

С.Ф. Свинын, А.И. Попов, А.В. Рудалев

**ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОГАСТРОЭНТЕРОГРАММ**

Свинын С.Ф., Попов А.И., Рудалев А.В. Вейвлет-анализ и информационные технологии в задачах обработки электрогастроэнтерограмм.

Аннотация. В статье проанализировано современное состояние исследований в области электрофизиологических методов обследования органов желудочно-кишечного тракта с позиций сотрудничества медиков и инженеров в сфере информационных технологий. Проведен краткий обзор аппаратного, программного и методического обеспечения электрогастроэнтерографии. Рассмотрены особенности вейвлет-анализа гастроэнтерограмм, предложены варианты использования преобразования Морле для получения новых динамических характеристик сигналов. Описана структура исследований, построенная за последние годы в Северо-Западном регионе России. Предложены перспективные направления дальнейших работ: объединение возможностей электрогастроэнтерографии и телемедицины, а также создание в Интернет-пространстве открытой платформы для сотрудничества исследователей в данной области.

Ключевые слова: медицинская диагностика, электрофизиология, электрогастроэнтерография, цифровая обработка сигналов, вейвлет-анализ, информационные и телекоммуникационные технологии.

Svinyin S.F., Popov A.Y., Rudalev A.V. Wavelet analysis and information technologies in problems of electrogastroenterograms processing.

Abstract. The current state of research in the field of computerized electrophysiological gastrointestinal tract (GIT) diagnostics methods in terms of cooperation of medical specialists and IT-engineers is analyzed in the paper. Hardware, software and methodology of electrogastroenterography (EGEG) are reviewed. The features of the wavelet transform (WT) in the processing of non-stationary signals of EGEG are viewed. The research infrastructure built in recent years in the North-West region of Russia is presented. Prospects are offered: using telemedicine technologies in EGEG and development of open Internet-platform for accumulation and sharing experience between the researchers in this field.

Keywords: medical diagnostics, electrophysiology, electrogastroenterography, digital signal processing, wavelet analysis, information and communications technologies.

1. Введение. Компьютерные методы медицинской диагностики наиболее успешно развиваются в областях, имеющих дело с обработкой электрических сигналов, поступающих от органов. К таким областям относятся электрокардиография (ЭКГ), электрогастроэнтерография (ЭГЭГ) и электроэнцефалография (ЭЭГ). Первые две из выше упомянутых наук изучают механические сокращения органов. Исследователи во всех странах признают, что наибольшие успехи в мировой медицине достигнуты при изучении деятельности сердечно-сосудистой системы. В ЭГЭГ за последнее время (приблизительно за 10–15 лет) тоже накоплен определенный клинический опыт, но про-

гресс в этой области был более медленным из-за трудностей в сборе данных, не установившихся окончательно стандартов, меньшего внимания и заинтересованности со стороны медиков и инженеров по биомедицине [1].

Важно отметить, что в подходах, в методах исследования, характерных для обеих наук, существует много общего:

- изучение режимов сократительной деятельности органов;
- наблюдения за отклонением частотных характеристик от нормы: режимы тахикардии и, соответственно, тахигастрии (ускоренный ритм), брадикардии — брадигастрии (замедленный ритм);
- применение методов длительного мониторинга процессов;
- изучение аритмий.

ЭГЭГ относится к числу количественных методов определения показателей состояния желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), к которым также относятся процедура определения уровня кислотности в желудке (рН-метрия), манометрия и импедансография. Часто ЭГЭГ предшествует качественным методам обследования органов, таким, как рентгенография, УЗИ, эндоскопия. Неинвазивной методикой является проведение периферической ЭГЭГ, когда электрический сигнал снимается с поверхности живота или с конечностей и отсутствует вторжение в организм внешних датчиков и/или устройств [2]. Если исследование касается только функционирования желудка, то оно называется электрогастрографией (ЭГГ). При этом число отведений сигнала (число датчиков) считается еще не установившимся, в отличие от ЭКГ и ЭЭГ. Обычно оно составляет от 3 до 8.

