



С помощью флуоресцентной эндоскопии в рассматриваемой работе [3] обнаружено 85% раковых и предраковых участков, в то время как обычная эндоскопия дала только 25% правильных ответов.

**Результаты.** Разработана схема конструкции осветительного блока. В дальнейшем будет производиться выпуск необходимой документации для изготовления макета и проведение исследований.

#### **Литература**

1. Лисовский В.А, Щедрунов В.В., Барский И.Я. и др. Люминесцентный анализ в гастроэнтерологии. – Л.: Наука, 1984. – 234 с.
2. Zeng H. a. Weiss et al. Real-time endoscopic fluorescence imaging for early cancer detection in the gastrointestinal tract // Bioimaging. – 1998. – V. 6. – P. 151–165.
3. Mayinger B., Neidhardt S. Fluorescence induced with 5-aminolevulinic acid for the endoscopic detection and follow-up esophageal lesions // Gastrointest. Endosc. – 2001. – V. 54. – № 5. – P. 572–578.

УДК 004.932.72

### **ВЫДЕЛЕНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ТОМОГРАММАХ В ЗАДАЧАХ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**Е.С. Артюхович**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева**

Стремительное развитие медицинского оборудования, разработка новых клинических приложений предъявляет новые требования к задачам обработки изображений, например, путем их совмещения для оценки структурных и функциональных изменений. Большинство методов совмещения основаны на установлении геометрической связи между выбранными ориентирами, которые могут быть как внутренними (анатомические структуры), так и внешними (маркеры). Метод совмещения кривых и поверхностей требует предварительной сегментации изображения для выделения кривых и поверхностей с последующим совмещением изображений, путем минимизации расстояний между характерными кривыми или поверхностями. Теоретико-информационный подход основан на близких значениях вокселей, принадлежащих одной анатомической структуре, в случае использования унимодальных данных. В магнитно-резонансной (МР) томографии одной из актуальных задач является анализ данных, полученных в различные периоды времени для оценки динамики выявленных структурных изменений (изменения размера образования, оценки активности очагов патологии и др.).

Проблемы в данной области связаны с необходимостью подбора яркости (динамического диапазона) для изображений различной взвешенности и с невозможностью динамического совмещения в стандартных пакетах программ в силу разного разрешения изображений. В данной работе реализован алгоритм совмещения МР-изображений головного мозга, полученных с интервалом времени и позволяющий оценить изменение размера очага патологии.

Экспериментальные данные были получены на МР-томографе HDx (General Electric) с полем 3Тл и включали аксиальные изображения различной взвешенности. Исследование включало получение серий FSE T2 (импульсная последовательность FSE, время эха TE=97 мс, время повторения TR=3800 мс, поле сканирования FOV=260 мм, толщина среза th=3 мм, матрица 256×224), T2 FLAIR (FLAIR, TE=142 мс, TR=9700 мс, FOV=240 мм, th=5 мм, 256×192), DWI (DWI, TE=87 мс, TR=10000 мс, FOV=240 мм, th=5 мм, 128×128).

Изображения FSE T2 содержат большой сигнал от ликвора и характеризуется большим диапазоном интенсивностей (0–2466) и высоким контрастом тканей. FLAIR-изображения (диапазон 0–3117) характеризуются отсутствием сигнала от свободной жидкости, что позволяет дифференцировать области патологии, дающие сигнал высокой интенсивности изображения. Диффузионно-взвешенные DWI-изображения позволяют оценить подвижность жидкости в тканях (например, при инсульте) и активность очагов рассеянного склероза, и как правило, характеризуются меньшим диапазоном яркостей (0–1052). Таким образом, все совмещаемые данные имеют различное пространственное разрешение и диапазон яркостей, что требует соответствующих преобразований.

Совмещение изображений в формате DICOM осуществлялось в пакете MATLAB. На первом этапе обработки выполнялось исследование различных фильтров для всех типов изображений. Анализ полученных результатов показал, что фильтры Лапласа и Гаусса-Лапласа дают сильно зашумленные изображения с нечеткими границами. Усредняющий фильтр и фильтр повышения резкости не позволили достичь необходимого результата ни для одного типа анализируемых данных. Фильтр Собела позволяет выделить границы вещества мозга в случае FSE T2 изображения и внешние границы объекта для FLAIR-изображений. Фильтр Канни и логарифмический фильтр дали наилучший результат для выделения внешних границ объекта как для FSE T2, так и для FLAIR -изображений.

Далее выполнялись яркостные преобразования МР-изображений, улучшающие визуальное восприятие анализируемых структур. Очаг патологии выделялся с помощью детектора Канни, затем полученные изображения приводились к одинаковому разрешению. На заключительном этапе выполнялось совмещение МР-изображения с очагом патологии (FLAIR, DWI) с МР-изображением, имеющим большее разрешение (FSE T2) путем наложения их полупрозрачных копий друг на друга. Для большей наглядности изображения выводились в красном и зеленом каналах палитры RGB.

Апробация алгоритма, выполненная для различных типов изображений, показала, что использование яркостных преобразований для выделения области патологии и последующее совмещение выделенного очага с томограммой с высоким разрешением и сравнение с данными, полученными через некоторый интервал времени, позволяет оценить динамику изменения размеров образования. Точность результата зависит от разрешения исходных данных и для многих прикладных клинических задач является достаточной. Дальнейшие исследования в данной области могут быть связаны с автоматизацией подбора коэффициентов яркостных преобразований и использованием алгоритмов устранения нежелательных структур на изображениях.

УДК 004.054

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ ФМРТ НА ОСНОВЕ НЕСТАНДАРТНОЙ ПАРАДИГМЫ – RESTING TEST**

**А.А. Баранов**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева**

Для повышения диагностической эффективности магнитно-резонансной томографии (МРТ-исследований) в конце XX века группой ученых была разработана методика регистрации изменения уровня насыщения кислородом крови в ответ на выполнение пациентом физической или мыслительной деятельности. Данная разработка получила название – функциональная МРТ.

На сегодняшний день фМРТ является методом, прочно вошедшим в практику современной медицины. Особенно велика ее роль при обследовании пациентов с неврологической и нейрохирургической патологией. Одним из наиболее перспективным направлением является исследования в области «тревожного синдрома».

Тревога – нормальный физиологический ответ организма на угрожающие или стрессогенные воздействия. Обычно симптомы явления стандартны и хорошо поддаются контролю индивидуума. Условно выделяют психологические симптомы тревоги и разнообразные физические проявления, большинство из которых связаны с активацией вегетативной нервной системы. Тревожный синдром (расстройство) – это состояние человека, при котором выраженность симптомов тревоги достигает тяжелой степени и эти симптомы развиваются при отсутствии стрессорных факторов (без каких либо оснований). Клинически значимая тревога (тревожный синдром) встречается у 5–7% в общей популяции и у 20% или более пациентов, наблюдающихся врачами общей практики.

Грань между «нормальным» ответом на угрозу и патологическим тревожным расстройством часто весьма размыта. Поэтому задача точного выявления границ тревожного синдрома, т.е. определения всех активных областей у людей с данным заболеванием, является актуальной и требует изучения.

В данной работе проведен анализ возможностей современных специализированных пакетов обработки функциональных данных, с целью выявления наиболее подходящего для обработки результатов обследования пациентов с тревожным синдромом.

Главной характеристикой, определяющей возможность применения пакета для обработки данных исследований тревожного синдрома, является его чувствительность, т.е. способность различать сигналы, интенсивность которых отличается незначительно. Чувствительность определяет и степень достоверности определения активаций, и точность локализации активных областей. В обследовании со стандартной парадигмой интенсивность сигналов активных/неактивных областей отличается на 20–30%, а при парадигме *resting test* (тревожный синдром) отличие составляет 5–15% (причем появляется дополнительная трудность: шум может иметь интенсивность соразмерную с сигналом от активной области).

В работе были рассмотрены следующие специализированные пакеты обработки:

- SPM (Statistical Parametric Mapping) – прикладной пакет MATLAB;
- FSL – самостоятельный пакет обработки, разработанный в Оксфордском университете.

На первом этапе была проверена чувствительность представленного ПО на данных, полученных при стандартной парадигме – речевая активация. Перед обработкой были измерены интенсивности сигналов от белого и серого вещества и от шума (в скобках указано СКО) – 1951,7(±235,4), 1810,3(±94,3), 5,8(±1,9), соответственно. По ним был рассчитан параметр SNR, характеризующий зашумленность изображения. SNR равен 1026,08, что является достаточно высоким значением показателя шума. Разница между перепадами интенсивностей активных/неактивных областей составила 0,278–27,8%. Затем данные обработали. После обработки точность обнаружения речевых зон активаций в обоих пакетах была достаточно высокая и равна 95,3% и 97,1% (SPM и FSL). Расхождения появились из-за особенностей обработки в каждом пакете (усреднение, сглаживание, число этапов обработки и т.д.) и высокой зашумленности изображения. Также на полученных функциональных картах присутствовали ложноположительные активные области, вызванные слуховой и мыслительной деятельностью пациента (разница интенсивностей в этих областях до обработки составляла 0,183–18,3%).

На втором этапе выполнялась обработка данных, полученных при *resting test*. В начале, также были измерены интенсивности белого и серого вещества и шума – 2036,5(±154), 1522(±28,2), 10(±2,9). SNR составил 678,33 – изображения менее зашумлены, чем при стандартной парадигме. Разница интенсивностей сигналов от активных/неактивных областей сильно различалась, так как активаций достаточно много: от 0,087 (самое низкое значение сигнала от области, которая точно активна) до 0,176. Обработав данные, было проведено

сравнение полученных функциональных карт с картами нейрональных сетей (с целью выявить правильно ли определена активная область и все ли области отмечены). В результате, данные обработанные в FSL содержали большее количество активационных зон, имеющих локализованный характер (области не в виде точек), которые хорошо согласовываются при сравнении.

