

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра оптики и биофотоники

**«Получение и обработка изображений новообразований на коже  
человека с помощью смартфона в условиях оптического  
просветления»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4082 группы  
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»  
профиля «Медицинская фотоника»

Институт физики  
Демидова Егора Петровича

Научный руководитель

Доктор физико-математических наук

Профессор кафедрой оптики и биофотоники

Заслуженный деятель науки РФ



В.В. Тучин

Зав. кафедрой оптики и биофотоники

Доктор физико-математических наук

Профессор кафедрой оптики и биофотоники

Заслуженный деятель науки РФ



В.В. Тучин

Саратов 2024 год

## Введение

Будучи самым обширным органом человека, кожа представляет особый интерес для биомедицинских исследований, направленных на раннее выявление кожных заболеваний, контроль за доставкой лекарственных средств и изучение процессов старения. Важность этих задач подчеркивается разработкой и применением передовых методов молекулярной спектроскопии и визуализации. Спекл-структуры (от англ. speckle – крапинка, пятнышко) являются результатом интерференции волн от отдельных неоднородностей среды, в которой распространяется лазерное излучение. Данные спекл-картины снижают качество изображения, но вместе с тем они могут служить носителем полезной измерительной информации. Это создает предпосылки для их широкого применения в решении научно-технических задач в области высокоточных исследований[1].

В связи с актуальностью проблемы была сформулирована цель работы, как получение и анализ отраженного от кожи предплечья добровольца когерентного излучения в виде спекл-картины до и после воздействия оптических просветляющих агентов (ОПА) на кожу.

Были поставлены следующие задачи:

1. Сборка установки для проведения эксперимента.
2. Получение и регистрация изображений спекл-картин.
3. Получение зависимости флуктуации интенсивности от координат путем обработки изображений с использованием ПО.
4. Построение функции распределения вероятностей флуктуаций интенсивности (статистика первого порядка).
5. Построение автокорреляционной функции флуктуаций интенсивности (статистика второго порядка).

## Основное содержание работы

Во **введении** ВКР обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, показана научная новизна и практическая значимость результатов.

**Раздел 2** ВКР посвящён различным методам лазерной спекл-визуализации[2,3,6] в режимах на отражение и пропускание, а также обзору научных материалов по теме ВКР.

**Раздел 3** ВКР посвящен описанию материалов и методов, используемых при выполнении работы.

### Подготовка установки.

Опираясь на методы описанные в работах[2,3,5], была собрана схема экспериментальной установки, представленная на рис. 1.

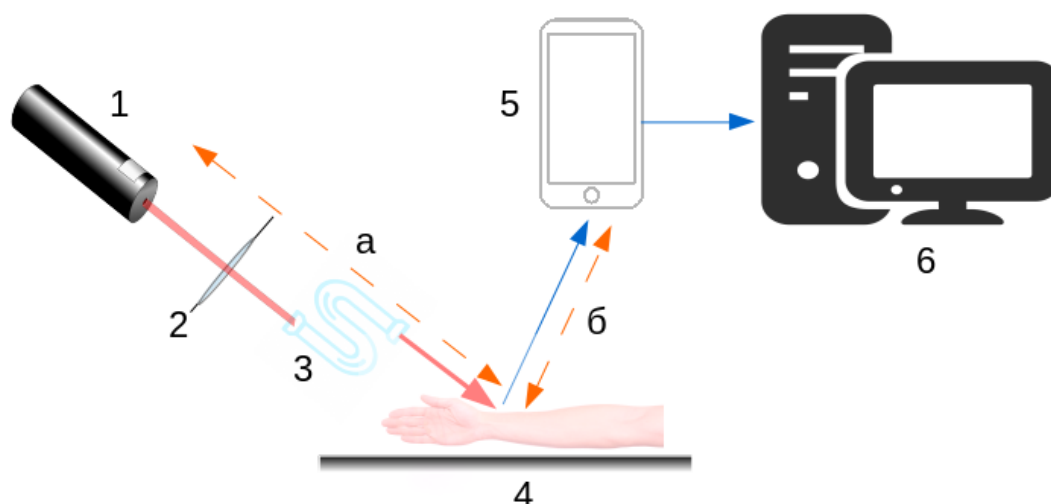


Рисунок 1- He-Ne лазер (633нм), линейно-поляризованное излучение, мощность 20 мВт, диаметр пучка 2 мм; 2 - поляризатор; 3 - световод; 4 — исследуемый участок кожи предплечья; 5 - смартфон с камерой с разрешением 1920\*1080 пикселей, режим работы цветной яркость - 3; 6- компьютер. а - расстояние от лазера до образца 65 мм; б - расстояние от лазера до камеры смартфона 186 мм.

