

**ДЕРМАТОВЕНЕРОЛОГИЯ/DERMATOVENEREOLOGY**DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92> EDN: GIUGLF**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДЕРМАТОЛОГИИ. ВИЗУАЛЬНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ СТРУКТУРЫ КОЖИ, ПОЛУЧЕННЫХ НЕИНВАЗИВНЫМИ МЕТОДАМИ (LUMEN STRATIS)**

Научная статья

Петрова К.С.¹, Пройдакова Е.В.², Петрова Г.А.³, Гоева О.Н.^{4*}, Зельникова Ю.А.⁵, Бруева А.А.⁶¹ ORCID : 0000-0002-4024-470X;² ORCID : 0000-0002-5100-5501;³ ORCID : 0000-0001-7155-093X;⁴ ORCID : 0009-0000-1759-2442;⁵ ORCID : 0009-0009-8817-4307;⁶ ORCID : 0009-0004-7091-0090;^{1, 2, 3, 4} Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация^{1, 2, 4} Институт клинической медицины, Нижний Новгород, Российская Федерация⁵ Больница №13, Нижний Новгород, Российская Федерация⁶ Лицей № 28 им. Б.А. Королева, Нижний Новгород, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lesyagoeva[at]gmail.com)

Предложена: 02.07.2025; Принята: 27.05.2026; Опубликовано: 17.06.2026

Аннотация

Развитие современной медицины направлено на создание новых диагностических методов медицинской визуализации. В основе данных методов лежат различные принципы, но главным преимуществом является их неинвазивность и возможность выполнения многократных исследований, в том числе для мониторинга состояния пациента без негативных последствий.

Существует множество научных статей, посвященных специальной обработке медицинских изображений, в том числе с применением технологий искусственного интеллекта, однако специалисты уже работающие с такими системами искусственного интеллекта указывают на то, что они с трудом разбираются в интерфейсе программ. Также следует отметить, что новейшие разработки остаются недоступными широкому кругу врачей реально занимающихся лечением больных и весьма далеких от «прорывных технологий». Кроме того, результаты применения методов машинного обучения, особенно глубокого сложны для интерпретации и не могут быть отнесены к наглядным. При этом результаты обработки изображения оптической когерентной томографии должны быть визуально очевидны для врача и помогать в постановке диагноза, а не усложнять данную задачу. Поэтому в данной работе акцент делается на использовании неинвазивных и математически подтвержденных методов исследований которые позволяют проводить адекватную и физически подкрепленную интерпретацию результатов, понятную для врача.

Ключевые слова: дерматология, искусственный интеллект, оптическая когерентная томография, «оптическая биопсия», оптические изображения кожи, комбустиология, ожоговая травма, Lumen stratis.

MEDICAL IMAGING SOFTWARE IN DERMATOLOGY. VISUAL STATISTICAL ANALYSIS OF SKIN STRUCTURE IMAGES OBTAINED USING NON-INVASIVE METHODS (LUMEN STRATIS)

Research article

Petrova K.S.¹, Proidakova Y.V.², Petrova G.A.³, Goeva O.N.^{4*}, Zelnikova Y.A.⁵, Brueva A.A.⁶¹ ORCID : 0000-0002-4024-470X;² ORCID : 0000-0002-5100-5501;³ ORCID : 0000-0001-7155-093X;⁴ ORCID : 0009-0000-1759-2442;⁵ ORCID : 0009-0009-8817-4307;⁶ ORCID : 0009-0004-7091-0090;^{1, 2, 3, 4} N.I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russian Federation^{1, 2, 4} Institute of Clinical Medicine, Nizhny Novgorod, Russian Federation⁵ Hospital № 13, Nizhny Novgorod, Russian Federation⁶ B.A. Korolev Lyceum № 28, Nizhny Novgorod, Russian Federation

* Corresponding author (lesyagoeva[at]gmail.com)

Suggested: 02.07.2025; Accepted: 27.05.2026; Published: 17.06.2026

Abstract

Advances in modern medicine are focused on developing new diagnostic methods in medical imaging. These methods are based on a variety of principles, but their main advantage lies in their non-invasive nature and the ability to perform repeated scans, including monitoring the patient's condition, without any adverse effects.

There are numerous research articles devoted to the specialised processing of medical images, including those using artificial intelligence technologies; however, specialists already working with such AI systems report that they find it difficult to navigate the software interfaces. It should also be noted that the latest developments remain inaccessible to the wider circle of doctors actually involved in treating patients and are far removed from "breakthrough technologies". Furthermore, the results of applying machine learning methods, particularly deep learning, are complex to interpret and cannot be described as intuitive. At the same time, the results of optical coherence tomography image processing must be visually clear to the doctor and assist in making a diagnosis, rather than complicating the task. Therefore, this work focuses on the use of non-invasive and mathematically validated research methods that allow for an adequate and physically grounded interpretation of results, which is understandable to the doctor.

Keywords: dermatology, artificial intelligence, optical coherence tomography, "optical biopsy", optical skin imaging, combustiology, burn injury, Lumen stratis.

Введение

Современная медицинская наука уделяет значительное внимание развитию диагностических методов медицинской визуализации, которые могли бы использоваться специалистами разных направлений. Традиционно под понятием «медицинская визуализация» подразумеваются неинвазивные методики, позволяющие получать информацию об интересующих органах и тканях, выраженную в оптических образах или реконструкции интересующего объекта [6], [7], [8], [9].

Объектами медицинской визуализации становятся различные органы и системы человеческого организма. В основе таких методов лежат различные принципы (применение ультразвука, биопсийное исследование, методы фиксации концентрации различных веществ в тканях, фиксация скорости и характера кровотока, оптические методы). Значительным преимуществом этих методик является минимизация или полное отсутствие повреждений и возможность выполнения многократного изучения, позволяющих проводить контроль в процессе терапии или регистрировать изменения происходящие после оперативного лечения пациента вплоть до полной реконвалесценции [10], [12], [13], [14].