2. Аппаратное обеспечение. Производством приборов для исследований ЖКТ занимаются несколько всемирно известных компаний. Это, в первую очередь, крупнейшая американская фирма «Medtronic Inc.», имеющая отделения во многих странах, включающая шведскую фирму «Synectic-medical AB» и выпускающая приборы типа polygraph, digitrapper и др. Обычно выполняются комплексные исследования ЖКТ — электрогастрография, внутрижелудочная рН-метрия, суточный рН-мониторинг, манометрия. Известны также приборы для электрогастрографии типа EMG100C, производимые фирмой «Biorac Medical» (Швейцария), и приборы того же назначения типа Blue Runner фирмы «Menfis Biomedica» (Италия).

В России основным объединением, выпускающим медицинские приборы различного назначения, является научно-производственное предприятие «Исток-система» (г.Фрязино Московской области). В частности, одна из его специализаций — выпуск диагностических

приборов для функциональной гастроэнтерологии. Широко применяются в различных медицинских учреждениях СНГ приборы под торговой маркой «Гастроскан–Gastroscan». Некоторые из них многофункциональны. Прибор «Гастроскан-24» предназначен для проведения длительной (до 24 часов) рН-метрии, прибор «Гастроскан-Д» — для измерения давления в пищеварительном тракте, а гастроэнтеромонитор «Гастроскан-ГЭМ» — для одновременного исследования уровня кислотности и снятия электрогастроэнтерограмм.

3. Методы анализа. Основными диагностическими показателями, получаемыми в результате компьютерной обработки, служат значения амплитуд (пики колебаний) электрических сигналов, мощность в импульсе, спектр мощности и его изменение во времени, величины отклонений частот от номинальных величин, коэффициенты аритмии, формы колебаний. Режим функционирования желудка, называемый «нормогастрия», соответствует диапазону частот сокращения органа на уровне $\omega_D = 0.05$ Гц с допуском в пределах $\pm 20\%$. Международное обозначение такой частоты 3 cpm (3 circles per minute — 3 цикла в минуту). Наиболее высокие частоты сокращений наблюдаются у двенадцатиперстной кишки (ДПК) 12 cpm (0.2 Гц).

В большинстве стран в гастроэнтерологических исследованиях преобладают спектральные методы обработки сигналов. Причем, как правило, развивается тесное сотрудничество медиков с инженерами — специалистами по ИТ-технологиям в составе общих департаментов научных центров или одного или двух факультетов многопрофильных университетов.

Самым информативным и широко используемым в мировой практике показателем динамики активности ЖКТ является пространственная 3D-картина, отображающая зависимость амплитуды (мощности) гастросигнала от времени и частоты. Она может быть построена как на основе преобразований типа скользящего (оконного, кратковременного) Фурье-анализа (running spectral analysis — RSA), так и с помощью математического аппарата вейвлет-анализа.

Наиболее крупные научные школы в области гастроэнтерологии и электрогастроэнтерографии функционируют в Швеции, Чехии, Польше, Великобритании, Италии, Канаде, США, Японии, Индии и в других странах. Италия, в частности, известна работами в области педиатрической гастроэнтерологии. Особое внимание там уделяется применению методов периферической ЭГЭГ для изучения системы пищеварения пациентов, находящихся в самом раннем детском возрасте — в первые месяцы жизни человека, когда маленький пациент не способен

еще жаловаться на свои заболевания, и необходимы объективные цифры и графическая информация, говорящие о состоянии органов. Инвазивные средства — зонды, капсулы, рН-метрия, манометрия здесь затруднены к использованию.

Диагностика на основе изучения электрогастрограмм, так же, как другие процедуры и методы диагностирования состояния организма человека, стремится увязать результаты компьютерного формализованного анализа с выводами лечащих врачей. В этом плане представляют интерес исследования индийских специалистов из университета г.Тамилнади [2], которые соединяют в едином комплексном рассмотрении такие факторы, как вид гастроэнтерологического заболевания (например, язва желудка или функциональная диспепсия), режимы *preprandial* / *postprandial* и диапазоны изменения доминантных частот. Усредненные результаты рассмотрения для большей группы пациентов (около 180 больных) приведены в таблице.