Необходимо получить и проанализировать полученные спекл-картины от кожи предплечья человека до и после воздействия ОПА (50% раствор фруктозы).

### **Исследование воздействия ОПА на кожу предплечья добровольца.**

Была осуществлена сборка установки (рис. 2). Смартфон закреплен на штативе над установкой.

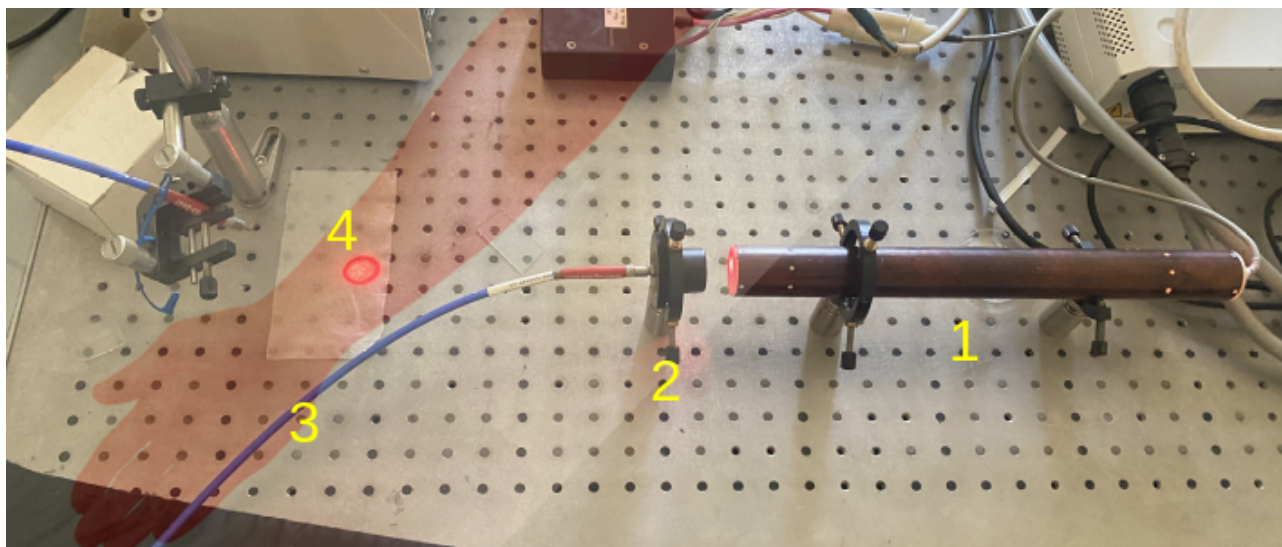


Рисунок 2. - Экспериментальная установка. 1 - He-Ne лазер (633нм), линейно-поляризованное излучение, мощность 20 мВт, диаметр пучка 2,1 мм, 2 - поляризатор, 3 - световод, 4 - исследуемый образец кожи предплечья.

#### **Порядок выполнения эксперимента:**

1. Сначала производится регистрация спекл-изображений кожи без использования ОПА. Длительность съемки - 60 секунд для получения большей выборки кадров.
2. На исследуемый участок кожи ставим кювету (без дна) и наливаем в нее 50% раствор фруктозы, фиксируем предплечье в горизонтальном положении на 5 минут.

3. По истечении времени пипеткой убираем отработанный ОПА из кюветы и протираем кожу салфеткой. Далее производится новая съемка исследуемого участка кожи.
4. После получения изображения снова фиксируем руку, ставим кювету и наливаем ОПА на 5 минут взаимодействия с кожей. Итого имеем 10 минут взаимодействия ОПА с кожей предплечья.

Повторяем 3 и 4 пункты для получения изображений с 15 минутным взаимодействием фруктозы с кожей.