С другой стороны, общим недостатком таких методов является сохраняющаяся субъективность оценки результатов, которая зависит от опыта, квалификации и личных характеристик врача-эксперта. Таким образом, в отношении различного рода изображений, представляющих собой отражения объектов медицинской визуализации, получаемых в ходе исследований, создается парадоксальная ситуация. Рентгеновское исследование, компьютерная томография, магнитно-резонансное, ультразвуковое исследование и различные варианты когерентной томографии прочно заняли свое место в диагностической медицине и являются на сегодняшний день уже привычными технологиями. Однако получаемые результаты в виде медицинских изображений уже в течение многих лет продолжают оцениваться, так сказать, «вручную». А программное обеспечение, прилагаемое к оборудованию, предлагает врачу-специалисту ограниченный набор возможностей оценки изображений сводящиеся обычно к определению размеров интересующих объектов. Неудивительно, что в медицинской практике распространены ситуации, когда в поисках истинного диагноза один и тот же снимок консультируется несколькими специалистами и решение о диагнозе выносится «большинством голосов» наиболее опытных и компетентных специалистов.

Безусловно, имеется множество научных статей, посвященных специальной обработке медицинских изображений, в т.ч. с применением технологий искусственного интеллекта, однако такие публикации зачастую знакомы только узкому кругу специалистов, интересующихся конкретной проблемой, да еще имеющих возможность прочитать такую публикацию, потому что большинство из них не находятся в открытом доступе. Таким образом, новейшие разработки остаются недоступными широкому кругу врачей, реально занимающихся лечением больных и весьма далеких от теоретических изысканий. И уж тем более они не включаются в методические и клинические рекомендации.

Другим немаловажным моментом является сложность прямого взаимодействия врачей специалистов, нуждающихся в конкретных диагностических методах и технических разработках и возможными исполнителями этих запросов. Научные группы, включающие специалистов технического направления и ИТ, в некоторых случаях работают изолированно от врачебных групп, не представляя реальные актуальные запросы врачей, работающих в реальной медицине с реальными людьми. Разрабатываемые таким образом программные продукты являются слишком сложными для применения в широкой практике, не позволяют адекватно интерпретировать результаты обработки и зачастую остаются на уровне разработок и патентов. Совместная работа врачей-исследователей и специалистов в области ИТ и искусственного интеллекта должна быть направлена на создание программного обеспечения, позволяющего, с одной стороны, облегчить работу врача, вынужденного обрабатывать большие объемы информации и сравнивать множество медицинских изображений самостоятельно, а с другой стороны — по возможности объективизировать результаты получаемых данных. В частности, при оценке изображений кожи, получаемых с помощью таких методов как оптическая когерентная томография (ОКТ) и высокочастотное УЗИ всегда возникал вопрос субъективности в описании и оценке тех или иных структур кожи и патологических изменений [15], [16].

Оптическая когерентная томография — высокоразрешающий (10–20 мкм) метод визуализации структуры биотканей, использующий в качестве зондирующего излучения низко интенсивный свет ближнего инфракрасного диапазона. Структура ткани визуализируется за счет регистрации отраженной части зондирующего излучения от внутритканевых элементов, отличающихся по показателю преломления и свойствам обратного рассеяния [1], [4], [11].

3D модификация ОКТ обеспечивает получение трехмерного изображения исследуемого фрагмента кожи площадью 5x5 мм на глубину до 2 мм с возможностью изучения как самой трехмерной модели с различных ракурсов, так и изображений произвольного числа срезов этого фрагмента во фронтальных, сагиттальных, горизонтальных и любых других плоскостях, что значительно увеличивает надежность визуализации сосудов и придатков кожи и информативность метода в целом [3]. Метод может рассматриваться в качестве альтернативы эксцизионной биопсии в

случаях невозможности ее проведения [3]. Получаемые изображения представляют собой комбинацию серий двумерных ОКТ-образов вертикальных срезов (во фронтальной, в сагиттальной плоскости) и горизонтальных срезов кожи, а так же реконструированного трехмерного ОКТ- изображения исследуемого участка кожи размером 5x5 мм на глубину до 2 мм, представленных в псевдоцветной коричневой или черно-белой палитре. Координаты представленных на рис. 5 вертикальных и горизонтальных срезов отмечены на трехмерном реконструированном изображении изучаемого фрагмента кожи вертикальными (фронтальной и сагиттальной) и горизонтальной рамками. Перемещение рамок при использовании ПО в заданном направлении, позволяет отметить на трехмерном изображении интересующий участок и получить произвольное число вертикальных (фронтальных и сагиттальных) и горизонтальных срезов изучаемого фрагмента для детального изучения каждого из них. Величина принятого сигнала в каждом элементе изображения (пикселе) характеризуется яркостью и цветом. Каждое значение интенсивности сигнала соответствует номеру цвета в палитре. Черный/белый и коричневый/белый соответствуют первому и последнему номерам цвета в палитре и являются отражением самого слабого и самого сильного значений сигнала. Все остальные значения сигнала отображаются в линейной зависимости от выбранных уровней черного/белого и коричневого/белого. Таким образом, более светлые (яркие) участки ОКТ-изображений соответствуют большей интенсивности отраженного назад излучения. Вплоть до недавнего времени программное обеспечение, позволяющее оценивать интенсивность сигнала в пределах тех или иных оптических слоев, отсутствовало. Таким образом, практически отсутствовала необходимая объективность оценки светимости изображений, что справедливо вызывало много вопросов к результатам исследований. Сам прибор, а также его технические характеристики подробно описаны в соответствующем методическом пособии, позволяющем получить представление о принципе ОКТ и его возможностях в дерматологии [3].

Наша научная группа, включающая врачей, специалистов по анализу данных и ИТ разработала программу для ЭВМ «Визуальный статистический анализ изображений структуры кожи, полученных неинвазивными методами (Lumen stratis)», позволяющую решить этот вопрос. Применяется для анализа ОКТ-изображений кожного покрова при проведении скринингового обследования с целью оперативного выявления характера патологических изменений кожи.

