

ISSN 2686-8644 (Online) ISSN 2071-8004 (Print)

# ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА



## LASER MEDICINE



2023 / Том (Vol) 27 / № 4

# ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ



«ФОТОДИТАЗИН®» концентрат для приготовления раствора для инфузий — лекарственное средство (РУ № ЛС 001246 от 18.05.2012 г.)  
«ФОТОДИТАЗИН®» гель — изделие медицинского назначения (РУ № ФСР 2012/13043 от 03.02.2012 г.)  
«ФОТОДИТАГЕЛЬ®» — косметическое средство (ДС ЕАЭС № RU Д-РУ.НВ42.В.06108/20 от 24.09.2020 г.)

Препараты применяются для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии злокачественных новообразований, а также патологий неонкологического характера в следующих областях медицины:

- ✓ гинекология
- ✓ урология
- ✓ нейрохирургия
- ✓ торакальная хирургия
- ✓ офтальмология
- ✓ травматология
- ✓ ортопедия
- ✓ комбустиология
- ✓ гнойная хирургия
- ✓ дерматология
- ✓ косметология
- ✓ стоматология



[www.fotoditazin.com](http://www.fotoditazin.com)  
[www.фотодитазин.рф](http://www.фотодитазин.рф)



ООО «БЕТА-ГРАНД»

123056, г. Москва, ул. Красина, д. 27, стр. 2  
Тел.: +7 (499) 250-40-00, +7 (929) 971-44-46  
E-mail: [yeta\\_grand@mail.ru](mailto:yeta_grand@mail.ru)

ISSN 2071-8004; DOI: <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4>

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
SCIENTIFIC AND CLINICAL JOURNAL

# ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА

L A Z E R N A Y A M E D I C I N A



## LASER MEDICINE

*Журнал основан в 1997 году*  
*The magazine was founded in 1997*

**Учредитель:**  
ФГБУ «Научно-практический  
центр лазерной медицины  
им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России»  
Москва, Россия

**Founder:**  
Skobelkin Scientific  
and Practical Center  
for Laser Medicine  
of FMBA of Russia  
Moscow, Russia

**2023 / Том (Vol.) 27 / № 4**

---

**ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА** – научно-практический рецензируемый журнал. Основан в 1997 г. Выходит 4 раза в год. К публикации принимаются теоретические, экспериментальные и клинические статьи по проблемам лазерной медицины, подготовленные в соответствии с правилами для авторов, размещенными в конце номера и на сайте журнала.

Регистрационный ПИ № ФС 77-69450 (14 апреля 2017 г.).  
В регистре ISSN (International Standard Serial Number) зарегистрирован под названием Lazernaâ medicina, сокращенно Lasern. med. ISSN 2071-8004.  
Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 43176.

Журнал включен ВАК РФ в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал включен в Russian Science Citation Index (RSCI): Импакт-фактор журнала 0,442.  
Журнал индексируется в базах данных: Академия Google (Google Scholar), СОЦИОНЕТ, NLM Catalog, ВИНТИ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory

Зав. редакцией Рябов М.В.  
Адрес редакции: 121165, Москва, ул. Студенческая, 40. Тел. 8 (495) 661-01-85.  
E-mail: journal@goslasmed.ru. Сайт журнала: <http://goslasmed.elpub.ru/jour/>

Опубликованные материалы являются собственностью журнала «Лазерная медицина». Копирование и воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения редакции.

Подписано в печать 27.12.2023.  
Заказ № 12221.  
Отпечатано в ООО «Издательство «Триада».  
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, 9, оф. 514. Тел.: +7 915 730 1037, +7 910 647 4985.  
Тираж 250 экз.

---

**LASER MEDICINE** is a scientific and practical peer-reviewed journal. Founded in 1997. Published 4 times a year. Theoretical, experimental, and clinical articles on laser medicine prepared in accordance with the rules for authors published at the end of the issue and on the journal's website are accepted for publication.

Registration PI no. FS 77-69450 (April 14, 2017).  
The ISSN (International Standard Serial Number) register is registered under the name Lazernaâ medicina, abbreviated as Laser. med. ISSN 2071-8004.  
Subscription index in the United catalog «Press of Russia» – 43176.

The Journal is included in the «List of leading peer-reviewed editions, recommended for publication of Candidate's and Doctor's degree theses main results» approved by Higher Attestation Commission (VAK) RF.  
The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI): the journal's impact factor is 0.442.  
The journal is indexed in the databases: Google Scholar; Socionet; NLM Catalog; VINITI; WorldCat; Ulrich's Periodicals Directory.

Chief of office Riabov M.V.  
Address: 121165 Moscow, Studencheskaya str., 40. Tel.: 8 (495) 661-01-85  
E-mail: journal@goslasmed.ru. Magazine website: <http://goslasmed.elpub.ru/jour/>

The published materials are the property of the «Laser Medicine» journal. Copying and reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the editorial Board.

Signed for printing 27.12.2023.  
Order No. 12221.  
Printed in LTD «Publishing House «Triada».  
170034, Tver, Tchaikovsky Ave., 9, office 514. Tel.: +7 915 730 1037, +7 910 647 4985.  
Edition of 250 copies.

© Лазерная медицина, 2023

---

---

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Баранов А.В.**

доктор медицинских наук, директор  
ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина  
ФМБА России», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-7995-758x.

## CHIEF EDITOR

**Baranov A.V.**

Dr. Sci. (Med.), Director of Skobelkin  
State Scientific Center of Laser Medicine  
of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-7995-758x.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Асташов В.В.**

доктор медицинских наук, профессор кафедры  
анатомии человека ФГАОУ ВО  
«Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-2846-1944.

## EDITORIAL BOARD

**Astashov V.V.**

Dr. Sci. (Med.), Professor  
of Anatomy Department  
RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-2846-1944.

**Байбеков И.М.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель  
лаборатории патологической анатомии  
ГУ «Республиканский специализированный научно-  
практический медицинский центр хирургии им. академика  
В.В. Вахидова», Ташкент, Республика Узбекистан.  
ORCID: 0000-0003-0587-3188.

**Baybekov I.M.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Pathological  
Anatomy Laboratory,  
Vakhidov Scientific Center of Surgery,  
Tashkent, Uzbekistan.  
ORCID: 0000-0003-0587-3188.

**Брилль Г.Е.**

доктор медицинских наук, академик Российской  
академии естественных наук, профессор кафедры  
патологической физиологии ФГБОУ ВО «Саратовский  
ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России,  
Саратов, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0402-9420.

**Brill G.E.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Academician of Russian Academy  
of Natural Sciences, Head of Pathophysiology Chair,  
Razumovsky Saratov State Medical University,  
Saratov, Russia.  
ORCID: 0000-0002-0402-9420.

**Дуванский В.А.**

доктор медицинских наук, профессор,  
заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической  
и лазерной хирургии факультета непрерывного  
медицинского образования медицинского института  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-5880-2629.

**Duvanskiy V.A.**

MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of the Department of Endoscopy,  
endoscopic and laser surgery, RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-5880-2629.

**Козлов В.И.**

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный  
деятель науки РФ, академик Международной  
академии наук высшей школы, академик Европейской  
академии естественных наук (Ганновер, Германия),  
заведующий кафедрой анатомии человека  
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-6332-748x.  
Scopus Author ID: 56823798800.

**Kozlov V.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored scientist of Russia,  
Academician of the International Academy of Sciences  
of Higher School, Academician of the European Academy  
of Natural Sciences (Hannover, Germany), Chief  
of the Anatomy Department, RUDN University,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-6332-748x.  
Scopus Author ID: 56823798800.

**Ану Макела**

доктор медицинских наук, профессор,  
руководитель отдела клинических исследований  
«ABER Институт»,  
Хельсинки, Финляндия.  
ORCID: 0000-0002-9262-1036.

**Anu Makela**

Dr. Sci. (Med.), T.C.M.D.,  
N.D. Dean of Acupuncture and Bioenergy  
Research, ABER Institut,  
Helsinki, Finland.  
ORCID: 0000-0002-9262-1036.

---

---

**Наседкин А.Н.**

доктор медицинских наук, профессор кафедры оториноларингологии ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-3183-8749.

**Панченков Д.Н.**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией минимально инвазивной хирургии ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-8539-4392.