Полученные видеоряды мы делим по кадрам и обрабатываем на компьютере с помощью программ ImageJ и OriginPro.

### **Метод обработки полученных спекл-картин.**

Полученный кадр открываем в ImageJ и выделяем исследуемую область (рис. 3).

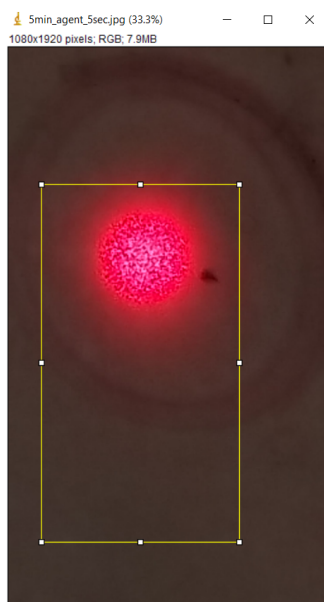


Рисунок 3. - Изображение спеклов на коже предплечья.

Переводим изображение в черно-белый режим 8-bit. Используя в эксперименте гауссов лазерный пучок, необходимо выяснить, где на изображении находится центр пучка.

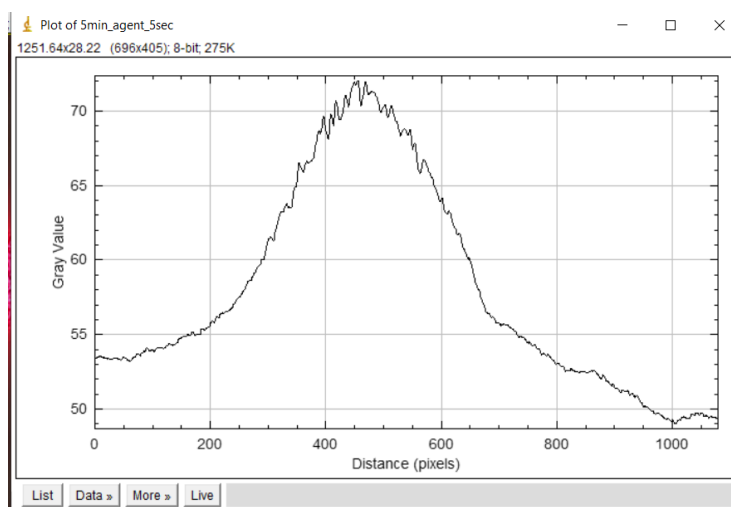


Рисунок 4. - Профиль отраженного пучка от поверхности кожи.

1. С помощью программы ImageJ нужно выделить всю область изображения. На рисунке 4 видно, что максимум функции Гаусса (ФГ) лежит в районе 1000 по оси X, аналогично для Y (600). Получив информацию о максимуме, анализируя график ФГ, далее необходимо выделить область слева и справа от центра, где соседние локальные максимумы отличаются на 1-3 оттенка серого друг от друга. Мы использовали данное допущение ввиду того, что ФГ вносит ощутимый вклад в распределение вероятности, а её производная в корреляционную функцию. После этого выделяется область интереса для анализа спеклов, с максимумом интенсивности в центре (Рис. 5).

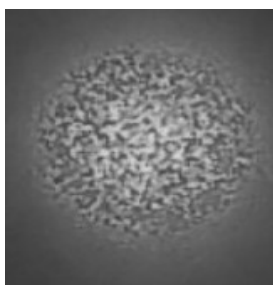


Рисунок 5. - Спекл-картина ткани кожи добровольца без ОПА.

2. Получить зависимость интенсивности от координат X,Y. В списке инструментов нужно выбрать прямую и провести через центр исследуемой области сначала по горизонтали, далее нажать Ctrl+K(Analyze-Plot profile), а потом и по вертикали.

