

УДК 616-073:612.117.5:001.891.54

Л.В. ДОЛГУШИНА, Е.А. ЖЕРЕБЦОВ, А.В. ДУНАЕВ
L.V. DOLGUSHINA, E.A. ZHEREBTSOV, A.V. DUNAEV

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
КОМПЛЕКСОВ: ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ И ЛАЗЕРНАЯ
ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА**

**MODERN TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL COMPLEXES:
OPTICAL COHERENT TOMOGRAPHY AND FLUORESCENT DIAGNOSTICS**

В данной работе рассмотрены методы оптической когерентной томографии и лазерной флуоресцентной диагностики, их преимущества и недостатки, а так же современные тенденции развития многофункциональных комплексов на их основе.

Ключевые слова: *оптическая когерентная томография, лазерная флуоресцентная диагностика.*

In this paper the methods of optical coherence tomography and laser fluorescent diagnostics, their advantages and disadvantages, as well as modern tendencies of development of the multifunctional complexes.

Key words: *optical coherent tomography, laser fluorescent diagnostics.*

В современной медицинской практике существует проблема неинвазивной экспресс-диагностики новообразований на предмет их злокачественности, решением которой является применение ряда неинвазивных методов оптической когерентной томографии (ОКТ) и лазерной флуоресцентной диагностики (ЛФД).

Основное преимущество данных методов состоит в том, что они позволяют оценить морфологические и биохимические свойства биоткани неинвазивно.

Метод ОКТ обычно используется для исследования внутренней структуры биоткани в ближнем ИК-диапазоне.

Данный метод основан на одномерной методике оптической рефлектометрии. Глубина выбирается с помощью низкокогерентной интерферометрии, в которой образец помещается в предметное плечо интерферометра Майкельсона, а сканирующая оптическая линия задержки – в опорное плечо [1].

Основной частью большинства исследовательских и практических систем ОКТ является двухлучевой интерферометр с источником излучения малой когерентности. В интерферометре излучение разделяется на измерительную волну, освещающую объект, и опорную волну, оптическая длина пути которой может изменяться при управляемом перемещении опорного отражателя.

Принцип ОКТ состоит в освещении объекта низкокогерентным излучением ближнего ИК диапазона и получении изображений, характеризующих внутреннюю пространственную структуру. Метод основан на регистрации степени рассеяния зондирующего излучения на оптических неоднородностях и измерении соответствующей задержки [1].

Оптическая схема для ОКТ представлена на рисунке 1.

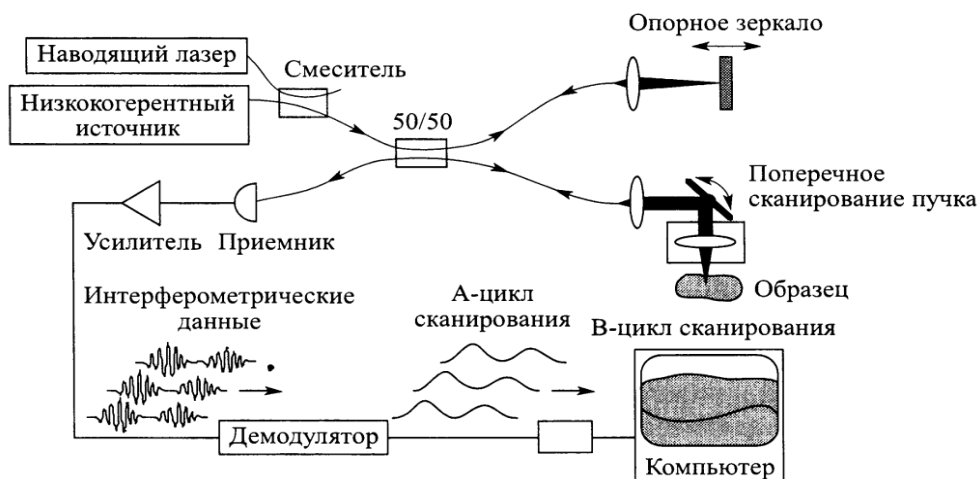


Рисунок 1 – Оптическая схема для ОКТ

В получении изображения ОКТ участвует очень небольшая часть фотонов, которые сумели дойти до объекта, отразиться и вернуться к наблюдателю, не испытав дополнительного рассеяния, т.е. фотоны, рассеянные обратно только интересующим нас микроскопическим объектом внутри объекта [2].

