

**МИКРОВОЛНОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИИ,
ТЕРАПИИ И ДИАГНОСТИКИ**

***А.Н.Осипов, В.В. Муравьев, В.А. Кульчицкий, А.А. Тамело, Ю.Л. Путырский,
А.И. Будевич, А.А. Лещик, А.А. Попов, Д.И. Матвеев, Д.Ф. Молодкин***

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ул. П. Бровки, 6,
Минск, 220013, Беларусь, тел. +375 17 2932219,
E-mail: microwave@bsuir.by*

Abstract. Examine the practical results of studies on the effects of terahertz electromagnetic waves biotechnology livestock during the defrost cycle, the sperm of males and its subsequent use for artificial insemination. Have researched a biochemical status of transgenic goats blood under the influence of extremely high-frequency radiation in the terahertz range. Improving the safety of oocytes, increase the percentage of established embryos. A study of healthy tissues, and tissues with malignant and benign diseases in the EHF (very high frequencies) band revealed significant difference between the behavior of the frequency characteristics of the transmission coefficient and the levels of EHF waves in tissues with carcinoma and without it that can diagnose in the early stages of the disease.

Терагерцовые волны в последнее время привлекают к себе внимание многих научных коллективов со всего мира. Широкие перспективы их практического применения обусловлены уникальными свойствами. Известно какую важную роль в процессах жизнедеятельности играют внутриклеточные реакции. Так называемые метаболиты осуществляют внутриклеточный обмен веществ. Как оказалось, частоты поглощения метаболитов лежат в терагерцовом диапазоне. И если внешние генераторы будут воздействовать на этих частотах поглощения, то за счет стимуляции будет нормализоваться работа клетки, а значит и всего живого организма [1,2]. Наиболее изученный метаболит это кислород. Кроме него важную роль отводится монооксиду азота.

Целью исследований явилось изучение воздействия комплекса крайне высокочастотного излучения терагерцового диапазона совместно с магнитным полем и лазерным излучением на биологические объекты. Многие годы в научный коллектив в составе сотрудников БГУИР и РНПЦ «Животноводство» (г.Жодино) разрабатывает и испытывает уникальные устройства, генерирующие и регистрирующие электромагнитные волны различных частотных диапазонов, включая и терагерцовый. На эти устройства, как на изобретения, получены патенты России и Беларуси.

Практическое применение электромагнитных волн КВЧ-диапазона началось нами (совместно с учеными-животноводами) с экспериментов над животными. Впоследствии на способ и устройство для лечения различных заболеваний у коров был получен патент Республики Беларусь № 9143. Суть способа состоит в сканировании животного сфокусированным лучом КВЧ-генератора и регистрации рассеянного его телом КВЧ-излучения. Далее, по излому зарегистрированной нами, так называемой, «фазочастотной характеристики» определяется активная частота (частота стимуляции), на которую, в конечном счете, и настраивается КВЧ-генератор. Для сокращения времени воздействия на животное КВЧ-излучения сканирование осуществляют с двух сторон одновременно. Лечение КВЧ-излучением оказалось весьма действенным при таких заболеваниях коров, как мастит, эндометрит, желудочные заболевания.

В последнее время КВЧ-излучение применяется также для лечения ряда заболеваний у человека. Так, убедительные положительные результаты получены при лечении различных неврологических заболеваний. Сроки реабилитации пациентов, например, после нейрохирургического лечения аневризм, существенно сокращаются [3].

Большие перспективы использования КВЧ-излучения открываются в биотехнологиях. В Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по животноводству был впервые получен ценный белок лактоферрин из молока трансгенных

коз, который по своим свойствам близок к аналогичному белку, содержащемуся в женском молоке.

Один грамм лактоферина, полученного от трансгенных коз, стоит много тысяч долларов. Крайне желательно, чтобы они не болели, быстро росли, давали здоровое потомство. Совместно с творческим коллективом ученых из Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству был отслежен биохимический статус крови молодняка мелкого рогатого скота после комплексного воздействия на нее совместно КВЧ-излучением, магнитным полем и лазерным излучением.