**Рохкинд С.**

доктор медицинских наук, профессор Тель-Авивского университета, заведующий отделением по восстановлению периферических нервов «Ichilov Medical Center», Тель-Авив, Израиль.  
ORCID: 0000-0002-9590-9764.

**Сидоренко Е.И.**

доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-9648-5625.

**Странацко Е.Ф.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения лазерной онкологии и фотодинамической терапии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-1589-7661.

**Тучин В.В.**

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой оптики и биофотоники ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7479-2694.

**Nasedkin A.N.**

Dr. Sci. (Med.), Professor of Otorhinolaryngology Chair, Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-3183-8749.

**Panchenkov D.N.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Laboratory of Minimally Invasive Surgery, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-8539-4392.

**Rochkind S.**

Dr. Sci. (Med.), Professor in Tel Aviv University, Director of Division of Peripheral Nerve Reconstruction, Department of Neurosurgery, Ichilov Medical Center, Tel Aviv, Israel.  
ORCID: 0000-0002-9590-9764.

**Sidorenko E.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Ophthalmology Chair, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-9648-5625.

**Stranadko E.Ph.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department of Laser Oncology and Photodynamic Therapy, «Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine» of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-1589-7661.

**Tuchin V.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of Optics and Biophotonics Department, Chernyshevsky State Medical University, Saratov, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7479-2694.

---

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### **Алексеев Ю.В.**

доктор медицинских наук, член-корреспондент  
Российской академии естественных наук, ведущий  
научный сотрудник-руководитель отделения  
экспериментальной лазерной медицины  
ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4470-1960.

### **Ачилев А.А.**

доктор медицинских наук, профессор, руководитель  
отделения амбулаторной лазерной медицины ФГБУ  
«НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7220-246x.

### **Беришвили И.И.**

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный  
деятель науки РФ, заведующий лабораторией  
трансмиекардиальной лазерной реваскуляризации  
ФГБУ «НМИЦ сердечно-сосудистой хирургии  
им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-7796-7856.

### **Гаспарян Л.В.**

кандидат медицинских наук, научный сотрудник  
EMRED Oy, Хельсинки, Финляндия.  
ORCID: 0000-0002-7883-7420.

### **Данилин Н.А.**

доктор медицинских наук, профессор, ведущий  
научный сотрудник отделения лазерных технологий  
в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина»  
ФМБА России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-2937-8173.

### **Дербенев В.А.**

доктор медицинских наук, профессор, главный  
научный сотрудник отделения лазерных технологий  
в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина»  
ФМБА России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-1673-7800.

### **Елисеенко В.И.**

доктор медицинских наук, профессор, главный  
научный сотрудник научно-организационного отдела  
ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России,  
Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

### **Есауленко И.Э.**

доктор медицинских наук, профессор,  
ректор ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко»  
Минздрава России, Воронеж, Россия.  
ORCID: 0000-0002-2424-2974.

## EDITORIAL COUNCIL

### **Alekseev Yu.V.**

Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member  
of the Russian Academy of Natural Sciences,  
Head and Leading Researcher at Department of  
Experimental Laser Medicine, Skobelkin Scientific Center  
for Laser Medicine of FMBA of Russia,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4470-1960.

### **Achilov A.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Laser  
Outpatient Medicine Department, Skobelkin State  
Scientific Center of Laser Medicine FMBA of Russia,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7220-246x.

### **Berishvili I.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor,  
Head of Laboratory of Transmiecocardial Laser  
Revascularization, Bakulev Center  
for Cardiovascular Surgery,  
Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-7796-7856.

### **Gasparyan L.V.**

Cand. Sci. (Med.), Researcher in EMRED Oy,  
Helsinki, Finland.  
ORCID: 0000-0002-7883-7420.

### **Danilin N.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher  
at Department of Laser Technologies in Surgery,  
Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine  
of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-2937-8173.

### **Derbenev V.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher at  
Department of Laser Technologies in Surgery,  
Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine  
of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-1673-7800.

### **Yeliseenko V.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher  
at Department of Scientific Forecasting for Lasers  
in Medicine, Skobelkin Scientific Center for Laser  
Medicine of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

### **Yesaulenko I.E.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher at  
Department of Scientific Forecasting,  
Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine  
of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4932-7760.

---

---

**Иванов А.В.**

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экспериментальной диагностики и биотерапии опухолей НИИ ЭДиТО ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0001-7245-1108.

**Карандашов В.И.**

доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отделения лазерных технологий в хирургии ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина» ФМБА России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0026-8862.

**Ковалев М.И.**

доктор медицинских наук, профессор кафедры акушерства и гинекологии ФГАОУ ВО «Сеченовский университет» Минздрава России, Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-0426-587x.

**Минаев В.П.**

кандидат технических наук, эксперт Лазерной ассоциации, главный научный сотрудник отдела лазерных технологий в медицине ООО «Научно-техническое объединение “ИРЭ-Полюс”», Фрязино, Россия.  
ORCID: 0000-0001-9165-3039.

**Петрищев Н.Н.**

доктор медицинских наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры патофизиологии ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4760-2394.

**Приезжев А.В.**

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета, старший научный сотрудник Международного учебно-научного лазерного центра ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0003-4216-7653.

**Ступак В.В.**

доктор медицинских наук, руководитель нейрохирургического отделения ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск, Россия.  
ORCID: 0000-0003-3222-4837.

**Фролов М.А.**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия.  
ORCID: 0000-0002-9833-6236.

**Ivanov A.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Leading Researcher in Laboratory of Experimental Diagnostics and Biotherapy of Tumors, Blokhin Institute of Oncology, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0001-7245-1108.

**Karandashov V.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Leading Researcher at Department of Department of Laser Technologies in Surgery, Skobelkin Scientific Center for Laser Medicine of FMBA of Russia, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-0026-8862.

**Kovalev M.I.**

Dr. Sci. (Med.), Professor of Chair of Obstetrics and Gynecology, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia,  
ORCID: 0000-0002-0426-587x.

**Minaev V.P.**

Dr. Sci. (Engineering), expert of Laser Association, Chief Researcher in laser technology in medicine and laser safety, «IRE-Polyus», Fryazino, Russia.  
ORCID: 0000-0001-9165-3039.

**Petrishchev N.N.**

Dr. Sci. (Med.), Honored Scientist of Russia, Professor at Chair of Pathophysiology, Pavlov First Petersburg State Medical University, St-Petersburg, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4760-2394.

**Priezzhev A.V.**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor at Chair of General Physics and Wave Processes, Faculty of Physics; Senior Researcher in International Educational – Research Laser Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0003-4216-7653.

**Stupak V.V.**

Dr. Sci. (Med.), Head of Neurosurgical Department, Tsyvyan Novosibirsk State Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia.  
ORCID: 0000-0003-3222-4837.

**Frolov M.A.**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Ophthalmology Chair, RUDN University, Moscow, Russia.  
ORCID: 0000-0002-9833-6236.

**Содержание****Contents****Оригинальные исследования****Original researches**

- Методические замечания о физических параметрах низкоинтенсивного лазерного воздействия. Часть 1. Глубина проникновения лазерного излучения  
**Рогаткин Д.А., Тарасов А.П., Штыфлюк М.Е.**
- 8 Methodological notes on physical parameters of low-level laser irradiation. Part 1. Penetration depth of laser light  
**Rogatkin D.A., Tarasov A.P., Shtyflyuk M.E.**
- Сравнительное экспериментальное исследование воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) и импульсно-периодического CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 10,6$  мкм) лазерного излучения на кожу лабораторных животных  
**Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Дуванский В.А., Тертычный А.С., Варев Г.А., Никифоров С.М., Симановский Я.О.**
- 16 Effects of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) and pulsed periodic CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ M) laser light at the skin of laboratory animals. a comparative experimental study  
**Podurar S.A., Gorbatova N.Ye., Bryantsev A.V., Duvansky V.A., Tertychny A.S., Varev G.A., Nikiforov S.M., Simanovsky Ya.O.**
- Обоснование целесообразности выполнения лазерной скульптурной увуллопалатопластики больным ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна  
**Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А.**
- 26 Reasonability in performing laser sculptural uvulopalatoplasty in patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome  
**Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A.**
- Актуальная информация**
- Current information**
- Патенты и изобретения по лазерной медицине, опубликованные в 2023 году
- 35 Patents and inventions on laser medicine published in 2023
- Патенты и изобретения по фотодинамической терапии, опубликованные в 2023 году
- 40 Patents and inventions on photodynamic therapy published in 2023

УДК: 621.373.8

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-4-8-15

Тип статьи: Оригинальные исследования

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ О ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ. ЧАСТЬ 1. ГЛУБИНА ПРОНИКНОВЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Д.А. Рогаткин, А.П. Тарасов, М.Е. Штыфлюк

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

## Резюме

**Цель.** Общая цель данной методической статьи, состоящей из двух частей, – дать объединяющий теоретический подход к дискутируемому до сих пор проблемам определения глубины проникновения лазерного излучения в ткани и дозы лазерного терапевтического воздействия с позиций современной медицинской физики. Целью первой части статьи является обсуждение вопроса глубины проникновения лазерного излучения в ткани и органы при диагностических и лечебных процедурах и формулировка практических рекомендаций по ее оценке.

