

1 «Growing by Degrees: Online Education in the United States, 2005», I. Elaine Allen and Jeff Seaman, The Sloan Consortium, ISBN 978-0-9766714-2-8, November 2005

2 Ivanova L.A. Aktivizaciya poznavatelnoi deyatel'nosti uchashchisya pri izuchenii fiziki [Ivanova L. A. Activation of cognitive activity of students in the study of physics] [Text] Moscow: Prosveshchenie, 1983 – p.265

3 Shchukina G.I. Aktivizaciya poznavatelnoi deyatel'nosti uchashchisya v uchebnoy protsessе [Shchukina G. I. Activation of cognitive activity of students in the educational process] [Text] Moscow: Prosveshchenie, 1979 – p. 253

4 Ronald Thornton, “Web-Delivered Interactive Lecture Demonstrations: Creating an active science learning environment over the Internet”, APS FED. Newsletter, Fall 2003

5 Zaharova I.G. Informacionnye tehnologii v obrazovanii [Zakharova I. G. Information technologies in education] [Text] Moscow: ACADEMY, 2003- p.10-12

6 P. Le Couteur, “Review of Literature on Remote and Web-based Science Labs”, BCCampus Articulation and Transfer of Remote and Web-based Science Lab Curriculum Project, June 6, 2009

7 I.G.Zaharova. Informatsionnye tehnologii v obrazovanii: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ped. ucheb. zavedeniya. – M.: Izdatelskii sentr "Akademiya", 2003. № - 192 s.

8 D. V. Alekseev Kompiuternoye modelirovaniye fizicheskikh zadach v Microsoft Visual Basic. – M.: Solon-Press, 2004. – 525 str.

9 Muhambetkhanova S.T., Jartynova J.A. Interaktivnyye zhabdyktarmen zhumys jasaudyn adis-tasilderi: Adistemelik kural. Almaty, 2008

10 Starodubsev V. A., Revinskaia O. G. Razvivaiushaya rol komputernykh modelirovaniy laboratornykh rabot // Informatika i obrazovanie. 2006. № 2. S. 120-123.

11 Solovyov V. M. Experimental methods of processing measurement results/ V.M. Solovyov, V. E. Yakhontova – L. : Publishing House of the Leningrad University, 1977. - 72 p.

12 Petrova Maria Arsenyevna. The use of digital laboratories in an educational physical experiment in a secondary school - Moscow, 2008. – 5-10,57,116 p.

РЕЗЮМЕ

Изучены важность и методы использования лабораторных работ онлайн для студентов, изучающих физику. Целью данной работы является проведение комплекса лабораторных работ в содержании тематико-календарного плана учебного плана, в соответствии с технической сложностью и точностью экспериментов, которые могут быть выполнены студентами, работающими в условиях дистанционного обучения с использованием малозатратных средств. Поэтому целью работы было выявление методов и подходов к организации онлайн-лабораторной работы и определение типов оборудования. Цель была достигнута с помощью опросов. Общеизвестно, что сегодня, при стремительном развитии технологий, можно создать условия для работы студентов онлайн и дома с лабораторными и практическими работами. Онлайн-лабораторная работа дома не только стимулирует интерес учащихся к предмету, но и позволяет освоить предмет и работать самостоятельно. Известно, что дистанционное обучение практикуется во многих зарубежных странах уже много лет. Опрос определил подходы, используемые для онлайн-лабораторий. Были выявлены опыты, соответствующие целям и затратам данной работы, и проведено несколько экспериментов в домашних условиях. В результате появилась возможность создать, внедрить и масштабировать онлайн-курс лабораторных работ по физике для студентов.

УДК 535.2:535.241.41

Сатыбаева Н.А., старший преподаватель, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-5566-9233>

НАО«Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Жангир хана, 51, Satybaeva_nur@mail.ru

Силантьева М.А., аспирант, <https://orcid.org/0000-0001-5079-1400>

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, ул. Литовская 2, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, msylantyeva@gmail.com

Satybayeva N.A., Senior Lecturer, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-5566-9233>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, Satybaeva_nur@mail.ru

Silantieva M.A., graduate student, <https://orcid.org/0000-0001-5079-1400>

«Post-graduate student, St. Petersburg State Pediatric Medical University», 194100, st. Lithuanian 2, St. Petersburg, Russian Federation, msylantyeva@gmail.com

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ MODERN DIAGNOSIS TECHNIQUES USING OPTICAL PHYSICS

Аннотация

Цель данной статьи произвести обзор применения физических явлений связанных с применением оптической физики, законы которой используются в медицинских оптических приборах и инструментах для лечения, диагностики и лабораторных исследований различных клинических анализов. Биологические молекулы веществ взаимодействуют со световыми волнами различной длины. При люминесцентном анализе регистрируется свет с определенными длинами волн, величина которых зависит от концентрации того или иного вещества. Применение световых волн, при данном анализе, нужно для обнаружения различных химических элементов, необходимых для исследования, по их спектрам.