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы:

- наиболее популярными (чаще используемые) пакетами обработки функциональных данных являются FSL и SPM;
- специализированный пакет для обработки функциональных данных FSL является более чувствительным, чем SPM;
- при обработки данных resting test FSL позволяет достичь лучших результатов.

УДК 612

## СИСТЕМА КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ

В.С. Гайдуков

Научный руководитель – к.т.н. С.А. Тараканов

**Краткое введение, постановка проблемы.** На сегодняшний день на рынке систем кардиореспираторного мониторинга (СКМ) представлены единичные решения, позволяющие организовать одновременный мониторинг сердечной и дыхательной активностей. Однако эти системы имеют ряд недостатков в части технических, эксплуатационных, функциональных характеристик. В числе прочего, в таких системах отсутствует возможность длительного мониторингования, достаточного для полноценного исследования динамики и выявления нарушений в сердечной и дыхательной деятельности (вплоть до нескольких месяцев), возможность передачи и обработки данных в режиме времени, близком к реальному. Также не может быть обеспечен высокий уровень комфорта, необходимый при длительном ношении устройства-регистратора.

**Цель работы.** Исходя из вышеизложенных положений, целью настоящего исследования является разработка научно-технических основ построения СКМ, которая сможет обеспечивать:

- длительный одновременный мониторинг ЭКГ-сигналов и сигналов дыхательной активности пациента с функцией их корреляции и выявления зависимости нарушений сердечной и дыхательной систем во времени;
- выявление ряда значимых для установления диагноза событий в деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем, не уступающего возможностям современных мониторов сердечной и дыхательной деятельности;
- передачу и обработку данных о состоянии пациента в режиме времени, близком к реальному;
- обратную связь с врачом (или оператором дистанционного диагностического центра) с возможностью получения пациентом оперативной консультации и удаленной настройки параметров носимого монитора;
- экстренную сигнализацию при выявлении кардиореспираторных событий, представляющих прямую угрозу здоровью пациента.

**Практические результаты.** Для достижения поставленной цели в рамках настоящего исследования была разработана теория функционирования СКМ, основанная на известных практических и научных достижениях в области кардиомониторинга и мониторинга дыхательной функции, а также передачи медицинской информации по проводным и

беспроводным каналам, современной элементной базе электроники.

Согласно разработанной теории функционирования, в состав СКМ должны входить:

1. портативный носимый монитор, предназначенный для регистрации ЭКГ-сигналов и сигналов дыхательной активности мониторируемого человека;
2. программное обеспечение (ПО) носимого монитора, обеспечивающее сбор клинических данных, их первичную обработку и ретрансляцию на трансивер, чтение и запись настроек, передаваемых в сигналах управления от сервера;
3. компактный дуплексный трансивер на базе мобильного телефона, предназначенный для ретрансляции данных от носимого монитора к серверу и дистанционной настройки носимого монитора со стороны сервера;
4. ПО трансивера, обеспечивающее прием данных от носимого монитора и передачу их на сервер, передачу на носимый монитор сигналов управления, полученных со стороны сервера;
5. сервер, предназначенный для обработки и приема данных от трансивера, хранение данных, для предоставления доступа к данным, хранящимся на сервере, операторам (в том числе врачам при необходимости);
6. ПО сервера, обеспечивающее прием и обработку данных от трансивера, хранение данных в базе, предоставление и разграничение прав доступа к данным операторам сервера.

Согласно общей схеме взаимосвязей СКМ, от носимого устройства данные ЭКГ и дыхательной активности, полученные в ходе измерений, передаются по беспроводному каналу Bluetooth на мобильный телефон пользователя. Мобильный телефон перенаправляет данные на базовые станции оператора мобильной связи по одной из доступных технологий (GPRS, EDGE, 3G). Передача от базовых станций на оборудование ДДЦ и далее на терминал врача происходит посредством сети Интернет.

При отсутствии возможности передачи данных с трансивера данные записываются в память и передаются в ДДЦ сразу же при возникновении связи. Скорость передачи данных и их объем при необходимости могут увеличиваться.

Носимое устройство СКМ построено на базе микроконтроллера, на входные порты которого поступают сигналы от всех внешних устройств. Параметры дыхания (передвижения грудной клетки) фиксируются с помощью трехосного акселерометра, а ЭКГ снимается с помощью ЭКГ-электродов. Снятые сигналы сердечной и дыхательной активности обрабатываются с помощью электронной схемы носимого устройства и поступают на микроконтроллер, в котором вырабатываются команды управления действиями носимого устройства СКМ. Обработанные в носимом устройстве данные ЭКГ и дыхательной активности передаются на сервер обработки данных.

Обозначенные при разработке теории функционирования СКМ технологии обеспечивают минимальные габариты и удобство ношения носимой части СКМ.

Дальнейшая обработка кардиореспираторных данных с целью диагностики пациентов производится с помощью ПО сервера, которое позволяет обеспечить диагностику целого ряда нарушений:

- асистолия желудочков сердца;
- фибрилляция желудочков сердца;
- пароксизмальная желудочковая тахикардия;
- выпадение QRS-комплексов;
- желудочковые экстрасистолы;
- наджелудочковые экстрасистолы;
- тахикардия;
- брадикардия;
- желудочковая экстрасистолия;
- полиморфная желудочковая экстрасистолия;
- наджелудочковая экстрасистолия;

- желудочковая бигеминия;
- желудочковая тригеминия;
- мерцательная аритмия;
- возникновение эпизодов апноэ.

Таким образом, в результате настоящих исследований были разработаны научно-технические основы построения системы кардиореспираторного мониторинга, обеспечивающей необходимые для решения задач исследований функции.

УДК 621.315.592

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СУСПЕНЗИЙ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ДИОКСИДОМ КРЕМНИЯ**

**К.Г. Гареев, С.А. Ионин**

(Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина))

**Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Лучинин**

(Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина))

Магнитные наночастицы, стабилизированные биосовместимыми органическими и неорганическими оболочками, в последние годы привлекают интерес исследователей. Это обусловлено важностью решения таких биомедицинских задач, как направленная доставка лекарств к пораженным тканям, повышение контраста в магнитно-резонансной томографии, локальное гипертермическое воздействие в онкологии. Наиболее универсальными соединениями для решения описанных проблем можно считать ферриты-шпинели, в том числе марганец-цинковый, никель-цинковый ферриты и магнетит. Известно, что высокочастотные магнитные характеристики этих веществ сильно зависят от состава, прежде всего соотношения между катионами металлов, что позволяет управлять частотой ферромагнитного резонанса и достичь требуемого уровня поглощения в области высоких частот.

Если проводить синтез наночастиц на основе мезопористой матрицы, то помимо магнитного ядра из феррита, возможно нагрузить композитную частицу лекарственным средством, которое в заданном участке органа будет высвобождаться с эффектом пролонгированного действия. Управлять этим процессом можно, индуцируя нагрев в заданные моменты времени. В отличие от металлических наночастиц Fe, Ni и Co, ферритовые наночастицы способны переходить в однодоменное состояние при значительно больших поперечных размерах (~100 нм против ~10 нм у металлов), что позволяет достичь максимально возможных значений начальной магнитной проницаемости при минимуме коэрцитивной силы и потерь на гистерезис.

В рамках данной работы синтез наночастиц магнетита производился в два этапа. Сначала получали золь тетраэтоксисилана  $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  в изопропиловом спирте, осаждали его аммиаком, сушили и отжигали при 300°C. Полученный высокодисперсный аморфный диоксид кремния на следующем этапе диспергировали с помощью ультразвука в водном растворе хлорида и сульфата железа. После этого в суспензию добавляли аммиак для осаждения магнетита. Приготовленная суспензия представляла собой концентрат, предназначенный для многократного (в 125 и более раз) разбавления, чтобы достичь оптического пропускания для фотометрии. Кроме того, кратность разбавления оказывала определяющее влияние на агрегационную устойчивость суспензий и значение времени спиновой релаксации. Для сравнения скорости седиментации был также синтезирован чистый магнетит без присутствия  $\text{SiO}_2$ , а для оценки возможности повышения

релаксационной эффективности был приготовлен образец суспензии с добавлением марганца из расчета 0,2 моль  $Mn^{2+}$  на 1 моль  $Fe^{2+}$ .

Спектры пропускания в диапазоне 190–1000 нм и кинетика седиментации на длине волны 400 нм измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ (ООО «Экохим»). Измерения показали присутствие в спектре суспензии  $Fe_3O_4/SiO_2$  участков, характерных для отдельных компонентов – магнетита и диоксида кремния. По кинетике оседания с применением линейной экстраполяции зависимости пропускания от времени были оценены средние эффективные радиусы наночастиц для образцов различной концентрации, а также чистого магнетита и суспензии с добавкой марганца. Полученные значения лежат в диапазоне 50–150 нм для образцов, содержащих  $SiO_2$ , и более 800 нм для чистого магнетита.