ПО написано на языке программирования Python 3.10. в открытой среде разработки PyCharm Community Edition 2023.2.3. Использовались следующие библиотеки и модули Python: NumPy, OpenCV, Tkinter, PIL.

Требуемый вид и версия операционной системы: Windows 7/8/10/11. Программа «Lumen stratis» позволяет выполнять следующие задачи: быстрая загрузка (без конвертора) ОКТ-снимков (изображений); визуализация статистического анализа изображений, проводимого в диалоге с пользователем; сохранение результатов исследования в форматах .bmp, .JPG, .tmg, .dat, .png и .txt. Среднее время обработки одного изображения 20 миллисекунд. Тип реализующей ЭВМ — IBM PC совместимый персональный компьютер.

Получено свидетельство № 2024615567 от 11.03.2024 о государственной регистрации программы для ЭВМ «Визуальный статистический анализ изображений структуры кожи, полученных неинвазивными методами (Lumen stratis)».

В данной работе в том числе описанное программное обеспечение применялось для объективного визуального анализа ОКТ-изображений кожного покрова.

У всех пациентов получено добровольное информированное письменное согласие.

Методы и принципы исследования

Цель работы. Разработка и оценка эффективности программного обеспечения для объективного визуального анализа ОКТ-изображений кожного покрова.

Материалы методы. Использовали оптический когерентный томограф «ОКТ 300 - Е» с зондом для неинвазивных исследований и возможностями моделирования получаемых изображений в режиме 3D со следующими техническими характеристиками: длина волны излучения — 1300 нм, мощность излучения на объекте 0,75 мВт (ниже уровня, допустимого по стандарту AMSI), пространственное разрешение — 8–20 мкм, глубина сканирования — до 2 мм, площадь сканирования 5x5 мм, время получения изображения — 20 секунд. Для обработки полученных изображений использовали программу «Визуальный статистический анализ изображений структуры кожи, полученных неинвазивными методами (Lumen stratis)».

Анализировали 470 оптических изображений. Из них 170 изображений составляли оптические образы кожи здоровых добровольцев в различной локализации, 300 изображений кожи у пациентов с ожогами различной степени. Получали 3D изображений кожи исследуемых областей, представленных в виде ОКТ-образов в различных плоскостях в псевдоцветной коричневой палитре. Интенсивность сигнала в каждом пикселе изображения соответствовала номеру цвета в палитре от более к менее интенсивным значениям. Изображения обрабатывали с помощью программы «Lumen stratis», выделяя с помощью подбора рабочих параметров, определенные слои и структуры и определяя значения степени интенсивности сигнала в интересующих областях изображений, выраженных в числовом эквиваленте.

В основе выделения слоев лежит предположение о нормальном распределении светимости пикселей изображения и правила 3 σ , справедливое для нормального закона. Нейронные сети и сложные алгоритмы машинного обучения не применялись для сохранения возможности адекватной наглядной интерпретации результата. Диапазоны слоев определялись следующим образом:

- «-1 Слой» — $[M - \sigma; M]$, (оптический аналог верхней части рогового слоя с высоким уровнем сигнала).
- «1 Слой» — $[M; M + \sigma]$, (оптический аналог нижней части рогового слоя с низким уровнем сигнала).
- «2 Слой» — $[M + \sigma; M + 2\sigma]$, (оптический аналог клеточных слоев эпидермиса с высоким сигналом).
- «3 Слой» — $[M + 2\sigma; M + 3\sigma]$, (оптический аналог зоны дермо-эпидермального проникновения со средним уровнем сигнала).
- «4 Слой» $[M + 3\sigma; M + 4\sigma]$. (оптический аналог верхней части дермы с низким уровнем сигнала).

Здесь M — выборочное математическое ожидание, σ — выборочное среднеквадратическое отклонение. Визуализация расположения слоев на плотности $f(x)$ нормального закона распределения приведена на рисунке ниже.

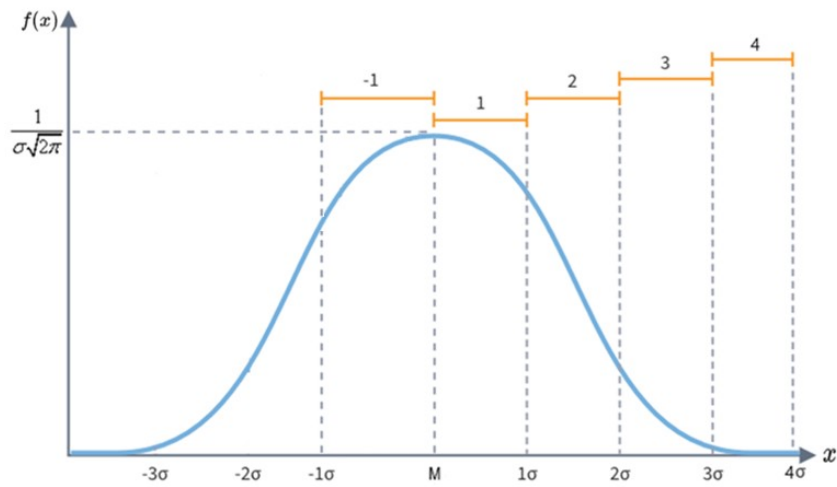


Рисунок 1 - Визуализация расположения слоев на плотности $f(x)$ нормального закона распределения
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.1>

Алгоритм реализации анализа ОКТ-изображения представлен на следующей схеме:



Рисунок 2 - Алгоритм реализации анализа ОКТ-изображения
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.2>