Таблица. Зависимость частоты и амплитуды колебаний от типа заболевания

Заболевание	Частота <i>postprandial</i> / <i>preprandial</i> , <i>српм</i>	Диапазон изменения	Амплитуда <i>postprandial</i> / <i>preprandial</i> , <i>V</i>	Диапазон изменения
Язва желудка	7.5 / 2.5	3	0.6 / 0.55	1.09
Диспепсия	4.5 / 2.8	1.6	0.95 / 0.7	1.36
Норма	3 / 3	1	0.5 / 0.5	1

Из этой таблицы следует основной вывод, что частота при переходе от режима «*preprandial*» к режиму «*postprandial*» у больных язвой желудка изменяется в более широких пределах, чем при диспепсии.

4. Вейвлет-анализ электрогастрограмм. При рассмотрении длительных записей ЭГЭГ следует принимать во внимание нестационарность регистрируемых сигналов. Во-первых, их спектральный состав и амплитуда колебаний могут существенно меняться даже в рамках одного измерительного сеанса. Во-вторых, рассматриваемые сигналы, как правило, содержат артефакты, происхождение которых не связано с сократительной активностью органов ЖКТ (например, артефакты движения). Кроме того, особый интерес представляет информация, сосредоточенная во «всплесках активности» органов. Поэтому для надежной диагностики недостаточно использования только усредненных характеристик электрогастрограмм.

Важным инструментом анализа нестационарных сигналов является вейвлет-преобразование (ВП), которое определяется следующим образом:

$$CW(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (1)$$

где $x(t)$ — анализируемый сигнал, $\psi((t-b)/a)$ — локализованная во времени и по частоте осциллирующая функция, допускающая растяжения, сжатия и сдвиги во времени. Результатом вычисления ВП является массив вейвлет-коэффициентов $CW(a,b)$ [4].

Приведем несколько примеров применения ВП при обработке гатрограммы [5]. В качестве анализирующей функции возьмем вейвлет Морле [4], который определяется следующим выражением:

$$m_{\mu,\sigma,f}(t) = \exp(-j2\pi 2(t-\mu)) \exp\left(\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right). \quad (2)$$

Он представляет собой синусоиду, модулированную функцией Гаусса, и позволяет выявлять всплески активности с учетом их важных параметров. Так, параметр μ определяет местоположение всплеска, f — его частоту, а σ — ширину всплеска (точнее, за ширину всплеска берется 6σ). На рис. 1 показаны графики вейвлет-функции Морле при различных значениях частоты. Здесь для удобства построения графиков вместо комплексной синусоиды использована ее вещественная часть.

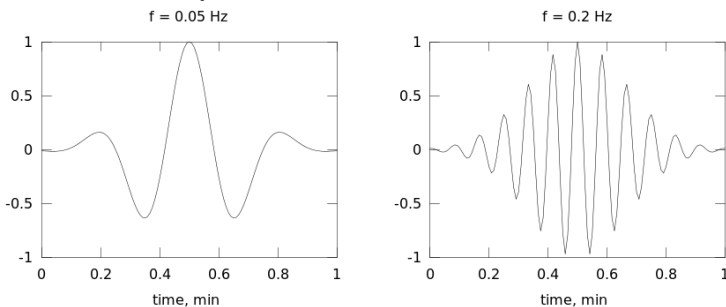


Рис. 1. Графики вейвлет-функции Морле при различных значениях частоты.

Используем следующее выражение для преобразования Морле:

$$CW(\mu, \sigma, f) = \frac{1}{\sqrt{6\sigma}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) m_{\mu, \sigma, f}(t) dt. \quad (3)$$

Оно позволяет рассматривать во взаимосвязи амплитуду всплеска гастрогаммы, его длительность, частоту и время появления, а применение современных технологий визуализации данных дает возможность анализировать эту взаимосвязь с различных точек зрения.

В качестве исходных данных рассмотрим реальный измеренный сигнал (рис. 2, а), из которого путем цифровой фильтрации с полосой пропускания (0.03–0.07) Гц выделена гастрогамма, содержащая информацию о сокращениях желудка (рис. 2, б).

На рис. 3, б показан результат преобразования Морле этой гастрогаммы при фиксированном размере вейвлета и переменной частотой. Фактически, это оконное преобразование Фурье, в котором в качестве окна используется хорошо локализованная во времени и по частоте функция Гаусса. На спектрограмме различными оттенками серого изображены абсолютные значения вейвлет-коэффициентов: чем больше значение, тем темнее соответствующий фрагмент рисунка. Такая визуализация позволяет, в частности, проследить изменения доминантной частоты во времени. В данном примере доминантная частота, в основном, близка к нормальной (0.05 Гц), однако, частота ярко выраженного всплеска, возникшего на 23-й минуте записи, существенно ниже.

