

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
ООО «ЛИТТ»

# **ИННОВАТИКА-2017**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XIII Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
20–22 апреля 2017 г.  
г. Томск, Россия**

*Под ред. А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова*

Scientific & Technical Translations



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**

**Томск – 2017**

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ  
ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗА ПРОБ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА  
ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНФАРКТ МИОКАРДА  
К.В. Лисоводская<sup>1</sup>, А.Г. Левашкин<sup>1,2</sup>, А.И. Башкиров<sup>2</sup>, А.Г. Сыркина<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Сибирский государственный медицинский университет

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт кардиологии, г.Томск

e-mail: missis.freedom@bk.ru

**STUDY OF EXHALED AIR OF PATIENTS WITH MYOCARDIAL  
INFARCTION BY TERAHERTZ SPECTROSCOPY METHOD**

**K.V. Lisovodskaya<sup>1</sup>, A.G. Levashkin<sup>1,2</sup>, A.I.Bashkirov<sup>2</sup>, A. G. Syrkina<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University

<sup>2</sup>Siberian State Medical University

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute for Cardiology»

*This article examines the applicability of terahertz spectroscopy to identify markers of myocardial infarction in the exhaled air.*

*Keywords: exhaled air, gas analyzer, terahertz spectroscopy, myocardial infarction*

Инфаркт миокарда является одним из наиболее неблагоприятных вариантов развития острой ишемической болезни сердца. При острой ишемии миокарда нарушается окислительное фосфорилирование, возникает дефицит АТФ в кардиомиоцитах, при этом происходит их гибель [1]. В результате разрушения кардиомиоцитов высвобождаются специфические ферменты, являющиеся индикаторами некроза сердечной мышцы – биомаркерами. Биомаркеры используются для диагностики инфаркта. Инфаркт миокарда в мире, на сегодняшний день, самая частая причина остановки сердца, приводящей к смерти человека. Общая летальность при инфаркте миокарда достигает 30–35%, около 15–20% пациентов погибает на догоспитальном этапе [2]. Таким образом, актуальным является вопрос разработки новых методов диагностики, позволяющих диагностировать патологические изменения сердечной мышцы на ранних стадиях и предупреждать развитие инфаркта.

Исследование выдыхаемого воздуха открывает возможности по выявлению новых биомаркеров болезней и разработки перспективных методов диагностики [3, 4]. В данном случае, исследование выдыхаемого воздуха проводилось с применением терагерцовой спектроскопии.

В терагерцовом (ТГц) диапазоне лежат линии вращательных дов молекул, а так же колебательно-вращательные линии переходов

некоторых больших молекул, являющихся, в основном, органическими. Особый практический интерес вызывает Time-domain spectroscopy (TDS) (спектроскопия с разрешением по времени), которая позволяет получать отклик исследуемого образца в широком диапазоне терагерцового излучения одновременно.

В рамках данного исследования использовалась система для терагерцовой спектроскопии с разрешением по времени LightWireFF50 SeriesLaser и программным обеспечением Teravil. Система оснащена лазером накачки, генерирующим импульсы с длительностью 10–150 фс и с частотой следования порядка 30–100 МГц, выходной мощностью 100 мВт.

Пробы выдыхаемого воздуха пациентов с инфарктом миокарда были отобраны среди пациентов отделения неотложной кардиологии НИИ Кардиологии г.Томска. Всего в исследовании участвовали 19 человек: средний возраст  $62 \pm 13$  лет, из них 13 мужчин и 6 женщин, 63% обследуемых имеют стаж курения. Забор проб производился в первые часы/сутки от начала развития острого переднего/нижнего Q/не Q инфаркта миокарда с подъемом ST.

Была сформирована контрольная группа из здоровых добровольцев: 10 человек, средний возраст  $28 \pm 6$  лет, 5 мужчин, 5 женщин, стаж курения присутствует у 20%.

Основным критерием отбора для двух групп было отсутствие факторов, существенно изменяющих метаболизм организма, кроме непосредственно исследуемого инфаркта миокарда. Отбор проб производился в отсутствие алкогольного и наркотического опьянения, натошак. Забор проб производился в стерильные одноразовые пакеты из ПВХ с герметично закрывающимся клапаном объемом 1 л.

В результате обработки исследуемых проб сформирована БД, включающая в себя временную развертку исследуемых сигналов, преобразование Фурье от них и спектры поглощения и пропускания исследуемых образцов, построенных с использованием опорного сигнала. В качестве исследуемого вещества для построения опорного сигнала для каждой пробы использовался атмосферный воздух, что позволяет добиться сопоставимых результатов исследования.