**Материалы и методы.** Проведен обзор современного состояния с терминами и определениями, касающимися вопросов глубины проникновения лазерного излучения. На основе разных приближений известного в физике уравнения переноса излучения приведены численные теоретические оценки глубины проникновения излучения разных длин волн в кожу для разных подходов. Методом Монте-Карло смоделирован объем мягких тканей, в котором поглощается до 95 % энергии излучения. Оценена глубина проникновения излучения исходя из линейных размеров этого объема.

**Результаты.** Классическая теоретическая глубина проникновения лазерного излучения в ткани и органы оказывается сильно зависящей не только от длины волны и оптических свойств тканей, но и от выбранного приближения и метода расчета. Глубина проникновения, оцененная на основе расчета объема, в котором поглощается до 95 % энергии лазерного излучения, оказывается в общем случае примерно в 3 раза больше величины классической теоретической глубины проникновения, что лучше соответствует известным экспериментальным данным.

**Заключение.** Глубина проникновения лазерного излучения более аргументированно в практическом плане для лечебных и диагностических процедур может определяться через эффективный облучаемый объем тканей.

**Ключевые слова:** лазерное излучение, низкоинтенсивная лазерная терапия, внутривенное лазерное облучение крови, глубина проникновения, поглощенная доза, эффективный облучаемый объем

**Для цитирования:** Рогаткин Д.А., Тарасов А.П., Штыфлюк М.Е. Методические замечания о физических параметрах низкоинтенсивного лазерного воздействия. Часть 1. Глубина проникновения лазерного излучения. *Лазерная медицина*. 2023; 27(4): 8–15. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-8-15>

**Контакты:** Штыфлюк М.Е., e-mail: [shtyfluk@medphyslab.com](mailto:shtyfluk@medphyslab.com)

## METHODOLOGICAL NOTES ON PHYSICAL PARAMETERS OF LOW-LEVEL LASER IRRADIATION. PART 1. PENETRATION DEPTH OF LASER LIGHT

Rogatkin D.A., Tarasov A.P., Shtyflyuk M.E.

Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

### Abstract

**Purpose.** The general purpose of present methodological article, consisting of two parts, is to provide a unifying theoretical approach to the still debated problem of determining the depth of penetration of laser light into tissues and the dosage of laser therapeutic effects from the standpoint of modern medical physics. The purpose of the first part of the article is to discuss the depth of laser light penetration into tissues and organs during diagnostic and therapeutic procedures and to formulate practical recommendations for its measurement.

**Material and methods.** The review is devoted to the current problem on the depth of laser light penetration, with terms and definitions. Based on different approximations of the radiation transfer equation known in physics, numerical theoretical estimates of the penetration depth of laser light with different wavelengths into the skin are given for different approaches. The Monte Carlo method was used to simulate soft tissue volume in which radiation energy is absorbed up to 95 %. The depth of light penetration was estimated using linear dimensions of the volume.

**Results.** As it turned out, the classical theoretical depth of laser light penetration into tissues and organs highly depends not only on wavelength and tissue optical properties, but also on the chosen approximation and calculation method. The penetration depth, defined by the calculated volume in which up to 95 % of laser radiation is absorbed, is about 3 times greater than the classical theoretical penetration depth, which better complies with known experimental findings.

**Conclusion.** The depth of laser light penetration into tissues can be more reasonably determined for therapeutic and diagnostic procedures via the effective irradiated volume of tissues.

**Keywords:** laser radiation, low level laser therapy, intravenous laser blood irradiation, penetration depth, absorbed dose, effective irradiated volume

**For citations:** Rogatkin D.A., Tarasov A.P., Shtyflyuk M.E. Methodological notes on physical parameters of low-level laser irradiation. Part 1. Penetration depth of laser light. *Laser Medicine*. 2023; 27(4): 8–15. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-8-15>

**Contacts:** Shtyflyuk M.E., e-mail: [shtyfluk@medphyslab.com](mailto:shtyfluk@medphyslab.com)

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на современный уровень развития медицинской физики и достаточно длительную уже историю развития лазерных методов лечения и диагностики в медицине, вопросы глубины проникновения лазерного излучения (ЛИ) в ткани и органы, равно как и вопросы дозы лазерного лечебного воздействия, до сих пор остаются предметом споров и недостаточного понимания не только со стороны врачей, но и специалистов физико-технического профиля [1, 2]. Прежде всего это касается вопросов терапевтического применения ЛИ (низкоинтенсивная лазерная терапия (НИЛТ), фотодинамическая терапия (ФДТ) и др.) и вопросов глубины или объема зондирования живых тканей оптическим излучением, не обязательно лазерным, на разных длинах волн при диагностических процедурах. К таковым относятся разные технологии оптической флоуметрии, тканевой оксиметрии, фотоплетизмографии, лазерного спектрального анализа и т.д. Как глубоко ЛИ проникает в ткани? Однажды авторам этих строк пришлось столкнуться с утверждением одного зарубежного рецензента их статьи, что поскольку глубина проникновения зеленого света в кожу, по данным литературы, не больше 1 мм, эффективная оптическая диагностика микрососудистого русла в зеленом свете невозможна. Пришлось его долго убеждать в обратном (см. далее).

А уж сколько копий было сломано в последние десятилетия в нашей стране в спорах об определении понятия дозы лазерного терапевтического воздействия — и не сосчитать [3–8 и др.]. Нужно ли определять дозу как величину с размерностью мВт/см<sup>2</sup>, или мДж/см<sup>2</sup>, или просто как энергию (Дж)? А может, ее надо определять через объемную плотность энергии в тканях (Дж/см<sup>3</sup>) или как поглощенную энергию на единицу массы ткани, как это и принято сегодня в классической клинической дозиметрии, т.е. как величину с размерностью Дж/кг (мДж/г)? Какую величину правильно и корректно обозначать термином «доза» в лазерной терапии? Эквивалентно ли воздействие в случае маленькой плотности мощности и длительно-го времени облучения и большой плотности мощности и короткого по времени облучения, если формально величины с размерностью мДж/см<sup>2</sup> будут численно равны в обоих случаях? Некоторые авторы предлагали в свое время сомнительные термины типа «поверхностное дозирование по поглощенной дозе» (т.е. сразу два каких-то «дозирования») [7] или «энергетическая плотность» [8] (нестандартный термин), чтобы как-то сгладить ситуацию.