Использование гибких многожильных диодов, для визуального изображения внутренностей человека, применяется в оптической эндоскопии, а такое направление называется оптическая неинвазивная диагностика. В статье рассмотрены основные практические задачи, решаемые с применением этой диагностики. На рисунках изображено различное множество приборов, в основе действия которых используются методы оптической физики. Это следующие медицинские приборы: пульсоксиметр, лазерный когерентный томограф, оптический диффузионный томограф-маммограф, флюоресцентный интраоперационный микроскоп, прибор для контрастирования вен, лазерные приборы для диагностики микроциркуляции крови.

ANNOTATION

The aim of this article is to review the application of physical phenomena associated with the use of optical physics, the laws of which are used in the medical optical devices and instruments for treatment, diagnosis and laboratory research of various clinical tests. Biological molecules of substances interact with light waves of various lengths. In luminescent analysis, light is recorded with certain wavelengths, the magnitude of which depends on the concentration of a particular substance. During this analysis the use of light waves is necessary to detect various chemical elements necessary for research, according to their spectra.

For visual imaging of human entrails the use of flexible stranded is used in optical endoscopy, and this direction is called optical non-invasive diagnostics. The article considers the main practical problems solved with the use of this diagnostics. A variety of devices based on the methods of optical physics are shown in the figure. These are the following medical devices: a pulse oximeter, a laser coherence tomograph, an optical diffusion tomograph-mammograph, a fluorescence intraoperative microscope, a device for contrasting veins, laser devices for diagnosing blood microcirculation.

Ключевые слова: оптика, световой поток, современные медицинские приборы, гибкие многожильные диоды, спектр.

Key words: optics, luminous flux, modern medical devices, flexible stranded diodes, spectrum.

Оптика – один из разделов физики, но в исследованиях широко применяется физико-математические методы анализа результатов исследований. Физических явлений, связанных с распространением светового потока множество, это:

•фотометрия; •волновая оптика; •геометрическая оптика; •оптическая спектроскопия; •нелинейная оптика; •квантовая оптика.

Поэтому очень разнообразны оптические приборы и инструменты, применяемые в медицинской практике с диагностическими и лечебными целями.[1-3].

В данной статье рассматриваются новые, современные медицинские приборы, созданные с применением оптического направления в физике.

Большинство клинических анализов выполняется с применением оптических методов. Лабораторные исследования крови и различных других препаратов происходит с применением спектрофотометрии и оптической микроскопии.

Широкое развитие люминесцентного спектрального анализа и фотометрии увеличило возможности биохимических исследований, при которых необходимо иметь количественную оценку содержания различных биомолекул и их комплексов.

Биологические молекулы различно взаимодействуют со световыми волнами различной длины. Кровь человека при поглощении ей синей части спектра приобретает алый оттенок. В биохимических растворах, при поглощении ими света с различными длинами волн, определяют концентрацию разных составляющих. При люминесцентном анализе, происходит регистрация света с определенными длинами волн, переизлученных после их поглощения атомами и молекулами исследуемого вещества. Люминесцентные спектры биологических молекул такие, что по ним можно обнаружить вещество с концентрацией менее 10 моль/литр.[4-7].

Изобретение и создание гибких многожильных диодов, которые могут передавать изображение на расстоянии, дало возможность проникнуть вовнутрь живого человека. Такая методика получила название оптическая эндоскопия. Слизистая оболочка органов и кожа человека частично прозрачны, поэтому при сканировании получается замутненное изображение. При ожогах происходит покраснение кожи, а при отморожении происходит побеление, это происходит за счет изменения мелких кровеносных сосудов. Проводя и анализируя, это цветное оптическое явление, можно получить информацию о состоянии человека. Это самое молодое и перспективное направление, которое называется оптическая неинвазивная диагностика.