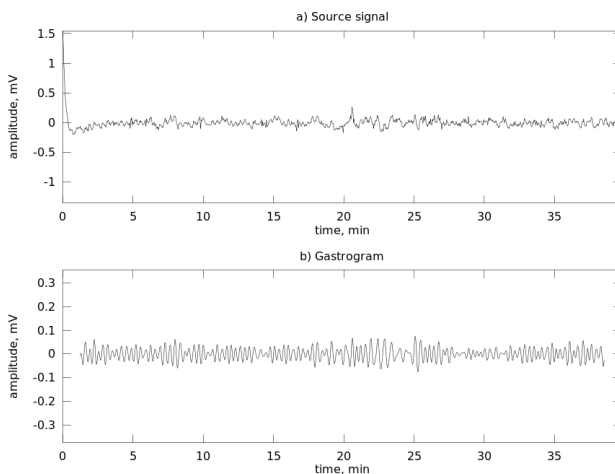


Рис. 2. Исходный сигнал (а) и гастрогамма (б).

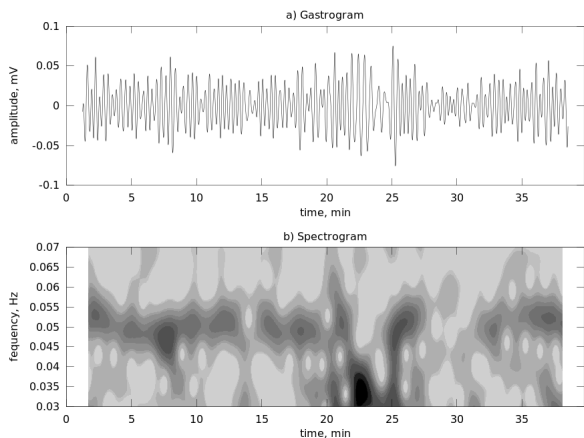


Рис. 3. Преобразование Морле при фиксированном масштабе: а) гастрограмма, б) спектрограмма.

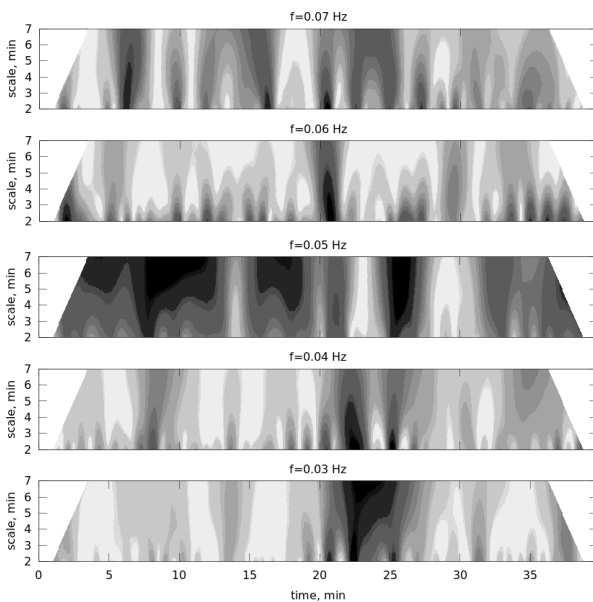


Рис. 4. Изменение амплитуды сокращений желудка в зависимости от времени, частоты и размера всплеска активности.