Исследование релаксационной эффективности синтезированных суспензий на установке «Спин Трэк» (ООО «Резонансные Системы») показало, что при внесении в поле постоянного магнита напряженностью 0,33 Тл агрегационная неустойчивость суспензий сильно возрастает, однако измерение времени спин-спиновой релаксации  $T_2$  продолжается несколько секунд и не оказывает определяющего влияния на временную стабильность. Так, для суспензии  $Fe_3O_4/SiO_2$  релаксационная эффективность  $r_2$  в начальный момент времени составила 172 л/мм·с, а по истечению 24 часов – 154 л/мм·с. Однако воздействие сильного магнитного поля на протяжении нескольких минут может вызывать существенное изменение характеристик: для суспензии с добавлением марганца  $r_2$  за первые 2 минуты снижается с 377 до 109 л/мм·с, а за последующие 8 минут стабилизируется на уровне 102 л/мм·с. В качестве задач дальнейших исследований рассматривается изменение свойств образцов при длительном (часы и дни) воздействии сильного магнитного поля, а также определение зависимости критического (с точки зрения агрегационной неустойчивости) значения напряженности поля от концентрации суспензий и их катионного состава.

Авторы выражают благодарность Матюшкину Л.Б. и Богачеву Ю.В. за проведенную диагностику экспериментальных образцов.

УДК 535:621.373.826:539

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА ЧЕЛОВЕКА, ОБРАБОТАННЫХ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЭРБИЕВОГО ЛАЗЕРА

О.В. Голуб, К.В. Шатилова

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Беликов

**Введение.** Кариес зубов считается наиболее распространенным стоматологическим заболеванием. Благодаря использованию фторсодержащих препаратов развитие кариеса может быть замедлено, но разработка новых методов профилактики данного заболевания все еще необходима. Действие лазерного излучения, с плотностью энергии ниже порога абляции, может вызывать изменения в эмали зуба человека, эффективно увеличивая ее устойчивость к кислоте и повышая ее микротвердость, и таким образом снижая развитие кариеса [1]. Ранее [2] было показано, что модификация зубной эмали излучением  $CO_2$ -лазера может препятствовать появлению кариеса. Лазерное излучение преобразуется в тепло на поверхности ткани, что приводит к термическому разложению элементов эмали и снижению ее растворимости [2]. Использование лазерного излучения для предотвращения зубного кариеса основано также на изменении химических свойств эмали после нагрева ее поверхности. В зависимости от температуры, достигаемой в ткани при облучении, лазерное излучение может способствовать потере воды, окислению фосфатов и формированию пирофосфатов (между 100°C и 650°C), при температурах же более 1100°C происходит формирование  $\alpha$ -ТСП и  $\beta$ -ТСП фазы [3]. Обработка поверхности эмали  $CO_2$  лазером может



повлиять на микроструктуру эмали, дентино-эмалиевой границы, и дентина [4]. В [5] было отмечено снижение скорости развития кариеса при модификации зубной ткани излучением YSGG: Er-лазера с энергией ниже энергии порога абляции. YAG: Nd- и YSGG: Er-, Cr-лазеры можно отнести к лазерам, излучение которых оказывает влияние на деминерализацию зубной эмали [3].

В работе изучено влияние излучения YLF: Er-лазера ( $\lambda=2,84$  мкм) с диодной накачкой на микротвердость твердых тканей зуба человека при плотности энергии лазерного излучения ниже порога абляции твердых тканей зуба.

**Материал и метод.** Исследовались *in vitro* зубы, удаленные по пародонтозным показаниям и принадлежащие людям возрастной категории 25–40 лет. Непосредственно перед экспериментом на поверхности эмали или дентина создавалась плоская площадка при помощи алмазного диска. Лазерное излучение фокусировалось на поверхность эмали (дентина) линзой с фокусным расстоянием ~70 мм. Модификация эмали проводилась при следующих параметрах лазерного излучения: длительность импульса 300 мкс, частота следования импульса 3 Гц, ток накачки 11–15 А, энергия 0,8–1,2 мДж (1,8–2,7 Дж/см<sup>2</sup>); дентина – длительность импульса 300 мкс, частота следования импульса 250 Гц, ток накачки 7–10 А, энергия 0,2–0,5 мДж (0,4–1,1 Дж/см<sup>2</sup>). Затем проводилось измерение микротвердости на обработанном лазерным излучением участке и соседнем с ним интактном участке эмали и дентина. Для определения микротвердости методом Виккерса в работе использовался микротвердомер ПМТ-3М (ООО ЛОМО).

**Результаты.** Установлено, что модификация твердых тканей зуба человека излучением YLF: Er лазера с выбранными параметрами приводит к повышению микротвердости эмали на 20%, дентина на 30%. А именно, микротвердость эмали до и после лазерной модификации составляет соответственно  $310\pm 10$  и  $375\pm 10$ , микротвердость дентина до и после лазерной обработки составляет соответственно  $52\pm 5$  и  $68\pm 5$ .

**Заключение.** Проведено исследование микротвердости эмали и дентина зуба человека после модификации излучением YLF: Er-лазера. Установлено, что модификация эмали и дентина излучением YLF: Er-лазера с длиной волны 2,84 мкм, с энергией ниже порога абляции, способствует повышению микротвердости эмали и дентина на 20% и 30% соответственно.

### Литература

1. Ana P.A., Bachmann L., Zezell D.M. Lasers Effects on enamel for caries prevention. *laser physics // SPIE.* – 2006. – V. 16. – № 5. – P. 865–875.
2. Featherstone J.D.B, Fried D, Bitten E. Mechanisms of laser induced solubility reduction in dental enamel // *SPIE.* – 1997. – V. 2973. – P. 112–116.
3. Zezell D.M., Ana P.A., Benetti C., Goulart V.P., Bachmann L., Tabchoury C.P.M., Cury J.A. Compositional and crystallographic changes on enamel when irradiated by Nd: YAG or Er, Cr: YSGG lasers and its resistance to demineralization when associated with fluoride // *SPIE.* – 2010. – V. 7549. – P. 865–875.
4. Chiang Y., Lee B., Wang Y., Cheng Y., Chen Y., Shiau J., Wang D., Lin C. Microstructural changes of enamel, dentin–enamel junction, and dentin induced by irradiating outer enamel surfaces with CO<sub>2</sub> laser // *Lasers Med Sci SPIE.* – 2008. – P. 41–48.
5. Fried D., Featherstone J.D.B., Visuri S.R., Seka W., Walsh J.T. The caries inhibition potential of Er: YAG and Er: YSGG laser irradiation // *SPIE.* – 1996. – V. 2672. – P. 73–78.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТРОПИЙНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.Ф. Иванова

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Н. Коваленко

**Краткое вступление, постановка проблемы.** Одной из важных научных проблем естествознания является решение задачи предсказания поведения изучаемого объекта во времени и пространстве на основе определенных знаний о его начальном состоянии. Эта задача сводится к нахождению некоторого закона, который позволяет по имеющейся информации об объекте в начальный момент времени  $t_0$  в точке пространства  $x_0$  определить его будущее в любой момент времени  $t > t_0$ . В зависимости от степени сложности самого объекта этот закон может быть детерминированным или вероятностным, может описывать эволюцию объекта только во времени, только в пространстве, а может описывать пространственно-временную эволюцию.

Как известно, в ритме сердца человека содержится информация о процессах, протекающих не только в самом сердце и кровеносной системе, но и в различных звеньях системы управления: нервных сплетениях, железах внутренней секреции и т.д. Исследования показали, что даже в условиях постоянного уровня физической активности человека сердечный ритм (СР) не является постоянным и сердечно-сосудистая система может реализовывать различные режимы колебаний. В изменениях СР обнаруживаются многие физические явления, являющиеся предметом изучения нелинейной динамики: динамический хаос,  $1/f$ -шум и т.д., причем четкое объяснение этих фактов с точки зрения физиологии до сих пор отсутствует.

Исследования динамики состояния человека имеют важное значение для диагностики и прогнозирования различных заболеваний, включая внезапную смерть.

Когда пациент находится в критическом состоянии, требуется обобщенный интегральный показатель, характеризующий устойчивость или неустойчивость системы, в качестве которого может использоваться термодинамическая и информационная энтропия.

### Цель работы

- Построить математическую модель аттрактора исследуемой динамической системы по результатам, полученным опытным путем.
- Провести оценку неустойчивости динамической системы.

**Базовые положения исследования.** Фрактал (от лат. «дробный») – это бесконечно изрезанная функция без касательных, не имеющая ни в одной точке производных, характеризующаяся свойством самоподобия.

Аттрактор (от англ. «привлекать, притягивать») – множество точек в фазовом пространстве динамической системы, к которым стремятся траектории системы.

Под динамической системой понимают любой объект и процесс, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени и для которого описывается изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени.

### Промежуточные результаты

- Для диагностики и прогнозирования состояния организма человека как открытой неравновесной и необратимой термодинамической системы использована методика фрактального анализа энтропии сердечного ритма.

- С помощью программы «Фрактан» для пациентов с различной степенью тяжести болезни был построен динамический тренд корреляционной размерности, отслеживающий изменение состояния в течение суток.
- Исследование динамических трендов корреляционной размерности как для ограниченного фазового пространства так и для неограниченного.
- В пакете «MATLAB» была написана программа, строящая странные аттракторы в двумерном и трехмерном фазовом пространствах.
- По полученным данным проведен анализ динамики состояния пациентов с тяжелым, средним, удовлетворительным состоянием и при общей анестезии, с целью диагностирования и прогнозирования (на короткий промежуток времени) состояния пациентов.

### **Основной результат**

В результате работы в пакете MATLAB была написана программа, строящая математическую модель аттрактора, исследуемой динамической системы, по результатам, полученным опытным путем и проведена оценка устойчивости на основе показателей Ляпунова для построенной математической модели.