Проведенный анализ биохимических показателей крови молодняка мелкого рогатого скота позволил выявить тенденцию-биофизическое воздействие на кровь молодняка в первые дни жизни способствует повышению защитных сил организма, несколько изменяет соотношение кальция и фосфора в крови, повышает резервную щелочность, что, вероятно, связано с активизацией происходящих в организме биохимических процессов.

Главной целью животноводства всегда являлось получение здоровых особей, обладающих высокими воспроизводительными и продуктивными качествами. В связи с этим нашими творческими коллективами были проведены широкие исследования по выявлению оптимальных режимов биофизического воздействия на кровь молодняка мелкого рогатого скота для повышения его сохранности.

Изучались следующие показатели: количество переболевших животных, количество павших животных, сохранность молодняка до 1 месяца жизни. Была выявлена общая тенденция снижения количества переболевших козлят незаразными болезнями после введения им обработанной предложенным нами методом крови. Установлено, что биофизическое воздействие на кровь приплода коз первого месяца жизни позволяет повысить показатель сохранности молодняка.

В биотехнологическом животноводческом цикле важную роль играет процесс размораживания спермы самцов и последующего ее использования для искусственного оплодотворения. Применение разработанных нами методов внешнего биофизического воздействия позволило повысить подвижность размороженной спермы.

Ранее были также проведены работы по повышению сохранности ооцитов, увеличению процента прижившихся эмбрионов.

Большое значение имеют полученные нами результаты по обработке дрожжей и увеличению скорости их деления.

Идея непосредственного использования КВЧ – излучения биообъектов в качестве диагностического средства оказалась весьма сложной для ее практической реализации. Основная трудность связана с исключительно малой мощностью электромагнитных полей и сложностью эффективного их приема с помощью приемников излучения, традиционно используемых в радиофизике и технических приложениях. Лишь применение новейших разработок в этой области, оригинальных аппаратно-программных и алгоритмических решений позволило принципиальным образом повысить уровень диагностических возможностей рассматриваемого подхода и создать комплекс для обнаружения злокачественных новообразований молочных желез. Микроволновая диагностика раковой опухоли молочной железы имеет потенциал к развитию согласно двум факторам: чувствительности и специфичности. Преимуществом исследуемого метода диагностики является возможность обнаружения и идентификации маленьких опухолей (от 1 до 3 мм) за счет контрастности свойств, относительно небольшая стоимость (в отличие от маммографического и ЯМР исследования), достаточно быстрое получение изображения и обработка результатов. Для реализации таких факторов необходимо

использовать модуляционное приемное устройство миллиметрового диапазона, позволяющее обнаруживать сверхслабые электромагнитные поля биологических объектов.

Особенностью биологических тканей является их высокая диэлектрическая проницаемость – от 8 до 70, большая часть из них имеет большое влагонасыщение, что приводит к замедлению распространения волны в диэлектрике в 3-8 раз и наличию больших потерь. Большие потери в среде распространения существенно снижают глубину проникновения, однако в данном случае, как показывают исследования, качество контроля слабо зависит от эффективной площади рассеяния излучения, а укорочение длины волны по сравнению со свободным пространством позволяет обнаруживать неоднородности значительно меньших размеров, чем это имеет место, например, в воздухе[4].

В сравнении, например, с широкодоступным ультразвуковым исследованием, природа отражения электромагнитной и ультразвуковой волн различна. Ультразвуковая волна отражается от “скачка” плотностей ткани, электромагнитная - от “скачка” диэлектрической проницаемости. Так как диэлектрическая проницаемость сильно коррелирована с процентным содержанием воды, небольшое увеличение процентного содержания воды может увеличить проницаемость тканей без заметного увеличения плотности пораженной ткани (диэлектрическая проницаемость воды 81, а плотность воды 1)[5]. В соответствии с этим можно предположить, что диэлектрический контраст нормальной и пораженной тканей возрастает быстрее, чем отношение их плотностей. Данное предположение требует экспериментальной проверки. Кроме того, существует возможность различения ткани с различной проводимостью. Такая возможность отсутствует в случае использования УЗИ[6].