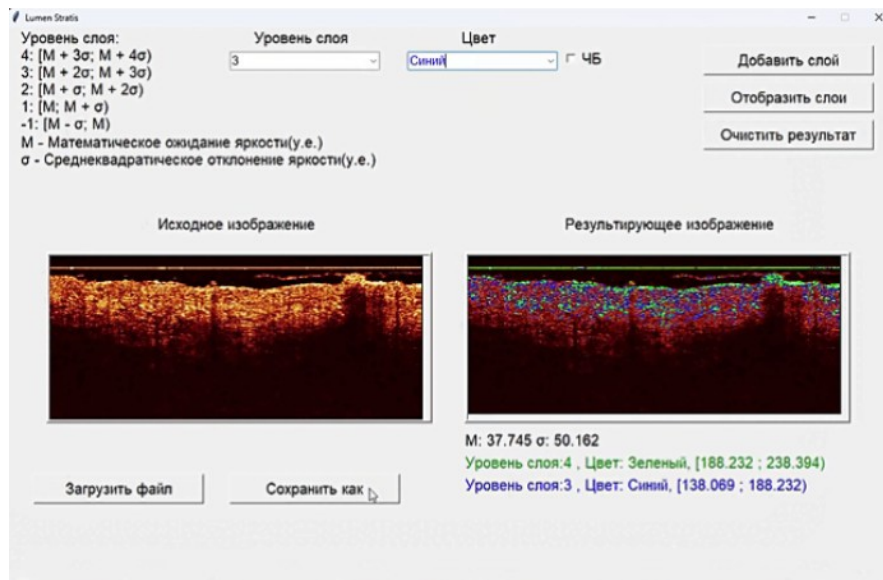


Рисунок 3 - Рабочее окно программы «Lumen stratis»
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.3>

Основные результаты

Обработка изображений поврежденной кожи пациентов с ожогами различной тяжести в программе «Lumen stratis» способствовала объективизации и четкой визуализации указанных изменений получаемые изображения проходили обработку в специально созданной программе, позволяющей выполнять статистический анализ изображений и визуализацию проведенного статистического анализа с численным выражением математического ожидания яркости изображения и среднеквадратического отклонения яркости, выраженных в условных единицах. Таким образом, получали более четкую визуализацию слоев, что позволяло достоверно установить их наличие или отсутствие.

При ожогах 1 степени обработка позволила подтвердить сохранение рогового слоя, клеточных слоев эпидермиса, сосочкового и верхней части сетчатого слоев дермы (Рис.4, 5)

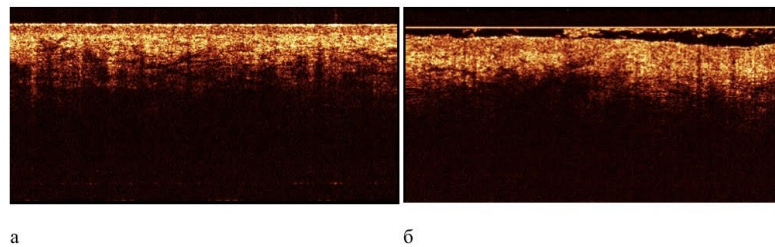
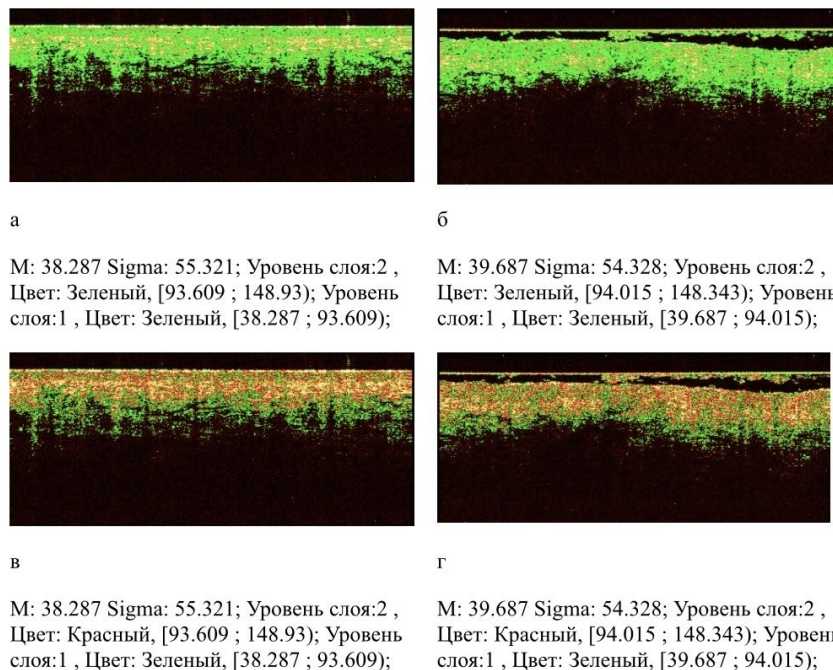


Рисунок 4 - ОКТ-изображения вертикальных срезов кожи спины здорового добровольца (а) и вертикальных срезов кожи спины в зоне ожога 1 степени (б)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.4>

Рисунок 5 - ОКТ-изображение здоровой кожи, обработанное программой «Lumen stratis» (а, в) ОКТ-изображение ожога 1 степени, обработанное программой «Lumenstratis» (б, г)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.5>



Анализ 3D ОКТ-изображений, полученных в зоне повреждения при 2 степени ожога обработанных в программе, четко выявил на изображениях вертикальных срезов отсутствие визуализации рогового слоя и выраженный отек клеточных слоев эпидермиса (рис 6, 7).