УДК 53.082.79

## **ПОРТАТИВНЫЙ ЯДЕРНО-МАГНИТНЫЙ РЕЛАКСОМЕТР ДЛЯ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ЖИДКОЙ СРЕДЫ**

**А.Ю. Карсеев**

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

**Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.В. Давыдов**

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

В настоящее время в нашей стране, в условиях непрекращающегося экономического кризиса существует устойчивая тенденция по снижению затрат на производство продукции, что мгновенно отражается на ее качестве, а также структурном составе. Причем незначительные нарушения технологии производства, а также умышленное введение дополнительных ингредиентов в продукцию, которые позволяют сохранить цвет, запах и т.д. визуально не заметить, а для анализа требуется множество приборов и химических компонентов (передвижная мобильная лаборатория), особенно если в роли продукции выступает жидкая среда (например, бензин, молоко или пиво). Так как для каждой жидкой среды требуются свои химические тесты, отслеживать такую продукцию очень сложно по причине огромной стоимости мобильных лабораторий.

В этой ситуации одним из решений данной проблемы был бы не дорогой, простой в обращении, переносной, универсальный (можно использовать для огромного количества жидкостей) измерительный прибор. Одним из таких приборов является разработанный нами портативный ядерно-магнитный релаксометр. Единственное условие его применения – это наличие в исследуемой среде достаточного количества ядер с магнитными моментами. Особенно эффективно его применение в жидких средах содержащих ядра водорода, фтора, лития, железа, цинка, хлора, фосфора и т.д. Причем такой прибор можно также использовать для определения экологического состояния водных пространств, что делает его многофункциональным.

Многофункциональность прибора возможна благодаря тому, что основными параметрами любой жидкой среды, по которым можно мгновенно установить изменение ее агрегатного состояния (повышение температуры, появление в ней других веществ, растворенных или нет), являются времена продольной  $T_1$  и поперечной  $T_2$  релаксации [1, 2].

В разработанной конструкции портативного ядерно-магнитного релаксометра контейнер с исследуемой жидкостью помещался в магнит, который одновременно выполняет функции поляризатора и анализатора [3]. Размеры магнитной системы были подобраны таким образом, чтобы прибор мог легко переноситься в «ручную». Существенное уменьшение габаритов магнитной системы стало возможным благодаря тому, что сигнал ЯМР регистрировали в слабом постоянном магнитном поле ( $B = 0,55$  мТл) при частоте модуляции 50 Гц.

Количество исследуемого вещества не превышает 15 грамм. В этом случае через 10–15 секунд температура жидкой среды в контейнере сравнивается с температурой окружающей среды, в которой длительное время находился сам контейнер [4]. Поэтому температуру жидкой среды можно измерить с высокой точностью, а также без проблем ее контролировать.

Единственный недостаток малого количества исследуемого вещества – это невысокое отношение сигнал/шум. Поэтому для данной конструкции ядерно-магнитного релаксометра была разработана и собрана схема, позволяющая регистрировать и в дальнейшем обрабатывать сигнал ЯМР в режиме накопления. Данная схема подключалась к автодинному детектору с последующим выводом информации на вход ноутбука, в котором по заданной (разработанной) программе будут определены времена релаксации.

Использование схемы накопления позволило регистрировать сигнал ЯМР от жидкостей с  $T_1 > 0,005$  с (почти все существующие жидкости). В разработанной конструкции релаксометра интервал времени между сигналами ЯМР составляет 10 мс. Тогда, чтобы улучшить отношение сигнал/шум в 10 раз по сравнению с обычным режимом необходимо сделать 100 накоплений за 1 секунду, при 1000 накоплениях (время измерения 10 с) отношение сигнал/шум увеличивается в 33–34 раза. В этот промежуток времени никакие изменения в колебаниях температуры окружающей среды произойти не могут, что делает измерения достаточно точными.

По форме сигнала регистрации ЯМР («вигли») от жидкости определяется время  $T_2$ , сканируя поле модуляции определяется  $T_1$  [5]. Зная температуру жидкости можно сравнив полученные  $T_1$  и  $T_2$  с эталонными и мгновенно определить изменения в жидкости [1–3, 5]. Кроме того, некоторые нерастворенные в жидкости примеси, имеющие в своем составе ядра с достаточно большим значением магнитных моментов, могут быть идентифицированы.

Схема накопления подключается к автономному источнику питания (+12 В) – аккумуляторная батарея, к которой подключен также автодинный детектор. Было установлено, что использовать блок питания от компьютера нецелесообразно (создание дополнительных помех и шумов при регистрации сигнала ЯМР).

Дальнейшее увеличение точности измерения за счет увеличения числа накоплений (например, делать 10000 накоплений (время измерения 100 с) – в этом случае отношение сигнал/шум улучшается в 100 раз) нецелесообразно. Так как за время больше чем полторы минуты в условиях солнечной погоды колебания окружающей среды могут оказать влияния на жидкость и магнитную систему (в первую очередь температура), а точностей, получаемых за 10 с хватает для определения наличия в жидкости серьезных изменений и установления необходимости дальнейших подробных исследований.

Применение такого прибора позволит добиться того, что в стационарную лабораторию, оснащенную современным оборудованием, будут поступать только те образцы, которые требуют детального исследования. Это позволит сохранить значительные денежные средства и время для принятия необходимых мер по результатам исследований, а также обеспечить безопасность и здоровье граждан, которые после небольшого инструктажа, легко смогут самостоятельно пользоваться данным прибором.

#### Литература

1. Жерновой А.И. Ядерно-магнитные расходомеры. – Л.: Машиностроение, 1985. – 136 с.
2. Абрагам А. Ядерный магнетизм. – М.: Иностран. лит., 1963. – 646 с.

3. Davydov V.V., Mihin Y.A. Compact nuclear-magnetic spectrometer // The 8<sup>th</sup> International Youth Science Environmental Forum «ECOBALTICA'2011». – St-P. – 2011. – P. 228–229.
4. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1953. – 612 с.
5. Лёше А. Ядерная индукция. – М.: Иностр. лит., 1963. – 684 с.

УДК 004.932

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЕЙВЛЕТНОГО СЖАТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СИГНАЛОВ ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ**

**Н.Е. Крылова**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.М. Анодина-Андриевская**

Передача и хранение медицинской информации является одним из важнейших направлений медицины, так как непосредственно оказывает влияние на совершенствование диагностики и оценку эффективности лечебных процедур. Использование в диагностике цифровых устройств медицинской визуализации, таких как цифровые рентгеновские системы, компьютерные, магнитно-резонансные, позитронно-эмиссионные томографы, ставит задачу передачи, обработки и хранения данных, порождаемых в различных информационных средах. Особенно большие объемы анализируемой информации приходится на обработку цифровых изображений высокого разрешения. В свою очередь данные биомедицинских сигналов, в частности электроэнцефалографических, не являются исключением и могут занимать довольно значительные объемы памяти. В ряде случаев на определенных вычислительных установках задачи большой размерности данных вообще не могут быть решены без выработки оптимального способа представления данных. Таким образом, разработка и внедрение новых алгоритмов сжатия, а также правильное использование существующих позволит значительно сократить издержки на аппаратное обеспечение вычислительных систем. **Целью работы** является разработка алгоритмов сжатия медицинских изображений и физиологических сигналов на основе вейвлет-преобразований.

Анализ существующих алгоритмов сжатия с потерями, использующих быстрое преобразование Фурье, дискретное косинусное преобразование показывает, что они не обеспечивают требуемой компрессии с приемлемым уровнем искажений для медицинских данных. Значительное повышение эффективности сжатия можно ожидать от применения методов, использующих вейвлеты в качестве систем базисных функций. Вейвлет-преобразование производится в плоскости частота-время, т.е. производит, в отличие от спектральных методов, частотно-временной анализ. Дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) на сегодняшний день обеспечивает наиболее компактное представление информации при возможности использования быстрого алгоритма вычислений [1]. Методика позволяет сохранить диагностически значимые признаки, несмотря на некоторое снижение качества и возникновение артефактов (смазанные и ложные линии).

Предлагаемый в работе алгоритм сжатия медицинских изображений основан на применении векторного квантования в области ДВП. На первом этапе метода осуществляется пакетное разложение изображения всеми вейвлет фильтрами, т.е. значимые коэффициенты (обладающие большей энергией) отбираются, в то время как незначительные из них обнуляются и отбрасываются. На втором этапе производится квантование коэффициентов, на третьей стадии осуществляется кодирование с использованием кодера Хаффмана [2]. Процедура восстановления выполняется в обратном порядке. Апробация алгоритма выполнена на сериях томограмм, полученных на КТ-сканере Light Speed Pro и

МРТ-сканере Signa Excite HDe (General Electric). Все вычисления проводились в среде MATLAB 7.9.0 [3]. Для анализа результатов использовались критерии: степень сжатия, среднеквадратическое отклонение (СКО) и среднее значение. Для всех МРТ- и КТ-томограмм степень компрессии, отношение объема исходного файла к сжатому, для определенного вейвлета стабильна и не меняется. Лучшие результаты показали вейвлеты Добеши db1, обратный биортогональный gbio1.1 и биортогональный bior1.1. Для МРТ-изображений отклонение интенсивности сигнала составила 4 единицы при исходном диапазоне яркостей около 300 единиц. Для КТ-изображений ошибка измерения рентгеновской плотности вещества составила 105 единиц Хаунсфилда при исходном диапазоне плотностей 4095 единиц. Однако, несмотря на небольшую величину относительной погрешности данная ошибка не приемлема, так как требования к КТ-исследованиям и калибровке детекторов томографа не допускают погрешности больше 2 единиц Хаунсфилда. Отдельно стоит отметить, что СКО для КТ-изображений зависит от исходных настроек окна отображения (яркости и контрастности), тогда как МР-томограммы практически не требуют подбора окна. Лучшие результаты по вычисленным СКО для МРТ- и КТ-томограмм получил дискретный вейвлет-фильтр Мейера dmeu. Во многих случаях среднее значение получалось отрицательным, это говорит о том, что интенсивность изображения уменьшилась при сжатии. Среднее значение больше нуля говорит о повышенной интенсивности.

