

2005



**Information Technologies in Science,
Education, Telecommunication
and Business**

**Информационные
технологии в науке,
образовании, телекоммуникации
и бизнесе**

Это отличие можно оценить и количественно, рассчитав, например, коэффициент корреляции r между $\hat{S}_{xx}(f)$ и $\hat{S}_{xx}^{(M)}(f)$. В первом варианте получаем $r_1 = 0,91$, что говорит о практически линейной взаимозависимости между кривыми, а во втором - $r_2 = 0,46$. Ясно, что данное отличие неслучайно и обусловлено различиями в свойствах анализируемых процессов. При этом существенно высокая чувствительность данного подхода к незначительным изменениям этих свойств в рамках рассматриваемой модели возмущений.

Предложенный метод включен в состав программно-алгоритмического обеспечения *Медицинского КВЧ-диагностического комплекса ДКМ-1*, разработанного в Московском институте кибернетической медицины (МИКМ) и успешно используемого для целей оперативной многофункциональной диагностики в клинике МИКМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.

18. МЕДИЦИНСКИЙ КВЧ-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Авшалумов А.Ш., Филаретов Г.Ф.

Московский Институт Кибернетической Медицины (МИКМ)

18. MEDICAL HF-DIAGNOSTIC COMPLEX

Avshalumov A.S., Filaretov G.F.

Moscow Institute for Cybernetic Medicine (MICM)

Medical diagnostic complex, based on analyses of extremely high frequency electromagnetic radiation from the human body surface, is considered. It is discussed the physical principle of this method, the main elements of complex (its hardware, software and algorithms of signal analysis).

Рассматривается один из новых и перспективных подходов к построению медицинской диагностической аппаратуры, предназначенной для оперативного комплексного анализа функционального состояния различных органов и систем человека. Он основан на идее использования информационных свойств сверхмаломощного радиоизлучения миллиметрового диапазона, испускаемого организмом человека или другими биообъектами. Есть все основания полагать, что такое излучение содержит необходимую диагностическую информацию, которая может быть выделена с помощью соответствующей аппаратуры и алгоритмов обработки исходного сигнала.

Такая уверенность базируется на последних достижениях в области физиологии и практической медицины. Выяснилось, что, учитывая только физико-химические факторы, не всегда удается адекватно объяснить процессы, происходящие в организме человека. Наряду с физико-химическими процессами в тесном взаимодействии с ними в организме человека формируются, передаются, воспринимаются, сохраняются и анализируются информационные сигналы различной физической природы. При этом существенным становится вопрос о физических носителях соответствующих информационных сигналов, обеспечивающих эффективные процессы управления. Следуя воззрениям школы академика Девяткова Н.Д., одним из таких носителей информации могут быть миллиметровые волны, вырабатываемые отдельными клетками в ходе их жизнедеятельности [1].

Установлено, что передача сигналов от клетки к клетке осуществляется через межклеточное пространство, причём сами эти сигналы имеют различную физическую природу и порождаются совокупностью взаимосвязанных физико-химических процессов. Одним их элементов сигнального пространства, сопровождающего жизнедеятельность организмов на клеточном уровне, являются электромагнитные поля (ЭМП), в том числе и из диапазона крайне высоких частот (КВЧ). Учитывая указанную ранее особую роль сигналов КВЧ диапазона как средства передачи информационно-управляющих сигналов – в первую очередь на клеточном уровне, можно надеяться, что анализ этих сигналов позволит получить принципиально новый диагностический подход, связанный с анализом тонких структур КВЧ - излучения, порождаемого в ходе функционирования организма на клеточном уровне.

Согласно современным воззрениям механизм генерации электромагнитного поля в миллиметровом диапазоне связан с колебаниями заряженных клеточных мембран, поддерживаемыми за счет энергии метаболизма, в результате чего клетка приобретает свойства электромеханического генератора, своего рода «клеточного излучателя». Микроструктура клеточных мембран – совокупность мембран митохондрий – обеспечивает возникновение дипольной компоненты, причём процесс излучения оказывается тесно связан с акустическими колебаниями мембран.

Установлено, что акустомеханическая мощность клеточного вибратора составляет величину порядка 10^{-14} Вт, а собственное ЭМП клетки, образующееся в результате акустомеханических колебаний заряженных клеточных мембран, являющихся диполями, имеет мощность порядка 10^{-23} Вт. Отмечается, что поля клеток в агрегациях взаимодействуют друг с другом в моделях клеточных осцилляторов, множество которых и порождает суммарное ЭМП от определенной агрегации, некоторой части органа или органа в целом.