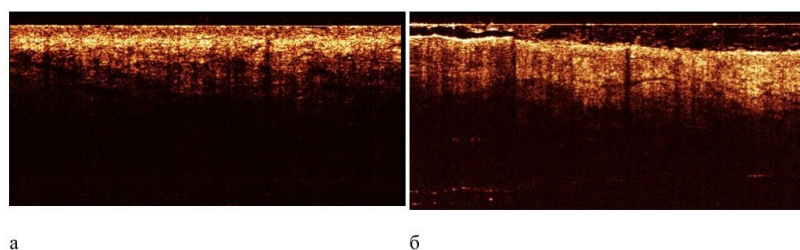


Рисунок 6 - ОКТ-изображения вертикальных срезов кожи спины здорового добровольца (а) и вертикальных (б) срезов кожи спины в зоне ожога 2 степени

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.6>

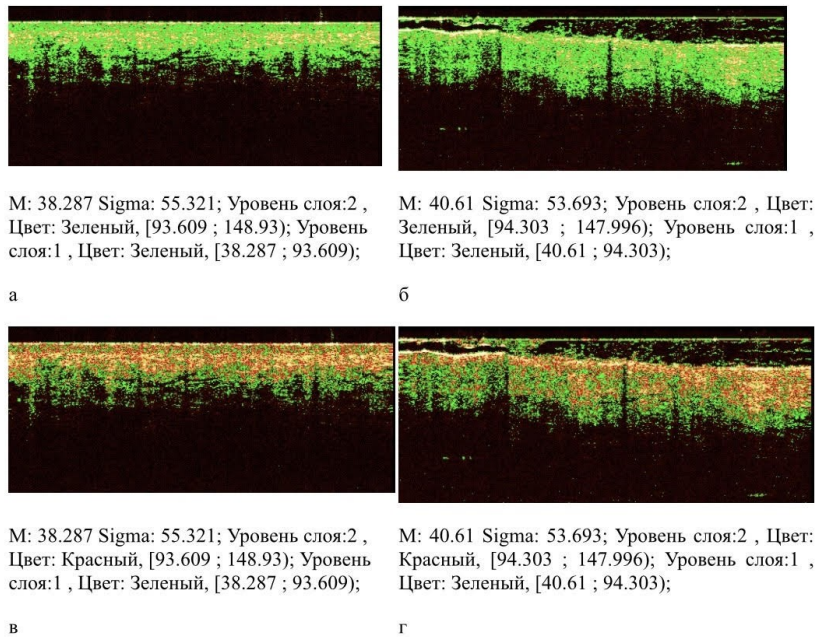


Рисунок 7 - ОКТ-изображение здоровой кожи, обработанное программой «Lumen stratis» (а, в) ОКТ-изображение ожога 2 степени, обработанное программой «Lumenstratis» (б, г)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.7>

При ожоге 3 степени Обработка изображений вертикальных изображений поврежденной кожи продемонстрировала отсутствие визуализации эпидермиса. Вместо эпидермиса в верхней части изображения визуализировалась линейная зона высокой интенсивности сигнала, вероятно соответствующая струпу (Рис.8, 9)

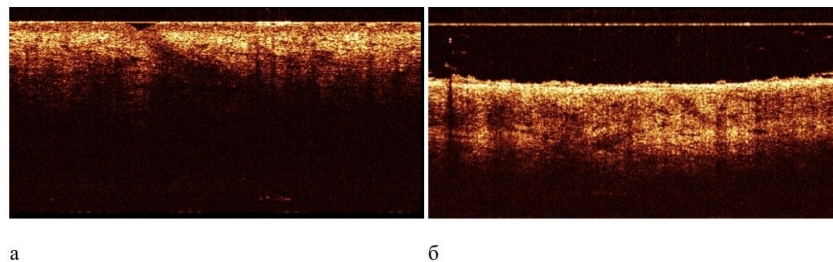


Рисунок 8 - ОКТ-изображения вертикальных срезов кожи спины здорового добровольца (а) и срезов кожи спины в зоне ожога 3 степени (б)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.8>

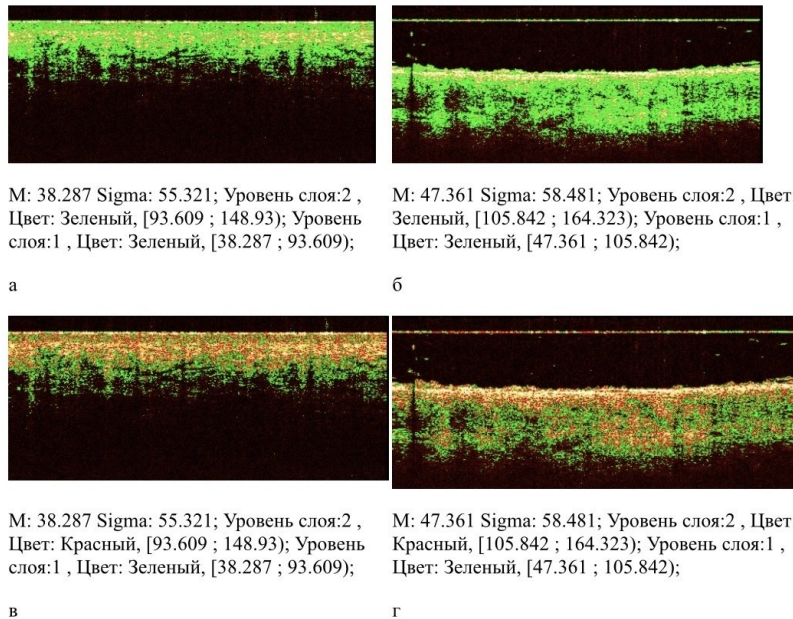


Рисунок 9 - ОКТ-изображение здоровой кожи, обработанное программой «Lumen stratis» (а, в) ОКТ-изображение ожога 3 степени, обработанное программой «Lumenstratis» (б, г)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.9>

Таким образом, согласно классификации по глубине ожогового поражения кожи согласно клиническим рекомендациям (17.01.2023) [17].

- I степень — ожоги в пределах эпидермиса (эпидермальные, поверхностные);
- II степень — ожоги распространяются до сосочкового слоя дермы с сохранением дериватов кожи (дермальные, «пограничные»);
- III степень — поражение всех слоев кожи вплоть до собственной фасции, в ряде случаев, с повреждением субфасциальных структур (глубокие).