Разработанный алгоритм сжатия биометрических сигналов основан также на вейвлет-преобразовании для второго уровня разложения. Результаты оценивались вычислением степени сжатия и евклидова расстояния между точками первичного файла и сжатого. Для анализа использовались 20-канальные электроэнцефалограммы, полученные с помощью прибора серии «Мицар-ЭЭГ 202». Наибольшую степень компрессии показали те же фильтры Добеши db1, обратный биортогональный gbio1.1 и биортогональный bior1.1, но и в то же время для них было вычислено максимальное евклидово расстояние. Евклидово расстояние оказалась равно нулю у фильтров обратных биортогональных gbio1.3, gbio2.4, gbio2.6 и gbio2.8. По результатам исследования оптимальными результатами сжатия по степени компрессии и евклидову расстоянию обладают обратные биортогональные вейвлет-функции.

В настоящее время появляются единичные сервисы, работающие на основе алгоритмов вейвлетного сжатия, но сохраняется основная проблема перехода к широкому применению алгоритмов, основанных на данном преобразовании, которая состоит в отсутствии универсального общепризнанного алгоритма. Предлагаемые в работе алгоритмы сжатия сигналов и изображений позволяют подобрать фильтр, который может обеспечить эффективную компрессию с необходимой точностью. Дальнейшие исследования в данной области, связаны с анализом эффективности использования предлагаемых алгоритмов для сжатия иных медицинских данных различных анатомических областей и поиском результативных критериев оценки качества компрессии, что позволит разработать универсальную методику сжатия и восстановления медицинских изображений и сигналов.

### **Литература**

1. Булаев В.И., Мунасыпов Р.А. Сжатие геофизических данных с применением вейвлет-преобразования и нейронных сетей // Вестник УГАТУ, 2008. – Т.11. – № 1(28). – С. 200–207.
2. Nagendran R., Arockia Jansi Rani P. A Novel FPCM Vector Quantizer Codebook Design for Image Compression in the Wavelet Packet Domain // The International journal of Multimedia & Its Application (IJMA). – 2010. – V. 2. – № 1. – P. 1–8.
3. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab. – М.: ДМК Пресс, 2008. – С. 304.

## РАСЧЕТ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В КЛЕТКАХ ДРОЖЖЕЙ

Е.В. Курганова, М.Д. Гришина

Научный руководитель – доцент, к.б.н. А.В. Кабанов

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* относятся к культурным видам дрожжей, являясь источниками высоко- и низкомолекулярных биологически активных веществ, они широко применяются в промышленных технологиях, включая пищевые. Кроме того культуры дрожжевых клеток используются для моделирования физико-химических процессов *in vivo* в медико-биологических исследованиях.

Среди внутриклеточных метаболитов дрожжей особым представителем является тиол-содержащие вещества, к числу которых относится водорастворимый антиоксидант – трипептид глутатион, на который приходится до 90% внутриклеточных низкомолекулярных тиолов. Глутатион участвует в окислительно-восстановительном гомеостазе, в защите клеточных структур от повреждающего действия активных форм кислорода, регуляции активности ферментов и иммунных реакций.

Исследование динамики накопления восстановленных низкомолекулярных тиолов (в первую очередь – глутатиона) как активаторов тиоловых ферментов представляет интерес не только для микробиологов, энзимологов и биохимиков, но и для биотехнологов. Последнее определяется тем, что используемые в технологии способы хранения дрожжей при положительных низких температурах 0–4°C приводят к существенному изменению биохимических характеристик культур, что важно для их дальнейшего использования как в исследовательских целях, так и в промышленности.

**Цель работы:** изучения изменения окислительно-восстановительных потенциалов высоко- и низкомолекулярных тиолов в культурах дрожжей в условиях длительного хранения при низких положительных температурах, общих (белковых и небелковых) тиоловых групп в образцах (высокоактивных и опытных) дрожжей.

Было проведено определение белковых и низкомолекулярных тиоловых веществ в водных экстрактах хлебопекарных дрожжей и содержание общих (белковых и небелковых) тиоловых групп в образцах (высокоактивных и опытных) дрожжей. При хранении в течение 35 дней при 0–4°C содержание белковых тиолов снижается в среднем на 31%. В таких же условиях концентрация низкомолекулярных тиоловых веществ увеличивается в 2 раза. Общее содержание тиоловых групп в опытных дрожжах увеличивается в среднем на 36% в отличие от высокоактивных культур.

В работе были рассчитаны окислительно-восстановительные потенциалы на основании полученных концентраций тиоловых и дисульфидных групп. Окислительно-восстановительный потенциал ( $\gamma\text{H}_2$ ) влияет на жизнедеятельность микроорганизмов.

### Литература

1. Шлейкин А.Г., Жилинская Н.Т., Кабанов А.В., Изучение тиоловых веществ в хлебопекарных дрожжах // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 391–395.
2. Соколовский В.В. Тиолдисульфидная система в реакции организма на факторы окружающей среды. – СПб: Наука, 2008. – 112 с.

## **ЭГОСКОПИЯ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ СФЕРЫ У ЛЮДЕЙ, СТРАДАЮЩИХ ПСИХОСОМАТИЧЕСКИМИ РАССТРОЙСТВАМИ**

**А.В. Марченко**

(Ставропольский государственный педагогический институт)

**Научный руководитель – к.вет.н., доцент Е.Л. Тинькова**

(Ставропольский государственный педагогический институт)

Как известно, метод эгоскопии основывается на комплексе, состоящем из физиологических показателей и параметров поведенческой деятельности испытуемого, который выполняет конкретные задачи психодиагностических сценариев. При диагностике с помощью эгоскопии, все возникающие вегетативные и поведенческие реакции подвергаются инструментальному выявлению, которое становится возможным благодаря эмоционально-оценочной шкале в виде профиля смысло-эмоциональной значимости. У людей, страдающих различными психосоматическими заболеваниями (бронхиальная астма, сахарный диабет и др.) психоэмоциональная сфера лабильна и высока вероятность возникновения аффективных состояний. Углубленная диагностика психофизиологического статуса может позволить снизить или даже предотвратить невротоподобные и депрессивные реакции у больных такого рода.

На основании вышеизложенного целью работы явилась углубленная диагностика психоэмоциональной сферы у людей с психосоматическими расстройствами с помощью эгоскопии.

В эксперимент были взяты подростки и молодежь от 15 до 25 лет, страдающие различными психосоматическими расстройствами (n=20). На первом этапе проведено психологическое тестирование по следующим методикам: личностная шкала проявления тревоги, методы рисуночной фрустрации, личностная шкала проявления тревоги. На втором этапе с помощью психодиагностических сценариев эгоскопии проведена объективизация первоначального психологического тестирования. Использованы тесты для оценки психосоматических проблем и предрасположенности к зависимостям «Здоровье–Причина–Болезнь», «Здоровье–Эмоция–Характер–Роль», «Аддикции».

В ходе диагностики фиксировали следующие психофизиологические показатели: кожно-гальваническая реакция (КГР), пульс, частота дыхательных движений, изменение биоритмов мозга-электроэнцефалография (ЭЭГ), показатели тонуса сосудов – фотоплетизмограмма (ФПГ). У всех испытуемых, для повышения достоверности результатов исследования, контролировали все указанные параметры. В ходе исследования было установлено, что показателем активности отношения индивида к содержанию психодиагностических сценариев является индивидуальный паттерн комплекса вегетативных реакций. Регистрируемые показатели ЭЭГ косвенно характеризуют центральную феноменологию эмоций, а показатели КГР, ФПГ, ЭКГ отражают изменения в вегетативной нервной системе и косвенно характеризуют висцеральную феноменологию эмоций. Одновременная фиксация сигналов ЦНС и ВНС снижает вероятность противодействия испытуемого при диагностике. Полученные результаты при определенном уровне различий (32%) показали высокий процент совпадений (68%) в психоэмоциональном статусе психосоматических больных. Установлены: высокий уровень тревоги, зависимости, эмоциональной агрессивности, нарушение уровня социальной адаптации, ригидность самооценок.

Основные результаты исследований связаны с установлением у психосоматических больных при ЭЭГ наличия фоновой депрессии, увеличение амплитуды а-ритма в лобной



доле, что непосредственно коррелирует с нарушениями в психоэмоциональной сфере. У 53% испытуемых определены расстройства невротического уровня с доминированием аффективных состояний, этиологией которых являлись стрессы и соматоформные расстройства. Экспериментальным путем с помощью эгоскопии установлено, что у психосоматических больных психоэмоциональные, психофизиологические нарушения зависят от времени дебюта.

Таким образом, эгоскопия позволяет более глубоко оценить психоэмоциональное состояние лиц, страдающих психосоматическими расстройствами и выявить общие признаки нарушения их психофизиологического статуса.