В ходе анализа данных были рассчитаны средние значения спектров пропускания по группам пациентов с ИМ и здоровых добровольцев. Усреднение спектров позволяет вычленить случайную погрешность и флуктуации сигнала.

На рисунке 1 показаны усредненные спектры по группе больных и группе здоровых, получаемые на всем рабочем диапазоне частот системы для ТГц-спектроскопии (от 0,3 до 3,6 ТГц).

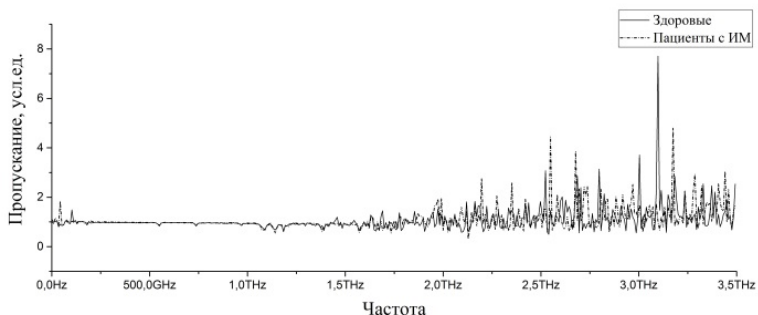


Рис. 1. Усредненные спектры пропускания выдыхаемого воздуха по группам пациентов с ИМ (прерывистый) и здоровых добровольцев (сплошной).

В исследованиях использовался диапазон от 0,3 до 2 ТГц, так как он является наиболее информативным в силу малости флуктуаций сигнала. На рисунке 2 показан информативный диапазон так же для усредненных по группам спектров пропускания пациентов и добровольцев.

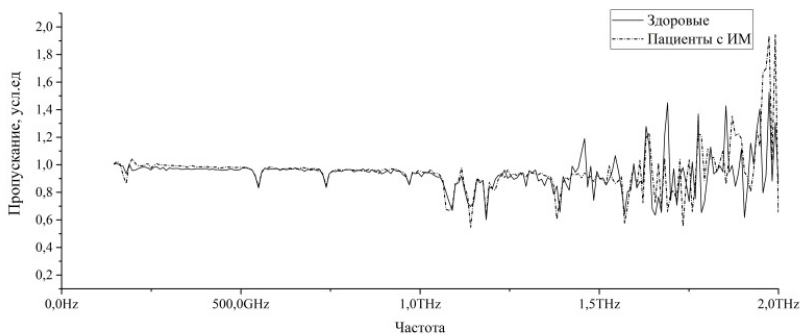


Рис. 2. Информативный диапазон частот.

Первичный визуальный анализ полученных усредненных спектров позволяет сделать вывод о том, что на некоторых частотах существует различие в поглощении терагерцового сигнала выдыхаемым воздухом

пациентов с инфарктом миокарда и здоровых добровольцев. Усредненный спектр пациентов с инфарктом идет выше усредненного спектра добровольцев. Вероятно, это следствие повышенной концентрации какого-либо вещества, так как характерной особенностью для ТГц-диапазона является сплошные спектры веществ. Это весьма усложняет процесс выделения отдельных веществ, в отличие от методов с использованием лазерных оптико-акустических газоанализаторов [3, 4].

Проведенные исследования являются пилотными, т.е. первичными и требуют дальнейшего подтверждения при увеличении выборок пациентов и добровольцев, а также обработки методами опорных векторов и главных компонент.

### Литература

1. Ишемическая болезнь сердца // Официальный сайт Медпортал.com [Электронный ресурс]. – URL: [http://xn--80ahc0abogjs.com/58\\_pediatriya\\_802/ishemicheskaya-bolezn-serdtsa-49119.html](http://xn--80ahc0abogjs.com/58_pediatriya_802/ishemicheskaya-bolezn-serdtsa-49119.html) (Дата обращения 26.03.2017)
2. Статистические показатели здравоохранения // Официальный сайт Министерство здравоохранения РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosminzdrav.ru/documents/6686-statisticheskaya-informatsiya>.
3. Borisov A.V. Breath air measurement using wide-band frequency tuning IR laser photo-acoustic spectroscopy / A.V. Borisov et al. // Proc. SPIE 9707, Dynamics and Fluctuations in Biomedical Photonics XIII. – San Francisco, 2016.
4. Лисоводская К.В. Исследование выдыхаемого воздуха пациентов с инфарктом миокарда методом лазерной спектроскопии : сб. материалов XII международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Иноватика-2016» (г. Томск, 20–22.04.2016 г.) / К.В. Лисоводская и др.; под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова. – Томск : СГТ, 2016. – С. 126–131.