

# Гиперспектральная визуализация микроскопических медицинских препаратов

А.С. Хаманди  
Самарский национальный  
исследовательский университет им.  
академика С.П. Королева  
Самара, Россия  
alishn007@yahoo.com

Р.В. Скиданов  
Институт систем обработки  
изображений – филиал ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника»  
РАН  
Самара, Россия  
romans@ipsiras.ru

Н.А. Фирсов  
Самарский национальный  
исследовательский университет им.  
академика С.П. Королева  
Самара, Россия  
firsov.na98@gmail.com

В.В. Подлипов  
Институт систем обработки  
изображений – филиал ФНИЦ  
«Кристаллография и фотоника»  
РАН  
Самара, Россия  
podlipnovvv@ya.ru

А.Р. Макаров  
Самарский национальный  
исследовательский университет им.  
академика С.П. Королева  
Самара, Россия  
andre.makar1999@gmail.com

П.В. Борискин  
Медицинский Университет РЕАВИЗ  
Самара, Россия  
pboriskin@mail.ru

**Аннотация**—В данной работе представлены результаты исследования гиперспектральной визуализации в микроскопии для оценки патологических изменений на медицинских микропрепаратах. Методика может оказаться перспективной для оценки патологических изменений в клинической практике. Были получены гиперспектральные данные гистологических образцов для исследования и классификации различных типов волокон стенок вен.

**Ключевые слова**— гиперспектрометр, гиперкуб, спектральный анализ, микроскопия.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Гиперспектральная визуализация (ГСВ) является новым методом визуализации для медицинских применений, особенно в диагностике заболеваний и хирургии с визуальным контролем. Свет, доставляемый в биологическую ткань, подвергается многократному рассеянию от неоднородности биологических структур и поглощению, главным образом, в гемоглобине, меланине и воде при распространении через ткань [1,2]. Предполагается, что характеристики поглощения, флуоресценции и рассеяния ткани изменяются в течение прогрессирования заболевания [3].

Таким образом, отраженный, флуоресцентный и проходящий свет от ткани, захваченной ГСВ, несет количественную диагностическую информацию о патологии ткани [3,4]. Например, спектры поглощения характеризуют концентрацию и насыщение кислородом гемоглобина, что выявляет два признака рака: ангиогенез и гиперметаболизм [2].

Микроскоп с гиперспектральной визуализацией может использовать узкополосное излучение объекта, или излучение, прошедшее через оптический монохроматор [5]. Известны системы гиперспектральной визуализации на основе акустооптических модуляторов [6]. Наиболее часто в гиперспектрометрах используется оптическая схема сканирующего типа, аналогичная описанному в [7]. С помощью микроскопа-спектрометра можно получить спектр отдельных пикселей в диапазоне длин волн от 400 нм до 1000 нм со спектральным разрешением 5 нм [8]. Сочетание методов медицинской

химии, а также методы исследования морфологической картины биологических жидкостей и компьютерного анализа получаемых изображений могут существенно улучшить качество оценки медицинских препаратов. В свою очередь автоматизация процесса визуального осмотра и получения диагноза с определенной степенью точности существенно может удешевить и ускорить процесс анализа препаратов, а также устранить человеческий фактор. Одним из таких инструментов может стать получение гиперспектральных изображений медицинских препаратов и образцов, и их компьютерный анализ, в том числе и с использованием нейросетевых алгоритмов.

В связи с этим, в настоящей работе ставится задача исследования гиперспектрометра адаптированного для работы в составе микроскопа виде окулярной насадки для исследования его возможностей - по получению гистологических данных для определения и классификации различных типов волокон, из которых состоят стенки вен. Сканирование возможно осуществлять перемещением подвижного столика микроскопа. Такая концепция позволяет оснастить системой гиперспектральной визуализации практически любой микроскоп для биологических исследований.

## 2. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ

При тестировании микроскопа-гиперспектрометра (рис. 1), были получены пространственно-спектральные данные с гистологических препаратов крупных сосудов у кошки, в окраске гематоксилин и эозин. Исследовались коллагеновые и эластические волокна стенок следующих сосудов: аорта, бедренная артерия и вена, а также полая вена.

Полоя вена (рис. 3) впадает в сердце и имеет в своей стенке два типа волокон – коллаген и эластин. Также были получены спектры с гистологического препарата бедренной вены кошки. В этом случае также выявлены эластические и коллагеновые волокна (рис. 2). При исследовании гистологического микропрепарата стенки аорты были получены пространственно-спектральные данные характерные для эластического волокна.

Сравнение спектральной характеристики представлено на рис. 4.



Рис. 1. Внешний вид микроскопа с гиперспектральной приставкой

Данные для сравнения были получены на объективе с 40-кратным увеличением, и было выявлено, что схожие по внешнему виду волокна коллагена и эластина отличаются по спектральной характеристике.

На рис. 5 приведена классификация двух типов волокон, идентифицированных по различиям в спектральных характеристиках в стенке поллой вены.