Полученные снимки практически идентичны гистологическим срезам (рис.2), с помощью которых можно послойно исследовать объемную внутреннюю структуру биологических объектов на основе использования различных физических принципов [3].

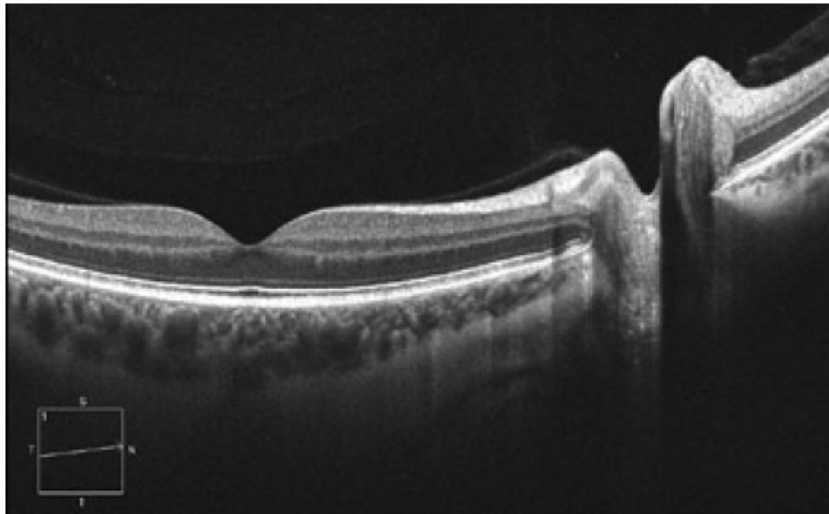


Рисунок 2 – Изображение молекулярной зоны сетчатки глаза

Лазерная флуоресцентная диагностика позволяет количественно определить индексы эритемы и пигментации кожи, оценивать изменение цвета кожи, проводить диагностику состояния кожного покрова в процессе лечения, изучать биофизику кожи.

Как известно, кожа человека представляет собой неоднородную поглощающую среду с явно выраженными рассеивающими свойствами.

Поглощение света является одной из характеристик эффективности взаимодействия света с кожей. В ультрафиолетовой (УФ) и видимой областях спектра поглощение света биотканями обусловлено специфическими электронными переходами в поглощающем атоме или молекуле (хромофорными группами). В коже содержится много различных хромофоров,

при этом в пределах каждого слоя кожной ткани поглощение света определяется несколькими доминирующими хромофорами.

Рассеяние является результатом неоднородности показателя преломления, отражающей микроструктурную неоднородность биоткани, при этом характер рассеяния зависит от соотношения длины волны рассеиваемого излучения и размера и формы рассеивающих частиц [2].

Метод ЛФД основан на возможности распознавания злокачественных новообразований по индуцированному световому излучению характерной флуоресценции. Интенсивность флуоресцентного отклика резко меняется в области интенсивной пролиферации, т.е. в области активного роста опухоли (рис.3) [4].

