

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

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

# **ИННОВАТИКА-2015**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XI Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
21–23 мая 2015 г.  
г. Томск, Россия**

**Под ред. проф. А.Н. Солдатова, доц. С.Л. Минькова**

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2015

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА ПАЦИЕНТОВ  
С БРОНХО-ЛЕГОЧНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ МЕТОДОМ  
ЛАЗЕРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**Ю.В. Кистенёв<sup>1,2</sup>, Д.А. Кузьмин<sup>2</sup>, А.Г. Левашкин<sup>1,2</sup>, П.Н. Мишин<sup>1</sup>,  
И.А. Кудрявцев<sup>1</sup>, А.В. Волков<sup>3</sup>, А.И. Башкиров<sup>2,3</sup>**

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

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

<sup>3</sup>*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*  
*e-mail: pavel.mishin.92@mail.ru*

**STUDY OF EXHALED AIR OF PATIENTS WITH  
BRONCHOPULMONARY DISEASES  
BY LASER SPECTROSCOPY METHOD**

**Yu.V. Kistenev<sup>1,2</sup>, D.A. Kuzmin<sup>2</sup>, A.G. Levashkin<sup>1,2</sup>, P.N. Mishin<sup>1</sup>, I.A.  
Kudryavcev<sup>1</sup>, A.V. Volkov<sup>3</sup>, A.I. Bashkirov<sup>2,3</sup>**

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

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

<sup>3</sup>*Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*

*In this paper we investigate the non-invasive method of express-diagnostics broncho-pulmonary diseases.*

*Key words: exhaled air, gas analyzer, non-invasive diagnostics, broncho-pulmonary pathology.*

В настоящее время при диагностике воспалительных заболеваний органов дыхательной системы используют большое количество высокотехнологических методик, но ни одна из них не может применяться для раннего выявления заболевания легких. Эти методы могут оказывать неблагоприятное влияние на организм пациента из-за частоты его назначения, требуют обеспечения мер безопасности при работе с биологическими материалами, приобретение реактивов, расходных материалов и значительных трудозатрат медицинского персонала.

Диагностика выдыхаемого воздуха с использованием оптико-акустического метода позволит определить наличие воспалительных процессов органов бронхо-легочной системы на начальной стадии, что положительно скажется на последующем лечении заболевания [1].

Метод заключается в регистрации и анализе спектра поглощения выдыхаемого воздуха пациента с помощью медицинского лазерного оптико-акустического газоанализатора. Схема прибора представлена на рисунке 1.

Работа сенсора основана на оптико-акустическом эффекте. Этот эффект возникает в результате поглощения газами излучения Nd:YAG лазера. С помощью зонда, который присоединен к штуцеру 2, берется проба воздуха, которая воздушным насосом прокачивается через оптико-акустический детектор (ОАД). Молекулы газа, имеющие линии поглощения на длине волны излучения Nd:YAG лазера, поглощают модулированное излучение, при этом внутри ОАД формируются акустические колебания на частоте модуляции, которые регистрируются высокочувствительными микрофонами. Величина измеренного акустического сигнала пропорциональна концентрации молекул поглощающего газа в пробе воздуха. Информация о величине зарегистрированного сигнала отображается на мониторе блока управления и индикации, в качестве которого используется персональный компьютер.

В период с 01.09.2014 по 20.02.2015 проводился набор пациентов. В эксперименте было сформировано две группы людей. Группа здоровых состоит из 10 юношей, средний возраст которых составил 21 год. В эту группу вошли некурящие, с отсутствием заболеваний бронхо-легочной, пищеварительной, иммунной и др. систем.

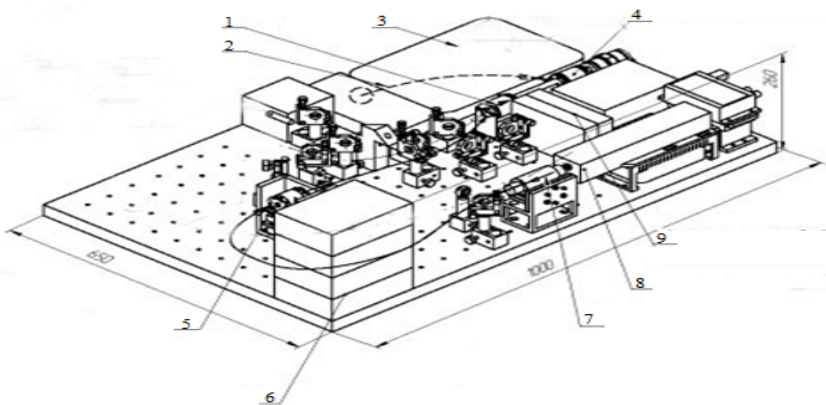


Рис. 1. Схема внутризонального лазерного оптико-акустического сенсора: 1 – вход излучения, 2 – забор пробы, 3 – персональный компьютер, 4 – оптико-акустический детектор, 5 – параметрический генератор света, 6 – контролер, 7 – выход лазерного излучения, 8 – лазер, 9 – аналого-цифровой преобразователь

Также была сформирована группа больных, состоящая из 10 людей с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), находящихся на 2 и 3 стадиях заболевания. Возраст группы колеблется от 40 до 60 лет. Пациенты до взятия проб не подвергались специализированному лечению.

Для исследования было необходимо, чтобы группы были однородны, для этого перед анализом добровольцы заполняли анкеты, в которых они указывали наличие имеющихся заболеваний, стаж курения.