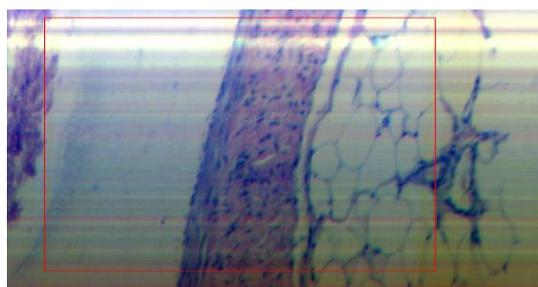


Рис. 2. Пример данных, полученных гиперспектральной камерой, бедренная вена - эластин

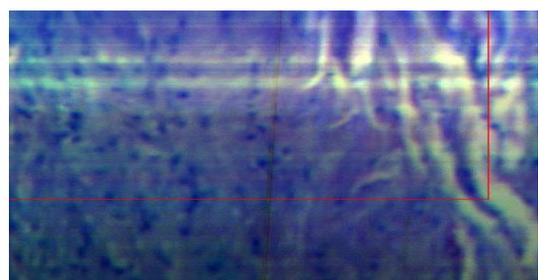


Рис. 3. Пример данных, полученных гиперспектральной камерой, полая вена, впадающая в сердце - коллаген

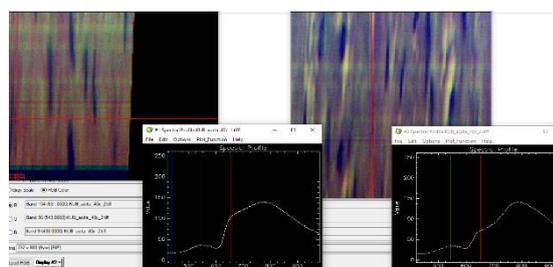


Рис. 4. Сравнение волокон аорты (волокна эластина) и большой вены(коллаген). Отличие по спектральной характеристике

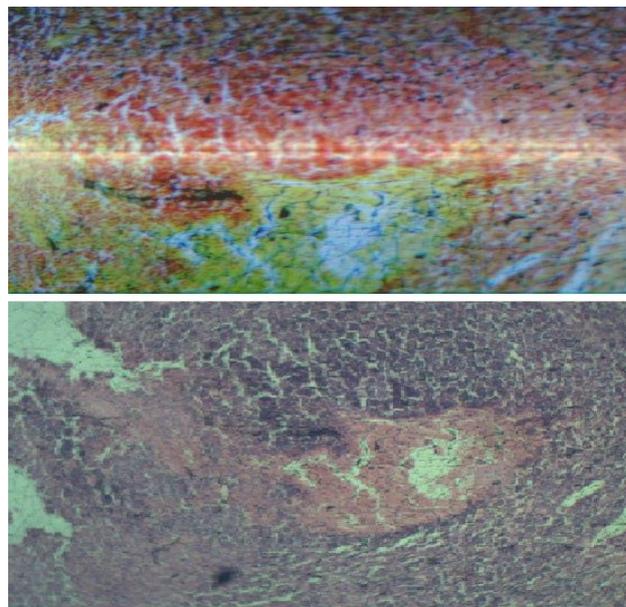


Рис. 5. Пример гиперспектральной визуализации и проведенной классификации по сравнению и обычным цветным изображением гистологического микропрепарата

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведены исследования возможностей гиперспектральной визуализации разработанной окулярной приставки - гиперспектрометра к микроскопу для компьютерного анализа и классификации волокон в гистологических микропрепаратах без использования селективных красителей.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zonios, G. Diffuse reflectance spectroscopy of human adenomatous colon polyps in vivo / G. Zonios, T. Lev, B. Vadim, M. Ramasamy, F. Maryann, V.D. Jacques, S.F. Michael // *Applied optics*. – 1999. – Vol. 38(31). – P. 6628-6637.
- [2] Lihong, W.V. Biomedical optics: principles and imaging / W.V. Lihong, Wu Hsin-I // Wiley & Sons. – 2009. DOI: 10.1002/9780470177013.
- [3] Costas, B. Multi-Hyperspectral Imaging / B. Costas, P. Christos, E. George // *Handbook of Biomedical Optics* CRC Press. – 2011. – P. 131-164.
- [4] Pierce, M.C. Accuracy of in vivo multimodal optical imaging for detection of oral neoplasia / M.C. Pierce, A.S. Richard and others // *Prevention Research*. – 2012. – Vol. 5(6). – P. 801-809. DOI: 10.1158/1940-6207.
- [5] Gurov, I.P. Formation of hyperspectral data on microscopic objects with high degree of spatial non-uniformity of optical density distribution / I.P. Gurov, A.I. Lopatin, A.V. Melnikov // *Scientific and Technical Journal of Information Technologies Mechanics and Optics*. – 2013. – Vol. 2(84). – P. 103-107.
- [6] Mazur, M.M. Dual acousto-optical image monochromator with adjustable width of the hardware function / M.M. Mazur, Yu.A. Suddenok, V.N. Shorin // *Pisma v ZhTF*. – 2014. – Vol. 40(4). – P. 56-62.
- [7] Orlov, A.G. Aviation hyperspectrometer: architecture and method of calculating elements / A.G. Orlov, V.V. Egorov, A.P. Kalinin, I.D. Rodionov // *5th All-Russian Open Annual Conference on the Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. – 2007. – P. 280-287.
- [8] Podlipnov, V.V. A compact imaging hyperspectrometer / V.V. Podlipnov, N.A. Ivliev, R.V. Skidanov // *Journal of Physics Conference Series*. – 2019. – Vol. 13689(2). DOI:10.1088/1742-6596/1368/2/022053.