Это новое диагностическое направление появилось в 1980-х годах, когда в нашей жизни стали доступными персональные компьютеры, световоды и лазеры. В оптической неинвазивной диагностике некоторые методы схожи с методами спектрофотометрией и люминесцентного анализа, но здесь вместо образцов крови и фрагментов биотканей освещаются и изучаются непосредственно живые ткани тела человека. Организм человека оптически мутная среда. Для обработки результатов в такой среде, нужно применять новое направление в оптической физике –это теория переноса и рассеивания света в мутных средах. Эта теория заимствована из астрофизики - теория переноса излучения в звездах [8]. При применении этой теории на практике, стало возможным оценивать изменение силы и спектра рассеянного в тканях света, а значит проводить не только спектрофотометрию, но и регистрировать плотность рассеивателей в тканях по глубине, вычислять доплеровский сдвиг частоты света при его рассеянии на том, что движется, а это эритроциты и лейкоциты крови, т.е. проводить оценку скорости движения крови и другие параметры мелких сосудов и слизистых оболочек органов человека.

Методика проведения этого процесса следующая: к исследуемому участку тела человека, подносится оптический датчик - световод, который передает показания на экран компьютера для анализа его специалистом. Физический смысл такой методики следующий: по световоду к исследуемому участку тела человека подводится монохроматическое или лазерное излучение, которое затем по световоду, рассеянное и отраженное от больного пациента, возвращается в прибор. Это излучение преобразуется в электрический сигнал, который затем обрабатывается программой. Так, в процессе реального времени, появляется возможность наблюдать морфологические и биохимические изменения показателей у больного пациента и проводить их корректировку специальным курсом лечения.

Сегодня оптическая неинвазивная диагностика решает следующие актуальные задачи:

- дифференциальная диагностика в дерматологии и хирургии;
- контроль нарушений периферического кровообращения;
- мониторинг ожогов;
- мониторинг гнойных процессов;
- оценка неоднородности тканей при поиске опухолевых процессов различных органов;
- оценка состояния плода у беременных и т.д.

В настоящее время развиваются следующие направления данной диагностики:

- лазерная диффузионная томография;
- лазерная когерентная томография;
- флюоресцентная диагностика;
- лазерная доплеровская флоуметрия [9-10].

В настоящее время самая развитая следующая методика оптической неинвазивной диагностики - оптическая пульсоксиметрия, которая позволяет измерять частоту пульса и содержание в артериальной крови фракций гемоглобина, насыщенных кислородом (сатурация). Такая очень быстрая оценка сатурации на практике необходима для реаниматологии и анестезиологии.

В данной статье проведем примеры и характеристики приборов в которых применяется оптическая физика.

Самыми распространенными на практике являются датчики пульсоксиметров. Они встраиваются во все модели прикроватных мониторов в клиниках [11-12]. Бегущий график «работы сердца» больного с цифрами, «прищепка» с маленьким экраном на пальце все это приборы оптической пульсоксиметрии рис.1.



Рисунок 1 – Различные модели пульсоксиметров

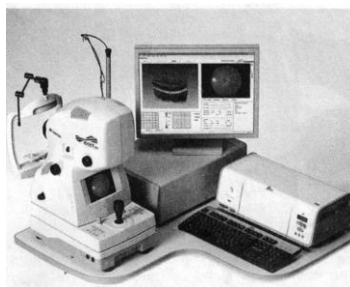


Рисунок 2 – Лазерный когерентный томограф

В офтальмологии для исследования сетчатки глаза и определения морфологических нарушений в ее строении, а также в гастроэнтерологии при эндоскопических обследованиях для выявления ранних стадий злокачественных новообразований используются офтальмологические лазерные когерентные томографы рис.2.

Для исследования неоднородности в структуре тканей больного и более глубокого проникновения в них, например для диагностик заболеваний молочных желез у женщин при выявлении уплотнений и новообразований, применяется метод оптической диффузионной томографии. Который используется в томографах - маммографах рис.3.