И совсем темным пятном остается доза лазерного воздействия при облучении с помощью оптического

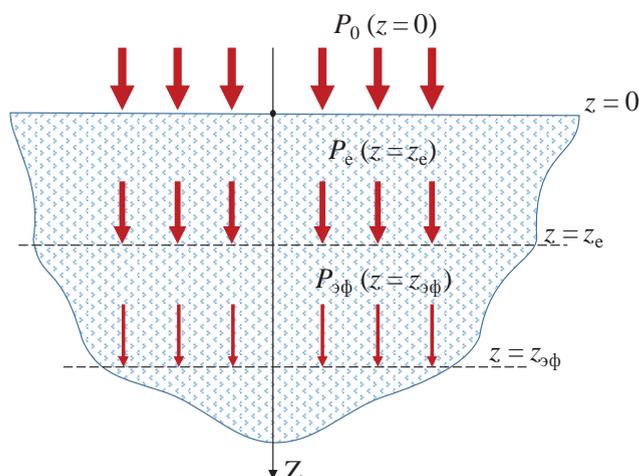
волокна, например при внутривенном лазерном облучении крови (ВЛОК). Если при обычной чрескожной НИЛТ поверхностные плотности мощности ЛИ соответствуют диапазону 0,1–100 мВт/см<sup>2</sup> [6], то при ВЛОК с оптическим волокном диаметром 100 мкм и мощностью ЛИ на выходе из волокна 1–10 мВт подводимая плотность мощности (доза?) оказывается в диапазоне 10<sup>4</sup>–10<sup>5</sup> мВт/см<sup>2</sup>, т.е. на 2–3 порядка выше [9, 10]. И без того в разных практических руководствах еще с конца 1990-х годов рекомендуемые значения «доз» у разных авторов различаются в сотни и более раз — от 0,1 до 120 Дж/см<sup>2</sup> [10]. А тут уже различия в тысячи раз... И это притом что существенного нагрева, карбонизации, выпаривания тканей при таком воздействии (т.е. их повреждения) не происходит. Это тоже требует объяснений.

Неясность во всех этих вопросах и послужила поводом для данных методических заметок. Их цель — в методическом плане с позиций медицинской физики расставить все основные точки над «i» в этих вопросах и показать, с одной стороны, возможный единый взгляд на проблему, а с другой — глубинную фундаментальную взаимосвязь разных подходов к проблеме. В частности, вопросы дозы и глубины проникновения, на первый взгляд, кажутся близкими, но не жестко взаимосвязанными. Родственными кажутся вопросы сравнения доз ЛИ при импульсном и непрерывном облучении [1, 7, 8], но прямо не связанными с проблемой глубины проникновения. Однако фактически, как показано в данной статье, это одна и та же методологическая проблема, просто плохо пока раскрытая (на взгляд авторов) в предыдущих публикациях.

## ПОНЯТИЕ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ

В литературе известно много поясняющих глубину проникновения ЛИ в кожу картинок со стрелочками разной длины, направленными вглубь кожи, и разного цвета, которые обозначают разную длину волн излучения  $\lambda$  (например, см. в [11]). Но эти картинки дают лишь качественное представление. Поскольку речь идет о физическом факторе воздействия — электромагнитном излучении — и о физике распространения ЛИ в тканях и средах организма, то необходимо прежде всего оперировать строгой количественной физической терминологией.

Понятие глубины проникновения (толщины скин-слоя) формулируется в оптике, фотометрии и теории электромагнетизма на основе закона экспоненциального затухания Бугера [12, 13]. Если представить плоскую электромагнитную волну (параллельный пучок лучей света) с плотностью мощности в сечении луча  $P_0$  [мВт/см<sup>2</sup>], которая падает на сплошную однородную



**Рис. 1.** Ослабление мощности параллельного пучка лучей света в поглощающей среде

**Fig. 1.** Power attenuation of the parallel beam of light rays in the absorbing medium

материальную среду (рис. 1), обладающую коэффициентом поглощения излучения этой длины волны  $\mu_a$  [см<sup>-1</sup>], то по мере распространения ЛИ в этой среде с толщиной  $z$  [см] плотность мощности в луче  $P(z)$  с глубиной будет уменьшаться по экспоненте (отражением на границе среды здесь и далее для простоты пренебрегаем). Это описывается известным уравнением Бугера:

$$P(z) = P_0 e^{-\mu_a z}. \tag{1}$$

При  $z = z_e = 1/\mu_a$  поток излучения ослабнет в  $e$  раз (примерно в 2,7 раза), и эта глубина  $z_e$  чисто условно в физике, подчеркиваем: условно называется глубиной проникновения излучения в среду (толщиной скин-слоя) [13]. Врачи же часто ошибочно этот термин «глубины» понимают буквально. На этой глубине, если пренебречь отражением от внешней границы, первоначальный поток, скажем, в 10 мВт/см<sup>2</sup> станет равным 3,7 мВт/см<sup>2</sup>. Еще через такое же расстояние этот поток ослабнет до 1,4 мВт/см<sup>2</sup> и т.д. Но это все равно не будет нулевой поток ( $P(z) \neq 0$ ), и он может потенциально оказывать какое-то эффективное биологическое действие даже на глубине  $z_{3\phi}$ , существенно большей  $z_e$ , если оставшейся мощности ЛИ достаточно для такого действия.

Например, для зеленого диапазона спектра ( $\lambda = 520\text{--}550$  нм) и для нормальной кровенаполненной кожи, согласно данным литературы, эффективное (усредненное по эпидермису-дерме) значение коэффициента поглощения  $\mu_a$  в зависимости от кровенаполнения дермы и содержания меланина в эпидермисе составляет 2–10 см<sup>-1</sup> [14, 15], что по (1) дает  $z_e = 1\text{--}5$  мм. Однако уравнение (1) и само понятие толщины скин-слоя формулируются в классической физике только для сплошной, однородной и поглощающей свет среды без внутренних неоднородностей. Биологические же ткани, как известно, сильно

оптически неоднородны (и на уровне тканевых слоев, и на уровне отдельных клеток и их органелл), что приводит к сильному рассеянию света и существенному усложнению теоретического описания его распространения в среде. В самом общем случае этот процесс описывается либо с позиций электромагнетизма уравнениями Максвелла, либо, при рассмотрении более простых фотометрических задач, скалярным уравнением переноса излучения (УПИ). Общих точных решений УПИ для светорассеивающей среды пока не найдено, поэтому расчеты ведутся в рамках разных упрощающих аппроксимаций (приближений) – потоковых моделей Кубелки – Мунка, приближения однократного рассеяния, диффузионного приближения и т. п. [16–18]. В этих фотометрических теориях рассеяние характеризуется отдельным коэффициентом рассеяния  $\mu_s$  [см<sup>-1</sup>] и фазовой функцией рассеяния  $g$ , описывающей угловое распределение рассеяния в пространстве (оно может быть разным в разных направлениях). Часто вместо фазовой функции для расчетов достаточно просто среднего косинуса угла рассеяния  $g$ , тогда фазовая функция не используется.

Все это усложняет расчет и делает более сложным вид показателя экспоненты в законе затухания. Например, по глубине поток затухает в рамках приближения однократного рассеяния в соответствии с экспонентой [17]:

$$P \sim P_0 e^{-(\mu_a + \mu_s)z}, \tag{2}$$

в классической 2-поточковой модели Кубелки – Мунка по экспоненте [16]:

$$P \sim P_0 e^{-\sqrt{\mu_a(\mu_a + 2\mu_s)}z}, \tag{3}$$

а в рамках диффузионного приближения [18]

$$P \sim P_0 e^{-\sqrt{3\mu_a(\mu_a + \mu_s')}z}, \tag{4}$$

где  $\mu_s' = \mu_s(1 - g)$ .

По определению при таких законах затухания глубина проникновения определяется как величина, обратно пропорциональная множителю перед  $z$  в показателе экспоненты. Если взять оптические параметры кожи для зеленого света с  $\lambda = 525$  нм в виде типового набора значений:  $\mu_a = 5$  см<sup>-1</sup>,  $\mu_s = 250$  см<sup>-1</sup>,  $g = 0,8$  [19, 20], то в первом случае (однократное рассеяние) при указанных параметрах  $z_e = 0,04$  мм, во втором случае (модель Кубелки – Мунка)  $z_e = 0,19$  мм, а в третьем (диффузионное приближение) –  $z_e = 0,35$  мм. Как видим, рассеяние еще сильнее уменьшает глубину  $z_e$  в несколько раз. В приближении однократного рассеяния это уменьшение больше, а для многократного рассеяния – меньше. Многократное рассеяние определенным образом «просветляет» среду по сравнению с однократным. Но это уже детали. На такую маленькую расчетную глубину проникновения, меньше миллиметра при  $\lambda = 525$  нм, и упирал наш заморский рецензент.

Пришлось послать ему фотографию с мочкой уха и зеленым светодиодом, где отчетливо видно, как зеленый свет  $\lambda = 525$  нм проходит сквозь мочку уха толщиной более 5 мм (рис. 2)<sup>1</sup>.