В ходе исследований мы столкнулись с проблемой. Пары воды занимают значительную область диапазона поглощения и являются неинформативными, вследствие чего препятствуют получению результатов. Для устранения этой проблемы в работе было предложено использовать специальную систему отбора пробы воздуха. Используя данную систему, мы добились снижения концентрации паров воды, но полностью избавиться от них не удалось.

Отбор проб проводился до принятия пациентами пищи или спустя час после него. Перед началом анализа пациенты полоскали ротовую полость кипяченой или проточной водой. Испытуемые через пластиковую трубочку делали 3 спокойных выдоха в стеклянную пробирку объемом 12 мл, затем пробирка закрывалась стерильным ватным тампоном. После этого пробы подвергались анализу при помощи лазерной оптико-акустической спектроскопии.

Полученный спектральный диапазон (2,35–3,9 мкм) был разбит на 3 поддиапазона (по 215 длин волн каждый), затем данные обрабатывались с помощью специализированного программного обеспечения для визуализации многомерных данных «ViDaExpert», основанного на методе упругих карт. Эта программа позволяет строить упругие карты на основе метода главных компонент [2,3].

Были получены следующие результаты, которые отображены на рисунках 2–4.

Как видно из рисунков, разделение больных и здоровых произошло в двух диапазонах длин волн: 2,35–2,96 мкм и 2,96–3,58 мкм. На диапазоне 3,58–3,9 мкм разделений не наблюдается, поэтому он является неинформативным.

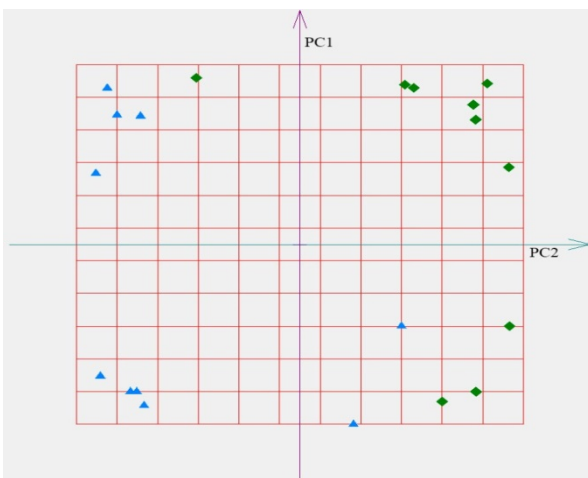


Рис. 2. Точечные оценки спектров поглощения выдыхаемого воздуха больных ХОБЛ (ромбы) и условно-здоровых добровольцев (треугольники) на диапазоне 2,35–2,96 мкм

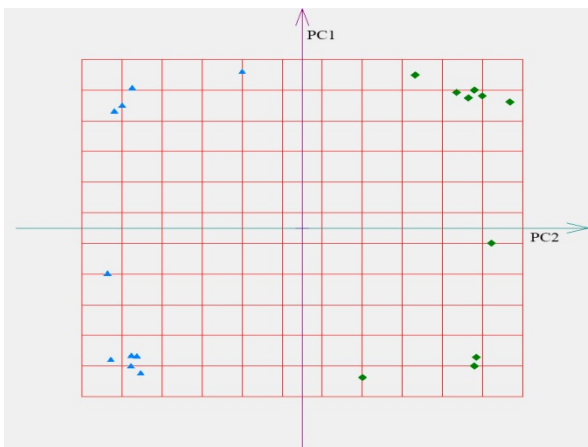


Рис. 3. Точечные оценки спектров поглощения выдыхаемого воздуха больных ХОБЛ (ромбы) и условно-здоровых добровольцев (треугольники) на диапазоне 2,96–3,58 мкм

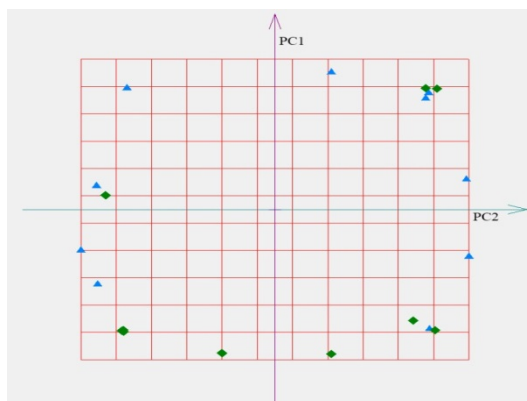


Рис. 4. Точечные оценки спектров поглощения выдыхаемого воздуха больных ХОБЛ (ромбы) и условно-здоровых добровольцев (треугольники) на диапазоне 3,58–3,9 мкм

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП ИР, контракт №14.578.21.0082 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок RFMEFI57814X0082).*

### Литература

1. Буланова А.А., Кузьмин Д.А., Юмов Е.Л. Лазерный оптико-акустический газоанализ выдыхаемого воздуха при хронической обструктивной болезни и раке легких // Сибирский онкологический журнал. – 2012. – Прил. №1. – С. 29-30
2. Зиновьев А. Ю. Визуализация многомерных данных – Красноярск: Изд-во КГТУ, 2000. – 168 с
3. Gorban A. N., Kegl B., Wunsch D., Zinovyev A. Y. (Eds.), Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction, Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering 58, Springer, Berlin — Heidelberg — New York, 2007, XXIV, 340 p

## АНАЛИЗ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО РЫНКА ОБОРУДОВАНИЯ ПЦР–ДИАГНОСТИКИ

А.Г. Дашковская<sup>1</sup>, С.Н. Мрыхин<sup>1</sup>, П.Н. Дробот<sup>1</sup>, С.В. Мельченко<sup>2</sup>,  
А.С. Рафальский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики

e-mail: dashkovskaya\_n@mail.ru