, при падении автобуса с обрыва, кроме точных координат места происшествия и оценки тяжести происшествия для оказания оперативной и квалифицированной помощи необходимо понимать расположение ТС в условиях окружающего ландшафта, а также расположение пострадавших внутри и снаружи ТС.

Решением именно таких задач способна заниматься Автоматическая Система Дронов Быстрого Реагирования (АСДБР). Принцип работы системы будет основан на работе системы ЭРА-ГЛОНАСС с добавлением к ней беспилотных летательных аппаратов, который будут выполнять функцию ассистентов для оператора. В начале планируется покрыть конкретные геолокационные зоны повышенной опасности с наибольшим количеством происходящих ДТП (скоростные магистрали, горные серпантини, лавиноопасные зоны). При возникновении ДТП и поступлении вызова к оператору службы ЭРА-ГЛОНАСС он может направить на место происшествия дрон. При этом, оператору не надо контролировать процесс передвижения дрона, так как он будет на место ДТП по координатам, полученным со спутника «ЭРА-ГЛОНАСС». Дрон позволит операторам служб ЭРА-ГЛОНАСС и «112», а также сотрудникам служб экстренного реагирования непосредственно на месте происшествия получать изображение в реальном времени и давать оценку ситуации, основываясь на полученном видеоизображении. Это позволит рационализировать вызов экстренных служб реагирования и сократить время устранения последствий ДТП.

Основной составляющей АСДБР является беспилотный летательный аппарат именуемый дроном. Максимальное время прибытие дрона на место происшествия не должно превышать 10 минут. При средней скорости в 100 километров в час, которая не является пределом для современных дронов, одним беспилотником можно покрыть зону радиусом в 15 километров. Безусловно, стоит учитывать и климатические

особенности регионов, в которых будут использоваться дроны. Поэтому рабочая температура дрона должна лежать в диапазоне от -30°C до +50°C, а также корпус должен обладать влагозащищенностью класса IP68.

Одним из самых важных элементов дрона является камера, которая должна обеспечивать прекрасную видимость независимо от времени суток и погодных условий.

Основные характеристики, предъявляемые к камере:

- Вращение камеры на 360 градусов по горизонтальной оси и 300 градусов по вертикальной оси;
- Съемка в инфракрасном режиме для ночных вылетов;
- Разрешение: 3840 x 2160 (UHD)

На сегодняшний день в стране очень ярко стоит проблема реагирования и оказания помощи при дорожно-транспортных происшествиях и катастрофах, а также уменьшение числа жертв и пострадавших. Острота этой проблемы подкрепляется, во-первых положением Российской Федерации в первой тройке стран среди Европейского региона ВОЗ по количеству смертельных ДТП, а во-вторых увеличением количества автомобильного транспорта с неопытными водителями и мотоциклистами за рулем. В существующих методах решения данной проблемы существует ряд недостатков, которые поможет решить разрабатываемая система дронов, а именно возможность получения изображения в реальном времени с места происшествия, а также нехватка персонала спасательного транспорта и самого транспорта.

#### Библиографический список

1. М.Ю. Муравьев (отряд «Центрспас»). Проблемы оказания первой помощи при АСР и пути их решения. // Технологии гражданской безопасности, С. 41-45.
2. Josephine Jackisch, Dinesh Sethi, Francesco Mitis, Tomasz Szymanski, Ian Arra. Европейские факты и Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015 // Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. 2015.
3. Федеральная целевая программа повышения безопасности дорожного движения. I. Характеристика проблемы, на решение которой направлена Программа. Режим доступа: [http://www.fcp-pbddd.ru/about\\_program/problem.php](http://www.fcp-pbddd.ru/about_program/problem.php) (дата обращения 30.05.2016).
4. Госавтоинспекция. Режим доступа: <http://www.gibdd.ru> (дата обращения 30.05.2016).
5. История создания системы ЭРА-ГЛОНАСС. Режим доступа: <http://glonauto.ru/informaciya/istoriya-sozdaniya-sistemy-era-glonass.html> (дата обращения 30.05.2016).
6. Принцип действия системы ЭРА-ГЛОНАСС. Режим доступа: <http://www.488989.ru/index-eg.shtml> (дата обращения 30.05.2016).

### THE PROBLEM OF ROAD TRAFFIC INJURIES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND METHODS OF ITS SOLUTION.

Filippova N.A., Aleshin V.D., Matansky S.V., Pisareva A.V.

Bauman Moscow State technical University, [AleshinVasiliy@yandex.ru](mailto:AleshinVasiliy@yandex.ru), [nina-filippova@inbox.ru](mailto:nina-filippova@inbox.ru)

The article deals with the statistics of road accidents and the extent of socio-economic damage and also provides data on the number of dead and wounded on the roads of the Russian Federation at 2015 year. There were reviewed the existing methods and programs for improving road safety and were identified their key disadvantages. The main reason for the high mortality on the roads in Russia is late or incorrect first aid to victims and also long time intervals between incident and arrival of skilled crews of rescuers to place of incident. Development of new software and technological solutions will significantly reduce the number of deaths in road accidents and will bring assistance to a higher level.



### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Филиппова Н.А, Алешин В.Д, Матанский С.В., Писарева А.В.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана,  
[AleshinVasiliy@yandex.ru](mailto:AleshinVasiliy@yandex.ru), [nina-filippova@inbox.ru](mailto:nina-filippova@inbox.ru)

#### Цель статьи

Обзор существующих методов и средств контроля состояния водителя, выбор оптимальной системы для дальнейшей разработки.

#### Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) — основная причина смерти людей в любом возрасте. Ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей, сколько от ССЗ. По данным Всемирной

организации Здравоохранения, в 2015 году от ССЗ умерло 17,5 миллиона человек, что составило 31% всех случаев смерти в мире. [1]

Исследования показали, что водители, страдающие от сердечно-сосудистых заболеваний на 23 % больше подвержены попасть в дорожно-транспортное происшествие (ДТП). За последний год выросло число аварий, произошедших по вине водителей, страдающих ССЗ — на 5,5%. Всего по вине таких водителей насчитывается 4809 ДТП, в которых погибло 597 человек, ранено — 6773. [2]

#### Существующие методы

Специалисты различных автопроизводителей пытаются создать систему, способную предотвратить ДТП, возникающие по вине водителей, страдающих ССЗ, однако, надежного решения проблемы пока не было найдено.

Команда специалистов испанского Instituto de Biomecánica de Valencia представили собственное решение — встраивание системы мониторинга самочувствия человека прямо в ремень безопасности.

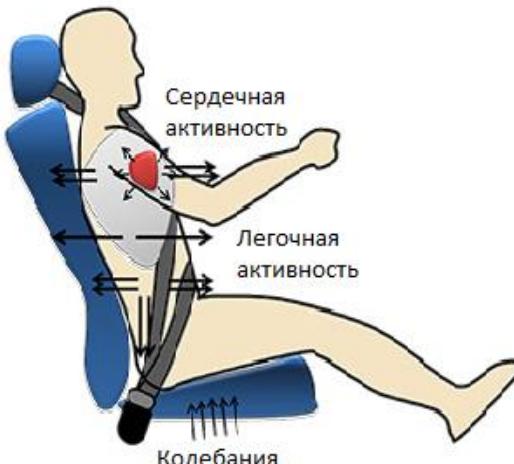


Рисунок 1. Схема разработки Harken.

Речь идет о двух датчиках: датчик частоты сердечного ритма и частоты дыхания. При этом устройства регистрируют только механический эффект сердцебиения и дыхательной активности человека (удары сердца и колебания грудной клетки). При этом разработчики смогли добиться надежного отсечения помех/вибраций, которые не учитываются системой. Сам проект получил название Harken.[3]

К сожалению, далеко не все водители следуют правилам дорожного движения и регулярно пристегивают ремень, а при его отсутствии регистрация параметров невозможна.

Рассмотрим следующую систему, которую предложил использовать концерн Toyota. Специалисты компании предложили на рулевое колесо ставить специальные датчики, которые будут считывать артериальное давление водителя и посыпать сообщения на бортовой экран о предынфарктном состоянии водителя.

Недостатком такой системы, по мнению технических специалистов, был тот факт, что предупреждение об инфаркте посыпалось непосредственно перед самим инфарктом, и водитель мог бы просто не успеть что-либо сделать.

Ученые из университета Ноттингем Трент начали разрабатывать специальные автомобильные кресла, снимающие электрокардиограмму сердца водителя. Датчики на новых сидениях позволят определить состояние водителя, данные будут передаваться на бортовой компьютер, и на информацию будут реагировать системы безопасности, что позволит предотвратить аварию: машины будут автоматически резко останавливаться.

Разработка новинки ведется совместно с компанией Plessey Semiconductors, которая создала бесконтактный электромер, определяющий изменения разности электрических потенциалов, возникающих при работе сердца (при обычной электрокардиографии для этой цели на различные участки тела накладываются электроды). Это устройство и планируется встраивать в кресла, при этом изучением способов его наиболее оптимальной интеграции в обшивку и изучает Университет Ноттингем Трент.

Ученые из университета Ноттингем Трент предполагают в идеале совместить электрокардиограф в креслах с системами активного круиз-контроля и контроля рядности движения, которые в случае опасной ситуации (если водитель заснул или получил сердечный приступ) могли бы взять управление на себя и безопасно остановить машину. [4]

Учитывая вышеизложенный материал можно сделать вывод, что наиболее удачное расположение регистрирующих устройств в сидении автомобиля.

В настоящее время, в России отслеживается только усталость водителей грузового и пассажирского транспорта, на которых стоят специальные приборы — тахографы, устанавливаемые на борту автотранспортных средств и регистрирующие скорость, режим труда и время отдыха водителей.



Рисунок 2. Изображение концепта

В связи с отсутствием систем контроля состояния водителя на российском рынке, становится актуальной и востребованной необходимость создания подобной системы. Российская разработка войдет в ценовую категорию, доступную для более широкого круга отечественных потребителей.



Рисунок 3. Изображение разрабатываемой системы

Создаваемая система кардиоконтроля будет выглядеть следующим образом: электрокардиограф в креслах будет совмещен с системами активного круиз-контроля и контроля рядности движения, которые в случае возникновения сердечного приступа во время управления автомобилем произведут безопасную остановку. А в центр мониторинга дорожных ситуаций по каналу сотовой связи будет направлено сообщение о случившемся в виде координат местоположения автомобиля и информационного сообщения. Технические параметры разрабатываемой системы приведены ниже в таблице.

Таблица 1. Технические параметры системы.

Количество отведений	3
Питание системы	Напряжение от 10 до 15 В
Полоса пропускания частот	0,05 - 160 Гц
Входной импеданс	не менее 5 МОм на частоте 10 Гц
Диапазон напряжения регистрируемых входных сигналов	0,03 мВ-5 мВ
Канал передачи	Сотовая связь

С точки зрения маркетинга, целесообразно выпускать автомобили, оснащенные данной системой в двух комплектациях, базовой и топовой. Базовая система будет включать в себя непосредственно считывание физиологических данных и оповещение водителя, либо по его желанию, оповещение распространялось на весь салон автомобиля. Топовая версия помимо вышеописанной функции будет включать в себя систему снижения скорости в случае резкого ухудшения деятельности сердечно-сосудистой системы, вплоть до полной остановки автомобиля.

#### Выводы

В работе приведены особенности основных методов, используемых для оценки состояния водителя автомобиля, а также принципы их работы. Показано, что встраивание регистрирующих датчиков в сидение автомобиля является оптимальным вариантом для преждевременного выявления сердечных патологий у пассажира.

Разрабатываемая система позволит сочетать личную безопасность с безопасностью дорожного движения, что, несомненно, крайне актуально. По мнению крупнейших мировых инвесторов в самой краткосрочной

перспективе на рынке произойдет инвестиционный бум в сфере биотехнологической продукции. В перспективе эта тенденция станет устойчивой, так как отмечает повышенному спросу потребителя со средним заработком и высоким материальным достатком на продукцию, способную предупреждать и исключать опасности, связанные с неконтролируемыми изменениями здоровья.

**Библиографический список**

1. Всемирная Организация Здравоохранения. Режим доступа: <http://www.who.int/ru/> (дата обращения 20.05.2016).
2. Госавтоинспекция. Режим доступа: <http://www.gibdd.ru> (дата обращения 25.05.2016).
3. Helios De Rosario Martinez, Jose S. Solaz Sanahuja, Paulo Gameiro. Heart and respiration unobtrusive sensors integrated in the vehicle. Instituto de Biomecánica de Valencia, 2013.
4. Fabric based sensors to prevent drivers falling asleep at the wheel. Режим доступа: <http://www.innovationintextiles.com/fabric-based-sensors-to-prevent-drivers-falling-asleep-at-the-wheel/> (дата обращения 30.05.2016).

**COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DRIVER'S HEALTH MONITORING.**

Filippova N.A., Aleshin V.D., Matansky S.V., Pisareva A.V.  
Bauman Moscow State Technical University,  
[AleshinVasiliy@yandex.ru](mailto:AleshinVasiliy@yandex.ru), [nina-filippova@inbox.ru](mailto:nina-filippova@inbox.ru)

The article provides an overview of methods of driver's health monitoring that are used, designed or are at the design stage. The statistics of road accidents caused by a sharp deterioration of the driver's health due to cardiovascular diseases are provided. Methods of heart rates' monitoring during a movement of the vehicle are considered. After analyzing the shortcomings of the existing systems, the optimal method for further development has been selected. The problems considered in the article are of great practical importance in the field of traffic safety.

**АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

Талеб Е.М., Исаков Р.В.  
Владимирский государственный университет имени А.Г и Н.Г Столетовых,  
e-mail:[noor2@mail.ru](mailto:noor2@mail.ru)

Электрокардиограмма (ЭКГ) является одним из наиболее важных источников для диагностики в здравоохранении. Данный сигнал несет информацию не только о самом сердце, но и о других физиологических процессах, происходящих в организме человека. Целью данной работы являлся анализ влияния социально-значимых патологий на ЭКГ человека. Используя найденные маркеры патологий, имеется возможность создания и внедрения детекторов социально-значимых патологий в системы кардиомониторирования.

Известно, что нормальная ЭКГ состоит из Р-зубца, QRS комплекса и Т зубца (рисунок 1). Р-зубец является первой волной электрокардиограммы и представляет распространение электрического импульса через мышцы предсердия (активация или деполяризация). В этой фазе можно выделяются несколько нарушений, которые следует отметить. Например, увеличение амплитуды Р-зубца обычно говорит о гипертрофии предсердия и о наличии клапанного заболевания, артериальной гипертензии или врожденного порока сердца. Увеличение ширины часто свидетельствуют об увеличении левого предсердия или о заболевании мышц предсердий.

Интервал от начала зубца Р до начала комплекса QRS отражает время, необходимое для распространения импульса по предсердиям и его прохождения через атриовентрикулярное соединение (эта физиологическая задержка необходима для заполнения желудочков кровью до начала их сокращения). Его нормальная продолжительность составляет 0.12-0.20 секунды.

Самый важный комплекс в электрокардиограмме является QRS. Он отражает распространение возбуждения по желудочкам (деполяризация). На его амплитуду могут повлиять многие факторы, такие как размер груди, толщина стенки грудной клетки, эмфизема и др. Именно в пределах комплекса QRS находится наибольшая амплитуда высокочастотных компонент. В последние годы нашла применение перспективная технология высокочастотной ЭКГ (полоса частот до 1000 Гц). Некоторые исследователи работают над анализом высокочастотных компонент QRS комплекса в надежде на выявление дополнительной информации из ЭКГ[1].

Сегмент S-T и зубец Т следуют за комплексом QRS и отражают процесс деполяризации желудочков. При некоторых заболеваниях, например инфаркте миокарда, возникают типичные изменения сегмента ST.

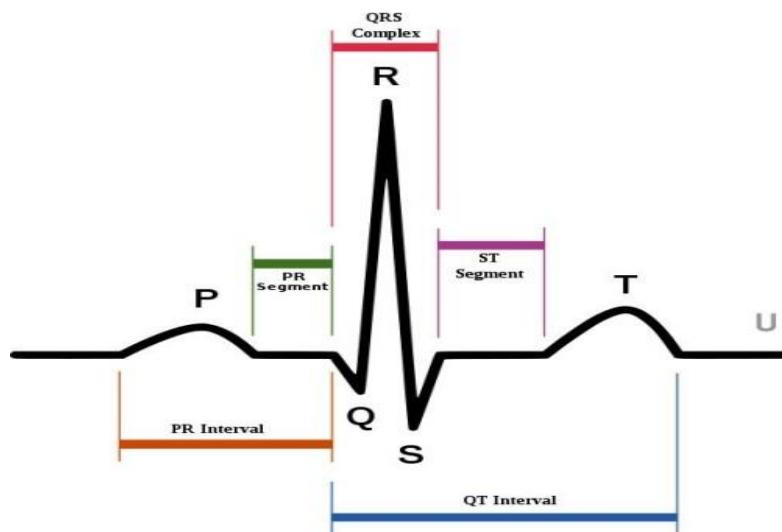


Рисунок 1 – норма ЭКГ

Инфарктом миокарда называют такую форму ишемической болезни сердца, при которой наблюдается недостаточный уровень кровообращения, и развитие некроза в отдельной части сердечной мышцы.

Основной метод диагностики инфаркта миокарда - ЭКГ. Во время диагностики инфаркта миокарда на ЭКГ выявляются изменения в расположении, размерах и форме отдельных сегментов и зубцов.

ЭКГ признаками инфаркта миокарда являются:

- поднятие сегмента ST выше изоэлектрической линии в отведениях, соответствующих локализации области поражения;
- снижение сегмента ST ниже изоэлектрической линии в отведениях, противоположных местоположению пораженной области;
- искажение комплексов QRS и зубца Q;
- двухфазность зубца Т на ЭКГ;
- снижение амплитуды зубца R;
- блокада левой ножки пучка Гиса.

В качестве социально-значимого заболевания не сердечно-сосудистой природы был исследован туберкулез. Туберкулэс — инфекционное заболевание, возникающее при заражении макро-бактериями туберкулэса, характеризуется образованием специфических гранулём в различных органах и тканях (чаще в лёгких), а также полиморфной клинической картиной.

Изменения сердца при туберкулэсе обсуждают значительно реже, чем изменения легких или некоторые внелёгочные формы заболевания. По-видимому, это связано с тем, что больные туберкулэсом, находясь под пристальным вниманием фтизиатров и пульмонологов, редко консультируются у кардиологов, однако исход заболевания часто обусловлен именно состоянием сердца.

По данным статистики, сердечная недостаточность стала непосредственной причиной смерти больных туберкулэсом в 32,7% (каждого третьего больного). Внезапная смерть при туберкулэсе, как правило, вызвана патологией сердца: туберкулэс сердца, заболевания сердца и сердечно-сосудистой системы, существующие у больного одновременно с туберкулэсом и осложняющие его.

По клиническим симптомам и признакам туберкулезный перикардит не отличается от перикардитов другой этиологии (вирусных, бактериальных, эндокринных и пр.). Характерные изменения на ЭКГ:

- снижение вольтажа,
- электрическая альтернация,
- изменения сегмента PQ и ST.

Одним из важных факторов, оказывающих влияние на здоровье населения является курение. Курение – один из существенных факторов риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. В материалах ВОЗ отмечено: "Объединенные экспериментальные и эпидемиологические данные, опубликованные за последние годы, подтвердили мнение, согласно которому курение сигарет является одним из основных факторов риска в отношении, как смертельных, так и не смертельных инфарктов миокарда, особенно среди лиц моложе 50 лет. Причем в большинстве исследований было показано, что опасность инфаркта миокарда возрастает в прямой зависимости от числа выкуриваемых сигарет".

Курение является наиболее важным фактором риска для заболевания коронарной артерии. Курение, как известно, имеет несколько проявлений на ЭКГ. Однако временной связи изменений ЭКГ с процессом курения, не обнаружено. AhnVon обнаружил, что курение сигарет при гипоксии увеличивали амплитуду волны Р. Это

может быть связано с развитием гипертрофии правого предсердия, связанного с легкими, в результате хронического курения [2].