Собственные ЭМП клеток являются стохастическими по своей природе и при отсутствии соответствующих информационных сигналов управления неупорядочены по частотам, фазам, направленности вектора излучения, поляризации. Однако априорная их неупорядоченность предполагает (учитывая общую антиэнтропийную тенденцию структурирования самоорганизующихся биосистем) появление при определенных условиях кооперативного излучения. Оно тем более вероятно, если учесть наличие управляющих сигналов, координирующих деятельность клеточных ассоциаций тканей и органов как единого целого. В этой связи можно говорить о явлении стохастического резонанса, существенно увеличивающего эквивалентную мощность излучения совокупности совместно функционирующих клеток, так что это излучение может стать доступным непосредственному измерению с помощью высокочувствительных приемников.

Необходимо специально подчеркнуть, что, по мнению большинства исследователей, исходное поле КВЧ-диапазона модулируется низкочастотными сигналами с частотными характеристиками, соответствующими основным физиологическим процессам и ритмам организма и его отдельных частей. Наличие такой модуляции (скорее всего частотной) подтверждается как с помощью специальных экспериментальных исследований, так и косвенно – наличием повышенной эффективности КВЧ-терапии с использованием модулированного воздействия.

Излучения мм-диапазона достаточно быстро затухают в тканях организма, имея ограниченный радиус распространения от источника излучения. Поскольку измерение излучения КВЧ-диапазона в целях оперативной диагностики возможно только с помощью приемников, реагирующих на поверхностные излучения тканей (с отдельных участков кожного покрова), вопрос о транспорте сигналов от внутренних органов к поверхности весьма существенен.

Рассматриваются наиболее обоснованные варианты трактовки такого транспорта, имея в виду, что сам факт наличия информации о состоянии внутренних органов и даже отдельных клеточных агломераций в излучении КВЧ-диапазона, снимаемого с поверхности тела, является достаточно убедительно доказанным.

Считается установленным фактом, что существует определенная корреляция между нарушениями тех или иных функций организма, дефектами в работе отдельных органов и патологическими изменениями их клеток. При этом такие изменения могут на начальных стадиях заболевания носить лишь частичный характер и не проявлять себя сколь-нибудь заметным образом во внешней симптоматике. Ясно, что любое заболевание организма изменяет протекание метаболических процессов в клетках, инициируя тем самым процессы их функциональной перестройки и связанные с ними вариации спектров излучения собственных ЭМП.

Идея непосредственного использования КВЧ - излучения биообъектов в качестве диагностического средства достаточно очевидна и была высказана почти сразу же, как только была выявлена особая роль мм – волн в жизнедеятельности организма. Однако тогда же было отмечено, что высказать мысль оказалось делом значительно более простым, чем найти пути для ее реализации. Основная трудность связана с исключительно малой мощностью генерируемых организмом ЭМП и, что еще существеннее, с отсутствием уверенности в принципиальной возможности эффективного их приема с помощью приемников излучения, традиционно используемых в радиофизике и технических приложениях.

Лишь применение новейших аппаратно-программных и алгоритмических решений позволило принципиальным образом повысить уровень диагностических возможностей рассматриваемого подхода и создать *Медицинский КВЧ-диагностический комплекс* ДКМ-1. Его с полным правом можно отнести к диагностическим средствам нового поколения, обладающим принципиально новыми возможностями по сравнению с существовавшими ранее образцами.

Комплекс предназначен для проведения топической дистанционной диагностики клеточного метаболизма органов, тканей и систем организма человека. В комплексе использованы достижения современной техники радиоприема и электроники сверхвысоких частот с последующей компьютерной обработкой результатов измерений. Он включает в себя три основные аппаратные части, составляющие его базовое техническое обеспечение:

- Антенно-измерительный блок;
- Интерфейсный узел;
- Блок обработки, накопления и представления информации.

Антенно-измерительный блок предназначен для приема электромагнитных волн миллиметрового диапазона, излучаемых биологическими объектами. Он состоит из антенного модуля и устройства управления. Антенный модуль содержит антенну, настроенную на длину волны принимаемого излучения, преобразователь, усилитель промежуточной частоты, демодулятор с низкочастотным фильтром, схему калибровки и автоподстройки измерительного тракта. Антенный модуль размещен на специальном штативе, позволяющем перемещать блок в пространстве, менять ориентацию оси антенны, фиксировать ее положение в определенной точке. Устройство управления и антенный блок связаны посредством гибкого многожильного кабеля.

Интерфейсный узел предназначен для преобразования аналогового сигнала, поступающего от антенно-измерительного блока, в цифровую форму и ввода цифровых данных в блок обработки, накопления и представления информации. В качестве интерфейсного узла комплекса используется серийно выпускаемая интерфейсная карта, вставляемая непосредственно в корзину персонального компьютера.