При ожогах I степени поражается только эпидермис, имеется экссудативное воспаление. Эпителизация при таких поражениях происходит за счет части сохранившихся нижних слоев эпидермиса и придатков кожи до 10 дней после травмы.

При ожогах II степени в зону повреждения включается сетчатый слой дермы, но сохраняются неповрежденными многие волосные фолликулы, сальные и потовые железы, за счет которых и происходит эпителизация ожоговых ран, обычно это занимает 18–20 дней после травмы.

При ожогах III степени поражение кожи происходит на всю глубину (подкожно-жировая клетчатка, мышцы, фасции и кости). Только небольшие по площади глубокие ожоги заживают за счет контракции раны и краевой эпителизации. Во всех остальных случаях самостоятельное заживление невозможно, и возникает необходимость в проведении различных видов кожной пластики. После заживления всегда остается нарушение пигментации кожи, образуются послеожоговые рубцы, могут развиваться рубцовые деформации.

В статье была задача определить степень ожога с помощью инструментального исследования окт и программной обработки, за счёт определения отсутствия оптических слоёв эпидермиса, что соответствует степени ожога. При ожогах 1 степени обработка позволила подтвердить сохранение рогового слоя, клеточных слоев эпидермиса, сосочкового и верхней части сетчатого слоев дермы, в зоне повреждения при 2 степени ожога выявлено отсутствие визуализации рогового слоя и выраженный отек клеточных слоев эпидермиса, при ожоге 3 степени обработка вертикальных изображений поврежденной кожи продемонстрировала полное отсутствие визуализации эпидермиса.

Обсуждение

Обработка оптических образов поврежденной кожи пациентов с ожогами различной тяжести показали возможность разработанной программы «Lumen stratis» более четко и объективно фиксировать наличие или отсутствие оптических слоев, определяющих степень повреждения кожи и наличие или отсутствие кожных придатков, что является принципиально значимым показателем, позволяющим снизить субъективность оценки тяжести повреждения при ожоговой травме и правильно определить тактику необходимого лечения. Гистологический метод (исследование тканей под микроскопом) считается «золотым стандартом» в диагностике многих заболеваний, но имеет ряд недостатков, которые могут быть вполне скорректированы при применении ОКТ в совокупности с соответствующим программным обеспечением, существенно облегчающем работу специалиста:

1. Инвазивность забора материала — для получения ткани нужна операция, пункция или эндоскопия. Что ограничивает частоту забора материала, из-за возникающих рисков осложнений: кровотечений, инфицирования, образования рубцов (фиброза) и повреждения окружающих здоровых тканей. А также требуется время для восстановления тканей. Повторная биопсия должна проводиться только после заживления дефекта, что может

занимать от нескольких недель до нескольких месяцев, особенно при биопсии кожи. А у ослабленных пациентов, к тому же, повышает риск вторичного инфицирования вследствие неоднократного забора материала для исследований. Однако же нередко возникают ситуации, требующие пристального и точного мониторинга реального состояния тканей на микроскопическом уровне, т.к. визуальный осмотр или применение УЗИ или дерматоскопии не может предоставить достаточную информацию из-за недостаточной разрешающей способности методов. ОКТ- метод позволяет проводить мультиочаговые исследования без травматизации.

2. Длительность процесса. От забора материала до результата обычно проходит 7–14 дней.

3. Ошибки при заборе материала и прямая зависимость интерпретации от квалификации врача. Здесь речь идет, прежде всего, о различных методиках и «манере» забора биопсийного материала, когда зачастую он получается излишне поверхностным или маленьким по размеру.

4. И главное, невозможность получения полной информации о биоптате: ведь метод изучает исключительно фиксированные ткани, подвергающиеся обработке в процессе приготовления препарата, что влечет неизменное обезвоживание, изменение формы и размеров тканевых структур, что делает их весьма далекими от реальных характеристик живой ткани. Тогда как ОКТ исследование позволяет нам оценить реальное состояние живых тканей, а при применении бесконтактной методики с применением иммерсионной среды (УЗ гель) даже и без деформации тканей при надавливании зондом.

Следует отметить, что данное программное обеспечение создавалось по прямому запросу пользователей программного продукта и непосредственно с участием врачей. Необходимо указать, что большинство врачей очень далеки от сложных расчетов.

Простота использования и оценки данных, которые можно производить «у постели больного» играют ключевую роль в работе врача существенно экономя время и действительно облегчая диагностику. Несмотря на очевидную простоту программы, она отвечала всем необходимым требованиям экспертов и успешно прошла регистрацию (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024615567, 11.03.2024. Заявка от 01.03.2024.)

Медицинская наука направлена не только на разработку высокотехнологичных методов диагностики и лечения пациентов, но и на персонализацию терапии и подбор индивидуальных подходов к методам обследования пациентов. Несмотря на актуальность темы применения искусственного интеллекта и новых методов программного обеспечения в области медицины, следует опасаться излишне сложных разработок не применимых в реальной практике. Искусственный интеллект не сможет заменить специалиста, в данном случае врача, в том числе из-за риска совершения непоправимых ошибок. Он может лишь служить вспомогательным инструментом в работе специалиста (врача) и должен создаваться исходя из реальных запросов здравоохранения. Большинство из этих положений изложено в указе Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 о развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации [2], [5].

Заключение

Разработанная программа для ЭВМ «Визуальный статистический анализ изображений структуры кожи, полученных неинвазивными методами (Lumen stratis)» это инструмент, разработанный в Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н. И. Лобачевского (ННГУ). Является эффективным инструментом, позволяющим объективизировать и повышать точность оценки оптических изображений кожи, получаемых с помощью метода ОКТ. Программа помогает определить не только глубину и степень повреждения кожи, а также наличие или отсутствие кожных придатков, что позволяет снизить субъективность оценки тяжести повреждения и правильно определить тактику ведения пациента, составления прогноза и плана реабилитации.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.10>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Community of Reviewers of the International Research Journal

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.92.10>

Список литературы / References

1. Гамаюнов С.В. Возможности оптимизации клинических исходов фотодинамической терапии с использованием оптической визуализации / С.В. Гамаюнов, Р.Р. Скребцова, К.С. Корчагина // Альманах клинической медицины. — 2016. — Т. 44. — № 2. — С. 148–150. — URL: <https://almclinmed.ru/jour/article/view/331> (дата обращения: 02.07.25). — DOI: 10.18786/2072-0505-2016-44-2-148-157.