В его сравнительном исследовании отмечается изменения QT интервала у курильщиков и некурящих. RenukaDevi [3] показал, что на электрокардиограмме у курильщиков происходило расширение комплекса QRS и укорочение интервала QT по сравнению с электрокардиограммой не курящих.

Аналогичные результаты, получены в исследовании, проведенным Карьялайнена. Он пояснил, что укорочение QT интервала было, как фактор риска для курильщиков, который мог привести к смерти. Укорочение QT и ST интервалов показывает то, что могло возникнуть сокращение фазы наполнения желудочков, через которую происходит коронарное снабжение. Это может привести к недостаточной перфузии миокарда, что может вызвать ишемические эпизоды. Такие изменения желудочковой электрической активности, подобно удлинению QRS комплекса и укорочению сегмента ST также предрасполагает курильщиков к аритмии [4].

В общей численности населения, крупные и мелкие изменения на ЭКГ предсказывают увеличение смертности. Лица, которые курят, более вероятно, будут иметь изменения на ЭКГ из-за ишемической болезни сердца и нарушений ритма. У курильщиков были заметно более крупные отклонения на ЭКГ, чем наблюдалось в общей популяции [5].

### Выводы

Таким образом, сердечно-сосудистая система является наиважнейшей системой организма и объединяет все его системы в единое целое на уровне физического тела. Сердце, являясь параметрическим объемным резонатором, осуществляет энергоинформационный обмен с внешней средой в широчайшей полосе частот. ЭКГ сигнал способен выявить не только сердечные заболевания, но и заболевание других органов и систем. Поэтому развитие заданного направления является перспективным.

### Библиографический список

1. Baby shalini T, Vanitha L. Emotion detection in human beings using ECG signals. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) - Volume4Issue5- May 2013
2. Ahn, Von. B. The acute effect of tobacco smoking and nicotine on the Electrocardiogram, especiall during induced hypoxia; A clinical and experimental investigation. ActaMedicaScandinavica. 1994; 292: 15.
3. M.R. RenukaDevi, T. Arvind, Sai kumar. shanges in Smokers and Non Smokers-A Comparative Study. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2013 May, Vol-7(5): 824-826.
4. Karjalainen. J.Reunanen A, Ristola P, Vitasalo M. QT interval as a cardiac risk factor in a middle aged population.Heart. 1997Jun; 77 (6): 543-48.
5. Swathi K1, SumanthGirimella. Study of ECG Effects in Smokers and Normals. Journalof Pharmaceutical Sciences and Research. Vol. 7(3), 2015, 163-165.
6. Здрав будь. Признаки инфаркта миокарда на ЭКГ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zdrav-bud.ru/infarkt/priznaki-infarkta-miokarda-na-ekg.html>.
7. Горохова С.Г. Поражение сердца при туберкулезе[Электронный ресурс] / Горохова С.Г.–Режим доступа: <http://medbe.ru/materials/zabolevaniya-serdtsa-i-sosudov/porazheniya-serdtsa-pri-tuberkuleze/>

### THE ANALYSIS ELECTROCARDIOGRAPHIC FEATURE OF THE FUNCTIONAL STATE OF HUMAN BODY

Isakov R.V., Taleb E.M.

Vladimir State University named after Alexander and Nicolay Stoletovs

E-mail: [noor2@mail.ru](mailto:noor2@mail.ru)

Analysis cardiographic signals make it possible to get a picture of the functional states of the human body as a whole. The aim of this study was to analyze the impact of socially significant pathologies on electrocardiogram human. Using markers been found pathologies, it is possible to create and implement detection of socially significant pathologies in cardiac monitoring systems, such as ischemic heart disease, tuberculosis aftereffect of smoking, etc.

ECG signal is able to detect not only heart disease, but the disease to other organs and systems. Therefore, the development of a given direction is promising.

## БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОМЕЩЕНИЙ

Панова А.Д., Оленев Е.А.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра БЭСТ, группа Пмт-115, [aleksandra.veln@mail.ru](mailto:aleksandra.veln@mail.ru), [olenevea@mail.ru](mailto:olenevea@mail.ru)

Поддержание высокой продуктивности работы в различных отраслях промышленности достигается за счет оптимизации условий содержания, постоянного обеспечения высокого уровня санитарно-гигиенической культуры, в том числе в помещениях для содержания крупного рогатого скота. Необходимо создание и поддержание баланса между организмом животных и средой их обитания, что особенно важно при интенсивных технологиях производства.

При невозможности создания здоровой среды для животных нельзя говорить о реальности сохранения их здоровья и получения от них высокой продуктивности. В таких случаях естественная устойчивость животных, особенно высокопродуктивных и новорожденных, снижается, что чаще всего приводит к развитию патологий, то есть возникновению заболеваний. На возникновение заболеваний, а также на снижение объемов производства молочной продукции влияют многие факторы, одним из которых являются кровососущие насекомые.<sup>[3]</sup>

Слепни, оводы и зоофильные мухи причиняют значительный экономический ущерб молочному животноводству Российской Федерации. В период их активности (май - август) снижаются надои, повышается восприимчивость животных к инфекционным и инвазионным болезням. <sup>[2]</sup>

Высокая численность популяций кровососущих мух, их вредоносное, эпизоотическое и эпидемическое значение являются основой дальнейшего изучения и совершенствования механических способов борьбы с насекомыми.

Как известно, насекомые обладают повышенной чувствительностью к инфракрасному излучению. Они ощущают тепло теплокровных животных. При выборе, хозяина-прокормителя из нескольких стоящих рядом объектов, насекомые предпочтут того, кто теплее.

Средней нормальной температурой тела человека, измеряемой в подмышечной впадине, является 35.9 – 37.2°C, а нормальной температурой крупнорогатого скота (КРС) 37.5-40.5°C. Известно, также, что конвекционные потоки теплого воздуха, идущие от человека или животного, могут иметь локальные температурные различия на 1 – 2°C, что используется комарами при ориентации на небольших расстояниях, при этом температурный градиент над поверхностью кожи человека изменяется от 32 до 34°C на расстоянии более 40 см. <sup>[4]</sup>

Как оказалось, многие насекомые особенно активно летят ночью на ультрафиолетовое излучение (длина волны 300—450 мкм). Коротковолновое излучение этого диапазона привлекает наиболее разнообразный состав насекомых; при этом по сравнению с обычной лампой накаливания (с длиной волны излучаемого света примерно 500 – 700 мкм) ультрафиолетовые лучи привлекают в 5 – 20 раз больше особей одного и того же вида. Наибольшим привлекающим действием обладает сине-фиолетовый участок спектра (длина волны 450 мкм), минимальным – красный участок спектра (длина волны свыше 600 мкм).

Температурные границы активности насекомых находятся примерно между 5 – 10 и 45°C, тогда как физиологический оптимум ограничен более узкими пределами и с известной приближенностью может быть определен 25 – 38°C. Слишком сильное повышение или понижение температуры среды, выходящее за пределы физиологических возможностей особи или вида, вызовет гибель организма. Зависимость физиологического состояния насекомого от температуры показана на рисунке 1. <sup>[1]</sup>

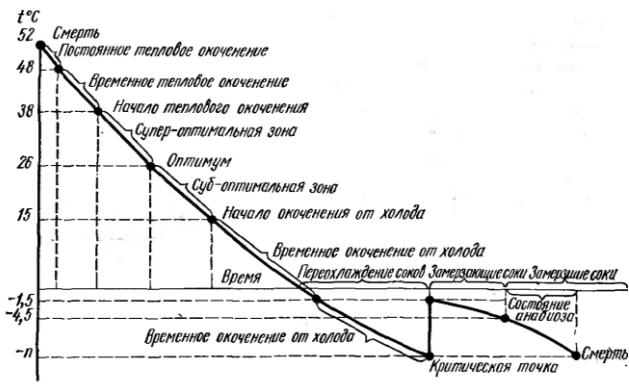


Рис. 1 – Зависимость физиологического состояния насекомого от температуры.

Для эффективной борьбы с кровососущими насекомыми был разработан новый способ, суть которого заключается в приманке насекомого к излучателю СВЧ и последующему мгновенному нагреву насекомого изнутри СВЧ излучением, вызывающим его гибель. В отличии от известных способов, работающих, как правило по принципу заманивания насекомых в ловушку, данный способ относится к биотехнической и экологической инженерии,

обладает расширенными функциональными возможностями и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Устройство для осуществления способа борьбы с насекомыми содержит катушку 1 с проводом 2, на которой размещены элемент 3 (приманка) и световод 4 датчика подлета насекомого к зоне нагрева. Катушка может быть выполнена в виде объемного резонатора 5, в полости которого размещен излучающий элемент 6 СВЧ-магнетрона 7 (рисунок 1, 2, 3).

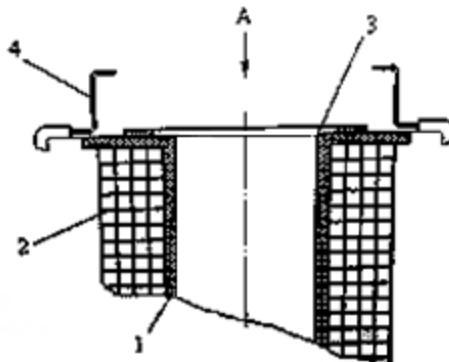


Рис. 2 - Устройство для осуществления способа борьбы с насекомыми с помощью электромагнитного излучения токов высокой частоты

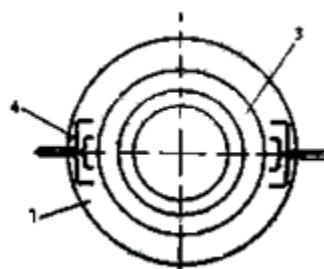


Рис. 3 - Вид А устройства

Световой поток, например от светодиода (ультрафиолетового спектра излучения), поступает в левую часть световода 4 и, проходя луча по воздуху над катушкой 1, через правую часть световода попадает на фотоприемник, например, на фотодиод. При подлете насекомого к зоне нагрева происходит пересечение световых лучей, в результате чего на выходе фотоприемника появляется сигнал, по которому на катушку 1 от генератора (не показан) происходит подача напряжения высокой частоты, например около 10 МГц. Происходит нагрев влаги, содержащейся в насекомом, и оно гибнет, падая на пол или в накопительную емкость, установленную под катушкой. Одновременно происходит нагрев элемента 3, выполненного из электропроводного материала, благодаря чему образуется конвекционный ток теплого воздуха, привлекающий очередных насекомых, температурные рецепторы которых, как известно, реагируют на конвекционное тепло – энергию молекул нагретого воздуха.

При этом для насекомых характерна реакция термопреферендума – способность собираться в зоне оптимальной температуры. Все это способствует активному привлечению насекомых к ловушке. По истечении предполагаемого времени гибели насекомого, прошедшего с момента срабатывания датчика, напряжение с катушки снимают. Элемент 3 можно выполнить из проволочек в виде кровеносной системы и покрыть их пористым материалом, похожим на кожу. [1]

В случае длительного отсутствия насекомых у датчика, который при этом не срабатывает, подают напряжения на катушку 1 с целью нагрева элемента 3 и последующего возобновления конвективного тока теплого воздуха.

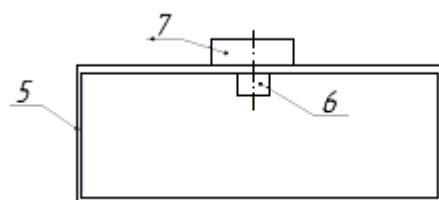


Рис. 4 - Объемный резонатор

Если катушка выполнена в виде объемного резонатора 5 (рисунок 4), то после подачи напряжения на магнетрон 7 за очень короткое время происходит установление частоты, соответствующей резонансной частоте системы магнетрон 1 – резонатор, накопление энергии внутри резонатора и повышение напряженности поля до величины, приводящей к гибели насекомого. При этом гибель происходит за счет поглощения энергии СВЧ, содержащейся в теле насекомого водой, и последующего повышения температуры последней.

Заметим, что для нагрева насекомого в СВЧ-поле высокой напряженности требуется очень короткое время, поскольку процесс теплопередачи в теле насекомого носит инерционный характер, и реальные потери энергии у насекомого за счет теплопередачи во внешнюю среду будут практически отсутствовать.

Данный способ борьбы с кровососущими насекомыми обладает рядом преимуществ по сравнению с известными способами, а именно:

1. расширенные функциональные возможности;
2. улучшенные эксплуатационные характеристики;
3. простота эксплуатации;
4. действие обосновывается физиологическими особенностями кровососущих насекомых,
5. благодаря данному способу создается наиболее благоприятная санитарно-гигиеническая обстановка для содержания крупного рогатого скота и работы обслуживающего персонала.

#### **Библиографический список**

1. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология. М., "Высшая школа", 1980.
2. Учебные материалы.-URL: [http://works.doklad.ru/view/\\_4xZLcKG\\_v4.html](http://works.doklad.ru/view/_4xZLcKG_v4.html)
3. Иваницкий, Г. Вернисаж инфракрасных портретов/Г.Иваницкий// Наука и жизнь.- 2005.-№8.
4. Webmvc.com - температура тела у различных видов животных.-URL:<http://webmvc.com/vet/pokaz/temper.php>

#### **BIOTECHNICAL SYSTEM OF PROVIDING SANITARY AND HYGIENIC CONDITIONS OF ROOMS**

Panova A.D., Olenev E.A.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Institute of information technologies and radiophysics, BEST Department, Pmt-115 group  
[aleksandra.veln@mail.ru](mailto:aleksandra.veln@mail.ru), [olenevea@mail.ru](mailto:olenevea@mail.ru)

A high number of populations of blood-sucking flies, their harmful, epizootic and epidemic value are a basis of further studying and improvement of mechanical ways of insect control.

The new way, which consists of a bait of an insect to a radiator of the microwave oven and the subsequent instant heating of an insect from within the microwave oven the radiation, appealing his death, has been developed for effective fight against blood-sucking insects. In difference from the known ways working as a rule by the principle of an enticement of insects in a trap, this way has expanded functionality and the improved operational characteristics.

---

#### **ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВОДЫ**

Коновалова О.Е., Коновалов А. В., Истомина Т. В.

Пензенский государственный технологический университет, [konovalovaol-80@yandex.ru](mailto:konovalovaol-80@yandex.ru)

Большая часть хронических заболеваний человека связана с потреблением питьевой воды, не соответствующей санитарным нормам, которая содержит в своем составе примеси тяжелых металлов (кадмий, свинец, никель и другие), вызывающих развитие заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, мочеполовой систем, кожных и онкозаболеваний, врожденных аномалий. Основной причиной загрязнения водных объектов и почвенных ресурсов является хозяйственная деятельность человека, которая приводит к увеличению концентрации хлоридов, нитратов, соединений металлов, нефтепродуктов, фенолов, бытового мусора и других опасных веществ, попадающих со сточными водами предприятий в поверхностные воды. Концентрации этих вредных для здоровья человека веществ увеличивается в весенне-летний период, когда наблюдается сток талой воды с сельскохозяйственных угодий, а также «цветение» в период повышения температуры и снижения скорости течения.

Из всех химических показателей (по СанПиН 2.1.4.1074-01 [2]), выбраны 24 показателя, оказывающих наибольшее влияние на здоровье человека (таблица 2). Каждый показатель имеет предельно допустимую концентрацию (ПДК). В соответствии с СанПиН [2] все заболевания объединены в 18 групп (таблица 3).

Определена зависимость вероятности заболевания каждой группы от превышенных химических показателей воды. Каждое заболевание оценивается весовым значением – количество химических показателей, влияющих на заболевание. Этот весовой коэффициент будет использоваться при построении вероятностного подхода оценки систем идентификации. Таким образом, влияние уровней химических показателей воды на развитие заболеваний можно использовать в качестве основы в создании системы идентификации заболеваний.

Таблица 2. Химические показатели

№ п/п	Химический показатель	ПДК (мг/л)
1	Н амм.	0,4
2	Н нитрит.	0,02
3	Н нитрат.	9,1
4	Фосфатиды	0,2
5	Хлориды	300
6	Сульфаты	100
7	Железо об.	0,1
8	Марганец	0,01
9	Медь	0,001
10	Кадмий	0,005
11	Никель	0,01
12	Свинец	0,06
13	Цинк	0,01
14	Кобальт	0,01
15	Нефтепрод.	0,05
16	Фенолы	0,001
17	Мышьяк	0,05
18	Фториды	0,75
19	СПАВ	0,5
20	Калий	50
21	Натрий	120
22	Кальций	180
23	Магний	40
24	Хром	0,09

Таблица 3. Группы заболеваний

№ п/п	Заболевания	Превышенные химические показатели	Вес
1	Сердечно-сосудистые	нитраты, хлориды, сульфаты, кобальт, железо, марганец, мышьяк, калий, натрий, никель, Н амм.	11
2	Пищеварения	хлориды, свинец, цинк, нефтепродукты, мышьяк, кальций, сульфаты, СПАВ	8
3	Мочеполовые	медь, мышьяк, калий, магний, хлориды, нитраты, нитриты	7
4	Анемия	нитриты, медь, никель, фториды, марганец, Н амм.	6
5	Заболевания крови	нитраты, хлориды, кадмий, фенолы, Н амм.	5
6	Дерматозы и экземы	хром, нефтепродукты, кобальт, фенолы, мышьяк	5
7	Метгемоглобинемия (цианоз)	фенол, нитриты, нитраты, Н амм.	4
8	Нервной системы	кадмий, нефтепродукты, свинец, никель	4
9	Эндокринной системы	кальций, магний, сульфаты	3
10	Цирроз	медь, мышьяк, магний	3
11	Органов дыхания	медь, хром, фториды	3
12	Артрит	железо, магний	2
13	Нарушения обмена веществ	кальций, кадмий	2
14	Диабет	железо	1
15	Флюороз	фториды	1
16	Органов зрения	мышьяк	1
17	Опорнодвигательного аппарата	фосфатиды	1
18	Не выявленно	-	0

Задача создания системы идентификации заболеваний (СИЗ) по показателям качества воды относится к классу трудно формализуемых (плохо поддающихся алгоритмизации) задач, математическая модель которых имеет неопределенности. Поэтому для синтеза СИЗ выбран математический аппарат на базе искусственных нейронных сетей (ИНС), поскольку он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методиками (параллелизм функционирования, автоматическая адаптация, устойчивость работы и др.).

Наряду с преимуществом нейросетевых методов, существуют определенные трудности использования аппарата ИНС, поскольку их использование не дает желаемой точности процедуре идентификации заболеваний. Эти трудности связаны с неправильным выбором архитектуры ИНС, под которой понимается ее структурно-топологическое и аналитическое описание. Поэтому актуальна задача выбора оптимальной архитектуры ИНС, повышающая вероятность идентификации заболеваний. Для этого следует на базе одной и той же обучающей выборки рассмотреть различные структуры ИНС и сравнить вероятности идентификации.

Для анализа работы нейросетевых методов сравнили вероятности идентификации [3] для решения задачи определения заболеваний по химическим показателям воды. При этом созданную схему влияния уровней химических показателей воды на развитие заболеваний использовали в качестве обучающего множества для обучения нейронных сетей. Список анализируемых ИНС для решения задачи идентификации заболеваний по химическим показателям воды приведен в таблице 4.