УДК 612.1

## **ДАТЧИК ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ**

**М.Д. Подольский**

**Научный руководитель – к.т.н. С.А. Тараканов**

**Краткое введение, постановка проблемы.** Ввиду отчетливо наблюдаемого роста сердечно-сосудистых заболеваний и ограниченных терапевтических возможностей на поздних стадиях важно стремиться осуществлять раннюю диагностику таких заболеваний. Как сердце, так и кровеносные сосуды должны для своевременного диагноза в одинаковой степени оцениваться по их функциональному состоянию. Традиционно, анализ состояния сердечно-сосудистой системы в первую очередь выполняется с использованием таких методов, как электрокардиограмма и эхокардиограмма. Но данные методы эффективны, как правило, для оценки функции сердца и не предоставляют достаточную информацию об артериях. Существует прямая зависимость между сердечно-сосудистыми заболеваниями и состоянием артерий, их эластичностью. Так, анализ пульсовых волн, возникающих в артериальных сосудах и последовательно распространяющихся при ритмическом выбрасывании крови сердцем и определяемых артериальной растяжимостью и жесткостью, является неотъемлемой составляющей диагностирования и лечения повышенного кровяного давления. Исследование пульсовой волны предоставляет точную и объективную информацию об изменениях параметров кровообращения при воздействии на организм различных физических факторов, что позволяет использовать ее в физиотерапии. Диагностические возможности пульсометрии позволяют прогнозировать оптимальную дозу фактора воздействия и предупреждать отрицательные реакции в результате передозировки воздействующего физического, химического и медикаментозного фактора.

Целесообразным с точки зрения достоверности результатов является проведение обследования пациента в течение длительного времени, так как длительный непрерывный мониторинг дает возможность выявить нарушения, которые сложно отследить в процессе краткосрочного наблюдения. В условиях длительной эксплуатации устройство, обеспечивающее регистрацию пульсовых волн, должно быть максимально компактным и удобным.

Возросший в мире интерес к неинвазивному методу диагностики сердечно-сосудистых заболеваний является причиной появления на рынке систем мониторинга физиологических параметров единичных реализаций, позволяющих исследовать пульсовые волны. Такие существующие системы не лишены недостатков в части функциональных, технических и эксплуатационных характеристик. Для получения достоверной значимой диагностической и прогностической информации о состоянии больного должна быть предусмотрена возможность длительного непрерывного мониторинга (вплоть до нескольких месяцев), что в настоящее время является только теорией и не внедрено на рынок систем регистрации пульсовых волн. Некоторые реализации не обеспечивают требуемый

уровень комфорта, необходимый при длительном ношении регистрирующего устройства.

**Цель работы.** Учитывая состояние развития существующих систем регистрации пульсовых волн, целью настоящей работы является исследование научно-технических основ построения компактного, пригодного для длительного ношения датчика пульсовой волны, способного точно детектировать форму, амплитуду и длительность пульсовых волн. Также предусмотрена возможность создания измерителя скорости пульсовой волны (СПВ), позволяющего определять скорость распространения пульсовой волны в сосудистом русле.

**Базовые положения.** Принцип работы измерителя СПВ основан на регистрировании времен прихода пульсовой волны в различные части тела или конечности пациента. Регистрация пульсовых волн может происходить любым известным способом: оптическим, механическим или электромагнитным. Для проведения измерения необходимо наличие как минимум двух датчиков, устанавливаемых на разных участках тела или конечностей. СПВ определяется по времени задержки между сигналами датчиков. При определенных физиологических условиях СПВ зависит от артериального давления [1]. Зная СПВ и некоторые другие параметры гемодинамики, такие как толщина стенки сосуда, средняя плотность крови, диаметр сосудистого русла в измеряемом месте при некоторых ограничениях метода (модели), можно достаточно точно оценить величину артериального давления. Ограничения метода, главным образом, обусловлены некоторыми усредненными физиологическими нормами для тех или иных участков тела, которые при расчете принимаются за основу. Таким образом, прибор, рассчитанный для измерения давления по СПВ, например, в руке или предплечье, может быть применен только в этом месте, при этом он будет обладать некоторой точностью измерения для человека со среднестатистическими параметрами сердечнососудистой системы. Такой прибор, очевидно, будет нуждаться в калибровке под конкретные физиологические особенности пациента.

**Практические результаты.** В рамках работы был разработан макет датчика пульсовой волны для длительного ношения (недели, месяцы), представляющий собой миниатюрный корпус со встроенными в него электронной платой и специальными электродами, фиксируемый на запястье при помощи эластичного бинта. Принцип действия датчика основан на измерении сопротивления участка кожи между электродами датчика на разных частотах, при этом фиксируется два направления: вдоль сосудов и поперек. Разработанный макет позволяет детектировать форму, амплитуду и длительность пульсовых волн, а за счет измерения в двух направлениях позволяет компенсировать большинство шумов регистрируемой сфигмограммы. Полученные сфигмограммы дают врачам косвенные сведения о степени инотропного эффекта (изменения силы сокращения сердца) и предоставляют информацию о тоне сосудов.

### Литература

1. Lass J., Meigasa K., Kattaia R., Karaia D., Kaik J., Rossmann M. Optical and electrical methods for pulse wave transit time measurement and its correlation with arterial blood pressure // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering. – 2004. – V. 10 – № 2. – P. 123–136.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОЧИПОВ ПОСЛЕ ЦЕЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ

**Я.С. Посмитная**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

**Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.А. Евстапов**

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Институт аналитического приборостроения РАН)

**Краткое введение, постановка проблемы.** Среди методов молекулярной биологии, наиболее используемых в лабораторной диагностике, является метод, позволяющий провести копирование фрагментов нуклеиновых кислот в биологическом материале и известный под названием полимеразной цепной реакции (ПЦР). ПЦР широко используется в биологической и медицинской практике, например, для диагностики наследственных и инфекционных заболеваний, для установления отцовства, клонирования и выделения новых генов. ПЦР обладает высокой чувствительностью, специфичностью и универсальностью [1, 2]. На данный момент существует необходимость в разработке таких вариантов постановки ПЦР, которые позволят увеличить эффективность реакции, существенно уменьшить время анализа, а также реализовать проведение как качественного, так и количественного анализа фрагментов ДНК. В методах молекулярной диагностики используются следующие способы постановки ПЦР [3].

1. ПЦР с «горячим» стартом.
2. ПЦР с обратной транскрипцией.
3. Вложенная ПЦР.
4. ПЦР в реальном времени.
5. метод молекулярных колоний (ММК) (разновидность цифровой ПЦР) является современным и перспективным методом диагностики, основанным на использовании иммобилизованной гелеобразной среды. В процессе реакции на определенных участках поверхности, содержащих анализируемую ДНК, происходит амплификация с образованием молекулярных колоний. Так как практически каждая колония происходит из одной молекулы ДНК, то регистрация колоний позволяет обнаруживать и подсчитывать одиночные способные к размножению молекулы ДНК [4].
6. Другие способы.

В данной работе особое внимание уделялось созданию микрочипов для метода молекулярных колоний.

Одним из направлений совершенствования приборных методов для молекулярной диагностики является адаптация метода ПЦР для микрофлюидных платформ (микрочипов). Такое решение позволяет значительно уменьшить объем требуемых реагентов, а также существенно увеличить скорость нагрева (охлаждения) реакционной камеры и сократить время анализа. Важной особенностью при этом является выбор материала микрочипа. Большинство микрочиповых устройств для биохимического анализа изготавливается с применением кремния или стекла, недостатками которых являются высокая стоимость, трудоемкость изготовления чипов, а также влияние материала на процесс реакции (ингибирование, снижение эффективности). В связи с этим, в последнее время наметилась устойчивая тенденция применения полимерных материалов в конструкциях микрочипов для ПЦР [5]. Низкая стоимость полимерных материалов, простота изготовления и быстрая разработка прототипа позволяют создавать одноразовые чипы. В результате экспериментальных работ были выбраны две перспективные марки полиметилметакрилата

(ПММА) – ТОСП и АCRYMA®72. В микрофлюидных устройствах для проведения ПЦР формируются микроразмерные реакционные камеры, поверхность которых оказывает существенное влияние на ход реакции. Поэтому важным этапом исследований является выбор метода обработки рабочей поверхности микрочипа. Необходимость модификации поверхности обусловлена рядом технологических и методических причин.

1. Для изготовления чипов могут применяться различные методы, такие как горячее тиснение, литье под давлением, механическая обработка, лазерная абляция и др., воздействие на материал которых приводит к изменению исходных свойств поверхности.
2. Отсутствие на поверхности полимера реакционноспособных функциональных групп является причиной низкой адгезионной способности и плохой смачиваемости, что затрудняет введение растворов реакционной смеси в камеры чипа.
3. Для ММК требуется наличие гелевой среды для проведения реакции, поэтому метод обработки должен обеспечивать прочную фиксацию геля на поверхности. Таким образом требуется соответствующая модификация внутренней поверхности реакционной камеры. Вследствие этого, актуальным является изучение изменения свойств полимерных материалов при разных методах обработки с целью придания требуемых характеристик рабочим поверхностям чипов, а также исследование возможности контроля характеристик (шероховатость, гидрофильность/гидрофобность, спектры пропускания) поверхности после обработки.

**Целью работы** являлось исследование характеристик поверхности полимерных материалов методами микроскопии ближнего поля, оптической спектроскопии и лежащей капли после целевой обработки при создании реакционных камер микрофлюидных устройств для ПЦР.

#### **Базовые положения исследования**

1. Провести целевую обработку поверхностей образцов полимерных материалов при помощи физических и химических способов.
2. Осуществить контроль таких характеристик, как смачивание, рельеф и шероховатость поверхности, изменение спектров светопропускания образцов.
3. На основе проведенных исследований выбрать наиболее эффективные способы обработки полиметилметакрилата.
4. Провести обработку реакционных камер микрочипа с целью пришивки полиакриламидного геля.