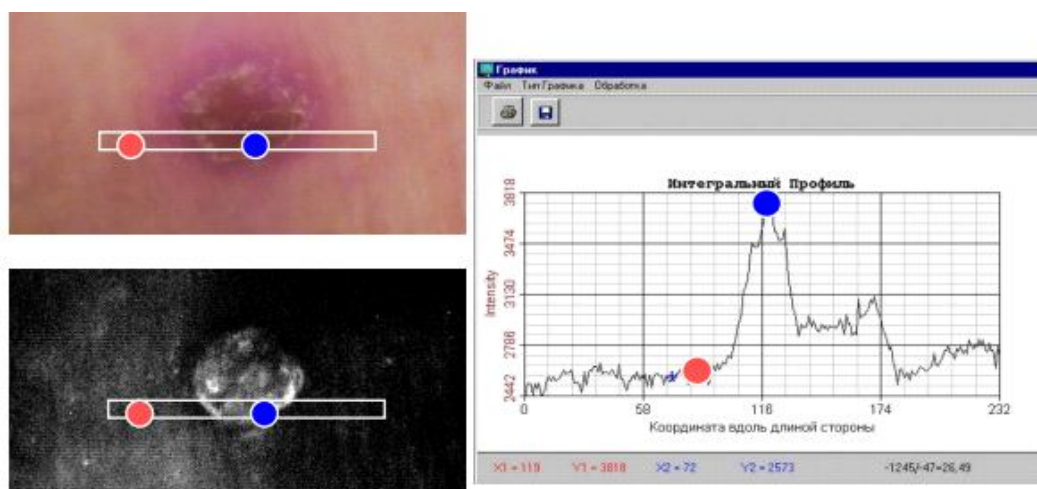
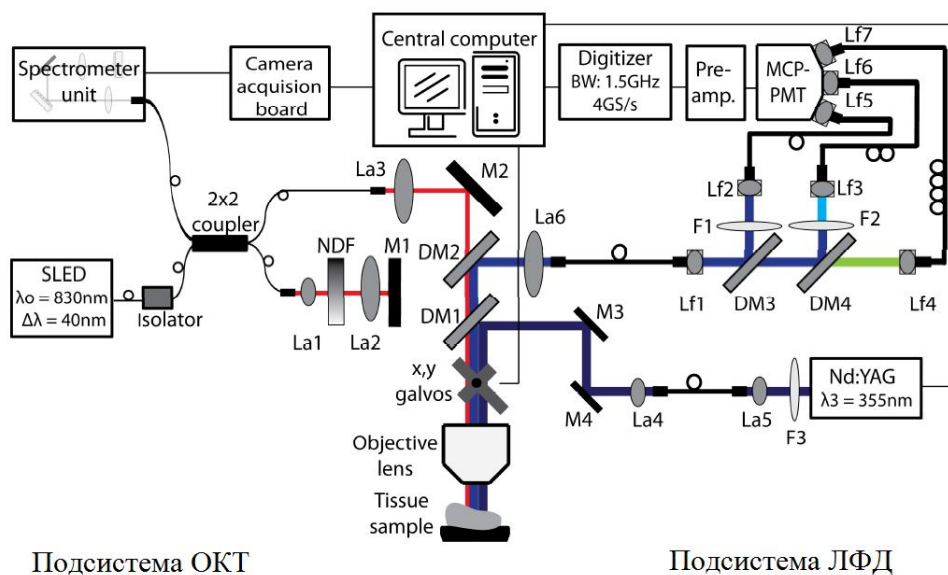


Рисунок 3 – Базилома кожи шеи

Основной причиной распространенности опухолей является позднее обращение за медицинской помощью, сложность обнаружения ранних форм. В связи с этим перспективным является поиск новых методов исследования, позволяющий выявлять ранние злокачественные изменения. Одним из таких методов может являться совмещенный метод ОКТ/ЛФД. Эти два метода взаимодополняют друг друга тем что позволяют получить информацию о пространственном распределении биологических компонентов в исследуемом объекте и успешно использовать её для диагностики, оценки эффективности лечения и для других целей.

В литературе [5-7] представлены способы реализации подобных методов. На рисунке 4 приведена функциональная схема одного из типичных примеров примеров[5].

Совмещенный комплекс ОКТ/ЛФД представлен двумя подсистемами: ОКТ и ЛФД.