На рисунке 1а приведен пример исследования биологического материала, полученного из тканей мышей линии Af, не подверженных опухолевой инвазии. Уровень амплитуд спектральных характеристик в неопухолевой ткани был ниже, чем в патологически измененной (1б). Кроме того первая гармоника затухает быстрее в неопухолевом образце. Такое различие характеристик гармоник у опухолевого и здорового образцов позволяет высказать предположение о возможности использования данного метода для предварительного заключения о наличии опухолевой ткани в биологических образцах.

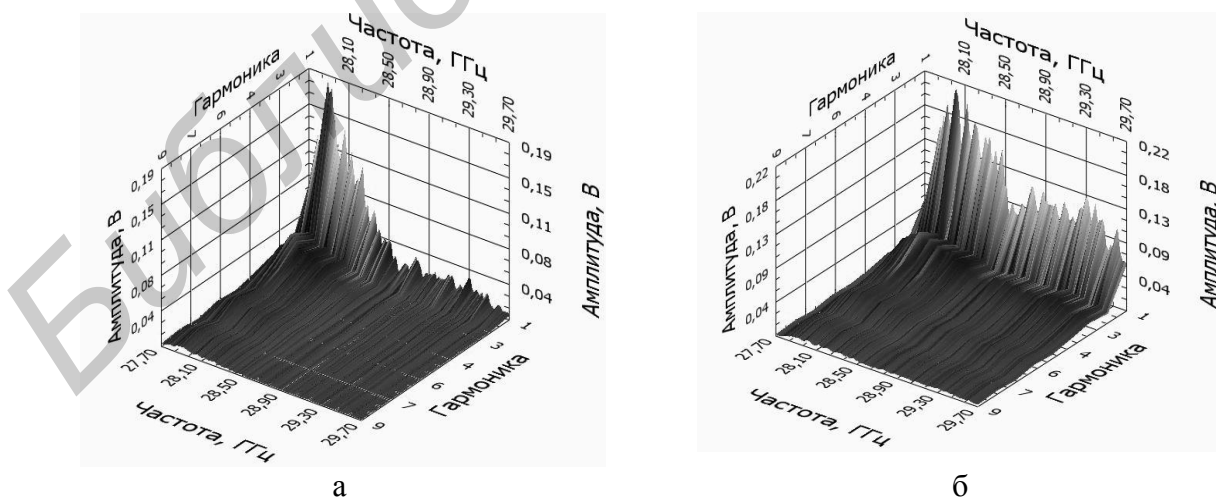


Рисунок 1 - Трехмерное представление гармоник для частот КВЧ-диапазона в тканях мышей линии Af: а – для неизменной ткани; б – для измененной, при различных значениях коэффициента прохождения

На рисунке 2 приведена типичная картина трехмерного распределения гармоник модулированного сигнала для крайне высоких частот диапазона для опухолевых тканей пациента[7]. Анализ установленных зависимостей выявляет отличие поведения гармонических составляющих в экспериментальной частотной области. Характерная динамика проявляется при изучении патологически измененной ткани. Наличие резких перепадов частот может быть обусловлено взаимодействием электромагнитных волн с образцами тканей и объясняется, так называемым, эффектом стохастического резонанса[8].