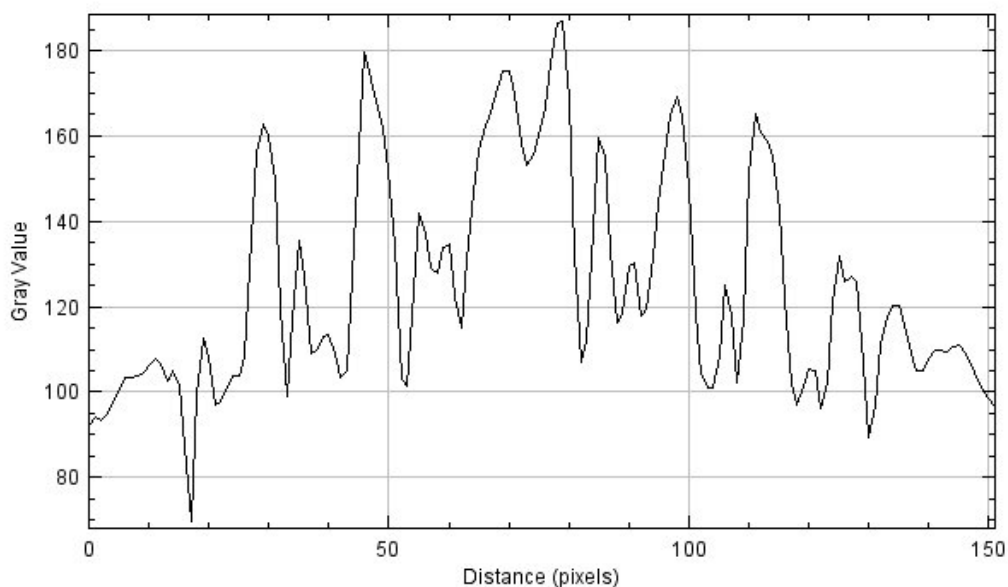


Рисунок 6. - Зависимость интенсивности от координаты X до воздействия фруктозы.

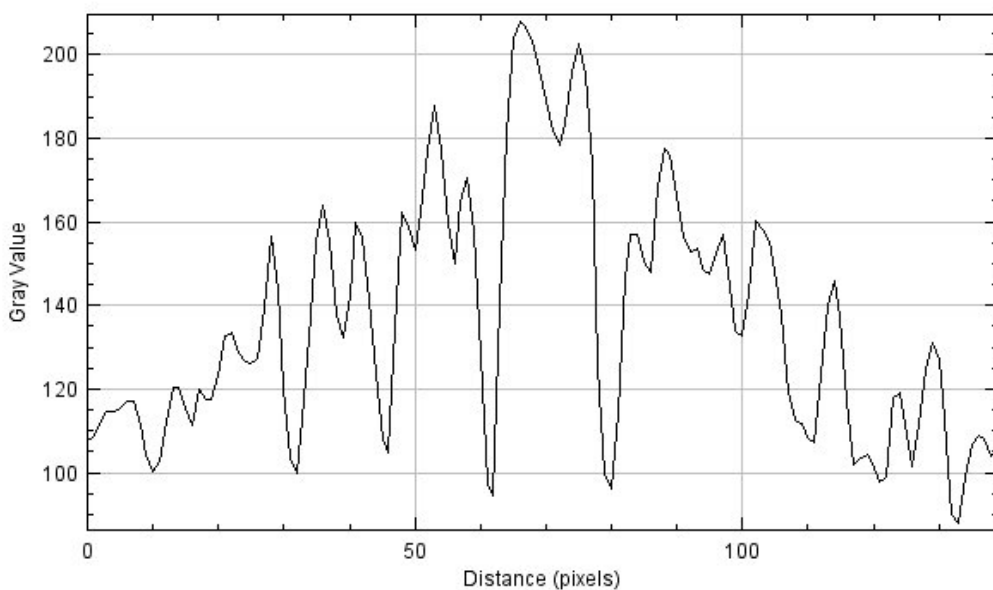


Рисунок 7. - Зависимость интенсивности от координаты Y до воздействия фруктозы.

3. Для получения функции вероятности необходимо снова воспользоваться программой ImageJ. Строя гистограмму(Рис.8) изображения, получим распределение точек по оттенкам серого. Далее воспользовавшись любой программой с удобным математическим пакетом (в данном случае OriginPro) получим функцию вероятности.