Блок обработки, накопления и представления информации реализован с помощью персональной ЭВМ типа IBM PC. Неотъемлемой составной частью комплекса является его программное обеспечение, включающее в себя:

- Общесистемные программные средства;

- Программу управления съемом и накоплением исходных данных, поступающих через интерфейсный узел от антенно-измерительного блока;
- Программу реализации взаимодействия с медицинским персоналом, визуализации информации и управления комплексом;
- Систему управления базой данных;
- Программные средства предварительной цифровой обработки данных (предварительная фильтрация, удаление аномальных наблюдений, обнаружение систематических трендов);
- Программу первичной обработки (определение спектральных характеристик сигнала с различными спектральными окнами, выделение систематических и разностных компонент);
- Программу выделения и анализа диагностических признаков с использованием одномерного статистического классификатора;
- Многомерный нейросетевой классификатор, реализующий автоматизированную диагностическую процедуру с использованием элементов искусственного интеллекта и работающий в режиме советчика, указывающего на наиболее вероятное функциональное состояние обследуемого органа по четырем градациям: «норма», «удовлетворительно», «невыраженная патология», «выраженная патология».

Базовым принципом, заложенным в основу программно-алгоритмического обеспечения комплекса, является принцип максимальной объективизации при анализе и интерпретации результатов диагностики на основе использования алгоритмов искусственного интеллекта. С этой целью на этапе ввода комплекса в действие реализовывался режим обучения, в ходе которого было проведено обследование большого числа пациентов, причем обследовались как нормально функционирующие органы практически здоровых людей, так и больные органы пациентов с клинически установленным диагнозом. В результате в памяти компьютера были сформированы своего рода «электронные портреты» (образы), соответствующие различным функциональным состоянием органа по указанным четырем градациям. В последующем в режиме нормальной эксплуатации эти образы используются при работе классификаторов, осуществляющих автоматизированную диагностику функционального состояния того или иного органа.

Функционирование комплекса происходит следующим образом. Пациент располагается лежа на кушетке. Приемная антенна с помощью штатива подводится к поверхности тела пациента на расстояние примерно 5 мм в точке, ближайшей к исследуемому органу или ткани, располагая продольную ось антенны перпендикулярно поверхности тела, после чего осуществляется запуск комплекса на проведение очередного сеанса измерения и диагностики. Обследования, проводимые с помощью комплекса неинвазивны, совершенно безвредны для пациентов с любыми заболеваниями и для обслуживающего медицинского персонала, и поэтому они могут повторяться с любой требуемой частотой.

Комплекс прошел всестороннюю апробацию в клинике Московского института кибернетической медицины и успешно используется в течение ряда последних лет в ее практической деятельности. На рис. 1 в качестве примера приведен фрагмент экранной формы, где отражены результаты обследования печени практически здорового пациента, а именно – спектральная характеристика низкочастотной модулирующей компоненты КВЧ-сигнала и данные нейросетевого классификатора (советчика) где каждый столбец диаграммы представляет собой вероятностную оценку правдоподобия отнесения функционального состояния обследуемого органа к определенной градации и может изменяться в пределах от нуля до единицы.

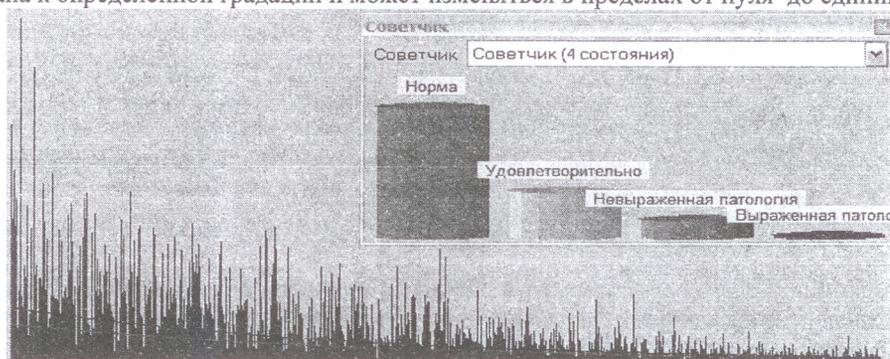


Рис. 1

Как показал накопленный к настоящему времени опыт использования, он может успешно применяться:

- на этапах предварительного всестороннего анализа состояния пациента;
- для мониторинга состояния организма, контроля за ходом лечения, а также за воздействием лекарственных средств и физиотерапевтических процедур
- для проведения диагностических и мониторинговых исследований в лечебно-профилактических учреждениях, диагностических центрах, клиниках;
- при скрининговых исследованиях;
- для массового профилактического осмотра населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: «Радио и связь», 1991, 170 с.