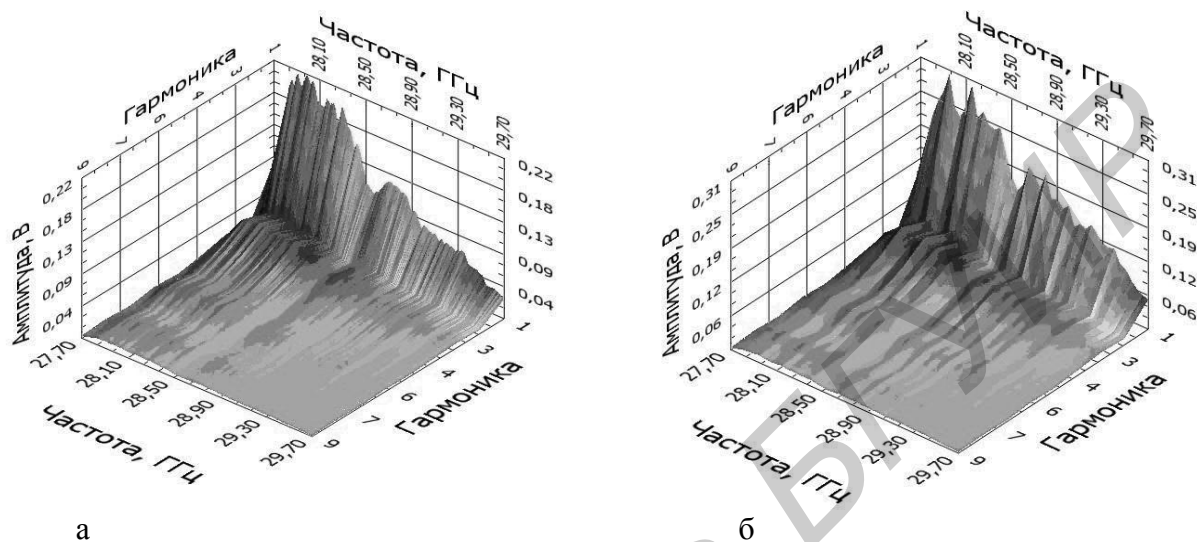


Рисунок 2 - Трехмерное представление гармоник для частот КВЧ-диапазона в тканях пациентки: а – для неизменной ткани; б – для измененной, при различных значениях коэффициента прохождения

Проведенные измерения позволили сделать заключение, что у пораженных карциномой тканей изменяются электрические параметры, в частности диэлектрическая проницаемость. В силу вышесказанного предложенный метод позволяет проводить скрининг молочной железы при весьма малых уровнях сигнала внешнего генератора.

Нами проведены исследования здоровых тканей, а также тканей со злокачественными и доброкачественными заболеваниями в диапазоне 27-33 ГГц. Выявлено существенное отличие поведения частотных характеристик и уровней коэффициента прохождения КВЧ волн в тканях с карциномой и без нее. Проведено согласование волновых сопротивлений антенны и тканей биологического объекта.

Возможности КВЧ системы существенно превосходят возможности идентификации в диапазонах более низких частот, т.к. в диапазонах ДЦВ и СВЧ разрешения 1-3 мм невозможны. Исследования выполнены на образцах тканей 30 пациентов с онкологией молочной железы. Разработанная система работает в автоматическом режиме и позволяет передавать результаты измерений в сети Интернет. Цикл измерений с шагом 0,01 ГГц составляет 6 минут.

Запланировано проведение дальнейших исследований, что позволит существенно расширить возможности по регистрации образцов тканей, взятых у пациентов с онкологическими заболеваниями и создать базу данных.

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.
2. **Зилов В.Г.**, Судаков К.В., Эпштейн О.И. Элементы информационной биологии и медицины. М. МГУЛ, 2000, 248 с.
3. **Смеянович А.Ф.**, Муравьев В.В., Зобнина Г.В., Овсянкина Г.И., Тамело А.А. Применение информационного комплексного спектра для реабилитации больных после нейрохирургических операций. Сборник научных докладов на VII МНТК «Медэлектроника -2004», 2004г., Минск, стр.397-400.