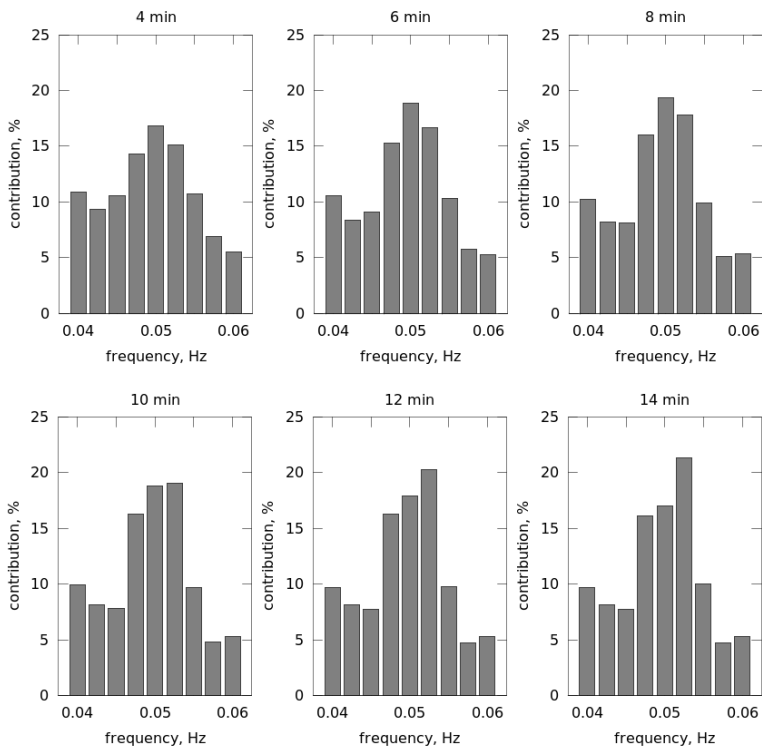


Рис. 5. Распределения всплесков различного размера по частотам.

Картины изменений амплитуд сокращений желудка в зависимости от времени, частоты и размера всплеска активности приведены на рис. 4. Распределения всплесков по частотам с учетом их длительности можно представить и в более объективной форме, например, при помощи гистограмм, как это сделано на рис. 5.

Величина каждого столбца соответствует энергии сигнала, получаемого в результате интегрирования произведения гастросигнала и вейвлета Морле с фиксированными значениями частоты и размера. Из рисунка 5, в частности, видно, что у всплесков разной длительности несколько различаются и значения доминантных частот.

Вычислительные процедуры реализованы в системе вычислительной математики Octave, совместимой со средой программирования

MATLAB. Визуализация результатов выполнена при помощи программы GNUPlot.

5. Инфраструктура исследований. Исследования в области применения компьютерных средств в гастроэнтерографии начались в СПИИРАН в 2006 году в соответствии с программами Президиума РАН и Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН по направлению «Фундаментальные науки — медицине». В них активно участвовали аспиранты СПИИРАН и Поморского государственного университета (ПГУ), ныне вошедшего в состав Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (САФУ). В 2008–2009 гг. университет получил региональный грант РФФИ на выполнение проекта «Север — Разработка математических моделей и алгоритмов диагностики для систем исследования желудочно-кишечного тракта пациентов в условиях высоких широт».

САФУ тесно взаимодействует с медиками Севера, причем с организациями, находящимися как в России, так и за рубежом. Создание недорогих электрофизиологических методов диагностики заболеваний крайне важно для развития медицины Севера. Осознавая это, соответствующие медицинские учреждения активно включились в подобные междисциплинарные исследования, что способствует переносу новых методов диагностики из лабораторий в клиническую практику.

В целях объединения перспективных методов медицинских исследований, математических основ цифровой обработки сигналов (ЦОС) и технологий построения информационных систем в институте математики, информационных и космических технологий (ИМИКТ САФУ) развивается инфраструктура данных исследований.

В 2012 году в институте создана научно-исследовательская лаборатория измерительных систем и цифровой обработки сигналов с целью выполнения проектов в важных для региона областях науки и практики: в медицине, энергетике, сейсмологии, нефтяной и газовой промышленности, причем медицинское направление рассматривается как приоритетное. В рамках программы развития университета материальная база лаборатории пополнилась современным измерительным оборудованием для ЭГЭГ, в частности, гастроэнтеромониторами «Гастроскан-ГЭМ», отладочными платами для проектирования и отладки нового разрабатываемого оборудования, симуляторами активности пациента, цифровыми сигнальными процессорами, датчиками и т.д.

С осени 2009 года с периодичностью два раза в месяц в институте проводится научный семинар «Прикладные информационные технологии», на который для выступлений с докладами и проведения дис-

куссий приглашаются студенты, магистранты, преподаватели университета, а также сотрудники наукоемких предприятий региона. Несмотря на довольно общее название семинара, в последнее время формируется основное направление его работы — построение информационных систем, ориентированных на измерения и цифровую обработку сигналов. В целях повышения качества информирования заинтересованных лиц о работе семинара и о других научных мероприятиях, централизованного накопления и предоставления совместного доступа к материалам прошедших занятий, а также для привлечения новых участников осенью 2011 года был запущен веб-сайт семинара [6,7]. На сайте регулярно размещаются объявления, представляющие интерес для участников семинара, а также содержится архив с описаниями и презентационными материалами докладов, которые публикуются согласия авторов, после чего доступны для скачивания.