Таблица 4. Список анализируемых ИНС

№ п/п	Наименование ИНС	Описание
1	Персептрон 20	Трехслойный персептрон, использующий 20 нейронов в промежуточном слое
2	Персептрон 22	Трехслойный персептрон, использующий 22 нейронов в промежуточном слое
3	Вероятностная сеть	Вероятностная сеть (PNN)
4	Регрессионная сеть	Регрессионная обобщающая сеть (GRNN)

Каждая нейронная сеть состоит из 24 входов, соответствующих унифицированным химическим показателям (таблица 2) и 18 выходов. Выход каждого нейрона характеризует степень принадлежности к соответствующему заболеванию (таблица 3). Архитектура регрессионной и вероятностной сети не предполагает использование нескольких промежуточных слоев. Алгоритм обучения для этих ИНС тоже упрощен, поскольку процедура обучения основана на «запоминании» обучающего множества и последующем оценивании степени сходства новых показателей с «запомненными» данными.

Анализ функционирования ИНС на предмет обобщающей способности выполнили с использованием теории вероятности и математической статистики. Для этого разработали алгоритм оценки работы ИНС. Проверка работоспособности ИНС проводилась на реальных химических показателях воды по Пензенскому региону за 2012-2014 г. Данные ИНС можно использовать при анализе проб воздуха и почвы, так как повышенная концентрации вредных веществ в них будет поступать в организм при вдыхании воздуха и с сельскохозяйственными продуктами, аккумулирующими их в своем составе. Алгоритм оценки состоит из последовательности следующих действий:

1. Выбрать химические показатели ( $H_m$ ) за расчетный месяц ( $m$ );
2. Выполнить унификацию показателей по формуле 1 и получить множество входных значений –  $H'_m$ , где  $m$  –месяц;

$$x_i = \frac{x'_i}{D_{max}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  – унифицированный химический показатель;

$x'_i$  – реальный химический показатель;

$D_{max}$  – предельно-допустимая концентрация химического показателя.

3. Отметить показатели, приближенные или выше 1.

4. Составить в соответствии с СанПин [2] (таблица 4) перечень наиболее вероятных заболеваний –  $T_m$ ;

5. Для каждого элемента ( $i$ ) этого перечня вероятных заболеваний указать количество превышенных показателей  $-n_i$ . Это значение определит вес заболевания.

6. Выбрать ИНС из списка анализируемых ИНС.

7. Подать множество  $H'_m$  на вход ИНС и получить множество заболеваний по результатам работы ИНС –  $T_m$ . Это множество получается путем выбора тех заболеваний, у которых значение выхода соответствующих нейронов выше заданного порога  $F$ . Для решения текущей задачи следует определить этот порог по формуле 2:

$$F = \frac{K_3}{K_{\Pi}}, \quad (2)$$

где  $K_3$  – количество заболеваний,

$K_{\Pi}$  – количество показателей.

Поскольку  $K_3=18$ ,  $K_{\Pi}=24$ , то  $F \approx 0,7$ .

8. Рассчитать вероятность идентификации заболевания ИНС  $P_m$  по формуле (3):

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^k s_i w_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (3)$$

где  $k$  – размерность перечня наиболее вероятных заболеваний –  $T_m$ ,

$w_i$  – вес  $i$ -того заболевания,

$s_i$  – признак наличия  $i$ -того заболевания в перечне  $T_m$ .

9. Выполнить пункты 6-7 для каждой анализируемой ИНС из таблицы 4.

10. Сохранить вероятности  $P_m$  для каждой ИНС и перейти к другому месяцу.

Таким образом, для анализа работы ИНС следует выполнить следующее условие ((4)):

$$\begin{cases} t_{\text{обуч}}(j_{\text{ИНС}}) \rightarrow \min \\ P_{\text{обн. } i \text{ пок.}}(j_{\text{ИНС}}) \rightarrow \max \end{cases}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{обуч}}(j_{\text{ИНС}})$  – время обучения  $j$ -той ИНС (должно стремиться к минимуму),

$P_{\text{обн. } i \text{ пок.}}(j_{\text{ИНС}})$  – вероятность обнаружения  $i$ -того показателя  $j$ -той ИНС (должна быть максимальной).

Рассчитав вероятности идентификации ИНС по каждому месяцу и построив графики распределения вероятностей (рисунок 3), на которых по вертикальной оси откладываются вероятности идентификации, а по горизонтальной – месяцы 2012-2014 гг., получили эмпирическую оценку нейросетевых систем идентификации заболеваний по химическим показателям воды. На рисунке 3 показаны 4 графика, соответствующие анализируемым ИНС (таблица 4).

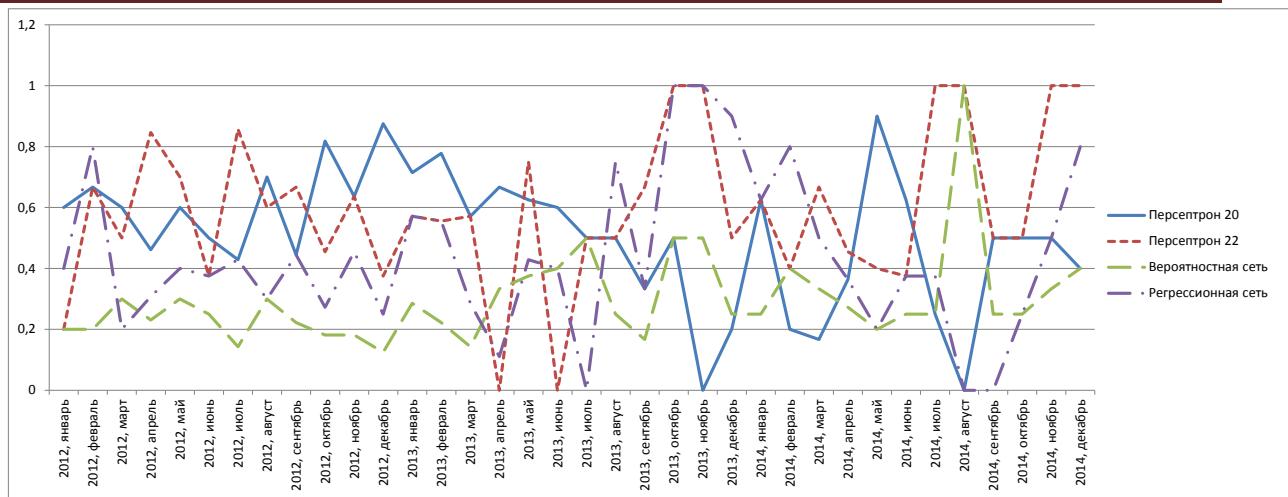


Рис. 3. Графики распределения вероятностей идентификации по месяцам

По графику распределения вероятностей идентификации (рисунок 3) можно определить, что наибольшую вероятность показывает ИНС «Персепtron 22». Это подтверждает таблица 5, в которой показаны средние значения вероятностей идентификации заболеваний, вычисленные по формуле (5).

$$P = \frac{\sum_{l=1}^C P_m}{C} \quad (5)$$

Таблица 5. Вероятность идентификации

№ п/п	Наименование ИНС	Вероятность идентификации
1	Персепtron 20	<b>0,51</b>
2	Персепtron 22	<b>0,60</b>
3	Вероятностная сеть	<b>0,30</b>
4	Регрессионная сеть	<b>0,43</b>

Несмотря на то, что многослойные сети показывают выше вероятность идентификации, следует отметить вероятностную сеть *PNN*. Из графиков (рисунок 3) видно, что эта ИНС не имеет нулевых значений. Кроме этого, при идентификации данная сеть ориентирована на выдачу одного результата и, как следствие, идентифицирует наиболее вероятное заболевание. При этом время обучения вероятностной сети минимально.

Таким образом, предлагаемый подход по построению системы идентификации по химическим показателям воды позволяет увеличить вероятность идентификации заболеваний. Этот подход основан на использовании многослойных ИНС, обученных на унифицированных данных. Предложенный вероятностный подход оценки работы ИНС, может быть использован и в других предметных областях[4] (анализ химических показателей воздуха и почвы).

#### Библиографический список

1. Коновалова О.Е., Коновалов А.В., Истомина Т.В. Анализ химических показателей качества воды и их влияния на здоровье человека // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 01(29) С. 120-125.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы "Питьевая вода. гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01"
3. Коновалов А.В. Нейросетевые вероятности распознавания сигналов / Сборник статей международной научно-технической конференции, Пенза, 2005г.
4. Ординарцева Н.П. Истомина Т.В. Способы повышения достоверности результатов медицинской диагностики // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. «Медицинские информационные системы»— Таганрог, 2010, №8, Стр. 21-27.

---

**PROBABILISTIC NEURAL NETWORK APPROACH FOR ASSESSMENT OF IDENTIFICATION OF DISEASES IN WATER CHEMICAL INDICATORS**

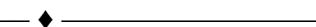
Konovalova O.E., Konovalov A.V., Istomina T.V.

Penza state technological university, [konovalovaol-80@yandex.ru](mailto:konovalovaol-80@yandex.ru)

The article deals with the problem of providing the population with clean drinking water. Because a number of chronic diseases caused by the consumption of contaminated water. The authors proposed identification system diseases by chemical parameters of drinking water quality, the mathematical formalism which is selected based on artificial neural networks having a number of advantages compared with other methods (operation parallelism, automatic adaptation, resiliency and others. To solve the problem of identification of diseases on chemical indicators of water four artificial neural network has been selected having different architectures.

Analysis of the functioning of artificial neural networks for the generalization capability is made using the theory of probability and mathematical statistics.

The proposed approach to the construction of identification for chemical indicators of water system through the use of multilayer artificial neural networks can increase the probability of identifying diseases.



### **ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ДЫХАТЕЛЬНОГО ЦИКЛА**

Мельник О.В., Панфилова С.Ю.

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
[omela111@yandex.ru](mailto:omela111@yandex.ru), [panfilsu@gmail.com](mailto:panfilsu@gmail.com)

Актуальной задачей современного биомедицинского приборостроения является разработка и исследование методов и средств для объективной оценки функционального и психоэмоционального состояния человека в процессе его повседневной жизни и деятельности для категорий граждан, профессии которых связаны с повышенными психофизическими нагрузками. Различные факторы, которые могут оказывать негативное воздействие на функциональное состояние организма человека, его самочувствие, эмоциональную и интеллектуальную сферы, приводят к стойкому снижению работоспособности, нарушению состояния здоровья работников и возрастанию рисков, связанных с «человеческим фактором» в трудовой деятельности.

Функциональное состояние организма (ФСО) – это комплекс свойств, определяющий уровень жизнедеятельности организма, ответ на физическую и психическую нагрузку, в котором отражается степень интеграции и адекватности функций выполняемой работе. Для задачи контроля ФСО человека в процессе повседневной активности можно выделить его следующие значимые аспекты.

1. Общее физическое состояние в течение дня, «самочувствие».
2. Скорость и темп выполняемой деятельности, «активность».
3. Эмоциональное состояние, характеризующееся интенсивностью и «знаком» испытываемых эмоций.
4. Преобладание ментальной или эмоциональной активности [1].

Последний аспект имеет большую значимость в оценке качества процесса трудовой деятельности, особенно связанной с необходимостью высокой концентрации внимания. Многие сферы жизни неразрывно связаны с деятельностью такого субъекта, как человек-оператор, от психоэмоционального состояния которого зависит качество и продуктивность работы той или иной автоматизированной системы. При этом важной является оценка степени вовлеченности человека именно в ментальную активность.

Одной из систем, изменения параметров которой могут выступать в качестве индикатора изменения ФСО человека в целом, является дыхательная система. Отслеживая изменения показателей дыхания, таких как частота, амплитуда и временные характеристики дыхательного цикла, можно сделать вывод о текущем психоэмоциональном состоянии человека [2].

Дыхательные движения при эмоциях претерпевают характерные для различных эмоциональных состояний изменения своей скорости и амплитуды. В ходе работы был проведен анализ различных литературных источников, и обнаружено, что показательным при оценке эмоционального состояния является соотношение между продолжительностью вдоха и выдоха. Штерринг (1906) определял это отношение путем деления времени вдоха на время всего дыхательного цикла (состоящего из вдоха и выдоха) и получил следующие данные, показывающие значительное увеличение при эмоциональных состояниях продолжительности вдоха по сравнению с продолжительностью выдоха:

при покое	0,43
при возбуждении	0,60
при удивлении	0,71
при внезапном испуге	0,75

Значение этих данных для характеристики эмоциональных процессов подчеркивается тем, что при сосредоточенной умственной работе, лишенной эмоционального возбуждения, соответствующий коэффициент составляет всего 0,30 и обнаруживает тенденцию к еще большему уменьшению по мере увеличения сосредоточенности, т.е. свидетельствует о резком преобладании продолжительности выдоха [3].

Таким образом, в качестве основного параметра, характеризующего степень вовлеченности человека в ментальную активность, было выбрано отношение времени вдоха к времени полного цикла дыхания. Для проверки гипотезы о возможности использования данных, представленных Штеррингом, для решения задачи оперативной оценки психоэмоционального состояния человека в процессе его повседневной деятельности, было разработано программное обеспечение для обработки и анализа сигнала дыхания.

В качестве входного дыхательного сигнала использовался оцифрованный сигнал с терморезистора, закрепляемого в области носа с помощью специальной гарнитуры. Программная реализация процедур анализа дыхательных паттернов была выполнена в среде разработки LabVIEW 2012.

Разработанная программа обрабатывает данные пневмограммы, которые поступают на ее вход из файла, затем высчитывает значения промежутков времени вдоха, выдоха, полного цикла дыхания и показатель, который является основным для определения психоэмоциональной составляющей ФСО – отношение времени вдоха ко времени всего дыхательного цикла.

На рисунке 1 представлена лицевая панель программы.

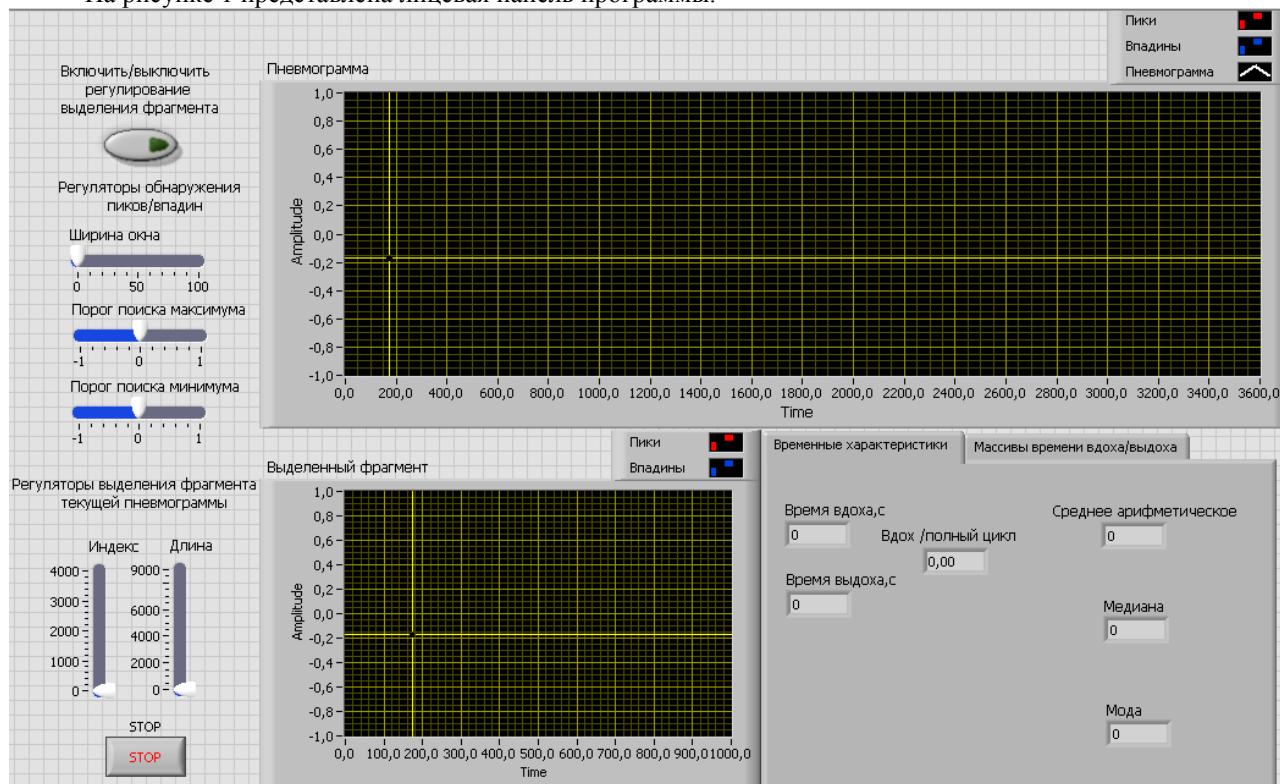


Рис.1. Лицевая панель программы

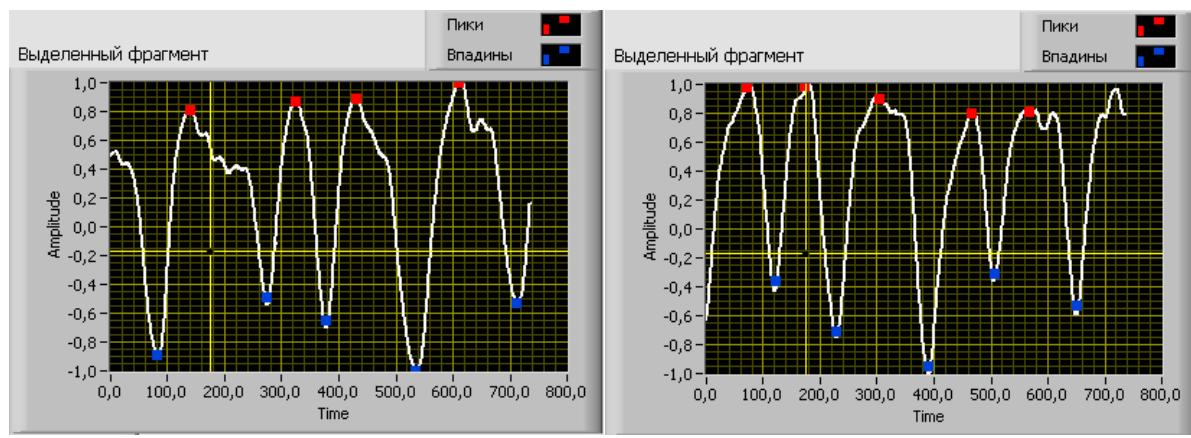
На лицевой панели расположены: развертка текущей записи пневмограммы, развертка ее выбранного для анализа фрагмента, регуляторы границ выделения фрагмента пневмограммы «Начальный индекс» и «Длина», кнопка включения/выключения выделения фрагмента, кнопка выключения системы, регуляторы чувствительности обнаружения пиков и впадин на пневмограмме «Ширина окна», «Порог поиска максимума», «Порог поиска минимума». Также на вкладке «Временные характеристики» расположены индикаторы времени вдоха, выдоха, отношения времени вдоха к полному времени цикла и индикаторы соответствующих им средних значений. На вкладке «Массивы времени вдоха/выдоха» расположены соответствующие массивы времени вдохов и выдохов. Система работает в двух режимах: обработка всей записи пневмограммы и обработка ее фрагмента. Выбор необходимого фрагмента осуществляется с помощью регуляторов выделения фрагмента пневмограммы. Алгоритм работы программы включает:

- выполнение процедуры фильтрации сигнала;
- выбор текущего режима обработки пневмограммы;
- процедуру вычисления массивов времени вдохов и выдохов;
- вычисление средних значений;
- вычисление необходимых временных показателей.

Экспериментальное исследование проводилось на записях пневмограмм, снятых в состоянии эмоциональной и ментальной активности. Состояние эмоциональной активности испытуемого провоцировалось путем прослушивания эмоционально окрашенных музыкальных произведений, состояние

ментальной активности – прослушиванием научно-популярной лекции на интересующую тему. Характерные паттерны дыхания в состоянии эмоциональной активности представлены на рисунке 2,а, в состоянии ментальной активности на рисунке 2,б. Можно заметить, что в состоянии эмоционального возбуждения наблюдается преобладание времени вдоха (ниспадающий участок дыхательного цикла пневмограммы) над временем выдоха (восходящий участок), в состоянии же ментальной активности – наоборот. Для приведенных на рисунке 2 фрагментов пневмограмм среднее соотношение «вдох/полный дыхательный цикл» составило 0,67 и 0,36 соответственно.