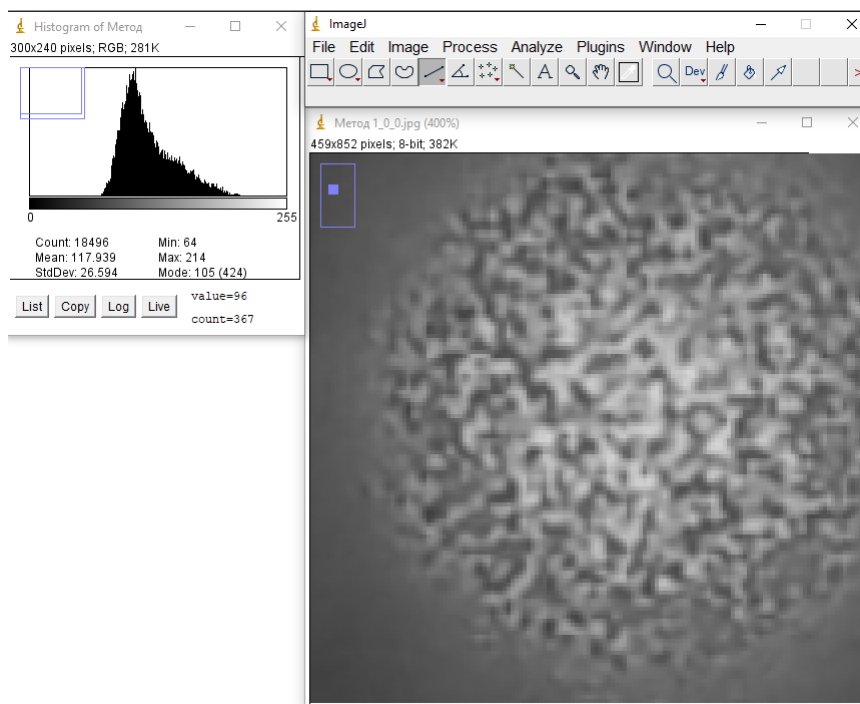


Рисунок 8. - Получение распределения пикселей по оттенкам серого с помощью программы ImageJ.

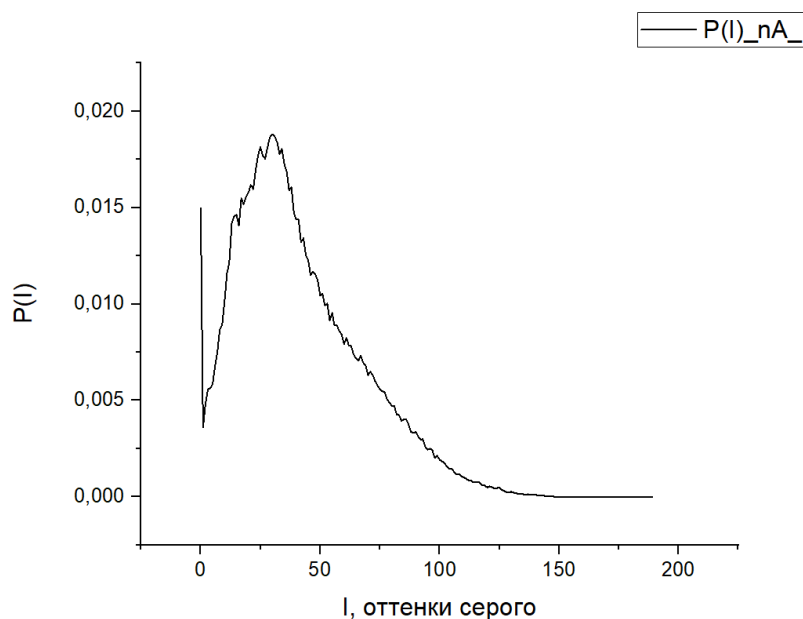


Рисунок 9. - Функция вероятности оттенков серого ткани кожи добровольца без ОПА.



4. Найдем автокорреляционную функцию(АКФ). Из пункта 2 необходимо взять данные и воспользоваться доступным математическим пакетом. Для каждого ряда (X, Y) нужно задать корреляционную функцию ряда самого с собой. Используем OriginPro. АКФ считается по формуле 1, нормируется на максимальное значение.

$$g_2(\Delta x) = \langle I(x + \Delta x)I(x) \rangle \quad (1)$$

В интерфейсе таблицы выбирается строчка  $F(X) = i$ , а в ней соответствующая ячейка где набирается следующая команда `corr(A, A, data(b, c), X)`. A- столбец набора данных, data(b,c) в нашем случае  $\Delta x$ ( то есть аргумент функции от b до c), X- сколько первых чисел ряда учитывать при подсчете АКФ.