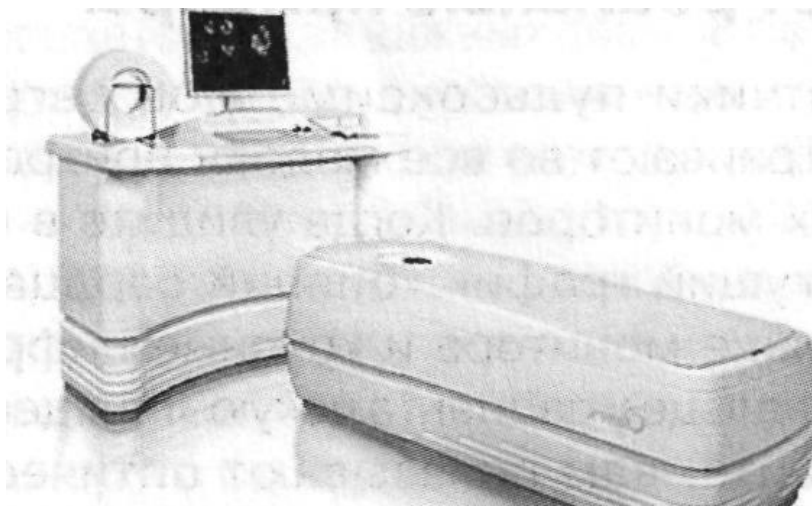


Рисунок 3 – Оптический диффузионный томограф –маммограф

Широкое применение в онкологии, а также при лечении гнойных и ожоговых ран, при которых процессы в тканях сопровождаются с изменением флюоресценции, используются методы неинвазивной флюоресцентной диагностики. При применении этого метода можно выделить два направления. Первое направление - контрастирование опухолей экзогенными флюоресцирующими веществами вводимые внутривенно для определения локализации новообразований, это делается при помощи интраоперационного флюоресцентного микроскопа рис.4. Второе направление - это создание высокочувствительной аппаратуры, которая реагирует на очень слабую природную флюоресценцию клеток ткани. Применение этого метода позволяет определять накопление в тканях флавиновых ферментов, эластина и порфирина. Это направление применяется при диагностировании и лечении в дерматологии и эндокринологии.

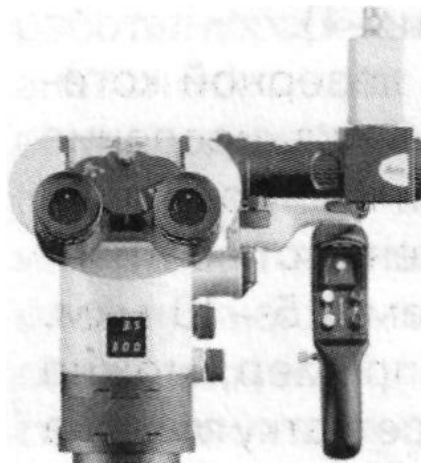


Рисунок 4 – Флюоресцентный интраоперационный микроскоп

Очень интересное использование оптической физики было предложено в оптическом приборе для нахождения места для введения иглы в вену. Принцип его работы в следующем, прибор оценивает состояние вен по их поглощению света в инфракрасной области спектра и лазером рисует схему расположения этих вен рис.5.

Оптические методы физики очень эффективны при диагностике расстройств периферического кровообращения в системе микроциркуляции крови. Большое количество заболеваний связано с кровью, это онкология, диабет, артериальная гипертензия и др. Гемоглобину крови присущи определенные оптические свойства, поэтому диагностика микроциркуляции крови хорошо изучена. В этой области применяется лазерная доплеровская флоуметрия, оптическая тканевая оксиметрия, фотоплетизмография и т.д. рис.6.



Рисунок 5 – Прибор контрастирования вен



Рисунок 6 – Лазерные приборы для диагностики микроциркуляции крови

Применение современных медицинских диагностических технологий с использованием приборов, рассмотренных в данной статье, действие которых основывается на законах оптической физики, дает большие возможности для измерения и определения состояния больного без хирургического вмешательства в его организм. Это способствует быстрому и оперативному выявлению тех или иных заболеваний, их диагностики и предупреждению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Скобельцин Д.В. Физическая оптика / Д.В. Скобельцин. - М.: Наука, Труды Физического института им.П.Н.Лебедева, 1964.-321с.
- 2 Дичбурн Р.В. Физическая оптика / Р.В. Дичбурн, П.А.Вайнштейн, О.А.Шустин, И.А.Яковлев. - М.: Наука, 1965.-631с.
- 3 Ахманов С.А Физическая оптика / С.А.Ахманов, С.Ю. Никитин. - М.: Наука, 2004 ISBN 5-02-033596-X.
- 4 Китаев В.М. Компьютерная томография в пульмонологии / В.М. Китаев. - МЕДпресс-информ, 2022 ISBN 978-5-00030-928-5.
- 5 Тучин В.В. Оптическая биомедицинская диагностика / В.В. Тучин.- М.:Физматлит, 2007.-368с. ISBN 978-5-9221-0777-8.
- 6 Волейко В.П. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / В.П. Волейко, М.Н.Либенсон, Г.Г.Червяков, Е.Б. Яковлев. -М.:Физматлит, 2008.-312с. ISBN 978-5-9221-0934-5.
- 7 Канюков В.Н. Компьютерные технологии в медико-биологических исследованиях: учеб.пособие/ В.Н. Канюков, Р.Р. Григорьев, А.Д. Стрекановская.- Оренбург ГОУ ОГУ, 2009. -109с.