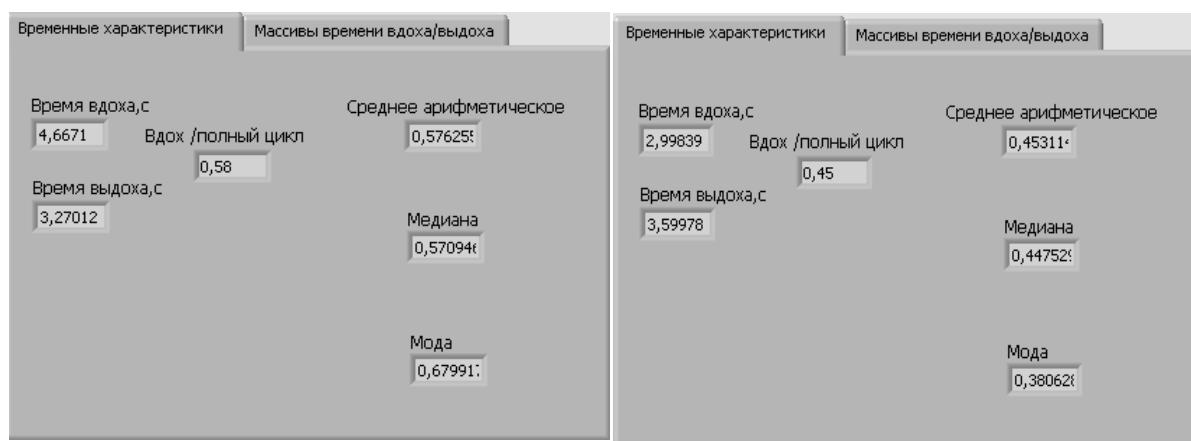
Обработка двух длительных записей пневмограмм одного испытуемого в состоянии эмоциональной и ментальной активности показала, что соотношение времени вдоха ко времени полного цикла в состоянии эмоциональной активности составило в среднем 0,58, а в состоянии ментальной активности – 0,45. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 3 (а – эмоциональная активность, б – ментальная активность). При этом эпизоды резкого изменения паттерна дыхания в сторону увеличения продолжительности вдоха коррелировали с моментами повышения заинтересованности в прослушиваемом материале, а моменты увеличения продолжительности выдоха – с уровнем эмоциональной «нагрузки». Выход значения соотношения «вдох/полный дыхательный цикл» за пороговые уровни, характеризующие поглощенность эмоциями, может являться важным маркером снижения качества деятельности человека-оператора.



а

б

Рис.2.Паттерны дыхания



а

б

Рис.3.Результаты обработки сигнала дыхания

Таким образом, экспериментальные данные подтверждают возможность использования отношения времени вдоха ко времени полного дыхательного цикла для оценки текущего уровня ментальной или эмоциональной активности. Полученные результаты подтверждают целесообразность проведения дальнейших исследований зависимости параметров дыхательного цикла от различных составляющих функционального состояния организма в целях слежения за состоянием человека-оператора в условиях трудовой деятельности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-60114 мол\_а\_дк.

#### Библиографический список

1. Мельник О.В., Панфилова С.Ю., Клинковская Ю.Я. Разработка континуальной модели функционального состояния для задачи контроля параметров организма человека в процессе повседневной

деятельности// Материалы Международной научно-технической и научно-методической конференции "Современные технологии в науке и образовании (СТНО-2016)". – Рязань, 2016.

2. Мельник О.В., Панфилова С.Ю. Перспективы использования вариабельности дыхательного ритма в оценке функционального состояния организма //Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: сб.статьй. – Рязань, 2015. С. 307-309.

3. Вайнштейн Л.А., Поликарпов В.А., Фупманов И.А. Общая психология. Учебник. – Минск: Соврем.шк., 2009. – 512с.

## SOFTWARE FOR ASSESS TO PSYCHO-EMOTIONAL STATUS OF THE PERSON ON THE BASIS OF RESPIRATORY CYCLE PARAMETERS ANALYSIS

Melnik O.V., Panfilova S.Y.

RyazanStateRadioEngineeringUniversity, [omela111@yandex.ru](mailto:omela111@yandex.ru), [panfilsu@gmail.com](mailto:panfilsu@gmail.com)

In article questions of dependence of parameters of a respiratory cycle on emotional component of the functional status of an organism are considered. Software for respiratory signal processing is developed and the received results of research of dependence of parameters of breathing on an emotional status are described.



## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И БЫТОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КОЭФФИЦИЕНТОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛОПАСТЕЙ

Орлов Ю.А., Арефьев Е.В., Орлов Д.Ю.

Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
[orlww@mail.ru](mailto:orlww@mail.ru), [ludm@vlsu.ru](mailto:ludm@vlsu.ru), [evgeny-arefiev@yandex.ru](mailto:evgeny-arefiev@yandex.ru), [orlw@mail.ru](mailto:orlw@mail.ru)

Производство энергии, являющееся необходимым средством для существования и развития человечества, оказывает воздействие на природу и окружающую человека среду. С одной стороны, в быт и производственную деятельность человека настолько твердо вошла тепло- и электроэнергия, что человек даже и не мыслит своего существования без нее и потребляет само собой разумеющиеся неисчерпаемые ресурсы. С другой стороны, человек все больше и больше свое внимание заостряет на экономическом аспекте энергетики и требует экологически чистых энергетических производств. Это говорит о необходимости решения комплекса вопросов, среди которых перераспределение средств на покрытие нужд человечества, практическое использование в народном хозяйстве достижений, поиск и разработка новых альтернативных технологий для выработки тепла и электроэнергии и т.д. Потому ныне перед всеми учеными мира стоит проблема нахождения и разработки новых альтернативных источников энергии.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка ветрогенераторов для промышленного и бытового назначения. На июнь 2014 года суммарные установленные мощности всех ветрогенераторов мира составили 336 ГВт [1]. Среднее увеличение суммы мощностей всех ветрогенераторов в мире, начиная с 2009 года, составляет 38-40 гигаватт за год и обусловлено бурным развитием ветроэнергетики в США, Индии, КНР, Дании, Германии. Так, например, в 2013 году 33 % электроэнергии в Дании вырабатывалось из энергии ветра [2].

Индустрися домашних ветрогенераторов активно развивается. Уже сейчас за вполне умеренные деньги можно приобрести ветровую установку и на долгие годы обеспечить энергонезависимость своему загородному дому. В России тенденция установки ветрогенераторов для оснащения домов электричеством только зарождается. На рынке присутствуют буквально несколько производителей маломощных бытовых ветрогенераторов именно для домашнего использования. Цены на ветрогенераторы мощностью 1 кВт на отечественном рынке с полной комплектацией варьируются от 35 – 40 до 250 тыс. руб. по ценам 2014 года. Сертификация на установку данного оборудования не требуется.

В статье рассматривается перспектива использования ветроустановки с изменяющимся коэффициентом аэродинамического сопротивления лопастей с целью снабжения объектов с малым энергопотреблением, таких как маяки, метеостанции, системы наблюдения и сбора данных, освещение территорий населенных пунктов и дорог.

Согласно известного уравнения аэродинамики сила воздействия воздушной среды на преграду может быть определена из уравнения

$$Q = C_x \cdot \rho \cdot S \cdot V^2, \quad (1)$$

где  $Q$  – сила воздействия струи (Н);  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления плоской преграды;  $\rho$  – плотность потока воздуха ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $S$  – активная площадь преграды ( $\text{м}^2$ );  $V$  – скорость воздушного потока ( $\text{м}/\text{с}$ ).

Анализ формулы показывает, что эффективность работы преобразователя энергии ветра в механическую работу, в первую очередь, зависит от скорости воздушного потока, активной площади лопастей и аэродинамического сопротивления рабочих и нерабочих лопастей установки.

Известна также зависимость между вращающим моментом и частотой вращения, из которой механическая мощность может быть найдена как:

$$P = T \cdot \omega, \quad (2)$$

где  $P$  – мощность (Вт);  $T$  – вращающий момент (Н·м);  $\omega$  – угловая скорость вращения (рад/с).

Таким образом, введение в схему ветроустановки генератора на постоянных магнитах с малой частотой вращения и введение мультипликатора, преобразующего повышенный вращающий момент в увеличенную частоту вращения, представляется перспективным с точки зрения повышения эффективности работы ветроустановок с вертикальной осью вращения на принципиальной новой основе.

По результатам информационно-аналитической и патентной проработки проекта по международной патентной классификации F03D 1/04 «Ветряные двигатели» коллективом авторов Владимирского государственного университета разработана ветроустановка с изменяемым коэффициентом аэродинамического сопротивления лопастей (научное достижение зафиксировано в виде патента на изобретение №2482327 «Карусельный ветродвигатель», см. рис. 1).

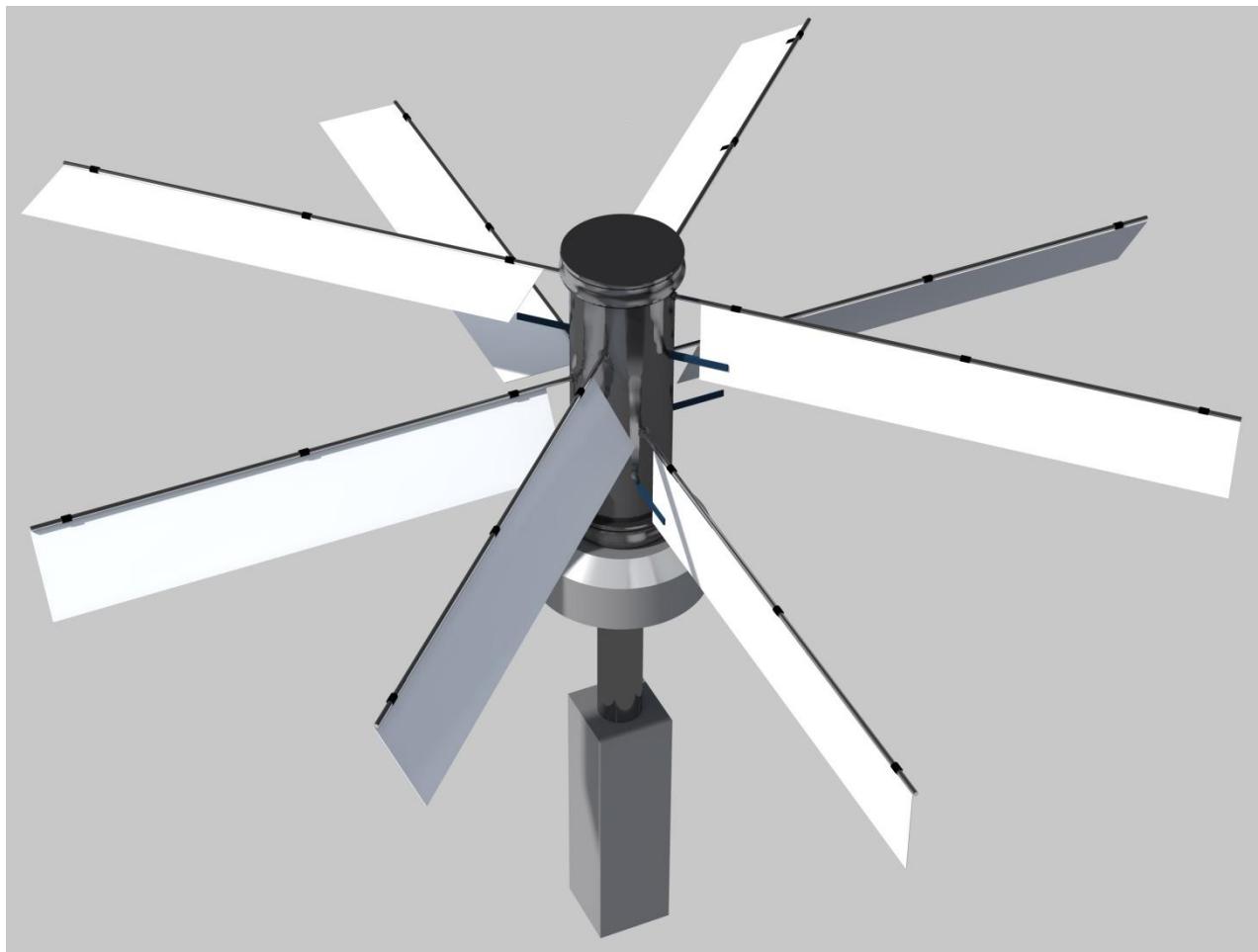


Рис. 1. Модель ветроустановки с изменяющимся коэффициентом аэродинамического сопротивления лопастей

Карусельный ветродвигатель работает следующим образом (см. рис. 2). Поток воздуха воздействует на поворотные лопасти (2), расположенных крестообразно на махах (1), снабженных ограничителями от осевого перемещения. Одна из каждой пары лопастей, разворачиваясь под воздействием потока воздуха, доходит до упора (3) с амортизаторами, а противоположная лопасть занимает в это время положение вдоль потока воздуха. При этом воздушный поток, действующий на лопасти (2) создает вращающий момент, под действием которого начинают вращаться оголовки (4) и (8), и соединенные соответственно с ними вертикальный вал (5) и трубчатый вал (9). Вертикальный вал (5) передает вращение через предохранительную муфту и муфту обгона (на чертеже не указаны) на водило (6), а с трубчатого вала (9) через конический редуктор (боковые шестерни конического редуктора установлены в стаканах на подшипниках) с ведомой шестерней (7), трубчатый вал (10), муфту предохранительную, муфту обгона (на чертеже не указаны) – на эпипол (11) верхнего (первого) планетарного ряда. Суммарная увеличенная скорость с солнечной шестерней (12) поступает на водило (13).

второго ряда и увеличенная скорость солнечной шестерни (14) второго ряда поступает через эластичную муфту на электрогенератор 15, двухрядный планетарный ускоритель снабжен муфтой-тормозом [3].

Научная новизна предлагаемого решения заключается в том, что коэффициент аэродинамического сопротивления рабочей лопасти имеет максимальное значение близкое к единице, а нерабочей лопасти – близкое к нулю. В предлагаемом карусельном ветродвигателе предусмотрено обеспечение достаточной для нормальной работы электрогенератора скорости его вращения в различных режимах с использованием двухрядного планетарного мультипликатора, в зависимости от ветровой нагрузки. При действии ураганного ветра предусмотрены предохранительные устройства. Благодаря предлагаемому исполнению карусельного ветродвигателя повышается его надежность и эффективность работы в различных режимах ветровой нагрузки.

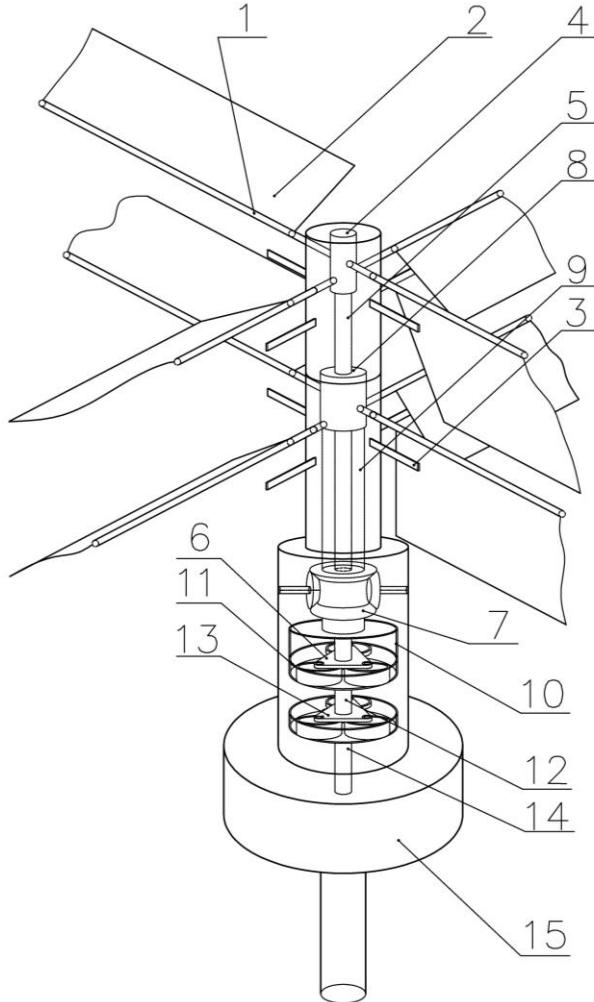


Рис. 2. Устройство ветроустановки с изменяющимся коэффициентом аэродинамического сопротивления лопастей

Конструктивные особенности разработанной ветроустановки позволяют [4]:

- в процессе эксплуатации добавлять многоярусные модули для наращивания номинальной выходной мощности ветрогенератора,
- использовать ее в гидросреде,
- использовать ветровой поток любого направления без устройств ориентации на ветер,
- снизить шумность за счет малой скорости вращения вертикального и трубчатого валов (с точки зрения природы вихреобразования, плоские препятствия создают меньшие скорости обтекания воздушного потока, что снижает шум).

Экспериментальный образец установки с генератором на постоянных магнитах позволяет вырабатывать мощность до 400 Вт при частоте вращения ротора  $60\text{-}80 \text{ мин}^{-1}$  и до  $450 \text{ мин}^{-1}$  на валу электрогенератора при скорости ветра 9 м/с.

Результаты испытаний показали работоспособность ветроустановки с изменяемым коэффициентом аэродинамического сопротивления лопастей, и в перспективе возможна разработка и использование установок большей мощности с большой длиной махов.

В практическом плане установка позволяет обеспечить электроэнергией автономные объекты с малым энергопотреблением, таких как маяки, метеостанции, системы наблюдения и сбора данных, освещение территорий населенных пунктов и дорог. Также разработанная конструкция может быть востребована в

системе городского хозяйства, малыми предприятиями и индивидуальными лицами, как в стационарных, так и в походных условиях.

### Библиографический список

1. Материалы сайта «Альтернативная энергетика» [Электронный ресурс]. – URL: <http://aenergy.ru/> (дата обращения: 24.02.2016).
2. Материалы сайта «Альтернативная энергетика» [Электронный ресурс]. – URL: <http://alternativenergy.ru/> (дата обращения: 24.02.2016).
3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Патент на изобретение №2482327 «Карусельный ветродвигатель» от 20.05.2013 г.
4. Арефьев Е.В., Орлов Ю.А. Разработка и исследование экологичной ветроустановки для промышленного и бытового использования с изменяющимся коэффициентом аэродинамического сопротивления / Е.В. Арефьев, Ю.А. Орлов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: сб. материалов XI-й Междунар. науч. конф. – Сузdal, 2014. – с. 264-266. – ISBN 978-5-905527-08-1.

### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF WIND TURBINES WITH VARIABLE DRAG COEFFICIENT OF THE BLADE FOR INDUSTRIAL AND DOMESTIC USE

Yu. Orlov, L. Sushkova, E. Arefiev, D. Orlov

Vladimir State University named by A.G.&N.G. Stoltovs

orlww@mail.ru, ludm@vlsu.ru, evgeny-arefiev@yandex.ru, orlw@mail.ru

The article discusses the potential use of wind turbines with variable coefficient of the blades in order to provide objects with low power, such as beacons, weather stations, surveillance and data collection, coverage of settlements and roads.



### ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕПАРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Кутепов Д.А., Давыдов Н.Н.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, [sphdima@rambler.ru](mailto:sphdima@rambler.ru)

Объём производства постоянных магнитов (ПМ) на основе сплава NdFeB в последние годы увеличился многократно [1], что предопределило резкий рост цен на чистые редкоземельные металлы. Вместе с тем, при изготовлении ПМ на предприятиях РФ выход годной продукции составляет не более 40% от веса исходной шихты. При этом, зачастую, отходы производства, - отбракованные магниты, твёрдые остатки сплавов и отходы шлифования, - повторно не перерабатываются и складируются на территории предприятий или вывозятся на пункты естественной утилизации (свалки), ухудшая, тем самым, экологическую обстановку. Например, на территории ОАО НПО «Магнетон» (г.Владимир) хранится более 50 тонн отходов, содержащих редкоземельные металлы в количествах достаточных для покрытия нужд собственного производства на ближайшие 10-12 лет.