**Практические результаты.** В работе приведены результаты исследований по изучению воздействия физических (ультрафиолетовое излучение, термическая обработка) и химических (серная кислота и алюмогидрид лития) методов обработки полимеров на поверхностные свойства материалов. Химические способы обработки поверхности оказывают наиболее существенное влияние как на шероховатость поверхности ПММА, так и на свойства смачивания (величина контактного угла). Так, после обработки алюмогидридом лития ПММА марки ТОСП значения контактного угла уменьшаются с  $84,4^\circ$  до  $67,5^\circ$ , а шероховатость увеличивается на 10%. Для ПММА марки АCRYMA более действенным является обработка этанолом и серной кислотой, приводящая к изменению контактного угла с  $74,1^\circ$  до  $68,6^\circ$  и увеличению шероховатости на 10%.

Работа проведена при поддержке ФЦП «Национальные системы химической и биологической безопасности Российской Федерации» на 2009-2014 гг. проект «Разработка приборно-аналитического комплекса для методов цифровой ПЦР», ФМБА РФ.

## Литература

1. Real-Time PCR in Microbiology: From Diagnosis to Characterization. Ed.: Ian M. Mackay. Caister Academic Press, 2007. – 454 p.
2. Kaltenboeck B., Wang C. Advances in Real-Time PCR: Application to Clinical Laboratory diagnostics // Advances in Clinical Chemistry. – 2005. – V. 40. – P. 220–259.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://worldwide.promega.com/resources/product-guides-and-selectors/protocols-and-applications-guide/pcr-amplification/>, своб.
4. Четверина Е.В., Четверин А.Б. Нанокolonии: обнаружение, клонирование и анализ индивидуальных молекул // Успехи биол. Химии. – 2008. – Т.48. – С. 3–64.
5. Becker H., Gartner C. Polymer microfabrication technologies for microfluidic systems // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2008. – V. 390. – № 1. – P. 89–111.

УДК 535.8

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ ФЕМТОСЕКУНДНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СУПЕРКОНТИНУУМА, ФОРМИРУЕМОГО В МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ ВОЛОКНЕ

В.А. Семенова

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.Г. Беспалов

Оптическая когерентная томография (ОКТ) является одной из наиболее перспективных техник оптической визуализации структуры биологических и небологических объектов. Метод ОКТ основан на низкокогерентной интерферометрии и позволяет получать томографические изображения поперечных сечений биологических систем путем измерения времени задержки отклика и величины обратно рассеянного и/или обратно отраженного света [1–2].

Для получения высокого пространственного разрешения ОКТ-систем требуется предельно малая временная когерентность источника излучения, которую можно достичь при использовании источников с широким спектром. Наилучшая разрешающая способность достигается при использовании излучения фемтосекундного спектрального суперконтинуума (СК) [3]. Однако нелинейная природа процесса генерации СК может приводить к значительной амплитудной вариации выходного пучка, кроме того, в широком диапазоне длин волн сложно обеспечить заданную форму спектра излучения и существенно проявляются дисперсионные свойства среды, вследствие чего снижается качество изображения вплоть до возникновения ложных деталей в восстановленном изображении. Следовательно, выбор источника СК излучения, наиболее подходящего для задач визуализации биообъектов, является актуальной задачей на сегодняшний день.

В данной работе экспериментально исследуется возможность использования в ОКТ излучения суперконтинуума, генерируемого с помощью фемтосекундных импульсов в микроструктурированном кварцевом волокне длиной 30 см путем измерения и анализа его спектра и когерентных свойств.

Были проведены эксперименты по генерации СК в микроструктурированном кварцевом волокне МС-38, в ходе которых зарегистрирован спектр СК в диапазоне от 550 до 900 нм. Для оценки когерентных свойств спектрального суперконтинуума применялся метод сканирующей интерферометрии с использованием интерферометра Майкельсона. В ходе экспериментов проводились измерения действительной части функции автокорреляции поля СК, временной когерентности излучения суперконтинуума для воздушной среды и среды, обладающей обратным рассеянием, контраста интерференционных картин, полученных с помощью данного СК.

В результате работы получены зависимости степени когерентности излучения СК от

разности хода в воздухе и в рассеивающей среде. Экспериментально определенная длина когерентности излучения суперконтинуума составляет 36 мкм в воздухе (около 25 мкм для биообъектов), контраст изображений приблизительно равен 0,6. Проведенные эксперименты позволяют в дальнейшем использовать излучение данного суперконтинуума для визуализации структуры биообъектов в системах оптической когерентной томографии.

### **Литература**

1. Fujimoto Drexler and J.G. Optical Coherence Tomography: Technology and Applications // Springer. – 2008. – 1440 p.
2. Julia Walther, Maria Gaertner, Peter Cimalla, Anke Burkhardt, Lars Kirsten, Sven Meissner, Edmund Koch. Optical coherence tomography in biomedical research // Anal Bioanal Chem. – 2011. – 400:2721–2743.
3. Peter Cimalla, Mirko Mehner, Maximiliano Cuevas, Julia Walther and Edmund Koch. Simultaneous dual-band spectral domain optical coherence tomography using a supercontinuum laser light source // SPIE-OSA. – V. 7372 73720Z-3.

УДК 612.217, 621.317.39.084.2, 621.317.7.087.6, 621.375.132.9

## **УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ И СРАВНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ**

**Д.В. Толкович**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Козаченко**

В Институте экспериментальной медицины (Санкт-Петербург) уже несколько лет идут работы по разработке и созданию информационно-измерительного комплекса по исследованию биологических сигналов, возникающих в процессе интенсивной интеллектуальной деятельности. В ходе создания данного комплекса возникают различные проблемы, которые необходимо решить для дальнейшего продолжения работы. Одной из таких проблем является оценка влияния грудного и брюшного типов дыхания на результаты интенсивной интеллектуальной деятельности. В результате работы над этой проблемой было принято решение о создании аналогового устройства для сравнения входных сигналов с двух дыхательных ремней (специализированных датчиков дыхания).

Дыхательный ремень – устройство для измерения объема грудной клетки при вдохе и выдохе. В ходе оценки поставленной задачи были определены следующие исходные данные:

- необходимо создание модуля для подключения двух датчиков дыхания с наличием функции сравнения сигналов на выходе;
- входные напряжения, поступающие с датчиков находятся в диапазоне 0,2–1 мВ;
- выходной сигнал устройства должен быть функцией разности между входными напряжениями на датчиках;
- напряжение выходного сигнала не должно превышать 10 мВ;
- входное и выходное сопротивления модуля, сопротивления развязки между датчиками дыхания и развязки между входом энцефалографа и входом устройства сравнения должны быть не менее 1 МОм.

В ходе решения задачи была разработана блок-схема модуля и электрическая принципиальная схема модуля. В результате разработки устройство сравнения включает в дифференциальный усилитель с развязкой по постоянному току и аттенюатор на –60 дБ. В качестве операционного усилителя выбрана микросхема К284УД1 (основные критерии выбора – высокое входное сопротивление 5 МОм и малый потребляемый ток менее 1 мА). На операционном усилителе происходит сравнение двух поступающих напряжений. По условию его работы, чем больше разница между плюсовым и минусовым входами тем больший потенциал мы получим на выходе устройства. В данном случае для увеличения

сравнительной разности между входами выбран коэффициент 1:1000 по усилению. Далее в схеме поставлен аттенуатор для ограничения выходного напряжения –60дБ (по напряжению), что является ослаблением в 1000 раз. Так как выбранная микросхема имеет двухполярное питание, в данной схеме необходимо использовать батарейку типа «Крона», для чего используется мнимая средняя точка.

Работа выполнена в ходе выполнения НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по теме «Исследование нестационарных физиологических сигналов и изображений при интеллектуальной деятельности с помощью многофункционального диагностического измерительного комплекса».

УДК 519.25

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА ТРЕБОВАНИЙ ГОРОДСКОЙ СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Д.С. Копылов

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Лямин

**Введение.** В настоящее время в рамках реализации Приоритетного национального проекта «Здоровье» в медицину внедряются современные информационные технологии. В Санкт-Петербурге координатором службы скорой помощи является Городская станция скорой медицинской помощи Санкт-Петербурга (ГССМП). В ГССМП функционирует кол-центр, для обработки экстренных вызовов по телефону «03». Для автоматизации обработки вызовов и направления бригад используется автоматическая система обработки вызовов (АСОВ-03).

НИУ ИТМО заключил соглашение о сотрудничестве с ГССМП в сфере информатизации медицины. Одним из пунктов договора является проведение научно-исследовательских работ на основании статистики о поступивших вызовах.

Основной **целью работы** является обработка исходных данных и исследование потока требований в ГССМП. Под требованием понимается вызов, поступивший в ГССМП. Для проведения исследования необходимо преобразовать исходные данные в формат, пригодный для использования; проанализировать информацию о вызове; выбрать основную случайную величину; найти факторы, влияющие на закон распределения данной случайной величины. ГССМП была передана информация о вызовах за период с 2009 по 2011 год.

**Обработка исходных данных.** Исходными данными являются сведения о вызовах в формате Microsoft Excel, где каждый файл – сведения о вызовах за один месяц. Строка таблицы представляет собой один поступивший в «скорую» звонок. Общий размер файлов – 344,4 МБ. Количество вызовов за 2009 год – 464201, за 2010 год – 454695, за 2011 год – 450712. Общее количество вызовов – 1369608.