2. Гусев А.В. Этические проблемы развития технологий искусственного интеллекта / А.В. Гусев, Д.Е. Шарова // Биоэтика общественного здоровья. — 2023. — Т. 3. — № 1. — С. 42–50. — DOI: 10.21045/2782-1676-2023-3-1-42-50.

3. Петрова Г.А. 3D-оптическая когерентная томография: прижизненная оценка морфологических особенностей здоровой кожи и патоморфологическая диагностика дерматозов / Г.А. Петрова, К.С. Петрова, С.В. Немирова и др. — Нижний Новгород: ИП Якушов Ю.И., 2018. — 152 с.

4. Петрова Г.А. Прижизненное исследование морфологии кожи методом оптической когерентной томографии в норме и при патологических состояниях: новая медицинская технология / Г.А. Петрова, Е.Н. Дерпалюк, Н.Д. Гладкова [и др.]. — Изд-во Волго-Вятской Академии Гос. Службы, 2008. — С. 4–10.



5. Российская Федерация. Законы. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490.
6. Applegate M.B. High-speed spatial frequency domain imaging with temporally modulated light / M.B. Applegate, D.M. Roblyer // *Journal of biomedical optics*. — 2017. — № 22. — P. 7. — URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-22/issue-07/076019/High-speed-spatial-frequency-domain-imaging-with-temporally-modulated-light/10.1117/1.JBO.22.7.076019.full?SSO=1> (accessed: 24.02.26). — DOI: 10.1117/1.JBO.22.7.076019
7. Baran U. Potential use of OCT-based microangiography in clinical dermatology / U. Baran, W.J. Choi, R.K. Wang // *Skin research and technology*. — 2016. — Vol. 22. — № 2. — P. 238–246. — DOI: 10.1111/srt.12255
8. Boixeda P. Future prospects in dermatologic applications of lasers, nanotechnology, and other new technologies / P. Boixeda, F. Feltes, J.L. Santiago et al. // *Actas dermo-sifiliográficas*. — 2015. — Vol. 106. — № 3. — P. 168–179. — DOI: 10.1016/j.ad.2014.07.002
9. de Boer J.F. Polarization sensitive optical coherence tomography — a review / J.F. de Boer, C.K. Hitzenberger, Y. Yasuno // *Biomedical optics express : electronic journal*. — 2017. — Vol. 8. — № 3. — P. 1838–1873. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5480584> (accessed: 04.07.25).
10. Ulrich M. Dynamic optical coherence tomography in dermatology / M. Ulrich, L. Themstrup, N. de Carvalho // *Dermatology*. — 2016. — Vol. 232. — № 3. — P. 298–311. — DOI: 10.1159/000444706
11. Cho S. 3D PHOVIS: 3D photoacoustic visualization studio / S. Cho, J. Baik, R. Managuli et al. // *Photoacoustics : electronic journal*. — 2020. — Vol. 18. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7082691> (accessed: 04.07.25). — DOI: 10.1016/j.pacs.2020.100168
12. Mlosek R.K. High-frequency ultrasound in the 21st century / R.K. Mlosek, B. Migda, M. Migda // *Journal of ultrasonography*. — 2021. — Vol. 20. — № 83. — P. e233–e241. — DOI: 10.15557/JoU.2020.0042
13. Pellicer A. Near-infrared spectroscopy: a methodology-focused review / A. Pellicer, M. del Carmen Bravo // *Seminars in fetal and neonatal medicine*. — 2011. — Vol. 16. — № 1. — P. 42–49. — DOI: 10.1016/j.siny.2010.05.003
14. Karpenko A.A. Determination of the condition and changes in skin containing artificial pigment using optical coherence tomography / A.A. Karpenko, K.S. Petrova, G.A. Petrova [et al.] // *Photonics in dermatology and plastic surgery 2022 : SPIE conference* / Ed. by B. Choi, H. Zeng. — San Francisco, 2022. — Vol. 11934. — Article 119340J. — DOI: 10.1117/12.2608351.
15. Petrova K.S. Three-dimensional optical coherence tomography: possibilities in assessing the microvasculature of the skin / K.S. Petrova, S.V. Nemirova, G.A. Petrova [et al.] // *Photonics in dermatology and plastic surgery 2022 : SPIE conference* / Ed. by B. Choi, H. Zeng. — San Francisco, 2022. — Vol. 11934. — Article 119340M. — DOI: 10.17116/klinderma202019031356.
16. Xie Y. Snapshot imaging spectrometer based on pixel-level filter array (PFA) / Y. Xie, C. Liu, S. Liu [et al.] // *Sensors: electronic journal*. — 2021. — Vol. 21. — № 7. — DOI:10.3390/s21072289
17. Клинические рекомендации – Ожоги термические и химические. Ожоги солнечные. Ожоги дыхательных путей – 2021–2022–2023 (17.01.2023) / Минздрав РФ. — 2023.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gamayunov S.V. Vozmozhnosti optimizatsii klinicheskikh iskhodov fotodinamicheskoi terapii s ispolzovaniem opticheskoi vizualizatsii [Opportunities to optimize clinical outcomes of photodynamic therapy using optical imaging] / S.V. Gamayunov, R.R. Skrebtsova, K.S. Korchagina // *Almanakh klinicheskoi meditsini [Almanac of Clinical Medicine]*. — 2016. — Vol. 44. — № 2. — P. 148–150. — URL: <https://almclinmed.ru/jour/article/view/331> (accessed: 02.07.25). — DOI: 10.18786/2072-0505-2016-44-2-148-157. [in Russian]
2. Gusev A.V. Eticheskie problemi razvitiya tekhnologii iskusstvennogo intellekta [Ethical problems of the development of artificial intelligence technologies] / A.V. Gusev, D.E. Sharova // *Bioetika obshchestvennogo zdorovya [Bioethics of public health]*. — 2023. — Vol. 3. — № 1. — P. 42–50. — DOI: 10.21045/2782-1676-2023-3-1-42-50. [in Russian]
3. Petrova G.A. 3D-opticheskaya kogerentnaya tomografiya: przhiznennaya ocenka morfologicheskix osobennostej zdorovoj kozhi i patomorfologicheskaya diagnostika dermatozov [3D optical coherence tomography: intravital assessment of morphological features of healthy skin and pathomorphological diagnostics of dermatoses] / G.A. Petrova, K.S. Petrova, S.V. Nemirova et al. — Nizhnij Novgorod: IP Yakushov Yu.I., 2018. — 152 p. [in Russian]
4. Petrova, G.A. Przhiznennoe issledovanie morfologii kozhi metodom opticheskoi kogerentnoj tomografii v norme i pri patologicheskikh sostoyaniyah: novaya medicinskaya tekhnologiya [Lifetime study of skin morphology by optical coherence tomography in normal and pathological conditions: a new medical technology] / G.A. Petrova, E.N. Derpalyuk, N.D. Gladkova [et al.]. — Publishing house of the Volga-Vyatka Academy of State. Services, 2008. — P. 4–10. [in Russian]
5. Russian Federation. Laws. O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossijskoj Federacii [On the development of artificial intelligence in the Russian Federation]: Decree of the President of the Russian Federation No. 490 dated 10.10.2019. [in Russian]
6. Applegate M.B. High-speed spatial frequency domain imaging with temporally modulated light / M.B. Applegate, D.M. Roblyer // *Journal of biomedical optics*. — 2017. — № 22. — P. 7. — URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-22/issue-07/076019/High-speed-spatial-frequency-domain-imaging-with-temporally-modulated-light/10.1117/1.JBO.22.7.076019.full?SSO=1> (accessed: 24.02.26). — DOI: 10.1117/1.JBO.22.7.076019
7. Baran U. Potential use of OCT-based microangiography in clinical dermatology / U. Baran, W.J. Choi, R.K. Wang // *Skin research and technology*. — 2016. — Vol. 22. — № 2. — P. 238–246. — DOI: 10.1111/srt.12255