6. Перспективы: гастроэнтерография и телемедицина. Существенно новые результаты могут быть получены от применения современных телекоммуникационных технологий в области ЭГЭГ. В связи с этим при поддержке международной организации Баренц-Секретариата проводится совместная работа по созданию телемедицинской измерительной системы для ЭГЭГ. В ней принимают участие САФУ, Норвежский центр телемедицины (г. Тромсё, Норвегия) и 1-я городская клиническая больница г. Архангельска. Подобная система особенно востребована для применения на удаленных северных территориях в силу того, что в данных местностях существуют принципиальные проблемы на пути внедрения комплексных диагностических инструментов (гастроскопов, аппаратов УЗИ и др.). Сложность и высокая стоимость системы ведут к необходимости в дополнительном оборудовании, к привлечению медиков узкой специализации и персонала для осуществления технической поддержки, готовности к анализу осложнений после обследований и устранению их последствий. Проект является предварительным и направлен на исследование потребностей северных регионов России и Норвегии в телемедицинской системе для ЭГЭГ, возможностей телекоммуникационной инфраструктуры регионов, разработку прототипов системы, накопление новых данных и дополнительное исследование диагностической ценности ЭГЭГ.

7. Перспективы: сотрудничество исследователей в Интернет-пространстве. В настоящее время прогресс в развитии ЭГЭГ во многом обеспечен методами цифровой компьютерной обработки сигналов. Лабораторные исследования проводятся небольшими группами ученых в разных странах. Разработаны различные способы регистрации, а

также алгоритмы обработки сигналов, выделены количественные показатели состояния органов, созданы типовые аппаратно-программные решения для измерений и анализа, накоплены определенные объемы данных, принимаются попытки автоматизации диагностики заболеваний. Однако выполняемые в условиях Севера исследования разрознены, а их результаты плохо верифицируются. Отсутствует четкое представление о сфере эффективного применения ЭГЭГ. Для формирования доверия к ЭГЭГ со стороны практикующих медиков и создания при ее помощи надежных автоматизированных методов выявления конкретных заболеваний необходимо обеспечить возможность проведения серьезного статистического анализа способов диагностики, предлагаемых разными исследователями. При этом важно обеспечить совместный доступ к большим объемам данных измерений.

Переход к новому этапу в изучении ЭГЭГ может быть обеспечен созданием в Интернет-пространстве открытой платформы для накопления и совместного использования опыта исследователей, разделенных территориально. Такой опыт существует в форме разнотипных данных (цифровые сигналы, параметры терапевтического или хирургического воздействия, диагнозы и др.) и методах их обработки, по-разному комбинируемых в рамках обследований. Применение современных интернет-технологий позволит осуществлять агрегирование и каталогизацию процедур обработки данных (включая диагностику и массовый статистический анализ), а также верифицировать результаты исследований за счет воспроизводимости вычислительных экспериментов. Центральная часть платформы — система хранения данных обследований — может быть построена на базе сервис-ориентированной архитектуры, в рамках которой наработано множество технологий, стандартов и подходов, зарекомендовавших себя в ряде предметных областей. Программная система с такой архитектурой представляет собой набор дискретных единиц логики (сервисов) в вычислительной среде, оснащенных стандартизированными интерфейсами для их взаимодействия. Это позволит постепенно расширять платформу от простого хранилища записей ЭГЭГ до распределенной облачной системы обработки данных. Система должна обладать развитым интерфейсом для ее интеграции с различными локальными информационно-измерительными системами, что сделает процесс наполнения хранилища прозрачным для врачей-специалистов с учетом законодательства в области защиты персональных данных.

8. Заключение. Методы вейвлет-анализа доказывают свою эффективность при применении их в функциональной диагностике про-

цессов в органах желудочно-кишечного тракта. Появляется возможность сопоставить частотные режимы миоэлектрических колебаний с видами гастроэнтерологических заболеваний. Средства визуализации позволяют проследить изменения доминантных частот органов во времени. Распределение пиков активности колебания по множеству частот с учетом их длительности можно наглядно представить посредством гистограмм. Для обработки гастросигналов применяется система вычислительной математики Octave, совместимая со средой программирования MATLAB.