**Раздел 4 ВКР** посвящен описанию результатов исследования.

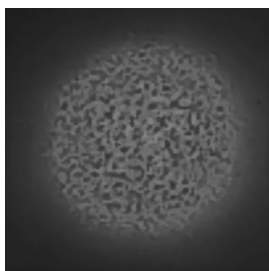


Рисунок 10. - Спекл-картина ткани кожи добровольца без использования ОПА.

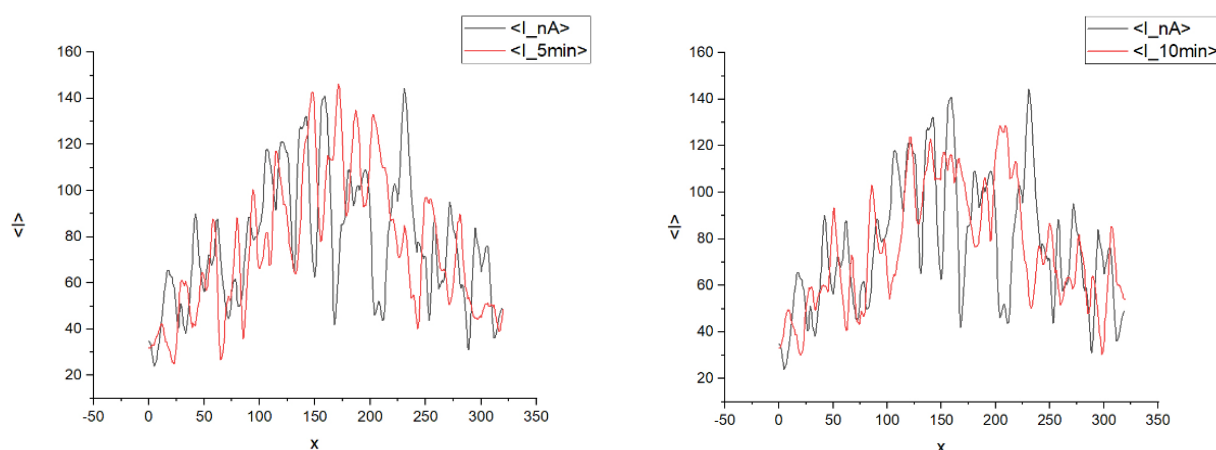


Рисунок 11. - Зависимость интенсивности от координат(усреднено) до нанесения фруктозы( $I_nA$ ) и через 5 минут после ( $I_{5min}$ ) и через 10 минут после ( $I_{10min}$ )

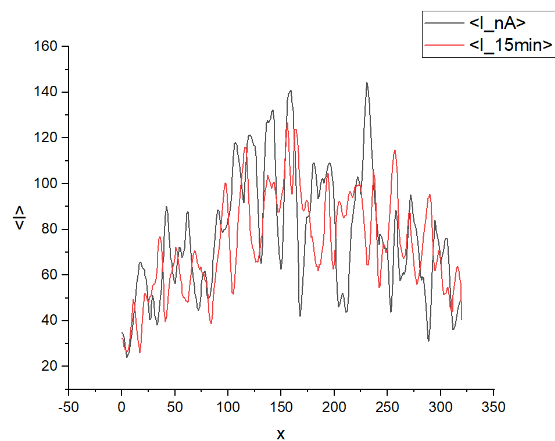


Рисунок 12. - Зависимость интенсивности от координат(усреднено) до нанесения фруктозы( $I_{nA}$ ) и через 15 минут после ( $I_{15min}$ )