Как видим на рис. 2, свет проникает в ткани намного глубже теоретической «глубины проникновения». Сравнительные данные по для разных приближений и длин волн даны в таблице.

Приведенное описание, хоть и строгое с физико-математической точки зрения, представляется мало информативным для клиники и явно занижает реальную глубину проникновения. Для клиницистов же важно знать: какая доля ЛИ окажется на той или иной глубине в реальном органе? До какой глубины доходит столько мощности (энергии) ЛИ, сколько достаточно, чтобы оказать нужное терапевтическое действие или извлечь искомую диагностическую информацию? Диагностика и лечение – это разные задачи при такой постановке вопроса.

Для целей диагностики ЛИ должно в нужном количестве либо пройти насквозь орган, чтобы быть зарегистрированным фотоприемником с его обратной стороны, например как в датчике пульсоксиметра («прищепка» на палец), либо проникнуть вглубь тканей и выйти за счет рассеяния назад в нужном количестве на освещаемую поверхность, где тоже может располагаться фотоприемник, например оптическое волокно. В первом случае (в проходящем свете) вопрос о глубине проникновения излучения не стоит – просвечивается насквозь весь орган (палец). А вот во втором случае определить, до какой глубины доходило ЛИ и с какой максимальной глубины мы получили информацию, не так просто. Навскидку даже сложно сказать, будет ли это глубина  $z_e$ , или  $z_{эф}$ , или какая-то другая, поскольку не указан критерий, как судить о такой глубине.

В свое время вопрос о таком критерии был рассмотрен в [22]. Было введено понятие «эффективный диагностический объем» (ЭДО) – такой объем ткани, который вносит в регистрируемый оптический сигнал вклад по мощности излучения, например не менее



**Рис. 2.** Прохождение зеленого света светодиода через мочку уха толщиной 5–6 мм

**Fig. 2.** Passage of green LED light through the earlobe 5–6 mm thick

95 % общего регистрируемого сигнала. То есть это такой объем и, соответственно, глубина  $z_d$ , с которых до фотоприемника доходит не менее 95 % от общей мощности излучения, которую он регистрирует в каждом конкретном случае. Это определение позволяет численно оценивать достигаемый при реальных измерениях ЭДО.

В качестве иллюстрации рассмотрим простейшую задачу одномерного распространения света в светорассеивающей биоткани. Формулировка задачи такова: найти такую эффективную глубину зондирования  $z_d$  среды распространения излучения с заданными оптическими свойствами, с которой обратнорассеянное излучение  $P_{bs}(z_d)$ , регистрируемое диагностическим прибором на поверхности этой среды в области освещения, составляет по мощности долю 0,95 от общей мощности обратнорассеянного излучения  $P_{bs}(z \rightarrow \infty)$ , которое теоретически может быть зарегистрировано от бесконечной по толщине среды. Это обратнорассеянное излучение для модельной

Таблица

**Сравнительные данные по  $z_e$  для разных приближений и длин волн**

Table

**Comparative data on  $z_e$  for different approximations and wavelengths**

Длина волны $\lambda$ , нм	Оптические свойства	Глубина проникновения согласно формуле, мм:			
		(1)	(2)	(3)	(4)
315 (УФ)	$\mu_a = 60 \text{ см}^{-1}, \mu_s = 400 \text{ см}^{-1}, g = 0,7$	0,17	0,02	0,04	0,05
525 (зеленый)	$\mu_a = 5 \text{ см}^{-1}, \mu_s = 250 \text{ см}^{-1}, g = 0,8$	2,0	0,04	0,19	0,35
633 (красный)	$\mu_a = 2 \text{ см}^{-1}, \mu_s = 170 \text{ см}^{-1}, g = 0,8$	5,0	0,06	0,38	0,68
810 (ИК)	$\mu_a = 1,5 \text{ см}^{-1}, \mu_s = 120 \text{ см}^{-1}, g = 0,8$	6,7	0,08	0,52	0,93

<sup>1</sup> Правомерно поставить вопрос, конечно, и о корректности оценки величин  $\mu_a$  и  $\mu_s$ . Есть сегодня много литературных данных, что в теоретических расчетах часто используются их завышенные значения [20, 21]. Но общепринятый подход к теоретическому определению самого понятия глубины проникновения ЛИ в ткани и органы это не отменяет.

полубесконечной среды описывается, например, в рамках классической 2-поточковой модели Кубелки – Мунка соотношением:

$$P_{bs}(z \rightarrow \infty) = P_0 \frac{\mu_s}{\mu_a + \mu_s + \sqrt{\mu_a(\mu_a + 2\mu_s)}}. \quad (5)$$

Чуть более сложное уравнение можно получить и для среды конечной толщины. Поскольку, за исключением нескольких частных случаев (мочка уха, палец), в медицине облучаются толстые слои тканей и органы и свет сквозь них практически не проходит, они могут быть приняты в модельной расчетной задаче как среды полубесконечной толщины, и для них справедливо уравнение (5). Тогда обратнорассеянное излучение  $P_{bs}(z_d)$ , выходящее из глубины  $z_d$ , будет меньше  $P_{bs}(z \rightarrow \infty)$ . Соответственно, можно вычислить такую  $z_d$ , с которой доходит до фотоприемника 95 % от  $P_{bs}(z \rightarrow \infty)$ , т. е.:

$$P_{bs}(z_d) = 0,95 \cdot P_{bs}(z \rightarrow \infty). \quad (6)$$

Как показано в [22], для непоглощающей свет биоткани ( $\mu_a = 0$ )

$$z_d = \frac{0,95}{(1-0,95) \cdot \mu_s} = \frac{19}{\mu_s}. \quad (7)$$

Для типовых значений  $\mu_s = 20 \dots 100 \text{ см}^{-1}$  глубина зондирования  $z_d$  такой биоткани в режиме обратного рассеяния оценивается в 1–10 мм. В этой же статье приведено выражение и графики для оценки  $z_d$  в общем случае, когда  $\mu_a \neq 0$ . Показано, что типовые значения глубины зондирования тканей светом  $z_d$  лежат уже в диапазоне 1–8 мм, т. е. они существенно больше оценок таблицы.

При лечебном применении ЛИ у нас сегодня нет инструментов и теорий, чтобы определить, какая доля из дошедшего до глубины  $z$  излучения окажет терапевтический эффект. С точки зрения медицинской физики лечебный эффект оказывает только энергия поглощенного излучения (различные информационные и другие аналогичные околонучные теории здесь не рассматриваем), т. к. вызывает последовательный каскад разных фотофизических, фотохимических и фотобиологических реакций в клетках, тканях и органах [23]. Как указано в цитируемой статье, в лазерной терапии, по данным многих авторов, очень ярко проявляется зависимость «доза–эффект», поэтому понятие дозы ЛИ – одно из ключевых в методическом плане, особенно при ФДТ и ультрафиолетовой (УФ) терапии в дерматологии. Если до глубины  $z$  дойдет и поглотится там недостаточно мощности (энергии) ЛИ в единицу времени, чтобы вызвать фотофизические и фотохимические реакции, лечебного эффекта и не будет [2]. Однако в [1] правильно отмечается, что и поглотившись, скорее всего, не вся энергия света уходит на полезное лечебное действие. Например, часть квантов света, поглощенная биомолекулами, далее снова переизлучается в виде излучения флюоресценции и/или фосфоресценции (лазер-индуцированная

люминесценция) [3]. Поэтому вопрос о «минимальной лечебной дозе» ЛИ правомерен и актуален до сих пор. Но он пока недостаточно изучен. Однако сейчас нам важно осознать, что с помощью стандартных физико-математических расчетов и методов можно достаточно правдоподобно сегодня теоретически оценить объем облучаемых мягких тканей при любых терапевтических процедурах.

Например, «золотым стандартом» теоретических расчетов в медицинской физике в отсутствие точных решений УПИ считается метод статистического моделирования Монте-Карло [16]. Хотя точность его в биомедицинской оптике и является еще спорной [17], с ошибкой не более 15% он позволяет все же моделировать распределение поглощенной энергии ЛИ в любой биоткани, если известны для нее  $\mu_a$ ,  $\mu_s$  и  $g$ .