Опыт творческого сотрудничества авторов, работающих над проблемами медицинской диагностики в организациях Санкт-Петербурга и Архангельска, показывает необходимость создания телемедицинской измерительной компьютерной системы для проведения работ в области электрогастроэнтерографии. Такая система особенно востребована для применения на удаленных северных территориях. Новый этап исследований может наступить на пути создания в Интернет-пространстве открытой платформы для развития разработок исследователей, разделенных территориально. Она позволит постепенно расширять платформу от простого хранилища записей сигналов до распределенной облачной системы обработки данных.

Литература

1. *Gopu G., Neelaveni R., Porkumaran K., Shekar M.* Investigation of digestive system disorders with electrogastrogram using wavelet transform denoising // *International Journal of Machine Intelligence*. Vol. 2. No. 2. April 2010. pp.1–8.
2. *Смирнова Г.О., Сидаунов С.В.* Периферическая электрогастроэнтерография в клинической практике. Пособие для врачей / под. ред. проф. В.А.Ступина. М.: Изд. дом «Медпрактика-М». 2009. 20 с.
3. *Gopu G, Neelaveni R, Porkumaran K.* A novel approach for detection of digestive system disorders // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 4. No.2, April 2009. pp. 45–52.
4. *Каримов С.Х.* Объективизация диагностики пареза желудочно-кишечного тракта и контроля его лечения при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости : автореф. дис. д-р. мед. наук: 14.00.27. СПб. 2008. 37 с.
5. *Штарк Г.Г.* Применение вейвлетов для ЦОС. М.: Техносфера, 2007. 192 с.
6. *Попов А.И., Рудалев А.В.* Особенности применения вейвлета Морле при анализе гастрোগрам // Сайт семинара «Прикладные информационные технологии» URL: <http://itprojects.narfu.ru/pit/?q=node/63> (дата обращения: 02.03.2013).
7. Сайт семинара «Прикладные информационные технологии» URL: <http://itprojects.narfu.ru/pit/> (дата обращения: 02.03.2013).

Свинин Сергей Федорович — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории автоматизации научных исследований СПИИРАН. Область научных интересов: цифровая обработка биомедицинских сигналов. Число научных публикаций — 150.

sergeus@iias.spb.su; СПИИРАН, 14 линия, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)323-5139, факс +7(812)328-4450.

Svinyin Sergey Fedorovich — Dr. of Sc. Science, the leading researcher, laboratory for research automation, SPIIRAS. Research area: digital processing of biomedical signals. Number of publications — 150. sergeus@iias.spb.su; SPIIRAS, 14-th line V.O., 39, St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7 (812) 323-5139, fax: +7 (812) 328-4450.

Попов Александр Игоревич — к.т.н.; доцент кафедры прикладной информатики и информатизации образования Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов: цифровая обработка сигналов в электрофизиологии, информационные системы. Число научных публикаций — 20. aleneus@gmail.com; САФУ, Набережная Северной Двины, 17, Архангельск, 163000, РФ; р.т. +7(8182)21-6100, факс +7(8182)28-7614.

Popov Alexander Ygorevich — Ph.D., Assistant Professor, Department of Applied Informatics and Information Education, NARFU. Research area: digital signal processing in electrophysiology, information systems. Number of publications — 20. aleneus@gmail.com; NARFU named M.V.Lomonosov, Northern Dvina Embankment, 17, Arkhangelsk, 163000, Russia; office phone +7 (8182) 21-6100, fax: +7 (8182) 28-7614.

Рудалёв Александр Васильевич — ведущий инженер-программист кафедры прикладной математики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (САФУ). Область научных интересов: параллельные вычисления, архитектура программного обеспечения, компьютерные сети, цифровая обработка сигналов. Число научных публикаций — 6. a.rudalev@narfu.ru; САФУ, Набережная Северной Двины, 17, Архангельск, 163000, РФ; р.т. +7(8182)21-61-00, факс +7(8182)28-7614. Научный руководитель — С.Ф. Свинин.