Данная ситуация обеспечивает возможность эффективного применения методов повторной переработки отходов действующего производства, поскольку первичная технология получения редкоземельных металлов связана со значительными энергозатратами, с существенными расходами водных ресурсов и применением опасных химических реагентов (концентрированных кислот, солей плавиковой кислоты и т.п. веществ) [2].

При внедрении в производство способов повторной переработки отходов необходимо учитывать, что магнитные материалы NdFeB обладают низкой коррозионной стойкостью. Поэтому основной накапливаемой примесью в отходах является оксид неодима  $Nd_2O_3$ , возникающий в результате реакции с кислородом, приводящей к разрушению основной магнитной фазы  $Nd_2Fe_{14}B$ .

В [3] показано, что содержание оксида неодима в ПМ на основе сплава NdFeB оказывает существенное влияние на значения магнитных параметров ПМ, при этом критическое значение концентрации оксида составляет 0,3%.

В [4] предложена технология получения ПМ на основе сплава NdFeB из отходов производства, ключевыми операциями которой являются измельчение материала и его дальнейшая водородная обработка в специальных печах. Установлено [4], что уровень значений параметров ПМ, изготавливаемых по данной технологии, является недостаточно высоким, а именно, - остаточная индукция не более 1,15 Тл; коэрцитивная сила менее 1400 кА/м. Это обусловлено взаимодействием бора с водородом и образованием летучих соединений, что приводит к неконтролируемому уходу бора из магнитного материала.

Цель исследования – определение режимов автоматизированной магнитной сепарации мелкодисперсных порошков на основе сплавов NdFeB, обеспечивающих снижение концентрации загрязняющей фракции оксида неодима в шихте, предназначенный для повторного использования в производстве ПМ.

При проведении исследований разработан и изготовлен макет магнитного сепаратора, допускающий плавную регулировку величины индукции магнитного поля в рабочей зоне сепаратора. Структура магнитного сепаратора представлена на рисунках 1 и 2.

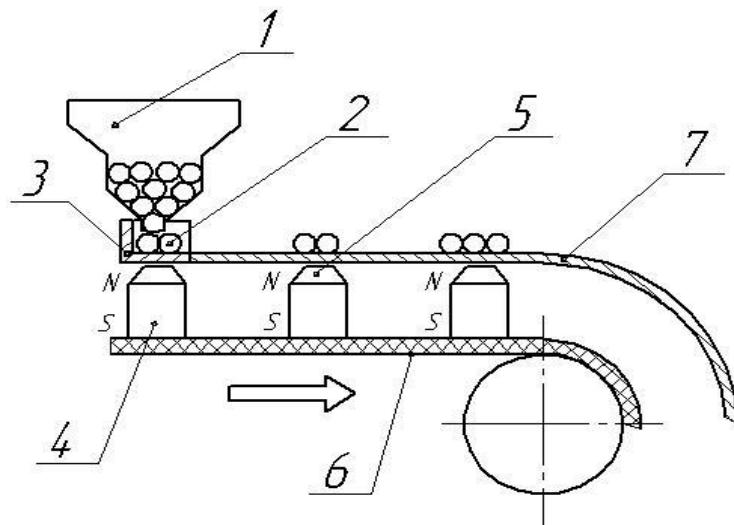


Рисунок 1 – Узел подачи шихты в магнитный сепаратор, где 1 - бункер; 2 - частицы мелкодисперсного порошка шихты; 3 –дозирующий поддон; 4 –постоянные магниты; 5 – полюсные наконечники; 6 - транспортерная лента; 7 – неподвижный рабочий желоб.

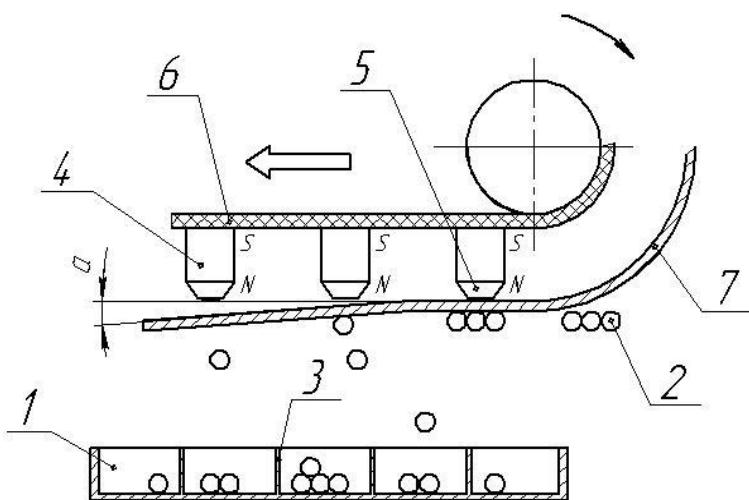


Рисунок 2 – Узел разделения частиц порошка в магнитном сепараторе, где 1 –ячейки собирающего контейнера; 2 - частицы порошка; 3 –перегородки ячеек; 4 –постоянные магниты; 5 - полюсные наконечники; 6 - транспортерная лента; 7 - рабочий желоб.

На начальном этапе сепарации (см. рисунок 1) частицы 2 шихты, подготовленной из измельченных отходов, через бункер 1 поступают в поддон 3, в котором захватываются полем магнита 4 и перемещаются по немагнитному желобу 7 вслед за движущимся магнитом 4, жестко закрепленном на транспортерной ленте 6. Полюсной наконечник 5 служит для формирования сконцентрированного пучка силовых линий магнитного поля на поверхности желоба. В целях стабилизации процесса сепарации магнитные характеристики магнитов, закрепленных на транспортерной ленте 6, отличаются не более чем на 1%. Дозирующий зазор между нижним торцом бункера (питателем) и основанием поддона устанавливается равным размеру выходного отверстия бункера. Диаметр выходного отверстия питателя не превышает наибольшего размера частиц шихты более чем на 25%. Этим обеспечивается дозированная подача мелкодисперсных частиц порошка на поверхность рабочего желоба.

На рисунке 2 показан принцип сепарации мелкодисперсных частиц порошка по магнитным свойствам. Сформированная доза частиц порошка 2 перемещается по немагнитному желобу 7 вслед за движением

постоянных магнитов 4. В нижней части желоба 7, в первую очередь, отделяются немагнитные частицы шихты под действием сил гравитационного поля. Далее желоб 7 изгибается под углом  $\alpha$  к горизонтальной линии плоской поверхности полюсных наконечником 5. В результате напряженность магнитного поля, действующего на магнитные частицы 2 порошка, плавно ослабевает, и под действием гравитационного поля частицы 2 порошка попадают в ячейки контейнера 1 в зависимости от их магнитных свойств по возрастанию и от массы (веса и размера) по убыванию.

Таким образом, в первых по движению транспортерной ленты ячейках контейнера 1 происходит сбор частиц, характеризующихся наименьшим содержанием основной магнитной фазы и наибольшим объемом оксида неодима. В свою очередь, в последних ячейках контейнера 1 происходит сбор наименее окисленных частиц магнитного материала.

Конструкция магнитного сепаратора допускает автоматизированное регулирование следующих технических характеристик режима магнитной сепарации:

- производительность сепаратора - путем изменения скорости движения транспортерной ленты 6;

- градиент индукции магнитного поля вдоль поверхности рабочего желоба 7 - путем изменения угла наклона  $\alpha$  рабочего желоба.

Как показывают результаты экспериментальных исследований коэффициент разделения частиц шихты не зависит от массы самих частиц, так как на более легкие частицы действуют, как меньшая сила магнитного притяжения, так и меньшая сила тяжести. В связи с этим распределение частиц по длине контейнера 1 (по ячейкам) определяется только градиентом индукции магнитного поля и значением доли магнитной фазы в частицах порошка.

На рисунке 3 приведена зависимость распределения индукции магнитного поля вдоль поверхности рабочего желоба от угла наклона желоба, из которой следует, что конструкция магнитного сепаратора допускает 15-ти кратное изменение величины индукции магнитного поля вдоль длины желоба. При этом градиент индукции магнитного поля в зависимости от угла наклона желоба изменяется более чем в 4 раза.

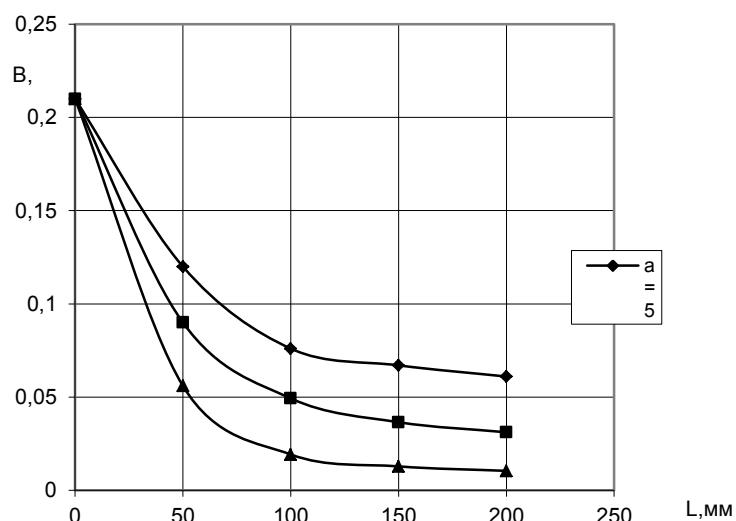


Рисунок 3 – Распределение индукции магнитного поля  $B$  по длине желоба  $L$  при различных углах наклона желоба  $\alpha$ .

Особенности подготовки твердых отходов материала NdFeB к магнитной сепарации заключаются в следующем.

Размагничивание материала проводится в вакуумных печах типа СНВЭ-1.3.1 при температуре 350°C в течении 1 часа.

Предварительное дробление отходов осуществляется на щековой дробилке ДПЩ-80-150 до размеров фракции менее 5 мм. Далее измельчение материала выполняется в конусной инерционной дробилке КИД-150 в атмосфере аргона до частиц с размерами менее 1мм.

Затем на классификаторе частиц порошка отделяется фракция с размером частиц менее 50 мкм, как наиболее загрязненная оксидом неодима.

Выход порошка материала NdFeB после подготовительных операций для последующей магнитной сепарации составляет 93...94% от массы загруженных отходов.

На рисунке 4 приведена зависимость распределения доли содержания оксида неодима по ячейкам контейнера при различных углах наклона желоба  $\alpha$  для минимальной скорости движения транспортерной ленты 0,03 м/с.

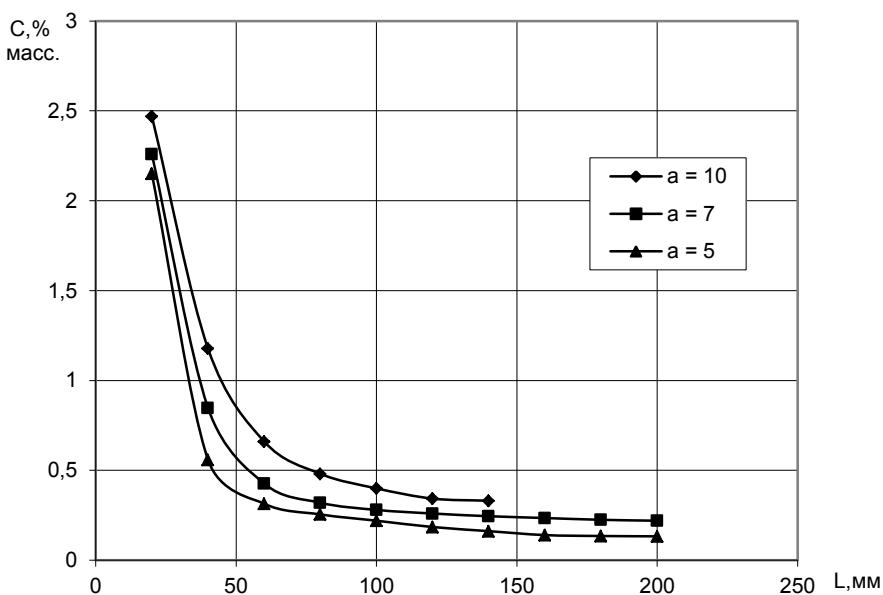


Рисунок 4 – Распределение доли содержания оксида неодима С по длине контейнера L при различных углах наклона желоба а.

Содержание оксида неодима оценивалось на автоматизированном рентгенометре «ДРОН-3» с программными пакетами «DRON» и «PHAN».

Как следует из зависимостей, приведенных на рисунке 4, оптимальным углом наклона желоба для магнитного сепаратора является угол  $\alpha = 7^\circ$ . При этом материал высокого качества, - с содержанием оксида неодима менее 0,3%, - собирается в ячейках контейнера с номерами 4...10 (на последних 120 мм длины контейнера). При угле наклона  $\alpha = 10^\circ$  происходит излишне быстрое ослабление напряженности магнитного поля, что приводит к выпадению частиц порошка в первых семи ячейках контейнера. При этом наблюдается перемешивание частиц магнитного материала с низким и высоким содержанием оксида неодима.

При угле наклона желоба  $5^\circ$  длина контейнера (и сепаратора) является недостаточной для разделения частиц материала, так как напряженность магнитного поля снижается незначительно и 25% объема материала выпадает за границей желоба и контейнера. Следовательно, при изготовлении опытных образцов магнитного сепаратора, подлежащих монтажу в технологическую цепочку, необходимо учитывать геометрические размеры, параметры и характеристики магнитов, особенности конструкции полюсных наконечников, габариты желоба и режимы движения транспортерной ленты.

В таблице 1 приведены результаты распределения порошков отходов по ячейкам контейнера в процентном соотношении.

Таблица 1 - Распределение частиц порошка в ячейках контейнера

№ образца	Угол наклона желоба а, град.	Распределение порошка по ячейкам контейнера, %									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	3,5	5,1	8,5	12,9	17,8	19,1	11,1	9,9	7,4	4,7
2	5	2,1	3,6	5,7	10,6	13,4	15,6	17,2	15,4	6,9	8,7
3	10	4,9	17,2	23,5	33,7	21,5	4,4	2,8	–	–	–

Как следует из таблицы 1 при угле наклона желоба  $\alpha = 7^\circ$  более 83% отсортированного материала подлежит повторному использованию в производстве ПМ NdFeB, так как частицы порошка содержат менее 0,3% оксида неодима. В связи с этим данный угол наклона является оптимальным для проведения дальнейших исследований.

В таблице 2 приведены результаты определения оптимальной скорости движения транспортерной ленты и производительности сепаратора при оптимальном угле наклона желоба  $7^\circ$ . Регулировка скорости движения транспортерной ленты осуществлялась изменением схемы подключения обмоток редукторного электродвигателя РД-9А, обеспечивающего привод транспортерной ленты.

Таблица 2 – Результаты исследования производительности сепаратора

Скорость движения ленты, м/с	Содержание оксида неодима, % масс.	Выход очищенного материала, %	Производительность, кг/час
0,03	0,197	83	0,11
0,05	0,216	81	0,18
0,07	0,232	79	0,24
0,09	0,261	75	0,30
0,11	0,314	67	0,32
0,13	0,301	53	0,30

Анализ данных таблицы 2 показывает, что при увеличении скорости движения транспортерной ленты более 0,09 м/с происходит значительное снижение выхода годного порошка из магнитного сепаратора с одновременным увеличением содержания оксида неодима в очищенных фракциях. Поэтому для проведения дальнейших исследований в качестве оптимальной была установлена скорость движения транспортерной ленты 0,09 м/с, что соответствует производительности разработанной макетной установки 0,3 кг/час или 1,25 т/год.

Из очищенных способом магнитной сепарации порошков отходов по стандартной технологии были изготовлены образцы ПМ NdFeB, которые имели магнитные параметры более высокие, чем полученные другими методами очистки: остаточная индукция от 1,16 до 1,24 Тл, коэрцитивная сила от 1420 до 1480 кА/м. Определение магнитных параметров образцов проводилось на гистерезисграфе «PermaGraphC-300» фирмы «Magnet-Physik».

Таким образом, в ходе исследований была установлена возможность использования способа магнитной сепарации для очистки порошков отходов производства ПМ NdFeB с целью отделения из них фракций, загрязненных оксидом неодима выше допустимой нормы, для повторного использования в производстве ПМ и определены оптимальные режимы работы автоматизированного оборудования.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00794, № 14-07-97520 и № 16-08-01226).

#### Библиографический список

1. Тишин А.М., Тукаева С.В. Редкоземельные материалы: производство, потребление, перспективы, современное состояние [Текст] // XIX Международная конференция по постоянным магнитам. Сузdalь, 23-27 сентября 2013 (Тезисы докладов). - М.: НИТУ “МИСиС”, 2013.- С.39-40.
2. Герасимова Л.Г., Николаев А.И., Маслова М.В., Охрименко Р.Ф. Отходы производства специальных магнитов – источник получения соединений РЗЭ [Текст] // XIV Международная конференция по постоянным магнитам. Сузdalь, 22-26 сентября 2003 (Тезисы докладов). - М.:ГТУ “МИСиС”, 2003.- С.198.
3. KimA.S. Effect of oxygen on magnetic properties of Nd-Fe-Magnets // J. Appl. Phys.- 2012.- V. 64, № 8. – P. 3571-3573.
4. Мельников С.А., Пискорский В.П., Валеев Р.А., Иванов С.И., Оспенникова О.Г., Паршин А.П., Шаталов В.В. Исследование возможности изготовления спеченных магнитов из отходов производства спеченных сплавов ND-FE-B, переработанных с использованием водородной обработки [Текст] // XVII Международная конференция по постоянным магнитам. Сузdalь, 21-25 сентября 2009 (Тезисы докладов). - М.:ГТУ “МИСиС”, 2009.- С.100.

#### OPTIMIZATION OF AUTOMATED FINE POWDERS MAGNETIC SEPARATION IN RENEWABLE PROCESSES OF PERMANENT MAGNETS PRODUCTION MODES

Kutepov D.A., Davydov N.N.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,  
[sphdima@rambler.ru](mailto:sphdima@rambler.ru)

The modes of the automated magnetic separation of production wastes of permanent magnets of NdFeB at purification of furnace charge of the polluting fraction of oxide of neodymium for renewable technological use of rare-earth metals are investigated.

To perform the research, a prototype of a magnetic separator was developed and created, allowing us to conduct smooth measurements of the magnetic field induction value in its working range from 0,015T to 0,21T and the movement speed of the conveyor belt from 0,03 m/s to 0,13 m/s.

The optimum values of induction of a magnetic field in a working gap of a separator and speed of the movement of a conveyor tape predetermining an exit of suitable production (furnace charge from powders of rare-earth metals) not less than 83% of volume of repeatedly processed solid waste of production of magnets are established.

The waste powder, refined with magnetic separation using a standard technology, was utilized to create samples of NdFeB magnets, which had higher magnetic values than the ones achieved by other refinement methods: residual induction from 1,16 to 1,24T, coercive force from 1420 to 1480 kA/m. The developed design and operating modes of a magnetic separator allow full automation of technological process of purification of solid waste in renewable processes of permanent magnets production.