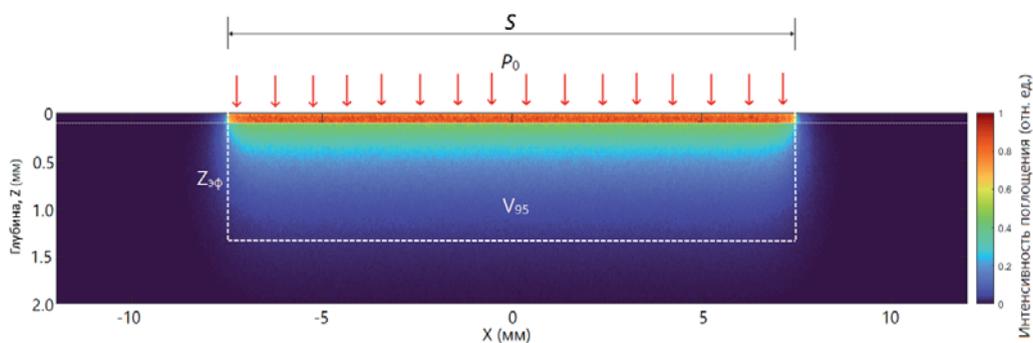
Чтобы показать важное преимущество такого расчета в свете рассматриваемой проблемы глубины проникновения ЛИ, рассмотрим модельную задачу равномерного освещения поверхности  $S$  кожи широким лучом с исходной плотностью мощности в луче  $P_0$ . Если  $P_0$  неизменна во времени (стационарная задача), то методом Монте-Карло можно, например, для модели кожи, состоящей из двух слоев (эпидермис толщиной 100 мкм и дерма, толщина которой принята полубесконечной), получить стационарное распределение поглощенной энергии ЛИ по глубине кожи под облучаемой поверхностью. Пример такого относительного распределения для ЛИ с  $\lambda = 525 \text{ нм}$  (зеленый диапазон спектра) и оптических свойств слоев кожи, взятых из [19], дан на рис. 3. По нему можно оценить объем кожи, в котором поглотилось, например, 50 % падающей мощности ЛИ или 90 %. Обычно в медицинской физике принято оценивать изодозы поглощения для 95 % мощности. Если определить для приведенного распределения объем  $V_{95}$ , где поглотилось 95 % всех «фотонов», проникших в кожу, то, зная  $S$ , легко вычислить эффективную глубину  $z_{эф}$ , до которой дошла основная часть ЛИ (краевым эффектом выхода ЛИ в стороны за края  $S$  здесь пренебрегаем), по отношению:

$$z_{эф} = \frac{V_{95}}{S}, \quad (8)$$

т. к. объем, занимаемый излучением, фактически имеет цилиндрическую форму. В данной задаче определенный таким образом  $z_{эф}$  оказывается раз в 10 больше глубины  $z_e$  при указанных  $\mu_a$ ,  $\mu_s$  и  $g$ , а именно: 1,3 мм против 0,19–0,34 мм (табл.).

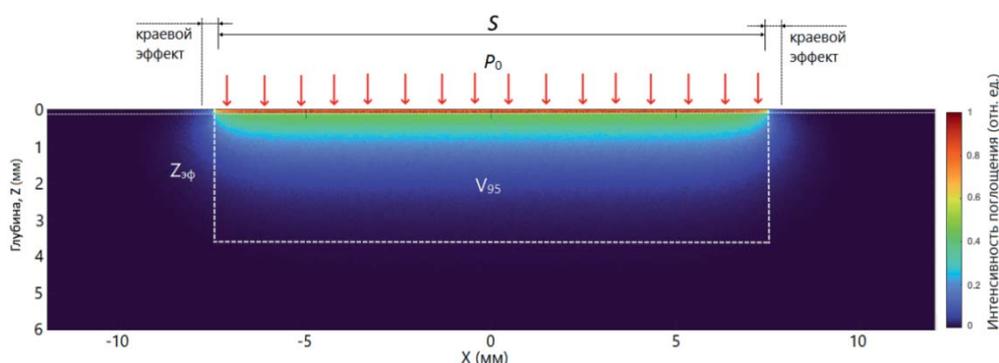
Аналогично на рис. 4 приведено расчетное относительное распределение поглощенной энергии для ЛИ с  $\lambda = 633 \text{ нм}$ . Глубина  $z_{эф}$  для красного диапазона спектра увеличилась до 3,5 мм. Увеличился и краевой эффект, но остается еще достаточно малым, чтобы его учитывать при расчете  $z_{эф}$  в формуле (8).

Безусловно, распределение поглощенной энергии по глубине в приведенных примерах будет неравномерным, спадающим по экспоненте, но это уже детали.



**Рис. 3.** Расчетное относительное распределение поглощенной энергии света с  $\lambda = 525$  нм в коже по глубине и объем  $V_{95}$ . Оптические параметры кожи: эпидермис  $\mu_a = 7 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s = 350 \text{ см}^{-1}$ ,  $g = 0,8$ ; дерма  $\mu_a = 4 \text{ см}^{-1}$ ;  $\mu_s = 220 \text{ см}^{-1}$ ;  $g = 0,8$ . Падающая  $P_0$  распределена равномерно по площади освещения  $S$  (луч, диаметром 1,5 см)

**Fig. 3.** Calculated relative distribution of the absorbed energy for light with  $\lambda = 525$  nm in the skin by depth and volume  $V_{95}$ . Skin optical parameters:  $\mu_a = 7 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\mu_s = 350 \text{ cm}^{-1}$ ,  $g = 0,8$  for epidermis;  $\mu_a = 4 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\mu_s = 220 \text{ cm}^{-1}$ ;  $g = 0,8$  for dermis. Incident power density  $P_0$  is distributed evenly over the illuminated area  $S$  (beam diameter is 1.5 cm)



**Рис. 4.** Расчетное относительное распределение поглощенной энергии света с  $\lambda = 633$  нм в коже по глубине и объем  $V_{95}$ . Оптические параметры кожи: эпидермис  $\mu_a = 3 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s = 200 \text{ см}^{-1}$ ,  $g = 0,8$ ; дерма  $\mu_a = 1,5 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s = 150 \text{ см}^{-1}$ ,  $g = 0,8$ . Падающая  $P_0$ , аналогичная рис. 3, распределена также равномерно по площади освещения  $S$

**Fig. 4.** Calculated relative distribution of absorbed energy for light with  $\lambda = 633$  nm in the skin by depth and volume  $V_{95}$ . Skin optical parameters:  $\mu_a = 3 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\mu_s = 200 \text{ cm}^{-1}$ ,  $g = 0,8$  for epidermis;  $\mu_a = 1.5 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\mu_s = 150 \text{ cm}^{-1}$ ,  $g = 0,8$  for dermis.  $P_0$  is distributed evenly over the illuminated area  $S$  similar to Fig. 3

Важно то, что мы можем в любой момент определить объем  $V_{95}$  и соответствующую ему глубину  $z_{эф}$ , а отношение  $P_0/z_{эф}$  примерно при учете доли  $R$  вышедшего назад из биоткани обратнорассеянного излучения (обычно  $R = 0,1 \dots 0,4$  [3, 7]), и она достаточно точно автоматически вычисляется в методе Монте-Карло) даст среднюю поглощенную и удельную по объему облучаемой биоткани мощность ЛИ:

$$U = (1 - R) \frac{P_0}{z_{эф}} = (1 - R) \frac{P_0 \cdot S}{V_{95}}, \tag{9}$$

где  $U$  – поглощенная объемная плотность мощности в ткани [мВт/см<sup>3</sup>].