8. Boixeda P. Future prospects in dermatologic applications of lasers, nanotechnology, and other new technologies / P. Boixeda, F. Feltes, J.L. Santiago et al. // *Actas dermo-sifiliográficas*. — 2015. — Vol. 106. — № 3. — P. 168–179. — DOI: 10.1016/j.ad.2014.07.002
9. de Boer J.F. Polarization sensitive optical coherence tomography — a review / J.F. de Boer, C.K. Hitzenberger, Y. Yasuno // *Biomedical optics express : electronic journal*. — 2017. — Vol. 8. — № 3. — P. 1838–1873. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5480584> (accessed: 04.07.25).
10. Ulrich M. Dynamic optical coherence tomography in dermatology / M. Ulrich, L. Themstrup, N. de Carvalho // *Dermatology*. — 2016. — Vol. 232. — № 3. — P. 298–311. — DOI: 10.1159/000444706
11. Cho S. 3D PHOVIS: 3D photoacoustic visualization studio / S. Cho, J. Baik, R. Managuli et al. // *Photoacoustics : electronic journal*. — 2020. — Vol. 18. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7082691> (accessed: 04.07.25). — DOI: 10.1016/j.pacs.2020.100168
12. Mlosek R.K. High-frequency ultrasound in the 21st century / R.K. Mlosek, B. Migda, M. Migda // *Journal of ultrasonography*. — 2021. — Vol. 20. — № 83. — P. e233–e241. — DOI: 10.15557/JoU.2020.0042
13. Pellicer A. Near-infrared spectroscopy: a methodology-focused review / A. Pellicer, M. del Carmen Bravo // *Seminars in fetal and neonatal medicine*. — 2011. — Vol. 16. — № 1. — P. 42–49. — DOI: 10.1016/j.siny.2010.05.003
14. Karpenko A.A. Determination of the condition and changes in skin containing artificial pigment using optical coherence tomography / A.A. Karpenko, K.S. Petrova, G.A. Petrova [et al.] // *Photonics in dermatology and plastic surgery 2022 : SPIE conference* / Ed. by B. Choi, H. Zeng. — San Francisco, 2022. — Vol. 11934. — Article 119340J. — DOI: 10.1117/12.2608351.
15. Petrova K.S. Three-dimensional optical coherence tomography: possibilities in assessing the microvasculature of the skin / K.S. Petrova, S.V. Nemirova, G.A. Petrova [et al.] // *Photonics in dermatology and plastic surgery 2022 : SPIE conference* / Ed. by B. Choi, H. Zeng. — San Francisco, 2022. — Vol. 11934. — Article 119340M. — DOI: 10.17116/klinderma202019031356.
16. Xie Y. Snapshot imaging spectrometer based on pixel-level filter array (PFA) / Y. Xie, C. Liu, S. Liu [et al.] // *Sensors: electronic journal*. — 2021. — Vol. 21. — № 7. — DOI:10.3390/s21072289
17. Клинические рекомендации – Ожоговые термические и химические. Ожоговые солнечные. Ожоговые дымчател'ных путей – 2021–2022–2023 [Clinical guidelines – Thermal and chemical burns. Sunburns. Respiratory tract burns – 2021–2022–2023] (17.01.2023) / Ministry of Health of the Russian Federation. — 2023. [in Russian]