4. **Муравьев В.В.**, Тамело А.А., Путырский Л.А., Путырский Ю.Л. и др. Применение радиометрической системы КВЧ для обнаружения злокачественных новообразований молочных желез. Сборник материалов 6-й МНТК “ Приборостроение 2013 “ ,2013г.,БНТУ,Минск.,стр.97-98.

5. **Tamelo A.A.** Research of possibility radiometric systems millimeter wave for detection malignant new growths of mammary glands. Conference proceedings ISEMA 2013, Weimar, 2013, p.366-369.

6. **Муравьев В.В.**, Тамело А.А., Путырский Л.А., Путырский Ю.Л., Матвеев Д.И. и др. Исследование возможности диагностики онкологических заболеваний молочной железы радиометрической системой КВЧ диапазона. Сборник научных докладов на VII МНТК « Медэлектроника -2012», 2012г., Минск, стр.232-235.

7 **Murav'ev V.V.**, Tamelo A.A., Putyrskij Yu.L., Shapoval E.V., Leshhik A.A., Matveev D.I., Molodkin D.F., Popov A.A. (2014) Primenenie radiometricheskoj sistemy krajne vysokih chastot dlya obnaruzheniya zlokachestvennyh novoobrazovanij molochnyh zhelez. Zh. Pribory i metody izmerenij, vol. 8, no 1, pp.10-15.

8. **Glantz Stanton A.** (2005) *Primer of Biostatistics: Sixth Editio*, New York : McGraw-Hill Medical Pub. Division.

БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРООДОНТОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗБОЛИВАНИЯ В СТОМАТОЛОГИИ

Н.В. Насибянец, А. С. Артюшкевич

Белорусская академия последипломного образования, ул.П.Бровки, 5, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375172654976

Abstract. This article describes the process of research on the effectiveness of new drug combinations of medicaments, with the implementation of infiltration anesthesia patients dental profile. Evaluating the effectiveness of anesthesia was performed using device “Dentometr DM-1” in terms of reversible changes electro excitability tissues.

С биологической точки зрения организм пациента представляет собой совокупность органов, тканей и систем, таких как: центральная нервная (ЦНС), вегетативная нервная (ВНС), сердечно-сосудистая (ССС), опорно – двигательная (костно-мышечной), система кроветворения, система клеточного и гуморального иммунитета (простагландин-тромбоксановая система и система комплимента), система тройничного нерва (Косицкий Г.И. 1985г., Лиманский Ю.П. 1987г., Кульчицкий В.А. 2007г., Артюшкевич А.С., Насибянец Н.В. 2009г.). Состояние, которых обусловлено генетическим метаболизмом, активностью ферментативных систем, приемом питательных и лекарственных препаратов, наличия физиологических или патологических изменений. Характеризуются количественными и качественными медико-биологическими показателями.

С точки зрения биофизики органы и системы организма пациента – объекты, обладающие физическими параметрами, такими, как сопротивление, частота колебаний, коэффициенты поглощения, спектр излучения. (Улащик В.С., 2005г., Сиваков А.П. 2006г., Осипов А.Н. 2006г, И.О. Походенько – Чудакова 2008г., Артюшкевич А.С, Насибянец Н.В. 2009г.).

Разработка медицинского оборудования и новых технологий диагностики и лечения зиждется на научных данных, полученных учеными физиками, врачами, инженерами. Примером использования косвенной оценки медико-биологических параметров посредством измерения величин физических показателей в стоматологии – является определение электровозбудимости тканей зуба – электроодонтометрия (ЭОД) (Рубин Л.Р. 1976г., Дедова Л.Н. 2003г., Артюшкевич А.С., Насибянец Н.В. 2009г.). В рамках выполнения ГНТП «Медицинская техника» БелМАПО совместно с ОАО «Минский приборостроительный завод» разработан аппарат для определения электровозбудимости тканей зуба «Дентометр ДМ-1» (№ госрегистрации 20043997). Аппарат представляет собой генератор электриче-