Кто-то может возразить, что и 5 % оставшейся мощности (скажем, 5 мВт от 100 мВт) еще достаточно для лечебного эффекта. Возможно. Это зависит в каждом конкретном случае от задействованного и рассматриваемого механизма лечебного действия

(обычный нагрев, фотосупрессия при УФ-терапии, светокислородный эффект при ФДТ и т. д.). Для каждого из механизмов, кроме плацебо, существует, наиболее вероятно, своя минимальная  $U$ , которая его инициирует (аналог минимальной терапевтической дозы фармпрепарата) [3, 23 и др.]. Но мы ее величину пока не знаем и здесь не обсуждаем. Мы говорим лишь, что можно определить объем  $V_{\%}$ . При необходимости можно вычислить объем для 96% поглощенной энергии, для 98% и т.д., вплоть почти до 100 %<sup>2</sup>. Основная идея здесь – возможность определения глубины воздействия через объем, в котором поглощается основная часть ЛИ. Использование  $z_{эф}$  в качестве глубины проникновения, на наш взгляд, с практической точки зрения более аргументировано, чем  $z_e$ . В частности, при теоретических оценках величина  $z_{эф}$  оказывается больше  $z_e$ , что ближе

<sup>2</sup> Точно 100 % определить нельзя, т. к. один или несколько «фотонов» могут «улететь» при статистическом моделировании далеко вглубь или в сторону от основной массы поглощенных фотонов так, что получится «пробел» в поглощении, и усреднение его по объему не будет адекватным. Наиболее достоверно методом Монте-Карло можно определять объем только до 98–99 % поглощения.

к экспериментальным данным, известным из практики. Например, для чисто поглощающей среды ( $\mu_s = 0$ ) легко получить, что  $z_{эф} \approx 3z_e$ .

## ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход позволяет по-новому взглянуть на проблему глубины проникновения ЛИ при лечебных и диагностических процедурах и показать, почему часто на практике свет проникает в ткани намного глубже классической «глубины проникновения». Этот подход не вводит в оборот никаких принципиально новых терминов и определений, но позволяет получить более обоснованную с практической точки зрения теоретическую оценку глубины проникновения ЛИ в ткани, основанную на эффекте действия ЛИ, на объеме, в котором оно сосредотачивается в тканях, как при диагностике, так и в процессе терапии. В результате возникает интересный и неожиданный новый ракурс взгляда на проблему, возможно, пригодный для последующей оптимизации терапевтических процедур.

Можно, конечно, возразить, что в приведенных числовых расчетах использованы лишь частные случаи оптических свойств тканей  $\mu_a$ ,  $\mu_s$  и  $g$ . Безусловно, это так. Но приведенные в статье конкретные числовые значения и примеры и не претендуют на большую точность и единственность возможного. Это, скорее, оценочные и демонстрационные примеры. Точные значения оптических свойств тканей наиболее правильно получать путем их измерений индивидуально у пациента перед назначением процедур. Но такие измерения требуют разработки стандартизированной методики измерений и метрологически аттестованной аппаратуры. Пока же здесь приведены лишь правдоподобные ситуации с определенной долей погрешности, которые показательны, но исключительно в методическом плане. Далее результаты могут и должны уточняться и дополняться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин С.В. Основы лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия» – М. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2016; 1: 30–235.
2. Chung H., Dai T., Sharma S.K. et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012; 40 (2): 516–533.
3. Жорина Л.В., Змиевской Г.Н. Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами: Воздействие ионизирующего и оптического излучения: Учебное пособие // Под ред. С.И. Щукина. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006: 191–206.
4. Рогаткин Д.А. Биодозиметрический винегрет или история восприятия одной публикации в «Л-И» // Информационный бюллетень Лазерной ассоциации «Лазер-Информ». 2008; 23 (398): 14–16.
5. Загускин С.Л. Лазерная терапия – мифы и реальность, возможные пути развития // Информационный бюллетень Лазерной ассоциации «Лазер-Информ». 1999; 2 (161): 1–6.
6. Загускин С.Л., Загускина С.С. Лазерная и биоуправляемая квантовая терапия – М.: Ассоциация «Квантовая медицина», 2005: 61–159.
7. Дунаев А.В., Евстигнеев А.Р., Шалобаев Е.В. Лазерные терапевтические устройства // Под ред. К.В. Подмастерьева: Учебное пособие. – Орел: ОрелГТУ, 2005: 15–25.
8. Москвин С.В. О некоторых заблуждениях, мешающих развитию лазерной терапии. *Уральский медицинский журнал.* 2013; 1: 119–121.
9. Гейниц А.В., Москвин С.В., Ачилов А.А. Внутривенное лазерное облучение крови М.–Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2012: 32.
10. Дуплик А.Ю. Дозиметрия низкоинтенсивного лазерного облучения крови. *Laser Market.* 1995; 2–3: 18–20.
11. Пономарев И.В. Основы использования лазеров в эстетической медицине. *Вестник эстетической медицины.* 2007; 1: 46–52.
12. Демин В.В., Половцев И.Г. Фотометрия и ее применения. Учебное пособие. Томск, изд-во ТГУ, 2017: 344.
13. Физический энциклопедический словарь // Под ред. акад. А.М. Прохорова – М.: Сов. энциклопедия, 1984.
14. Lister T., Wright P.A., Chappell P.H. Optical properties of human skin. *J. Biomed. Opt.* 2012; 17 (9): 090901.
15. Shimojo Yu et al. Measurement of absorption and reduced scattering coefficients in Asian human epidermis, dermis, and subcutaneous fat tissues in the 400- to 1100-nm wavelength range for optical penetration depth and energy deposition analysis. *J. Biomed. Opt.* 2020; 25 (4): 045002.
16. Пушкарева А.Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008; 103.
17. Tarasov A.P., Persheyev S., Rogatkin D.A. Analysis of the applicability of the classical probabilistic parameters of the Monte Carlo algorithm for problems of light transport in turbid biological media with continuous absorption and discrete scattering. *Quantum Electron.* 2021; 51 (5): 408.
18. Bikmulina P. et al. Photobiomodulation in 3D tissue engineering. *J. Biomed. Opt.* 2022; 27(9): 090901.
19. Salomatina E.V. et al. Optical properties of normal and cancerous human skin in the visible and near-infrared spectral range. *J. Biomed. Opt.* 2006; 11 (6): 064026.
20. Setchfield K. et al. Relevance and utility of the in-vivo and ex-vivo optical properties of the skin reported in the literature: a review. *Biomed. Opt. Express.* 2023; 14: 3555–3583.
21. Tarasov A.P., Shtyflyuk M.E., Rogatkin D.A. Theoretical substantiation of the possibility of performing non-damaging UV diagnostics of biological tissues in vivo. *Photonics.* 2023; 10: 1289.
22. Rogatkin D.A., Dunaev A.V., Lapaeva L.G. Metrological support of methods and devices for non-invasive medical spectrophotometry. *Biomed Eng.* 2010; 44 (2): 66–70.
23. Поддубная О. А. Низкоинтенсивная лазеротерапия в клинической практике (Часть 1). *Вестник восстановительной медицины.* 2020; 6 (100): 92–99.