Подсистема ОКТ

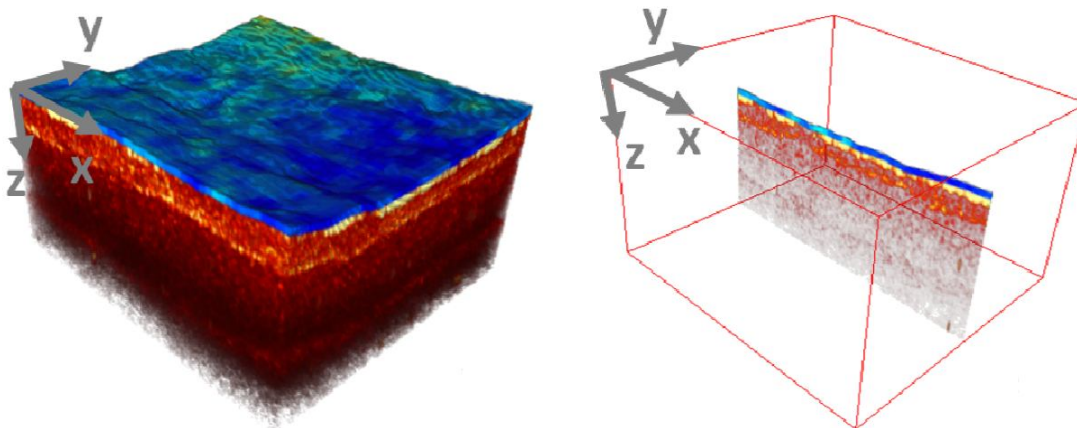
Подсистема ЛФД

Рисунок 4 – Пример реализации совмещённого метода ОКТ/ЛФД

Подсистема ОКТ включает в себя суперлюминисцентный диод (SLED) с длиной волны 830 нм и спектром пропускания 40 нм, который распространяет излучение в изолятор, предназначенного для защиты от нежелательного обратного отражения. Излучение, возбуждающее изолятор поступает на интерферометр, который разделяет его на два и направляет на образец и на опорный отражатель M1. Отразившись лучи обратно поступают в интерферометр, а далее на спектрометр. Отраженный сигнал преобразуется в цифровой и далее визуализируется на индикаторе.

Подсистема ЛФД включает в себя лазер который используется в качестве источника возбуждения. При взаимодействии лазерного излучения с биологической тканью происходит вторичное излучение флуоресценции, которая при помощи набора фильтров (Lf1 - Lf4) и зеркал (DM3 и DM4) распадается на три, одновременно регистрируются в MCP-PMT и усиливаются с помощью предварительного усилителя. В результате, последовательность, состоящая из трех последовательных распадов оцифровывается и передается в компьютер.

Оптические спектры подсистем объединены с помощью зеркала (DM1) и объектива. Результаты комплексного метода представлены на рисунке 5 [5].

**Рисунок 5 – Изображение фиброзной пластинки коронарной артерии**

Данные изображения получаются при помощи наложения флуоресцентного снимка на соответствующий объемный рисунок ОКТ.

Таким образом, разработка, совершенствование и совмещение в едином комплексе методов ОКТ и ЛФД перспективно на сегодняшний день. Подобный подход позволяет получить более полную информацию о морфологических и биохимических свойствах биоткани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладков Н.Д. Шахова Н.М. Сергеев А.М. Руководство по оптической когерентной томографии [Текст] / Н.Д. Гладкова Н.М. Шахова А.М. Сергеев // Общие принципы оптической когерентной томографии. – 2007. – С. 15-21.
2. Тучин В.В. Оптическая когерентная томография. Учебное пособие [Текст] / В.В. Тучин // Оптическая биомедицинская диагностика. Том 2. – 2007. – С. 78-243.
3. Щуко А.Г. Малышева В.В. Оптическая когерентная томография в диагностике глазных болезней [Текст] // ГЕОТАР-МЕДИА. – 2010. – С. 5-8.
4. Тушин А.И. Лазерно-флуоресцентная диагностика областей тканевого роста // Московский государственный институт электроники и математики
5. Jesung Park, Javier A. Jo, Sebina Shrestha, Paritosh Pande, Qiujie Wan, and Brian E. BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS // A dual-modality optical coherence tomography and fluorescence lifetime imaging microscopy system for simultaneous morphological and biochemical tissue characterization. 2010., P. 189-195.
6. Cuixia Dai, Xiaojing Liu, Shuliang Jiao, Journal of Biomedical Optics. // Simultaneous optical coherence tomography and autofluorescence microscopy with a single light source. 2012.
7. Barton J.K., Tumlinson A.R., Utzinger U., Combined Endoscopic Optical Coherence Tomography and Laser Induced Fluorescence [Электронный ресурс]. [<http://spx.arizona.edu/Papers/Chapter%2026%20-%20Combined%20Endoscopic%20OCT%20and%20Laser%20Induced%20Fluorescence.pdf>]:- режим доступа: <http://spx.arizona.edu>.

Долгушина Людмила Васильевна

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК», город Орёл, Россия
Студентка кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
E-mail: mila.dolguschina@yandex.ru

Жеребцов Евгений Андреевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК», город Орёл, Россия
Аспирант кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
E-mail: zherebzow@gmail.com

Дунаев Андрей Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК», город Орёл, Россия
Доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», к.т.н.
E-mail: a.v.dunaev@dundee.ac.uk