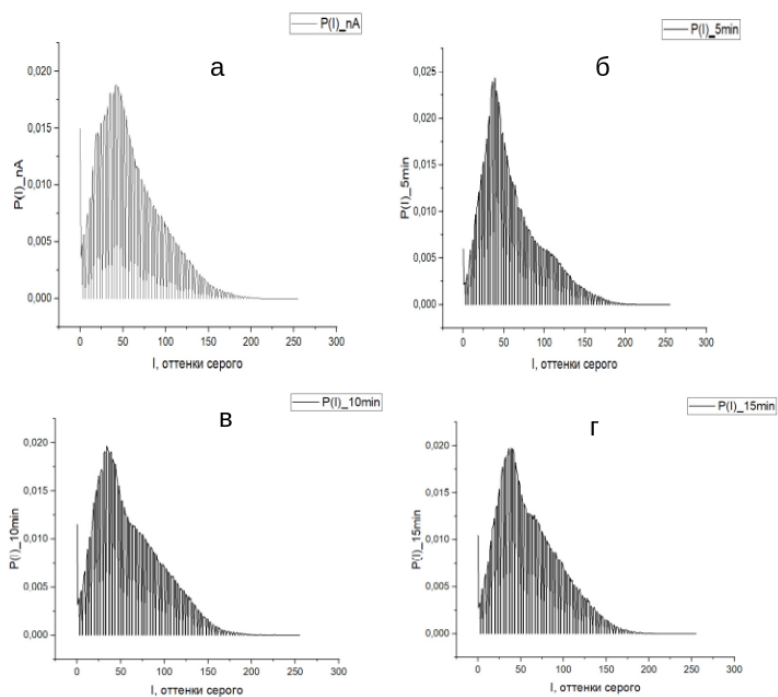


Рисунок 13. - Функция вероятности оттенков серого ткани кожи предплечья; а) до введения фруктозы; б) после 5 минут воздействия фруктозы; в) после 10 минут воздействия; г) после 15 минут воздействия.

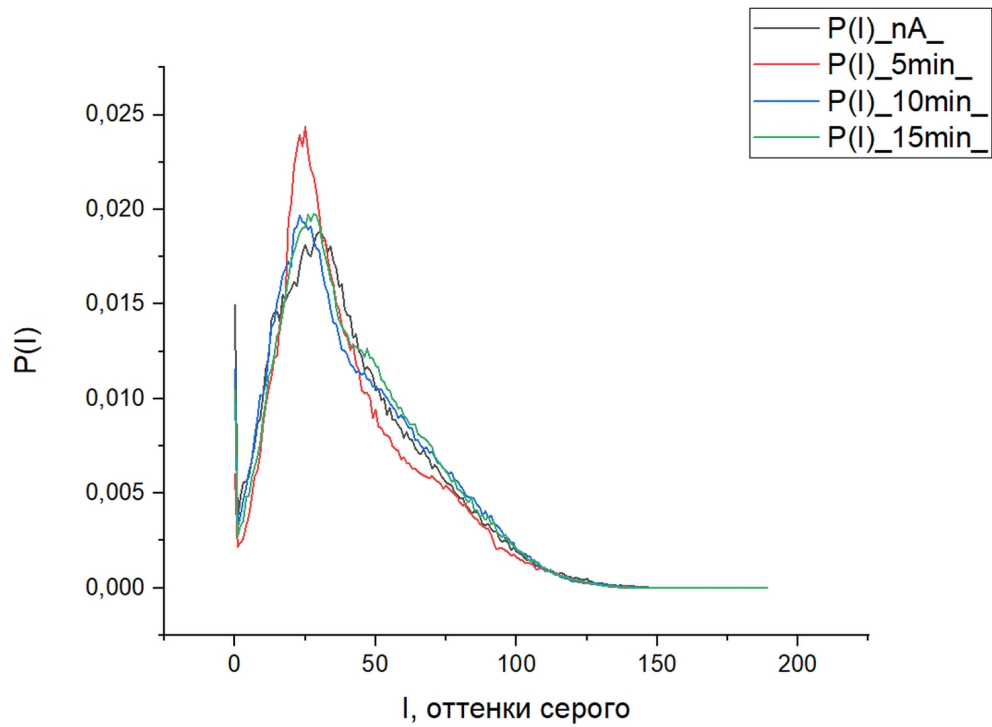


Рисунок 14. - Функция распределения вероятности для разных временных отрезков.