---

## ТЕХНОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ В УРБАНОЗЕМАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Писарева А.В.\*., Степанова Л.П.\*\*, Яковлева Е.В.\*\*

\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана»

\*\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орловский государственный аграрный Университет"

E-mail: [payrap.06@mail.ru](mailto:payrap.06@mail.ru), [dissovet-orelsau@yandex.ru](mailto:dissovet-orelsau@yandex.ru), [elenavalerevna79@ya.ru](mailto:elenavalerevna79@ya.ru)

### **Введение**

Загрязнение окружающей природной среды токсическими веществами, в том числе тяжелыми металлами, является в настоящее время важной экологической проблемой. Основными источниками загрязнения окружающей природной среды в промышленно развитых городах, являются автотранспорт и промышленность. Транспортно-дорожный комплекс - важнейший составной элемент экономики России, однако функционирование транспорта сопровождается негативным воздействием на урбанизированные земли [1,3].

В мегаполисах не решены экологические вопросы защиты почв от загрязнений тяжелыми металлами, расположенных вблизи примагистральных автодорог, а также урбанизированных городских почв [2]. Для решения этих вопросов необходим целенаправленный научно-экспериментальный материал, полученный на основе полевых и лабораторных исследований техногенно-измененных территорий, что и послужило основанием для комплексного изучения влияния различных источников загрязнения почвенного покрова, которая состояла в оценке степени деградационных изменений антропогенно-трансформированных земель города Москвы и Орловской области по валовому содержанию тяжелых металлов и степени их подвижности [6,7].

### **Методика исследований**

Цель исследований состояла в оценке характера деградационных изменений техногенно - трансформированных земель и установления степени подвижности тяжелых металлов в почвах города Москвы и Орловской области.

В качестве объектов исследования были выделены три блока почв: естественно ненарушенные; естественно нарушенные поверхности преобразованные и естественные нарушенные глубокопреобразованные (урбанизированные). Были выбраны 6 опытных точек: три в районе автотрассы Каширского шоссе г. Москвы, отбор образцов проводился с глубины 0-20см (*AO* – грубогумусовый горизонт) урбанизированной земли в разной удаленности от автотрассы (5м, 50м, 300м), в качестве контроля (фоновые почвы) использовали одну точку дерново-подзолистой почвы (*Umbric Albeluvisols*, *AJ* - гумусово-элювиальный горизонт 0-20см) на территории парковой зоны Лосиного острова г. Москвы и две (удаленность 20м и 300м) в п. Думчина Орловской области, где изучали типичную для данной местности светло-серую лесную почву (*Albic Luvisols*, *AJ* - светлогумусовый горизонт 0-20см) с различным уровнем антропогенного воздействия шлакового отвала.

Урбанизированные (0-20см) опытные точки (Каширское шоссе) характеризуются следующими показателями: точка 1 (5м) гумус 2,84%, *pH<sub>cl</sub>*- 6,9, *EKO* -10,04 мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 96,5 %; точка 2 (50м) – гумус -3,37%, *pH<sub>cl</sub>*-6,37, *EKO* -14,61мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 91,2 %; точка 3 (300м) - гумус 3,39%, *pH<sub>cl</sub>*-7,1, *EKO*-9, 40 мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 95,4 %; фоновая почва - гумус 1,27%, *pH<sub>cl</sub>*- 4,75, *EKO*-11,98 мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 26,3 %.

Антропогенно - нарушенные светло-серые лесные почвы (0-20см) в районе расположения шлакового отвала п. Думчина: точка 5 (20м)-гумус 2,8%, *pH<sub>cl</sub>*-4,5, *EKO*-6,64 мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 45,5 %, физическая глина-27,72%; точка 6 (300м)-гумус 1,8%, *pH<sub>cl</sub>*- 5,4, *EKO*-10,14 мг/кг на 100г почвы, степень насыщенности основаниями 88,7%, физическая глина-31,8%.

Специфичными факторами почвообразования городских почв являются [2]: структура и характер хозяйственного землепользования в городе; особый городской микроклимат, эквивалентный широтному сдвигу на 200-300 км к югу; изменение естественного рельефа, связанное с хозяйственной и строительной деятельностью человека; насыпные природные субстраты и культурный слой и наличие в них строительно-бытовых включений; изменения растительности, связанные с особенностями городского микроклимата;

аэрозольное и внутриветчинное загрязнение. Отобранные образцы почв анализировали по общепринятым методикам [ 6,7,8,11 ]

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особый характер загрязнения наблюдается в пределах крупных транспортных объектов.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в городской почве и серой лесной почве (0-20 см), мг/кг сух. в-ва.

Удаленность	Элементы						Zc	
	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn		
Каширского шоссе								
Валовое содержание								
5 м.	<u>2,3</u> ±0,07	<u>19,25</u> ±0,02	<u>20,9</u> ±0,11	<u>17,4</u> ±0,01	<u>19,8</u> ±0,78	<u>76,3</u> ±0,42	7,85	
50 м.	<u>2,0</u> ±0,11	<u>6,65</u> ±0,04	<u>9,6</u> ±0,06	<u>11,7</u> ±0,01	<u>6,2</u> ±0,78	<u>25,6</u> ±0,14	4,27	
300 м.	<u>2,5</u> ±0,05	<u>23,05</u> ±0,01	<u>13,3</u> ±0,01	<u>15,9</u> ±0,01	<u>20,6</u> ±0,48	<u>82,1</u> ±0,72	6,98	
Подвижная форма								
5 м.	<u>1,3</u> ±0,01	<u>1,2</u> ±0,03	<u>1,1</u> ±0,09	<u>1,3</u> ±0,01	<u>1,8</u> ±0,29	<u>15,7</u> ±0,38	4,52	
% от валового содержания	<b>56,5</b>	<b>6,23</b>	<b>5,26</b>	<b>7,47</b>	<b>9,09</b>	<b>29,58</b>		
50 м.	<u>1,0</u> ±0,01	<u>0,30</u> ±0,01	<u>0,90</u> ±0,01	<u>0,60</u> ±0,06	<u>0,9</u> ±0,11	<u>7,6</u> ±0,04	2,80	
% от валового содержания	<b>50,0</b>	<b>4,51</b>	<b>9,38</b>	<b>5,13</b>	<b>14,52</b>	<b>29,69</b>		
300 м.	<u>1,5</u> ±0,01	<u>1,5</u> ±0,05	<u>1,2</u> ±0,02	<u>1,5</u> ±0,04	<u>2,1</u> ±0,10	<u>19,6</u> ±0,24	5,06	
% от валового содержания	<b>60,0</b>	<b>6,51</b>	<b>9,02</b>	<b>9,43</b>	<b>10,19</b>	<b>23,87</b>		
Лосинный остров, г. Москва								
Валовое содержание								
Фоновая почва	<u>1,4</u> ±0,02	<u>8,90</u> ±0,03	<u>5,0</u> ±0,11	<u>10,60</u> ±0,24	<u>19,50</u> ±0,38	<u>34,50</u> ±0,14		
Подвижная форма								
Фоновая почва	<u>0,70</u> ±0,03	<u>1,00</u> ±0,07	<u>0,84</u> ±0,01	<u>1,40</u> ±0,01	<u>1,60</u> ±0,03	<u>7,50</u> ±0,08		
% от валового содержания	<b>50,0</b>	<b>11,24</b>	<b>16,8</b>	<b>13,21</b>	<b>8,21</b>	<b>21,74</b>		
Шлаковый отвал п. Думчино Мценского района, Орловской области								
Валовое содержание								
20м	<u>0,64</u> ±0,03	<u>95,47</u> ±1,73	<u>19,76</u> ±0,12	<u>69,76</u> ±0,53	<u>10,84</u> ±0,03	<u>149,85</u> ±1,24	23,96	
300м	<u>0,50</u> ±0,05	<u>75,05</u> ±0,33	<u>19,21</u> ±0,17	<u>45,63</u> ±0,42	<u>9,20</u> ±0,26	<u>122,35</u> ±0,91	18,29	
Фоновая почва	0,9	12,3	15,0	36,0	15,0	12,7	13,4	
Подвижная форма								
20м	<u>0,29</u> ±0,03	<u>1,76</u> ±0,02	<u>0,30</u> ±0,01	<u>3,87</u> ±0,02	<u>0,75</u> ±0,01	<u>4,17</u> ±0,05	9,15	
% от валового содержания	<b>45,31</b>	<b>1,84</b>	<b>1,52</b>	<b>5,55</b>	<b>6,92</b>	<b>2,78</b>		
300м	<u>0,23</u> ±0,01	<u>2,16</u> ±0,05	<u>0,18</u> ±0,01	<u>3,49</u> ±0,03	<u>0,68</u> ±0,04	<u>3,87</u> ±0,01	8,3	
% от валового содержания	46,0	2,88	<b>0,94</b>	7,65	7,39	3,16		
Фоновая почва	0,3	1,5	<b>0,9</b>	0,7	0,3	4,6		

Значительное количество тяжелых металлов таких как *Cd*, *Cu*, *Zn*, *Pb* поступает от автотранспорта. При этом с дождевыми осадками поступают в основном водорастворимые формы тяжелых металлов, а в твердых аэрозолях тяжелые металлы находятся в форме различных химических соединений – сульфаты *Zn*, *Pb*, оксиды *Zn*, *Pb*, *Cd*, сульфиды *Cu*, *Zn*, *Pb*, *Fe* [4, 5].

В исследованных образцах для оценки характера накопления тяжелых металлов в урбанизированных почвах на разной удаленности от источника загрязнения в слое 0-20 см определяли валовое содержание тяжелых металлов *Cd*, *Cu*, *Cr*, *Ni*, *Pb*, *Zn* и количество их подвижных форм (таблица 1).

Содержание тяжелых металлов в урбанизированных почвах, подверженных антропогенному воздействию, выше, чем в почвах фоновой территории. Валовое содержание кадмия в урбанизированных почвах вблизи автотрассы в 1,7 раза превышало валовое количество кадмия фоновой почвы, а содержание меди в 2,2 раза превышало количество меди в почве парковой зоны. Поскольку коэффициент концентрации отражает интенсивность загрязнения, то для данных урбанизированных почв уровень загрязнения оценивается как слабый для кадмия, меди, цинка, а для хрома средний уровень загрязнения (таблица 1).

С увеличением удаленности от автодороги на 50 метров отмечается закономерное снижение валовых количеств всех исследуемых тяжелых металлов. Валовое содержание кадмия снизилось на 13,04 % в сравнении с содержанием кадмия в непосредственной близости к шоссе, но превышало концентрацию кадмия в фоновой почве в 1,43 раза. Валовое содержание меди снижалось почти на 65, 5% в сравнении с количеством меди в урбанизированной почве вблизи автодороги и на 25% в сравнении с валовым содержанием меди в фоновой почве. Содержание хрома, никеля, свинца и цинка в сравнении с валовым количеством этих металлов в урбанизированной почве вблизи автотрассы снижалось соответственно на 54,07%, 32,76%, 68,69%, 66,45%. Валовое содержание свинца и цинка было в 0,32 и 0,74 раза меньше, чем валовое количество этих металлов в фоновой почве.

Удаленность от источника загрязнения неоднозначно проявляется в изменении валового содержания исследуемых тяжелых металлов. Однако, сравнивая валовое содержание тяжелых металлов в урбанизированных почвах вблизи автодороги и урбанизированной почве, удаленном от шоссе на 300м, можно установить неоднозначность в изменении валового количества этих металлов.

Полученные результаты подтверждаются значениями коэффициента суммарного загрязнения, его величина снижалась до 4,27 ед. в урбанизированной почве, удаленном на 50м от автодороги, и возрастала до 6,98 ед. в урбанизированной почве в наибольшей удаленности от автодороги.

Валовое содержание исследуемых тяжелых металлов снижалось при увеличении расстояния удаленности расположения опытных площадок от шлакового отвала. Вблизи шлакового отвала (20м) в антропогенно-нарушенном слое урбанизированной почвы 0-20 см отмечается изменение в количественном содержании тяжелых металлов, так количество валового свинца превышало количество этого металла в гумусовом слое почвы, удаленной от отвала на расстояние 300м, на 15,13%.

При наибольшей удаленности от источника загрязнения (50м) количество подвижных форм тяжелых металлов резко снижается в сравнении с содержанием подвижных тяжелых металлов в урбанизированной почве в непосредственной близости к автодороге. Наибольшую подвижность обеспечивали почвенные условия этого объекта исследования для кадмия – 50,0%, цинка 29,69%, и свинца – 14,52% от валового их содержания, при этом степень подвижности цинка, свинца и хрома была выше степени подвижности этих металлов в условиях урбанизированной почвы в непосредственной близости к источнику загрязнения, для меди и никеля подвижность металлов в урбанизированной почве снижалась.

Так, количество подвижного кадмия составило 60% от валового содержания этого элемента в урбанизированной почве на расстоянии 300 м от дороги и превышало на 15,39% количество подвижного кадмия в урбанизированной почве вблизи источника загрязнения и на 50% количество кадмия в урбанизированной почве с удаленностю в 50м от автодороги.

Можно сделать вывод о том, что почвенные условия урбанизированной почвы с наибольшей удаленностью от автодороги способствовали большему накоплению абсолютных количеств подвижных форм кадмия, меди, хрома, никеля, свинца и цинка и увеличению степени их подвижности. В сравнении с фоновой почвой количество подвижного кадмия возрастало в 2,14 раза, меди в 1,5 раза, хрома в 1,43 раза, никеля 1,1 раза, свинца в 1,31 раза и цинка в 2,61 раза.

Интерес представляют данные о накоплении подвижных форм тяжелых металлов в серых лесных почвах на разном удалении от источника загрязнения – шлакового отвала [11, 12].

Наибольшее количество подвижных форм исследуемых металлов установлено в слое 0-20 см серой лесной почвы на удалении от шлакового отвала 20м, а в почве с удаленностю от отвала на 300м отмечается закономерное уменьшение абсолютных количеств подвижных металлов, исключение составили данные о содержании подвижной меди, ее количество возрастало на 0,34 мг/кг.

Таким образом, при загрязнении почв тяжелыми металлами их подвижность может повышаться и понижаться в зависимости от состояния почвенного покрова и степени агротехнического воздействия на почвы при наличии в них различных количеств загрязняющих веществ.

Валовое содержание исследуемых тяжелых металлов снижалось при увеличении расположения опытных площадок от шлакового отвала. Удаление от отвала на расстояние 20м в антропогенно-нарушенном слое 0-20 см обусловило изменение в количественном содержании тяжелых металлов: количество валового свинца превышало количество этого металла в гумусовом слое почвы, удаленной от отвала на расстояние 300м на 15,13%. Валовое количество таких металлов, как медь, цинк, никель в почвах вблизи шлакового отвала

превышало содержание этих металлов в почвах, удаленных от отвала на 300м, в 1,3 раза, 1,25, 1,53 раза соответственно.

Наибольшее количество подвижных форм исследуемых металлов установлено в слое 0-20см серой лесной почвы на удалении от шлакового отвала 20м, а в почве с удаленностю от отвала на 300м отмечается закономерное уменьшение абсолютных количеств подвижных металлов. Однако степень подвижности исследуемых тяжелых металлов возрастала с увеличением удаленности от источника загрязнения. Самый наибольший процент подвижных форм установлен для кадмия 45,31 – 46,0%, для свинца это – 6,92-7,39%,

Высокая концентрация подвижных форм кадмия 50-60%, цинка, подвижность которого колеблется в пределах 20,58-29,69% и свинца, содержание подвижных форм этого элемента составило 9,09-14,52%, оказала значительное влияние на изменение микробоценоза исследуемых урбаниземов. Так в урбаниземах в непосредственной близости к автодороге интенсивность микробиологической активности снижалась на 37,4 %, в урбаниземах, расположенных на удалении 50м от автодороге, снижение микробиологической активности достигало 14,7% и на большем удалении от автодороги (300м) в урбаниземах снижение микробиологической активности составило 5,32%.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Герасимова М.И., Строганова М.Н. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Изд-во: Ойкумена 2003 - 270с
- Добровольский Г.В. Почва, город, экология М.: Фонд За экономическую грамотность, 1997. — 310 с.
- Илюшкина Л.Н., Шевченко Е.Е. Санитарно-гигиеническое состояние почв рекреационных зон г. Ростова-на-Дону // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4–2. – С. 375-378;
- Савич В.И. Инструментальные методы исследования почв как компонентов агрофитоценозов и экологической системы. Учебное пособие / Савич В.И.; Раскатов В. А. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012 . – 229 с
- Савич В.И., Белопухов С.Л., Никиточкин Д.Н., Филиппова А.В. Использование новых методов очистки урбанизированных почв от тяжёлых металлов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6. — С. 203-205.
- Степанова Л.П. Оценка влияния радионуклида цезий-137 на экологическое состояние почв и растений //Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Мышкин А.И., Степанова Е.И., Кружков Н.К., Яковлева Е.В., Таракин А.В. - АгроЭкоинфо. 2013. № 2. С. 4.
- Степанова Л.П. Оценка факторов загрязнения воздушной среды урбанизированных территорий Орловской области //Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Мышкин А.И., Степанова Е.И., Яковлева Е.В., Таракин А.В. - АгроЭкоинфо. 2013. № 2. С. 6.
- Степанова Л.П. Физико-химическая оценка восстановления плодородия нарушенных серых лесных почв при их рекультивации //Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В.- Безопасность в техносфере. 2015. Т. 4. № 2. С. 27-32.
- Строганова М. Н. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель / Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Прохоров А.Н., Лысак Л.В., Сизов А.П., Яковлев А.С. // Почвоведение. – 2003. – № 7. – С. 867-875.
- Строганова М.Н. Комплексная оценка экологического состояния городских почв./ Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Прохоров А.Н., Лысак Л.В., Сизов А.П., Яковлев А.С. – М.: МГУ, 2001. – 50 с
- Яковлева Е.В. Агрономическая оценка восстановления плодородия антропогенно нарушенных и рекультивируемых серых лесных почв // Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Писарева А.В. Ученые записки Орловского государственного университета, №3, 2015 с. 256-261
- Яковлева Е.В. Состояние плодородия антропогенно - измененных серых лесных почв и его эколого-экономическая оценка // Степанова Л.П., Коренькова Е.А., Писарева А.В. Вестник РУДН серия экология и безопасность жизнедеятельности, 2015, № 3 Стр.105-114

#### TECHNOGEOCHEMICAL ANOMALIES IN URBANOZEM BY ANTHROPOGENIC IMPACT

Pisarev AV \*, Stepanova LP. \*\* Yakovleva EV. \*\*

\* Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Technical University. Bauman"

\*\* Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Orel State Agrarian University"  
E-mail: [pavpav.06@mail.ru](mailto:pavpav.06@mail.ru), [dissovet-orelsau@yandex.ru](mailto:dissovet-orelsau@yandex.ru), [elenavalerevna79@ya.ru](mailto:elenavalerevna79@ya.ru)

Increase in content of heavy metals in the urbanized soils subject to anthropogenous influence in comparison by soils of the background territory is established. Level of gross pollution is estimated as weak for cadmium, copper, zinc, and for chrome the average level of pollution.

Remoteness from a source of pollution is ambiguously shown in change of gross content of the studied heavy metals. In the urbanozem removed at bigger distance from the highway increase in gross amounts of cadmium by 8,7%, copper for 19,74%, lead for 1,01%, zinc for 7,6% is noted. Content of nickel, chrome in an urbanozema on bigger removal

from a highway decreased in comparison with the gross content of these metals in an urbanozema near a pollution source by 8,62% и 36,4% respectively.

Gross content of the studied heavy metals decreased at increase in an arrangement of experimental grounds from a slag dump. Gross content of cadmium in soils in close proximity to a dump increased for 21,88% in comparison with his contents in the soil on bigger remoteness from a dump. The gross amount of such metals as copper, zinc, nickel in soils near a slag dump exceeded the content of these metals in the soils remote from a dump on 300 m, by 1,3 times, 1,25, 1,53 times respectively.

At increase in remoteness from a source of pollution not only the gross content of heavy metals, but also quantity of their mobile forms and degree of mobility of heavy metals increases. Degree of mobility of cadmium changed within 50 - 60% of gross contents in dependence of remoteness of a source of pollution.

It is proved influence of character of a source of pollution on degree of mobility of heavy metals and concentration of their accumulation in the urbanozemakh. The greatest percent of mobile forms is established for cadmium of 45,31 - 46,0%, and for lead it is 6,92-7,39% and nickel – 5,55 - 7,65%.