8 Титомир Л.И. Биофизические основы электрокардиографических методов/ Л.И.Титомир, А.П.Кненко, В.Г.Трунов, Э.И.АйдуЭ.- М.:Физматлит, 2009.- 224с. ISBN 978-5-9221-1162-1.

9 Сахабиева Э.В. Электротерапевтическая аппаратура: учеб. пособие/ Э.В.Сахабиева.- Казань: Изд-во КНИТУ, 2013.-152с. ISBN 978-5-7882-1486-3.

10 Баграташвили В.Н. Лазерная инженерия хрящей / В.Н.Баграташвили, Э.Н.Соболя, А.Б.Шехтера.-М.: Физматлит, 2006.-488с. ISBN 5-9221-0729-1.

11 Абдуллин И.Ш.Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы: учеб. пособие/ И.Ш.Абдуллин, Е.А.Панкова, Ф.С.Шарифуллин.-Казань: Изд-во КГТУ, 2011.-106с. ISBN 978-5-7882-1235-7.

12 Анисимов Н.В. Магнитно-резонансная томография всего тела- техническая реализация и диагностическое применение / Н.В. Анисимов, М.В. Гуляев, С.В. Корецкая, Е.В. Верхоглазова, М.А.Герус, Ю.А. Пирогов// Альманах клинической медицины. 2008.- №1. - С.143-146.

13 Михайлов А.И. Оптимизация протокола магнитно-резонансной томографии всего тела для стадирования лимфомы Ходжкина/А.И. Михайлов, В.О. Панов, И.Е. Тюрин // Вестник рентгенологии и радиологии.- 2014.- №6.- С. 18-28.

14 ОКТ-визуализация гипорефлекторной лакуны в ретролентальном пространстве. <https://www.scopus.com/record/display>.

15 Haralick, R.M., Dinstein, I., Shanmugam, K. [Textural Features for Image Classification](#)

16 Feng, Z., Shen, Q., Li, Y., Hu, Z. [CT texture analysis: A potential tool for predicting the Fuhrman grade of clear-cell renal carcinoma](#) (Открытый доступ)

REFERENCES

1 Skobel'cin D.V. Fizicheskaya optika / D.V. Skobel'cin. - M.: Nauka, Trudy Fizicheskogo instituta im.P.N.Lebedeva, 1964.-321s.

2 Dichburn R.V. Fizicheskaya optika / R.V. Dichburn, P.A.Vajnshtejn, O.A.Shustin, I.A.Jakovlev. - M.: Nauka, 1965.-631s.

3 Ahmanov S.A Fizicheskaya optika / S.A.Ahmanov, S.Ju. Nikitin. - M.: Nauka, 2004 ISBN 5-02-033596-H.

4 Kitaev V.M. Komp'yuternaya tomografiya v pul'monologii / V.M. Kitaev. - MEDpress-inform, 2022 ISBN 978-5-00030-928-5.

5 Tuchin V.V. Opticheskaya biomeditsinskaya diagnostika / V.V. Tuchin.- M.:Fizmatlit, 2007. -368s. ISBN 978-5-9221-0777-8.

6 Volejko V.P. Vzaimodejstvie lazernogo izlucheniya s veshestvom. Silovaya optika / V.P. Volejko, M.N.Libenson, G.G.Chervyakov, E.B. Jakovlev. -M.:Fizmatlit, 2008.-312s. ISBN 978-5-9221-0934-5.

7 Kanyukov V.N. Komp'yuternye tehnologii v mediko-biologicheskikh issledovaniyah: ucheb.posobie/ V.N. Kanyukov, R.R. Grigor'ev, A.D. Strekanovskaya.- Orenburg GOU OTU, 2009. -109s.

8 Titomir L.I. Biofizicheskie osnovy jelektrokardiograficheskikh metodov / L.I.Titomir, A.P.Knenko, V.G.Trunov, Je.I.AjduJe.- M.:Fizmatlit, 2009.- 224s. ISBN 978-5-9221-1162-1.

9 Sahabieva Je.V. Jelektroterapevticheskaya apparatura: ucheb. posobie/ Je.V.Sahabieva. - Kazan': Izd-vo KNIITU, 2013.-152s. ISBN 978-5-7882-1486-3.