Информация о каждом вызове представлена следующими полями: время поступления, время назначения вызова на бригаду, время доезда бригады до больного, время завершения обслуживания, район вызова, номер подстанции и бригады, диагноз, повод к вызову, профиль бригады. Так как исходные данные о диагнозе были написаны врачами словами и не сопоставлены с международным классификатором болезней МКБ-10, то необходимо сопоставить текст с классами болезней. Также необходимо выделить основные классы болезней и присвоить его каждому вызову.

Для анализа и определения случайных величин, построения соответствующих графиков, подсчета статистики удобно использовать программные средства. Математический пакет MATLAB предоставляет богатые возможности по работе с большими объемами

данных, расчету статистических характеристик, автоматизированному построению графиков.

На начальном этапе необходимо было подготовить исходные данные. Для этого исходные файлы были конвертированы в CSV-формат, прочитаны в MATLAB и преобразованы в структурированный массив. Затем переменные, содержащие этот массив, были записаны на жесткий диск в формате MAT-файлов. Скорость загрузки данных при каждом запуске программы повысилась в 10 раз.

**Анализ законов распределения.** Работа ГССМП зависит от многих случайных факторов, таких как количество вызовов в час, повод к вызову, район вызова, дорожной обстановки, и др. Была проанализирована динамика изменения среднего времени доезда (в минутах) в зависимости от времени суток, динамика изменения количества вызовов (суммарная) в зависимости от времени суток.

В качестве основной случайной величины (с.в.) выбрано количество вызовов в час. Для каждого часа это разные случайные величины, поэтому были построены графики и подсчитаны распределения отдельно для каждого часа. По оси абсцисс отложены интервалы количества вызовов в час, а по оси ординат – количество таких вызовов. На основании этих сведений построен график, иллюстрирующий динамику изменения математического ожидания с.в. количество вызовов в час в зависимости от времени суток

Для анализа зависимости изменения математического ожидания с.в. количество вызовов в час в зависимости от дня недели был построен соответствующий график. На основании него можно сделать вывод, что наибольшее количество вызовов поступает в понедельник, затем происходит спад, в четверг – возрастание количества вызовов, и в выходные – минимум.

Была проанализирована динамика изменения математического ожидания с.в. количество вызовов в час в зависимости от времени суток в Государственные праздники РФ. В промежуток между 20 часами и 9 часами утра происходит возрастание количества вызовов в государственные праздники относительно остальных дней. В остальное время наблюдается уменьшение количества вызовов.

**Заключение.** В работе получены, проанализированы и преобразованы в удобный для использования вид исходные данные, написан программный код для работы с большим массивом данных, проанализирован поток требований, получены законы распределения. На базе данного исследования планируется построение имитационной модели для прогнозирования работы ГССМП.

УДК 612.17

## **БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ЭКГ МОНИТОРА**

**В.В. Сучков**

**Научный руководитель – к.т.н. С.А. Тараканов**

**Краткое введение, постановка проблемы.** В процессе медицинских исследований ЭКГ информация обычно фиксируется через специальные датчики, либо через электроды (преобразователи). Для мониторинга патологических изменений в сердце необходимо использование электродов ЭКГ, допускающих длительное их ношение. Электроды являются проводником между поверхностью тела и устройством измерения, фиксирующим биопотенциалы в сердечной мышце. В современной медицинской практике обычно применяются многоразовые или одноразовые электроды ЭКГ, но время их ношения ограничено сутками.

На сегодняшний день технологии создания электронных приборов развиты достаточно



для осуществления записи ЭКГ в течение длительного времени (несколько суток и более), но ограничением для использования мониторов ЭКГ уже является сам метод получения электрокардиограммы, так как для записи ЭКГ необходим гальванический контакт с кожей пациента. Длительное использование электродов вызывает раздражение кожи человека, что делает невозможным использование этого метода записи сердечной деятельности более нескольких суток.

**Цель работы.** Исходя из вышеизложенных положений, целью настоящего исследования является разработка научного и технического задела для разработки электродов для длительной (несколько дней и недель) регистрации ЭКГ человека.

**Базовые положения.** При разработке концепции электродов для длительной регистрации ЭКГ человека были учтены существующие технологии в области кардиографии. В последние несколько лет в практику вошли различные типы одноразовых электродов (однократного применения), которые устраняют необходимость очистки электродов после каждого использования и упрощают сам процесс исследований. Эти электроды, первоначально рассчитанные для наблюдения за ЭКГ пациента, можно также использовать и для снятия ЭЭГ и ЭМГ. В большинстве случаев одноразовые электроды являются плавающими с простым зажимом для подключения проводников (которые используются неоднократно). Некоторые одноразовые электроды уже при изготовлении смазываются пастой, что устраняет необходимость наносить пасту между электродом и подготовленной поверхностью кожи.

Недавно разработаны одноразовые электроды, при использовании которых не нужны проводящие пасты и подготовка кожи. Эти электроды содержат слой электролитической жидкости и тонкопленочную проницаемую мембрану, которая контактирует с кожей. При установке на поверхности кожи мембрана с микропорами пропускает электролит, увлажняя кожу; это устраняет необходимость подготовки участка кожи для установки электрода.

Усовершенствованные в последнее время одноразовые электроды можно использовать для непрерывного наблюдения за пациентами в течение длительного времени при небольшом дискомфорте для пациента. Гибкие пластиковые конструкции электродов и чашечек, мягкие пенопластовые липкие кольца позволяют таким электродам точно следовать всем контурам тела. Кроме того, пенопластовые кольца, наложенные на кожу, предотвращают проникновение воздуха к электроду и высыхание пасты. Поэтому низкое сопротивление кожи сохраняется в течение относительно длительного времени.

Все кожные электроды, используемые для непрерывного наблюдения, необходимо периодически перемещать на смежные участки кожи пациента, так как электролитическая среда и липкий состав могут вызвать сильное раздражение кожи. В некоторых специализированных отделениях электроды перемещают и заменяют (если они одноразовые) каждые 8 ч, в других отделениях не реже одного раза за 24 ч, в зависимости от чувствительности кожи пациента.

**Промежуточные результаты.** Учитывая опыт построения систем регистрации ЭКГ, при построении концепции электродов для длительной регистрации ЭКГ человека были учтены основные достоинства существующей техники в соответствующей области, проанализированы и доработаны недостатки. В результате проделанной работы были выработаны основы новых методических и технических подходов к измерению ЭКГ-сигнала человека, предложены пути решения проблемы обеспечения длительного ношения ЭКГ электродов. На основе выработанных научно-технических основ были разработаны бесконтактные электроды для мониторинга ЭКГ человека, обеспечивающие возможность их длительного ношения. В результате тестирования разработанных электродов была показана возможность регистрации ЭКГ мониторируемого человека бесконтактным способом (через

тонкий слой ткани), при этом на регистрируемой ЭКГ отчетливо наблюдается R-зубец кардиограммы. Полученные в ходе настоящего исследования результаты позволяют реализовать в дальнейшем бесконтактные электроды для применения в системах мониторинга ЭКГ человека, обеспечивающие устойчивое отображение электрокардиограммы с возможностью выделения всех значимых сегментов, не уступающее по характеристикам системам на основе контактных электродов, а также возможность длительного ношения (несколько дней и недель) без раздражения. Для этой цели необходимо провести дальнейшие доработки разработанных бесконтактных ЭКГ-электродов, в том числе в части возможности выделения всех значимых параметров ЭКГ.

**Основной результат.** Таким образом, в результате настоящих исследований был получен научный и технический задел для разработки электродов для длительной (несколько дней и недель) регистрации ЭКГ человека.

УДК 004.891

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНСУЛЬТАТИВНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ОБЛАСТИ НЕФРОЛОГИИ**

**Д.О. Тихонов**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Лямин**

**Введение.** В настоящее время информационные технологии активно внедряются практически во все сферы нашей жизни, и медицина не является исключением. Повсеместное использование информационных систем в данной сфере уже ни для кого не является новостью – одним из главных направлений реализации приоритетного национального проекта «Здоровье» и концепции развития отрасли до 2020 года служит информатизация здравоохранения.

Одним из актуальных направлений в этой области может быть создание экспертных систем (ЭС) консультативной медицинской помощи, которые могут служить как самими пациентами, в условиях, когда надлежащая квалифицированная врачебная помощь по каким-либо причинам не может быть оказана своевременно, в качестве поддержки в принятии решения специалистами, так и поддержкой в обучении молодых врачей.

**Цель работы.** Данный проект призван обеспечить задачу диагностики заболевания по ряду параметров на основании уже существующих данных. При построении экспертной системы предполагается использовать продукционную модель, основанную на парах «атрибут-значение».

**Промежуточные результаты.** Процесс разработки ЭС можно разделить на этапы, представленные на линейной модели жизненного цикла разработки ЭС [3, с. 540]. Ориентируясь на эту модель, можно сказать, что в настоящий момент разработка Автоматизированной системы консультативной медицинской помощи в области нефрологии находится на стадии проектирования базы знаний. Работающий в тестовом режиме Регистр пациентов с заболеваниями почек (РПЗП) содержит в себе те элементы знаний, которые необходимо структурировать, т.е. построить связи между ними. Предполагается, что РПЗП будет одной из составляющих разрабатываемой экспертной системы [4].

### **Литература**

1. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с.

2. Концепция создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения: Приложение к приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28 апреля 2011 №364. // Министерство здравоохранения РФ. Официальный сайт: [Электронный ресурс] / Министерство здравоохранения РФ.
3. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1152 с.
4. Тихонов Д.О., Лямин А.В., Добронравов В.А. Регистр почечных заболеваний // Труды XIX Всероссийской научно-методической конференции Телематика'2012. – 2012. – Т. 1. – С. 156–157.