The share of the metals extracted from test by the ammoniuno-acetate buffer with pH =4,8 decreases for an urbanozem near the highway (5 m) Zn>Pb>Cd=Ni > Cu>Cr; for an urbanozem in remoteness of 50 m it is Zn > Cd > Cr = Pb > Ni > Cu, for an urbanozem in the greatest removal from the highway (300 m) among Zn>Pb>Cd = Cu =Ni > Cr, and for a background dervovo - the podsolic soil - among Zn > Pb > Ni > Cu > Cr > Cd. The share of mobile forms of heavy metals for the gray forest soil decreases among Zn > Cu > Ni > Cr > Pb>Cd.



## ХАРАКТЕРИСТИКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Писарева А.В\*., Степанова Л.П.\*\*, Яковлева Е.В\*\*., Мышкин А.И.\*\*

\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана»

\*\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орловский государственный аграрный Университет"

E-mail: [pavpav.06@mail.ru](mailto:pavpav.06@mail.ru), [dissovet-orelsau@yandex.ru](mailto:dissovet-orelsau@yandex.ru), [elenavalerevna79@ya.ru](mailto:elenavalerevna79@ya.ru)

### Введение

Геохимическая организованность биосфера во многом определяет ее устойчивость к различным антропогенным воздействиям. Концепцией демографической политики России на период до 2025 года как главная задача определена необходимость снижения уровня смертности, повышение уровня рождаемости, сохранение и укрепление здоровья населения [3].

В связи, с чем возникла необходимость научно-обоснованного прогнозирования ответных реакций окружающей среды на вмешательство человека в естественные процессы и установления антропобиогеохимических зон, провинций, отдельных экологически опасных для человека локусов[4,6]. Ответная реакция организма человека на то или иное экологическое неблагополучие проявляется как заболевание: микроэлементозы, злокачественные новообразования, сердечно-сосудистая патология и др.

Выделение районов или зон экологического неблагополучия или бедствия как территориальных единиц, где хозяйственная деятельность и антропогенное воздействие на природную среду обеспечивает нормальную жизнедеятельность и безопасность здоровья человека предусматривает многокомпонентную оценку состояния экосистем, при этом важнейшим показателем, отражающим состояние экосистемы в целом, является здоровье человека.

На наш взгляд, наиболее обоснованной в отношении влияния окружающей среды на заболеваемость населения, является классификация А.Г. Воронова, разработанная с учетом всего предыдущего опыта медицинской географии[2]. Согласно этой классификации, болезни делятся на две большие группы: эндогенные и экзогенные. Первая группа - это наследственные болезни. Среди экзогенных выделяются следующие болезни:

- 1) связанные с действием факторов природной среды (геофизических, геохимических, вызванных особенностями пищевых режимов, контактами с ядовитыми животными и растениями, живыми возбудителями — инфекции и инвазии), а также травматизм в результате стихийных бедствий;
- 2) связанные с действием техногенных факторов. Однако в некоторых случаях удобнее делить все болезни на инфекционные (возникающие при попадании внутрь организма живого возбудителя) и неинфекционные (соматические), происхождение которых связано с воздействием какого-либо химического или физического агента (таблица 1 ).

### Методика исследования

Цель исследования: установить комплекс факторов техногенного происхождения, определяющих формирование антропобиогеохимических провинций, опасных для человека и выявить территории экологического неблагополучия в регионах Орловской области.

Для выполнения поставленных задач нами были выбраны территории природных ландшафтов, испытывающих воздействие различных видов деградации природных и агроэкосистем[5,7].

Деградация почв и растений под воздействием шлаковых отсевов Мценского завода МЗАЛ, размещенных на территории п. Думчино. В качестве объекта исследования были выбраны опытные площадки на разной удаленности от шлакового отвала – 50, 150, 300, 450м. Взяты образцы почв по генетическим горизонтам и смешанные образцы, из гумусового горизонта пробных площадок. Почва: серая лесная среднемощная среднегумусная грунтово-глеевая среднесуглинистая на лессовидных суглинках.

Для установления влияния степени и характера техногенеза на пространственную вариабельность заболеваемости были привлечены материалы официальной статистики по административным районам Орловской области за 15-ти летний период. Для установления корреляции заболеваемости и экологической напряженности и составления интегральной карты районирования были выделены зоны по совокупности следующих факторов: 1) уровень химической нагрузки на окружающую среду, определяемой промышленными центрами и сельскохозяйственным производством; интенсивность радиоактивного загрязнения почв; 3) степень неблагоприятных изменений гидрологического режима рек, 4) интенсивность развития эрозионных процессов по методике М.Ю. Белоцерковского, Т.М. Беляковой, К.М. Берковича (1993) [1].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Нами рассматривались заболевания, включенные в перечень ВОЗ. Среди проанализированных болезней населения Орловской области превалируют болезни крови и кроветворных органов, новообразования, болезни органов дыхания, системы кровообращения, мочеполовой системы, костно-мышечной системы.

Повышенная заболеваемость, наблюдаемая по районам области, является следствием, как действия местных природных факторов, так и антропогенного воздействия. Так, заболевания (болезни нервной системы и органов чувств, органов дыхания, органов пищеварения, крови и кроветворных органов, болезни кожи, мочеполовой системы и др.) могут быть связаны с выбросами аэрохимогенных поллютантов, в составе которых преобладают соединения азота, сернистый ангидрид, оксиды углерода и взвешенные частицы [3].

Анализ заболеваемости населения поселка Думчино Мценского района, как территории экологического риска, показал тесную корреляционную зависимость между степенью загрязнения почвы, водных ресурсов и воздушного бассейна и показателями здоровья населения (рис 1, 2), так данными регрессионного анализа установлена величина коэффициента корреляции между уровнями загрязнения и экологической обстановки территории и показателями заболеваемости в пределах 0,80-0,89.

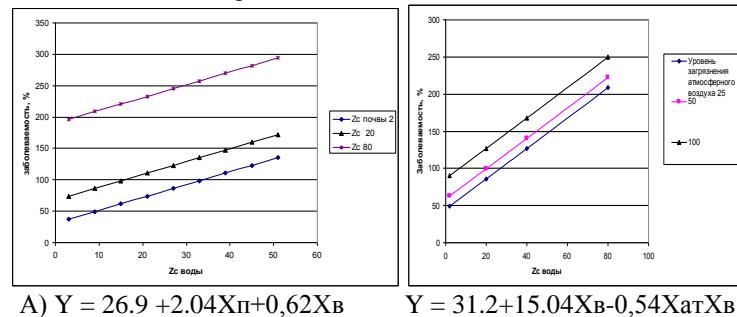


Рис.1, 2 Результаты регрессионного анализа причинно-следственной связи заболеваемости с уровнями загрязнения почвы, воды (А), и атмосферного загрязнения (Б) п. Думчино Мценского района.

Полученные нами данные показывают, что для оценки экологического состояния территорий по общей заболеваемости в баллах необходимо за интегральный показатель влияния окружающей среды на здоровье человека взять средние показатели за 5-10 лет по различным классам болезней, отражающих степень экологического воздействия окружающей среды (в основном химического и радиоактивного) на уровни заболеваемости населения конкретными классами болезней, например, болезней органов дыхания и пищеварения, крови и кроветворных органов[4,7].

Медико-географический анализ заболеваемости исследуемых районов области и Орловской области в целом показал региональную неоднородность изучаемой территории. Первое место в заболеваемости населения области составляют болезни системы кровообращения, которые за 15-ти летний период возросли в 2,2 раза по области и превышают уровень заболеваемости населения болезнями системы кровообращения в РФ в 1,1 раза. Для территории Болховского района отмечается некоторая стабилизации в заболевании органов дыхания и кровообращения, а по Мценскому району некоторое снижение.

Болезни костно-мышечной ткани в области превышают уровень заболеваемости населения России в 1,3 раза и за 15-ти летний период уровень заболеваемости возрос в 1,8 раза. При этом большая доля приходится на заболевания кожи и подкожной клетчатки: в Болховском районе достигают 38,5%, во Мценском -42,3%, в Орловском районе – 84,7%, а по г. Орлу – 23,7%.

## DESCRIPTION OF DEGREE OF INFLUENCE OF ECOLOGICAL TROUBLE ZONES ON HUMAN HEALTH (THE CASE OF OREL REGION)

Pisarev AV \*, Stepanova LP. \*\* \*\* Yakovleva EV., Myshkin AI. \*\*

\* Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Technical University. Bauman"

\*\* Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Orel State Agrarian University"  
E-mail: pavpav.06@mail.ru, dissovets-orelsau@yandex.ru, [elenavalerevna79@ya.ru](mailto:elenavalerevna79@ya.ru)

The aim of the research is to establish a set of man-made origin of the factors determining the formation of antropobiogeohimicheskikh provinces, are dangerous to humans and to identify areas of ecological trouble in the regions of Orel.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА УРОВЕНЬ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПО ВИНЕ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Широбоков А.В., Ершов А.И.

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, [AVShi-104@yandex.ru](mailto:AVShi-104@yandex.ru)  
Управление Государственной инспекции безопасности дорожного движения УМВД России по Владимирской области, [er38alex@fromru.com](mailto:er38alex@fromru.com)

### **Актуальность**

В Российской Федерации по итогам 6 месяцев 2015 года зарегистрировано 79220 дорожно-транспортных происшествий (-6,4% аналогичного периода прошлого года, далее АППГ), в которых 9713 человек погибло (-12% АППГ) и 99779 получили ранения (-6,9% АППГ).

Во Владимирской области в 1-м полугодии 2015 года зарегистрировано 1241 ДТП, в которых 170 человек погибло и 1678 получили ранения. Число ДТП по сравнению с аналогичным периодом прошлого года снизилось на 5,5%, погибших на 9,6%, раненых на 5,6%. Показатель тяжести последствий (отношение числа погибших к числу пострадавших X на 100) сократился на 0,4 %. Относительные показатели аварийности составили: количество ДТП на 10 тысяч единиц зарегистрированного автотранспорта и число пострадавших на 100 тысяч жителей 25,6 и 131,5 соответственно (среднероссийские - 15 и 74,9, ЦФО - 14,4 и 74,1). Первый показатель является максимальным среди всех регионов центрального федерального округа [9].

Высокие показатели аварийности во Владимирской области требуют всестороннего изучения данной проблемы. В ряде работ показано негативное влияние факторов природной среды на ДТП по вине водителей транспортных средств, в том числе метеорологических, солнечной активности и климата в целом, однако, таких работ мало.

### **Цель исследования**

Определить наличие корреляционной связи и изучить влияние гелиогеофизических факторов на уровень дорожно-транспортных происшествий по вине водителей транспортных средств

### **Материалы и методы**

Исходными данными являются материалы статистических сборников Федеральной службы государственной статистики - «Регионы России социально-экономические показатели 2013»[1], Статистического сборника «Состояние аварийности во Владимирской области» за 2001-2012гг УГИБДД УВД по Владимирской области (далее УГИБДД) [2], данные первичной регистрации в карточке учета ДТП [3].

По материалам «Sunspots» sectioninsidebar 2001-2012 гг [8] использованы показатели, учитывающие основные гелиогеофизические переменные: Ri – временное международное число солнечных пятен от СИДС: число Вольфа (ед); PPSI – оперативный фотометрический индекс солнечных пятен в  $10^{-5}$  Вт/м<sup>2</sup>; F2800 – поток солнечного излучения 2800 МГц; Ak – геомагнитный индекс.

Применены метод анализа многолетней динамики заболеваемости и метод анализа годовой (помесячной) динамики заболеваемости [4,5]. Для определения тесноты и характера взаимосвязей между гелиогеофизическими факторами и ДТП по вине водителей транспортных средств проведён корреляционный анализ, с предварительным тестированием данных на соответствие закону нормального распределения [7]. Степень влияния указанных факторов определена посредством регрессионного анализа.

### **Результаты и обсуждение**

В результате исследования определена многолетняя динамика ДТП в период 2001-2012гг. Рассчитаны: средние многолетние показатели ДТП, типовая кривая помесячной многолетней динамики ДТП, уровни ДТП (превышающие верхнюю допустимую границу в ноябре и декабре 2006, ноябре 2007, 2010, 2012гг) [6].

В ходе анализа взаимодействия гелиогеофизических факторов и ДТП установлена, как прямая, так и обратная умеренная корреляционная связь от  $r=0,401$  до  $r=0,568$ ,  $p<0,05$  (Таблица 1).

Таблица 1. Корреляционная связь ДТП по вине водителей транспортных средств и гелиогеофизических факторов в период 2001-2006гг.

№ пп	Год	Период	Гелиогеофизические переменные	Коэффициент корреляции ( $r$ )	Метод корреляционного анализа	$t$ (N-2)	$p$	Число анализируемых пар признаков	Доля объяснимой дисперсии (%)
1	2006	Ноябрь	Ri	0,407	Спирмана	2,360	0,025	30	16,590
2	2006	Ноябрь	F2800	0,541	Спирмана	3,403	0,002	30	29,570
3	2006	Декабрь	Ri	-0,568	Спирмана	-3,712	0,001	31	32,213
4	2006	Декабрь	PPSI	-0,478	Спирмана	-2,927	0,007	31	22,807
5	2006	Декабрь	F2800	-0,492	Спирмана	-3,043	0,005	31	24,203
6	2007	Ноябрь	Ak	0,555	Спирмана	3,533	0,001	30	55,524
7	2010	Ноябрь	F2800	-0,401	Пирсона	-	0,280	30	16,096
8	2012	Ноябрь	PPSI	-0,370	Спирмана	-2,104	0,044	30	13,660
9	2012	Ноябрь	Ak	-0,476	Спирмана	-2,866	0,008	30	22,685

По данным Таблицы 1, наличие статистически значимой умеренной корреляционной связи свидетельствует о вероятных биологических закономерностях взаимосвязи ДТП по вине водителей транспортных средств и гелиогеофизических факторов.

Наибольшая доля вариабельности ДТП по вине водителей транспортных средств, зависящая от вариабельности гелио- геофизических факторов составляет 55,524% Ak (геомагнитный индекс, ноябрь 2007), на втором ранговом месте 32% Ri (число Вольфа, декабрь 2006), третье-29,57% F2800 (поток солнечного излучения 2800МГц ноябрь 2006). Таким образом, в разные временные периоды вариабельность ДТП по вине водителей зависит от вариабельности разных геогелиофизических факторов.

Влияния гелиогеофизических показателей на уровень ДТП по вине водителей транспортных средств описано уравнениями регрессии (Таблица 2) и иллюстрировано рисунками 1-14. Отмечена асимметричность графиков распределения разности прогнозируемых и фактических значений ДТП.

На диаграммах рассеяния отмечаются данные с частичным размещением точек в пределах доверительного интервала. Установлена степень влияния гелиогеофизических факторов на уровень ДТП по вине водителей транспортных средств от 13% до 25% в разные временные интервалы с уровнем статистической значимости  $p<0,05$ .

Сочетанное действие факторов Ri, PPSI, F2800, Ak на ДТП оказалось недостоверным ( $p>0,05$ ).

Таблица 2.

#### Влияние гелиогеофизических показателей на уровень ДТП по вине водителей транспортных средств

№ п.п. (рисунок)	Период	$y = f(x)$	$R^2$	$p$	Степень влияния фактора, %
1,2	11.2006	ДТП = 3,4502 + 0,2094*Ri	0,154	0,03	15
3,4	12.2006	ДТП = 10,161-0,177*Ri	0,246	0,004	24
5,6	12.2006	ДТП=9,2283-0,0595*PPSI	0,252	0,003	25
7,8	12.2006	ДТП=24,030-0,1932*F2800	0,241	0,005	24
9,10	11.2007	ДТП = 6,732 + 0,33*Ak	0,201	0,013	20
11,12	11.2010	ДТП = 35,907-0,327* F2800	0,161	0,03	16
13,14	11.2012	ДТП = 9,2148 - 0,1710*Ak	0,133	0,05	13

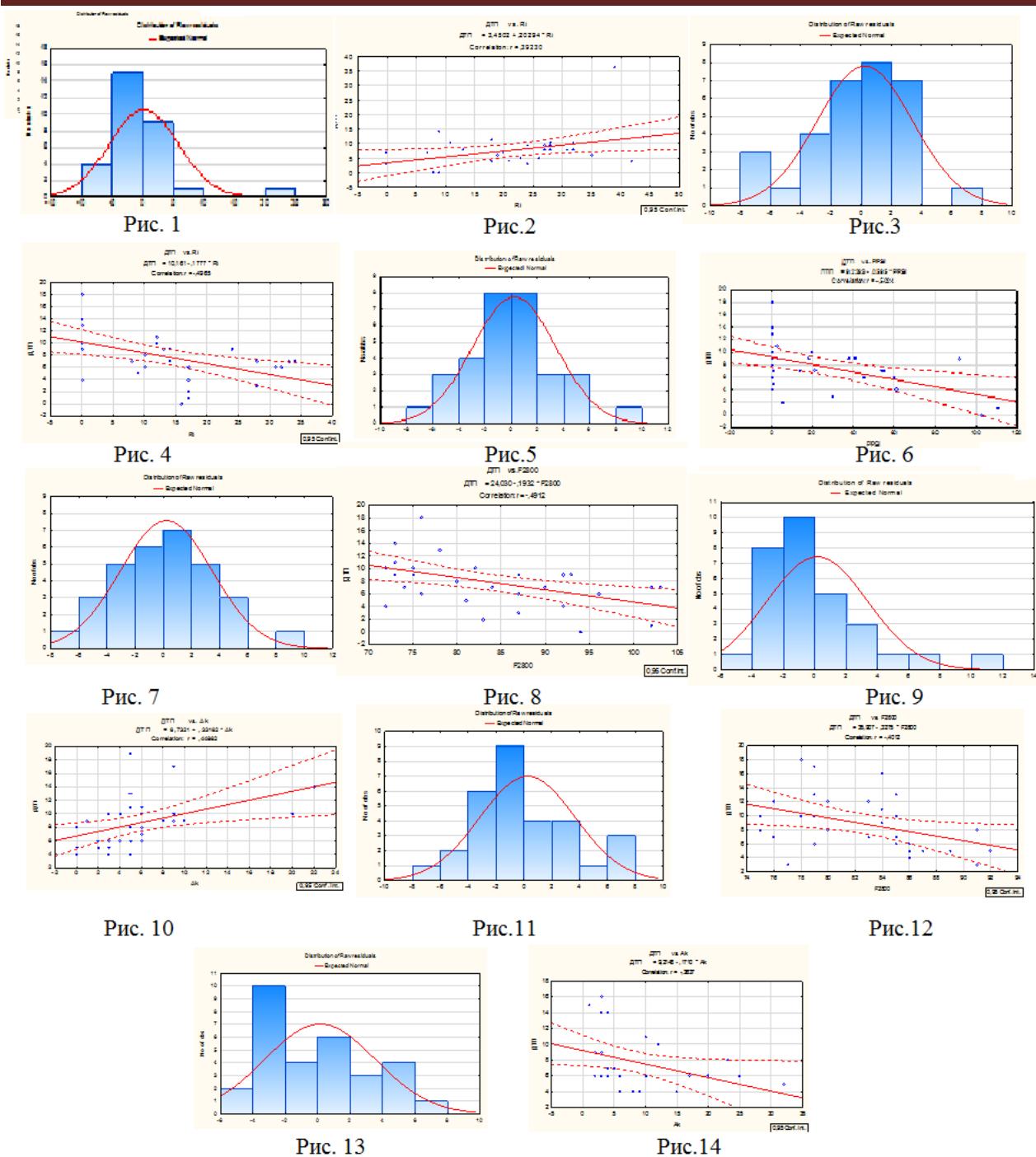


Рис. 1

Рис.2

Рис.3

Рис. 4

Рис.5

Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

Рис. 9

Рис. 10

Рис.11

Рис.12

Рис.13

Рис.14

**Выводы:**

1. В период 2001-2012 года установлена прямая и обратная умеренная корреляционная связь ДТП по вине водителей транспортных средств с гелиогеофизическими переменными.
2. Уравнения регрессии сочетанного влияния гелиогеофизических факторов Ri, PPSI, F2800, Ak в годы 2006, 2007, 2010, 2012 недостоверны ( $p > 0,05$ ).
3. Коэффициенты детерминации моделей влияния гелиогеофизических переменных в периоды 11.2006, 12.2006, 11.2007, 11.2010, 11.2012 и фактических данных ДТП по вине водителей транспортных средств очень низкие от 0,133 до 0,252.
4. Учитывая статистическую значимость моделей влияния гелиогеофизических показателей на уровень ДТП по вине водителей транспортных средств ( $p < 0,05$ ), низкие значения коэффициентов детерминации  $R^2$  (Таблица 2), асимметричность графиков распределения разности прогнозируемых и фактических значений, модели взаимодействия ДТП по вине водителей транспортных средств и гелиогеофизических показателей не могут эффективно прогнозировать влияние солнечной и геомагнитной активности на ДТП по вине водителей транспортных средств.
5. Отсутствие сильной корреляционной связи, вероятно, обусловлено наличием других причин.