10 Bagratashvili V.N. Lazernaya inzheneriya hryashhei / V.N.Bagratashvili, Je.N.Sobolya, A.B.Shehtera.-M.: Fizmatlit, 2006.-488s. ISBN 5-9221-0729-1.

11 Abdullin I.Sh.Medicinskie pribory, apparaty, sistemy i komplekсы: ucheb. posobie/ I.Sh.Abdullin, E.A.Pankova, F.S.Sharifullin.-Kazan': Izd-vo KGTU, 2011.-106s. ISBN 978-5-7882-1235-7.

12 Anisimov N.V. Magnitno-rezonansnaya tomografiya vsego tela- tehnikeskaya realizaciya i diagnosticheskoe primeneniye / N.V. Anisimov, M.V. Guljaev, S.V. Koreckaya, E.V. Verhoglazova, M.A.Gerus, Ju.A. Pirogov// Al'manah klinicheskoi mediciny. 2008.- №1.- S.143-146.

13 Mihailov A.I. Optimizaciya protokola magnitno-rezonansnoi tomografii vsego tela dlya stadirovaniya limfomy Hodzhkina/A.I. Mihailov, V.O. Panov, I.E. Tyurin // Vestnik rentgenologii i radiologii.- 2014.- №6.- S. 18-28.

14 OKT-vizualizaciya giporeflektornoi lakuny v retrolental'nom prostranstve.
<https://www.scopus.com/record/display>.

15 Haralick, R.M., Dinstein, I., Shanmugam, K. [Textural Features for Image Classification](#)

16 Feng, Z., Shen, Q., Li, Y., Hu, Z. [CT texture analysis: A potential tool for predicting the Fuhrman grade of clear-cell renal carcinoma](#) (Открытый доступ)

ТҮЙІН

Осы мақаланың мақсаты әртүрлі клиникалық талдауларды емдеу, диагностикалау және зертханалық зерттеу үшін медициналық оптикалық құралдар мен құралдарда қолданылатын оптикалық физиканы қолданумен байланысты физикалық құбылыстарды шолу жасау. Заттардың биологиялық молекулалары әртүрлі ұзындықтағы Жарық толқындарымен өзара әрекеттеседі. Люминесцентті талдау кезінде белгілі бір толқын ұзындығы бар жарық жазылады, оның мөлшері белгілі бір заттың концентрациясына байланысты болады. Осы талдау кезінде жарық толқындарын қолдану олардың спектріне сәйкес зерттеуге қажетті әртүрлі химиялық элементтерді анықтау үшін қажет.

Адамның ішкі көрінісін бейнелеу үшін икемді көп ядролы диодтарды қолдану оптикалық эндоскопияда қолданылады және бұл бағыт оптикалық инвазивті емес диагностика деп аталады. Мақалада осы диагностиканы қолдану арқылы шешілетін негізгі практикалық міндеттер қарастырылған. Суреттерде оптикалық физика әдістерін қолданатын әртүрлі құрылғылар көрсетілген. Бұл мынадай медициналық аспаптар: пульсоксиметр, лазерлік когерентті томограф, оптикалық диффузиялық томограф-маммограф, флюоресцентті интраоперациялық микроскоп, көктамырлардың контрастын жасауға арналған аспап, қанның микроциркуляциясын диагностикалауға арналған лазерлік аспаптар.

УДК: 622.276.054.23

МРНТИ: 52.47.25

Мурзагалиева А.А., техника ғылымдарының магистрі, **негізгі автор**, <https://orcid.org/0000-0001-8339-0590>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, alma_7121972@mail.ru

Омарова Г.М., PhD докторы, <https://orcid.org/0000-0001-5466-6498>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ. Жәңгір хан көшесі, 51, g.omarova@satbayev.university

Амангелдиев Ә.К., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-5277-1881>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, alisher-05042002@mail.ru, 87078732508

Кайров М.С., магистрант, <https://orcid.org/0000-0003-3185-1169>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, Kairovmiras_040422@mail.ru

Габдуллин Ж.Х., магистрант, <https://orcid.org/0000-0001-7849-1389>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, zgabdullin3@gmail.com

Мухамбеткалиев Д.К., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-4077-7813>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, doskhan93@gmail.com

Murzagalieva A. A., Master of Technical Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-8339-0590>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, Kazakhstan, Uralsk, st. Zhangir khan., 51, alma_7121972@mail.ru

Amangeldiev A.K., master's student, <https://orcid.org/0000-0002-5277-1881>