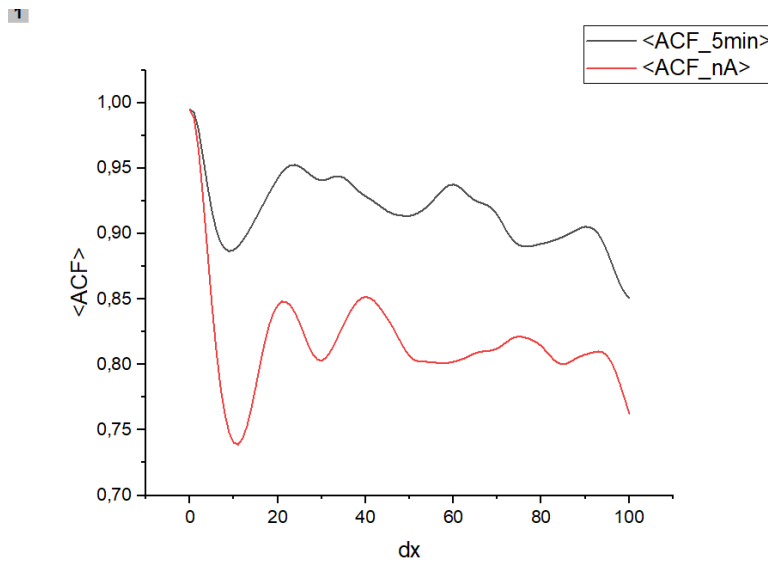


Рисунок 15. - Автокорреляционная функция флуктуаций интенсивности при  $\Delta x=[1]$  для спекл-картин от 0 до 5 минут. График корреляционной функции после воздействия фруктозы лежит немного выше.

Экспозиция и фокус были выставлены вручную перед началом эксперимента и были постоянными на всем его протяжении. Наблюдается явное возрастание корреляции, то есть растет размер спеклов, что собственно и ожидалось[4].

**В заключении** подводятся итоги дипломной работы, излагаются его основные результаты.

Был поставлен эксперимент по исследованию статистики лазерных спекл-полей при отражении лазерного излучения от неоднородной среды на примере кожи предплечья человека. При исследовании в качестве просветляющего агента была использована 50% фруктоза. В результате анализа были получены функции распределения вероятностей (ФРВ) и автокорреляционные функции(АКФ) флуктуаций интенсивности разных этапов эксперимента. ФРВ до действия агента имела меньшее количество светлых оттенков, чем через 5 минут действия фруктозы, максимум функции стал больше. АКФ после действия агента стала лежать выше усредненных значений без агента, что говорит о возрастании однородности картин, то есть об увеличении размеров спеклов. Анализ статистики спекл-картин позволяет находить неоднородности в тканях и в дальнейшей перспективе определять дефекты в биологических тканях.

Использование смартфонов для получения и обработки изображений кожи в условиях оптического просветления открывает новые возможности для медицины и косметологии. Это позволяет проводить высококачественную диагностику и мониторинг состояния кожи в удобных условиях и с минимальными затратами. Развитие данной технологии требует дальнейших исследований и совершенствования методов обработки изображений, что станет задачей для будущих научных работ в данной области.

### Список использованных источников

1. Рябухо В.П. Спекл-интерферометрия / Рябухо В.П. // Соросовский образовательный журнал. - 2001. - Том 7, № 5. - Стр. 102-109.
2. Sdobnov A.A. Laser speckle contrast imaging for functional visualization / A.A. Sdobnov - University of Oulu graduate school. - 2022. - P. 19-30.
3. Тучин В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике / В.В. Тучин. - Физматлит. - 2012. – Стр. 616-686.
4. Утц С.Р. Динамика некоторых биофизических параметров кожи человека в процессе оптического просветления при воздействии гиперосмотических агентов / С.Р. Утц, В.В. Тучин, Е.М. Галкина // Вестник дерматологии и венерологии. - 2015. - №4. - Стр. 60-68.
5. Tuchin V.V. Advanced optical flow cytometry / Edited by V.V. Tuchin . - WILEY-VCH. - 2011. - P. 605-626.
6. Сдобнов А.Ю. Методы молекулярной оптической визуализации в дерматологии при оптическом просветлении кожи / А.Ю. Сдобнов, Ю. Ладеманню, М.Е. Дарвин, В.В. Тучин // Успехи биологической химии. - 2019. - Том 59. - Стр. 295-322.