Rudalev Alexander Vasil'evich — Leading Software Engineer Department of Applied Mathematics, NAFU named M.V.Lomonosov. Research area: parallel computing, software architecture, computer networks, digital signal processing. Number of publications — 6. a.rudalev@narfu.ru; NARFU named M.V.Lomonosov, Northern Dvina Embankment, 17, Arkhangelsk, 163000, Russia; office phone +7(8182)21-6100, fax: +7(8182)28-7614. Scientific advisor — S.F.Svinin.

Рекомендовано лабораторией автоматизации научных исследований, заведующий лабораторией В.В.Александров, д-р. техн. наук, профессор.
Статья поступила в редакцию 02.03.2013.

РЕФЕРАТ

Свиньин С.Ф., Попов А.И., Рудалев А.В. Вейвлет-анализ и информационные технологии в задачах обработки электрогастроэнтерограмм.

В статье дан анализ современного состояния исследований в области компьютеризации электрофизиологических методов обследования органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) с позиций обоснования сотрудничества медиков и инженеров в сфере информационных технологий. Проведен обзор принципов организации аппаратного, программного и методического обеспечения электрогастроэнтерографии (ЭГЭГ). Приведен перечень основных диагностических показателей гастроэнтерограмм, определяемых с помощью компьютерной техники: величин амплитуд, функций спектральных плотностей мощности, значений доминантных частот и их отклонений от нормы, степени аритмии и др.

Рассмотрены особенности применения методов вейвлет-преобразований при обработке нестационарных сигналов ЭГЭГ. Предложены различные варианты использования преобразования Морле для получения новых характеристик сигналов. Показано, что данное преобразование позволяет рассматривать во взаимосвязи основные показатели активности — время возникновения всплесков, их амплитуду, длительность и частоту, а применение современных технологий визуализации обеспечивает анализ этой взаимосвязи с различных точек зрения. Формируемые при этом визуальные картины могут предоставлять полезную информацию как медицинскому эксперту, так и исследователю в области цифровой обработки сигналов.

Представлена инфраструктура исследований, построенная за последние годы в результате сотрудничества Санкт-Петербургского института информатики РАН (СПИИРАН), Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) и медицинских учреждений г.Архангельска. Предложены перспективные направления дальнейших исследований, в частности, предполагается развернуть работы по объединению возможностей ЭГЭГ и телекоммуникационных технологий при создании телемедицинской системы. Подобная система особенно актуальна для применения на удаленных территориях Севера, поскольку для них имеют место проблемы на пути внедрения современных комплексных диагностических средств.

На основе проведенного анализа этапов развития ЭГГ выдвигается предположение, заключающееся в том, что переход к новым этапам исследования может быть обеспечен созданием в Интернет-пространстве открытой платформы для накопления и совместного применения опыта исследователей, работающих в данном направлении.

SUMMARY

Svinyin S.F., Popov A.Y., Rudalev A.V. **Wavelet analysis and information technologies in problems of electrogastroenterograms processing.**

The current state of research in the field of computerized electrophysiological gastro-intestinal tract (GIT) diagnostics methods in terms of cooperation of medical specialists and IT-engineers is analyzed in the paper. Hardware, software and methodology of electrogastroenterography (EGEG) are reviewed. The main diagnostic indicators calculated by computer are given: amplitudes, power spectrum density, dominant frequency and its deviations, arrhythmia, etc.

The features of the wavelet transform (WT) in the processing of non-stationary signals of EGEG are viewed. Different ways of using the Morlet transform for getting some new signal characteristics are offered. It is shown that Morlet transform applies to consider together the main indicators of activity: time of the bursts, their amplitude, length and frequency. Advanced visualization technologies provide an analysis of main indicators interrelation from different points of view. Visual depictions provide an important information for medical expert and researcher in the field of digital signal processing (DSP).

The research infrastructure built in recent years as a result of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS), Northern (Arctic) Federal University and Arkhangelsk clinics cooperation is presented. Prospects are offered. In particular EGEG and telecommunication technologies can be integrated for development of telemedicine measurements system. It is particularly relevant for northern rural areas having fundamental problems on the way of implementation of complex diagnostic tools.

Basing on the analysis of EGEG evolution it was assumed that the transition to a new stage of research can be provided by development of an open Internet-platform for accumulation and sharing experience between researchers in this field.