Полученные результаты требуют дальнейшего всестороннего изучения и могут быть использованы в прогнозировании ДТП по вине водителей транспортных средств и разработке мероприятий по профилактике дорожно-транспортных происшествий.

#### Библиографический список

- 1.Регионы России. Социально-экономические показатели.  
[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156).
- 2.Статистические сборники УГИБДД УМВД России по Владимирской области 2001-2012.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. N 647 «Об утверждении правил учета дорожно-транспортных происшествий»
- 4.Речкин В.И., Лебедев А.И. Методическая разработка практического занятия на тему: Анализ многолетней динамики заболеваемости. - Ленинград: Изд-во ЛенГИУВим.С.М.Кирова. 1989. - 19 с.
5. Беляков В.Д., Яфаев Р.Х., Эпидемиология: Учебник. - М.: «Меди-цина» 1989. – 416 с.
- 6.Широбоков А.В., Ершов А.И. Проблемы региональной экологии №5, 2014. Применение ретроспективного эпидемиологического анализа в изучении дорожно-транспортных происшествий по вине водителей во Владимирской области. С.175-179ю
- 7.Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STSTISTIKA / О.Ю. Реброва. – М.: Медиасфера, 2006. – 312 с.
- 8.Web: <http://sidec.oma.be>, «Sunspots» section in sidebar.
9. Информация ГИБДД ОМВД России по Александровскому району:  
<http://33strausa.ru/obshenie/9170-анализ-дтп-со-смертельным-исходом-на-территории-александровского-района-за-6-месяцев-2015-года.html>.

#### THE RESULTS OF THE STUDY OF THE INFLUENCE OF HELIOGEOPHYSICAL PARAMETERS ON THE LEVEL OF ROAD ACCIDENTS CAUSED BY DRIVERS OF VEHICLES.

Shirobokov V. A., Ershov A. I.

Vladimir state University named after A. G. and N. G. Stoletovs, [AVShi-104@yandex.ru](mailto:AVShi-104@yandex.ru)

The management of State inspection of traffic safety of UMVD of Russia across Vladimir region,  
[er38alex@fromru.com](mailto:er38alex@fromru.com)

The report presents the results of studying the interrelation of accidents caused by drivers of vehicles and heliogeophysics factors. Statistically significant direct and inverse moderate correlation. The degree of influence heliogeophysics factors on the level of accidents caused by drivers of vehicles ranges from 13% to 25% in different time intervals c the level of statistical significance  $p < 0.05$ .

The obtained results require further comprehensive study and can be used in predicting accidents caused by drivers of vehicles and the development of interventions for the prevention of road accidents.



## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

<b>А</b>	Голубятников О.О.	130	Илюхин А.А.	225	
Абдулракеб А.Р.	75	Грунская Л.В.	209,214, 217,246	Илюшин А.С.	280
Абрамов Д.В.	233	Гулидова Г.П.	269	Ионин В.В.	132
Авдюхина В.М.	280			Исаев В.А.	250
Аксенов Д.В.	73			Исакевич В.В.	214
Акуленко Л.О.	52			Исакевич Д.В.	214
Алешин В.Д.	297,300	Давыдов Н.Н.	132,220,318	Исаков Р.В.	31,78,303
Анисимов А.А.	88	Давыдов Нт.Н.	132,220	Истомин В.В.	144
Антипов И.Н.	276	Данилов С.Ю.	132	Истомина Т. В.	144,308
Антонова М.А.	209,246	Дементьев В.К.	207		
Арефьев Е.В.	315	Дмитриев В.Б.	150	<b>К</b>	
Арсентьев Е.А.	159	Дмитриев Н.А.	102	Капаруллина Е.Н.	205
Архипов Е.А.	241	Добролюбова Д.А.	116	Каранкевич А.И.	37
Архипов И.Е.	241	Долгов Г.Ф.	147	Карпухин В.А.	69
Ахматгалиева М. Д.	237	Дорожков В.В.	229,233	Каталевский Е.Е.	141,143
		Доронина Н.В.	205	Киселева А. Н.	111
<b>Б</b>		Дрёмин В.В.	123	Киселева Е. Ю.	163
Бабич М.В.	159	Дубровин В.В	130	Китова А.Е.	105
Багинская А. И.	119	Дунаев А.В.	123	Козлов И.О.	123
Белик Д.В.	102			Колесник А.И.	283
Белов С.А.	132	<b>Е</b>		Колпаков А.В.	54,57
Близнюк У.А.	280	Евстюнин Г.А.	132	Конешов В. Н.	225,233
Бобрынин А.Ю.	99	Ежков А.В.	31,78	Коновалов А. В.	308
Бобрынин Д.Ю.	99	Еланский С.Н.	280	Коновалова О. Е.	308
Бойко А.А.	37, 42	Емельянова Е.В.	166	Кононова В. Ю.	184
Бородин А.С.	258	Ефремов А.А.	170	Копин И.С.	143
Борщеговская П.Ю.	280	Ефимов В.А.	220	Кореневская С.Н.	95
Ботова И.В.	207	Ершов А.И.	329	Коробко С.Г.	176
Булоичик Ж.И.	188,190			Косоруков А.Е.	69
Буреев А. Ш.	163	<b>Ж</b>		Крамм М.Н.	109
Буренков В.Н.	290	Жданов Д. С.	163	Кубланов В.С.	159
		Жеребцов Е.А.	123	Кувичкин В.В.	255
<b>В</b>		Жеребцова А.И.	123	Кувичкина Т.Н.	205
Ван Г. В.	126			Кузнецов А.А.	263,286, 294
Васильев А.С.	220	<b>З</b>		Кузьмин А.В.	194
Веденеев Н.А.	173	Зажогин А.П.	188,190	Куликов А.Ю.	154
		Земляков И. Ю.	163	Куликов Д. А.	156
<b>Г</b>		Зиневская М.С.	102	Кумов В.С.	64
Гаврилов В.М.	207	Золотов А.А.	209	Кутепов Д.А.	318
Гаврилова А. А.	237	Зорина О.А.	54		
Ганьков Д.О.	261	Зубова О.М	249	<b>Л</b>	
Глухов Р.Н.	207			Лаврова Е.А.	66
Гогулина Н.С.	81	<b>И</b>		Лапитан Д. Г.	92,156
Головцова К.Ю.	54	Иванников Д.А.	180	Лачина А. А.	177
		Ивлева А.Л.	156		

Левин И.С.	280	Подмастерьев К. В.	126	Тарасов С.Е.	105
Лещев И.А.	209,246	Полякова А.Г.	180	Таранов А.А.	46,73
Ломалов А.А.	290	Пулиш А.В.	111	Торшин В.И.	249
Лукьянов В.Е.	209,217	Пустовой С.А.	102	Троценко Ю.А	205
<b>М</b>		Пустозеров Е.А.	88	Тужилкин Д.А.	258
Мавзютов А.А.	57,59	Пятницкий А.М.	111	<b>Ф</b>	
Мавзютова А.А.	59			Филиппова Н.А.	297,300
Малышева Д.А.	229			Фрелих А.В.	159
Матанский С.В.	297,300	Разумов Д.А.	220	Фролов Е.Б.	283
Матвейчук И.В.	114	Рассамагин Д. А.	278	Фролов С.В.	97
Медовый В.С.	61	Решетилов А.Н.	105,166, 205	Фролова Т.Н.	274
Мельник О.В.	253,312	Решетникова М. А.	266	Фуров Л.В.	229,233
Милокост О.	111	Рогаткин Д.А.	92,156		
Минько А.А.	188,190	Розанов В.В.	114,249	<b>Х</b>	
Мордашов А.П.	73	Рубай Д.В.	209,214	Харина Н.Л.	34
Мышкин А.И.	327			Химич Д.А.	69
<b>Н</b>				Хорьков К.С.	177
Никитин О.Р.	241,243	Савельев С.П.	143	Хохлова Л. А.	163
<b>О</b>		Садовский И.Н.	194,198, 202		
Оленев Е.А.	306	Садовский Н.В.	261	<b>Ч</b>	
Орешкин Д.М.	220	Сазонов Д. С.	198	Чекунов С.Г.	57
Орлов Д.Ю.	315	Самородов А.В.	64,66,116	Черняев А.П.	280
Орлов И.Я.	99	Саханенко С.А.	143	Чирков К.В.	75
Орлов Ю.А.	315	Северин А.Е.	249	Чукаев К.Н.	34
Осипов А. В.	163	Северина Е.А.	249	Чурмасов А. В.	237
Остапенко О.А.	97	Селезnev А. И.	163		
<b>П</b>		Семенов Ю.Н.	249	<b>III</b>	
Палютина Ю.А.	109	Смирнов Д.С.	207	Шамаров М.И.	78
Панов С.А,	61,111	Сныгина И.А.	209,246	Шарков Е.А.	194
Панова А.Д.	306			Шахнин В.А.	176
Панфилова С.Ю.	312	Спиридонов И.Н.	42, 46, 54,57, 59,81,83	Шачнева Е.А.	144
Парпулов Д.А.	83	Старцев Е.А.	95	Шемякин Д.Г.	159
Патапович М.П.	188,190	Степанова Л.П.	323,327	Широбоков А.В.	329
Пашинов Е.В.	194,202	Стерлядкин В.В.	194	Шитов А.В.	258
Пермяков С.А.	290,294	Стрелков Н.О.	109	Штадельманн Ж.В.	49, 52
Петров Е.П.	34,184	Струкова Е.В.	269	Шубин А.А.	243
Пилипенко М.Н.	42	Стрыгина Е.В.	154	Шумарин С. В.	150
Пименов А.Б.	276,278	Студеникин Ф.Р.	280	Шутеев С.А.	114
	170,297,	Сунцова О.В.	31,78	Шуткин А.Н.	95
Писарева А.В.	300,323, 327	Сухих П.Н.	34	<b>Щ</b>	
Плеханова Ю.В.	105	Сушкова Л. Т.	75,150,294	Щербович С.Н.	290
Подачников А.В.	176				
<b>Т</b>				<b>Ю</b>	
		Талеб Е.М.	303	Юлдашев З.И.	88

Я

Яковлева Е.В.	323,327
Яскин Е.Г.	290

## AUTHOR INDEX

## A

Abdulraqeb A.R.	75
Abramov D.V.	233
Ahmatgalieva M.D.	237
Aksenov D.V.	73
Akulenko L.O.	52
Aleshin V.D.	297,300
Anisimov A.A.	88
Antipov I. N.	276
Antonova M.A.	209,246
Arefiev E.V.	315
Arkhipov E.A.	241
Arkhipov I.E.	241
Arsentiev E.A.	159
Avduhina V.M.	280

## B

Babich M.V.	159
Beliakov A.V.	
Belik D.V.	102
Belov S.A.	132
Bliznyuk U.A.	280
Bobrynin A.Yu.	99
Bobrynin D.Yu.	99
Boginskaya A.I.	119
Boiko A.A.	37,42
Borchegovskaya P.U.	280
Borodin A.S.	258
Botova I.V.	207
Buloichik J.I.	188,190
Bureev A. Sh.	163
Burenkov V.N.	290

## C

Chernyaev A.P.	280
Chekunkov S.G	57
Chirkov K.V.	75.
Chukaev K.N.	34
Churmasov A.V.	237

## D

Danilov S.Yu.	132,220
Davydov N.N.	132,220, 318

Davydov Nt. N.	132,220
Dementiev V.K.	207
Dmitriev N.A.	102
Dmitriev V. B.	150
Dobrolyubova D.A.	116
Dolgov G.F.	147
Doronina N.V.	205
Dorozhkov V.V.	229,233
Dremin V.V.	123
Dubrovin V.V.	130
Dunaev A.V.	123

## E

Efremov A.A.	170
Efimov V. A.	220
Ejkov A.V.	31,78
Elansky S.N.	280
Emelyanova E.V.	166
Ershov A. I.	329
Eustonin G.A.	132

## F

Filippova N.A.	297,300
Frelich A.V.	159
Frolov E.B.	283
Frolov S.V.	97
Frolova T. N.	274
Furov L.V.	229,233

## G

Gankov D.O.	261
Gavrilov V.M.	207
Gavrilova A.A.	237
Glukhov R.N.	207
Gogulina N.S.	81
Golovcova K.Y.	54
Golubyatnikov O.O.	130
Grunkaya L.V.	214,217, 246
Gulidova G.P.	269

## H

Hohlova L. A.	163
---------------	-----

## I

Ilyukhin A. A.	225
Ilyushin A.S.	280
Ionin V.V.	132
Isaev V.A.	250
Isakevich D. V.	214
Isakevich V. V.	214
Isakov R.V.	31,78,303
Istomin V.V.	144
Istomina T.V.	144,308
Ivannikov D.A.	180
Ivlieva A.L.	156

## K

Kaparullina E.N.	205
Karankevitch A.I.	37
Karpukhin V. A.	69
Katalevskiy E. E.	141,143
Kharina N.L.	34
Khimich D. A.	69
Khorkov K.S.	177
Kiseleva A.N.	111
Kiseleva E. Yu.	163
Kitova A.E.	105
Kolesnik A.I.	283
Kolpakov A.V.	54,57
Koneshov V. N.	225,233
Kononova V.J.	184
Konovalov A.V.	308
Konovalova O.E.	308
Kopin I.S.	143
Korenevskaya S.N.	95
Korobko S. G.	176
Kosorukov A. E.	69
Kozlov I.O.	123
Kramm M.N.	109
Kublanov V.S.	159
Kulikov A.Y.	154
Kulikov D.A.	156
Kumov V.S.	64
Kutepov D.A.	318
Kuvichkin V.V.	255
Kuvichkina T.N.	205

Kuzmin A. V.	194	Petrov E.P.	34,184	Shumarin S. V.	150				
Kuznetsov A.A.	263,286, 294	Pilipenko M.N.	42	Shuteev S.A.	114				
<b>L</b>									
Lachina A.A.	177	Pimenov A. B.	276,278	Shutkin A.N.	95				
Lapitan D.G.	92,156	Pisareva A.V.	170,297, 300,323, 327	Smirnov D.S.	207				
Lavrova E.A.	66	Plekhanova Yu.V.	105	Snygina I.A.	209,246				
Leshchев I.A.	209,246	Podachnikov A.V.	176	Spiridonov I. N.	42,46,54 ,57,59,8 1,83				
Levin I.S.	280	Podmasteriyev K.V.	126	Stadelmann J. V.	49,52				
Lomalov A.A.	290	Polyakova A.G.	180	Startsev E.A.	95				
Lukyanov V. E.	209,217	Pulish A.V.	111	Stepanova L. P.	323,327				
<b>M</b>									
Malisheva D.A.	229	Pustovoy S.A.	102	Sterlyadkin V. V.	194				
Matansky S.V.	297,300	Pustozerov E.A.	88	Strelkov N.O.	109				
Matveychuk I.V.	114	Pyatnitsky A.M	111	Strukova E.V.	269				
Mavzyutov A.A.	57,59	<b>R</b>							
Mavzyutova A.A.	59	Rassamagin D.A.	278	Razumov D. A.	220				
Medovy V.S.	61	Reshetilov A.N.	105,166, 205	Reshetnikova M. A.	266				
Melnik O.V.	253,312	Rogatkin D.A.	92,156	Rozanov V.V.	114,249				
Minko A.A.	188,190	Ruby D.V.	209,214	<b>S</b>					
Mordashov A.P.	73	Sadovskii I.N.	194,198, 202	Sadovskii N.V.	261				
Mylokost O.	111	Sakhanenko S.A.	143	Seleznev A. I.	163				
Myshkin A.I	327	Samorodov A.V.	64,66,11 6	Semenov Y.N	249				
<b>N</b>		Saveliev S.P.	143	Severin A.E.	249				
Nikitin O. R.	241,243	Sazonov D.S.	198	Severina E.A.	249				
<b>O</b>		Scherbovich S.N.	290	Shachneva E.A.	144				
Olenev E.A.	306	Seleznev A. I.	163	Shakhnin V.A.	176				
Oreshkin D. M.	220	Semenov Y.N	249	Shamarov M.I.	78				
Orlov D.Yu.	315	Severin A.E.	249	Sharkov E. A.	194				
Orlov I.Ya.	99	Severina E.A.	249	Shemyakin D.G.	159				
Orlov Yu.A.	315	Shachneva E.A.	144	Shirobokov V. A.	329				
Osipov A. V.	163	Shakhnin V.A.	176	Shitov A.V.	258				
Ostapenko O.A.	97	Shamarov M.I.	78	Shubin A. A.	243				
<b>P</b>		Sharkov E. A.	194	<b>Z</b>					
Palutina Y.A.	109	Shemyakin D.G.	159	Zajogin A.P.	188,190				
Panfilova S.Y.	312	Shirobokov V. A.	329	Zemlyakov I. Yu.	163				
Panov S.A.	61,111	Shitov A.V.	258	Zhdanov D. S.	163				
Panova A.D.	306	Shubin A. A.	243	Zherebtsov E.A.	123				
Parpulov D.A.	83	<b>Y</b>							
Pashinov E.V.	194,202	Yuldashev Z. M.							
Patapovich M.P.	188,190	Yakovlev E. V.							
Permyakov S.A.	290,294	Yaskin E.G.							

Zolotov A.A.	209
Zubova O.M.	249

Научное издание  
**Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии**  
Труды 12-й международной научной конференции «ФРЭМЭ'2014» с  
научной молодежной сессией  
Владимир-Сузdalь, 5-7 июля 2016 г.

Под общей редакцией д.т.н., проф. Л.Т. Сушковой

Печатается в авторской редакции

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

*Л.В.Грунская, д.т.н., профессор; В.Н.Ланцов, д.т.н., профессор;  
В.В.Морозов, д.т.н., профессор; П.А.Полушкин, д.т.н., профессор;  
К.В.Татмышевский, д.т.н., профессор; М.Л.Буланова, д.м.н., профессор;  
Е.А.Оленев, д.т.н., профессор ; А.А.Кузнецов, д.т.н., профессор ; Р.В.,  
Исаков к.т.н., доцент; Т.Н.Фролова, к.т.н., доцент.*

Компьютерная верстка: Аль-Хайдри В.А, Абдулракеб А.Р., Аед В.М.,  
Аль-Барати Б.С. Талеб Е.М.

Заказ № 1363. Подписано в печать 24 июня 2016 г.  
Бумага офсетная: плотность 65 г/м<sup>2</sup>. Гарнитура Таймс.  
Тираж 50 экз.

Отпечатано в ООО «Графика»  
с готовых оригинал-макетов без изменения содержания  
г. Александров, Красный пер., 13  
Тел.: 8(49244) 3-20-10, 3-20-11  
e-mail: algortip@mail.ru