## REFERENCES

1. Moskvina S.V. Basics of laser therapy. Series "Effective laser therapy". Moscow–Tver: Publishing House "Triad" LLC, 2016; 1: 30–235. [In Russ.].
2. Chung H., Dai T., Sharma S.K. et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012; 40 (2) 516–533.
3. Zhorina L.V., Zmievskaya G.N. Fundamentals of the interaction of physical fields with biological objects: Impact of ionizing and optical radiation: Textbook. Ed. S.I. Shchukin. Moscow: *Bauman MSTU*, 2006: 191–206. [In Russ.].
4. Rogatkin D.A. Biodosimetric vinaigrette or the history of the perception of one publication in "L-I". Information bulletin of Laser Association "Laser-Info". 2008; 23 (398): 14–16. [In Russ.].
5. Zaguskin S.L. Laser therapy – myths and reality, possible development ways. Information bulletin of Laser Association "Laser-Info". 1999; 2 (161): 1–6. [In Russ.].
6. Zaguskin S.L., Zaguskina S.S. Laser and biocontrolled quantum therapy – Moscow: Quantum Medicine Association. 2005: 61–159. [In Russ.].
7. Dunaev A.V., Evstigneev A.R., Shalobaev E.V. Laser therapeutic devices. Ed. K.V. Podmastereva: Textbook. Orel State Technical University. 2005: 15–25. [In Russ.].
8. Moskvina S.V. Some misconceptions that hinder the development of laser therapy. *Ural Medical Journal.* 2013; 1: 119–121. [In Russ.].
9. Geynits A.V., Moskvina S.V., Achilov A.A. Intravenous laser blood irradiation. Moscow–Tver: Publishing House "Triada". 2012: 32. [In Russ.].
10. Duplik A.Yu. Dosimetry of low-intensity laser irradiation of blood. *Laser Market.* 1995; 2–3: 18–20. [In Russ.].
11. Ponomarev I.V. Basics of lasers in the aesthetic medicine. *Vestnik esteticheskoy medicini.* 2007; 1: 46–52. [In Russ.].
12. Demin V.V., Polovtsev I.G. Photometry and its applications. Textbook. Tomsk, TSU Publishing House. 2017: 344. [In Russ.].
13. Physical encyclopedic dictionary. Ed. acad. A.M. Prokhorov – Moscow: *Sov. encyclopedia*, 1984. [In Russ.].
14. Lister T., Wright P.A., Chappell P.H. Optical properties of human skin. *J. Biomed. Opt.* 2012; 17 (9): 090901.
15. Shimojo Yu et al. Measurement of absorption and reduced scattering coefficients in Asian human epidermis, dermis, and subcutaneous fat tissues in the 400- to 1100-nm wavelength range for optical penetration depth and energy deposition analysis. *J. Biomed. Opt.* 2020; 25(4): 045002.
16. Pushkareva A.E. Methods of mathematical modeling in the optics of biological tissue. Tutorial. St. Petersburg State University ITMO. 2008: 103. [In Russ.].
17. Tarasov A.P., Persheyev S., Rogatkin D.A. Analysis of the applicability of classical probabilistic parameters of the Monte Carlo algorithm for problems of light transport in turbid biological media with continuous absorption and discrete scattering. *Quantum Electron.* 2021; 51 (5): 408.
18. Bikmulina P. et al. Photobiomodulation in 3D tissue engineering. *J. Biomed. Opt.* 2022; 27 (9): 090901.
19. Salomatina E.V. et al. Optical properties of normal and cancerous human skin in the visible and near-infrared spectral range. *J. Biomed. Opt.* 2006; 11 (6): 064026.
20. Setchfield K. et al. Relevance and utility of the in-vivo and ex-vivo optical properties of the skin reported in the literature: a review. *Biomed. Opt. Express.* 2023; 14: 3555–3583.
21. Tarasov A.P., Shtyflyuk M.E., Rogatkin D.A. Theoretical substantiation of the possibility of performing non-damaging UV diagnostics of biological tissues in vivo. *Photonics.* 2023; 10: 1289.
22. Rogatkin D.A., Dunaev A.V., Lapaeva L.G. Metrological support of methods and devices for non-invasive medical spectrophotometry. *Biomed Eng.* 2010; 44 (2): 66–70.
23. Poddubnaya O.A. Low-intensity laser therapy in clinical practice (Part 1). *Vestnik vosstanovitel'noy medicini.* 2020; 6 (100): 92–99. [In Russ.].

**Конфликт интересов:**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:**

The authors declare no conflict of interest.

**Сведения об авторах**

**Рогаткин Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, заведующий лабораторией медико-физических исследований ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-308X>

**Тарасов Андрей Петрович** – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории медико-физических исследований ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5016-3308>

**Штыфлюк Мария Евгеньевна** – младший научный сотрудник лаборатории медико-физических исследований ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9422-9289>

**Information about authors**

**Dmitriy Rogatkin** – Ph.D., Dr. Sci (Tech.), head of the laboratory of medical and physical research, Moscow Regional Research and Clinical Institute; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7755-308X>

**Andrey Tarasov** – Ph.D., Cand. Sci (Phys.-Math.), researcher at the laboratory of medical and physical research, Moscow Regional Research and Clinical Institute; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5016-3308>

**Maria Shtyflyuk** – researcher at the laboratory of medical and physical research, Moscow Regional Research and Clinical Institute; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9422-9289>

УДК 616.5-003.829:621373.8

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-4-16-25

Тип статьи Оригинальные исследования

# СРАВНИТЕЛЬНОЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ «СИНЕГО» ( $\lambda = 450$ НМ) И ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО $\text{CO}_2$ ( $\lambda = 10,6$ МКМ) ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОЖУ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

С.А. Подурар<sup>1</sup>, Н.Е. Горбатова<sup>1</sup>, А.В. Брянцев<sup>1</sup>, В.А. Дуванский<sup>2</sup>, А.С. Тертычный<sup>3</sup>, Г.А. Варев<sup>4</sup>, С.М. Никифоров<sup>5</sup>, Я.О. Симановский<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

<sup>4</sup> ООО «Русский инженерный клуб», г. Тула, Россия

<sup>5</sup> ФГБун «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», Москва, Россия

## Резюме

**Актуальность.** Вопрос радикального удаления пигментных образований кожи с хорошим клиническим и эстетическим результатом в настоящее время остается открытым. Данные образования и врожденные гигантские пигментные невусы (ВГПН) определяются с рождения у 2 % новорожденных, приобретенные невусы отмечают у 75 % детей. Они могут иметь большие размеры и довольно часто располагаются на видимых частях тела, создают психологическую проблему у детей, приводя к эстетическому дискомфорту. Во взрослом периоде жизни возникают различные осложнения, у 10 % пациентов возможна малигнизация. Существует медицинская и одновременно психологическая проблема их лечения, которую целесообразно решить в детском возрасте. Используемые различные способы удаления не всегда эффективны и нередко сопровождаются различного рода осложнениями в виде рецидива от 6 до 41 % случаев, образованием рубцовой деформации кожи у 6 % пациентов. Это требует разработки современных высокоэффективных способов удаления различных пигментных невусов лазерным излучением. В последнее время появились единичные работы по применению для указанной цели «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения и инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера.

**Цель.** Сравнительное экспериментальное исследование воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения и инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера на кожу лабораторных крыс с целью определения перспективных параметров для хирургических применений при удалении пигментных образований кожи.

**Материал и методы.** Использовали аппарат «Лазермед 10-03» (ООО «РИК», Россия), генерирующий «синее» ( $\lambda = 450$  нм) лазерное излучение, и импульсно-периодический  $\text{CO}_2$  – лазерный аппарат АЛДАН (ИОФ РАН, Россия) с генерацией инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) излучения. В эксперименте *in vivo* воздействовали на пигментированную кожу лабораторных крыс, проведено сравнение зон воздействия, изучены особенности и сроки регенерации.

**Результаты.** Отмечены особенности воздействия на кожу и регенерации ран, а также определены оптимальные параметры «синего» ( $\lambda = 450$  нм) и инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) излучения для удаления пигментных образований кожи и ВГПН.

**Заключение.** На основании результатов выполненного сравнительного экспериментального исследования определена перспектива использования «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения и инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$  лазера для хирургических применений при удалении пигментных образований кожного покрова.

**Ключевые слова:** пигментные невусы, экспериментальное исследование, лазерное излучение  $\lambda = 450$  нм, 10,6 мкм

**Для цитирования:** Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Дуванский В.А., Тертычный А.С., Варев Г.А., Никифоров С.М., Симановский Я.О. Сравнительное экспериментальное исследование воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) и импульсно-периодического  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм) лазерного излучения на кожу лабораторных животных. *Лазерная медицина*. 2023; 27(4):16–25. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-16-25>

**Контакты:** Подурар С.А., e-mail: podurar.stanislav@yandex.ru

# EFFECTS OF “BLUE” ( $\lambda = 450$ NM) AND PULSED PERIODIC CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 10.6$ $\mu$ M) LASER LIGHT AT THE SKIN OF LABORATORY ANIMALS. A COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY

Podurar S.A.<sup>1</sup>, Gorbatova N.Ye.<sup>1</sup>, Bryantsev A.V.<sup>1</sup>, Duvansky V.A.<sup>2</sup>, Tertychny A.S.<sup>3</sup>, Varev G.A.<sup>4</sup>, Nikiforov S.M.<sup>5</sup>, Simanovsky Ya.O.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma, Moscow, Russia

<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

<sup>4</sup> LLC “Russian Engineering Club”, Tula, Russia

<sup>5</sup> Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## Abstract

**Background.** Currently, the problem of radical removal of pigmented skin formations with good clinical and aesthetic results remains open. These formations, including congenital giant pigmented nevi (CGPN), are found at birth in 2 % of newborns; acquired nevi are registered in 75 % of children. They can be large in size and quite often are located on visible parts of the body, creating psychological problems in children and leading to aesthetic discomfort. In adulthood, various complications may develop including malignancy which may develop in 10% of patients. Management of pigmented skin formations causes both medical and psychological problems. So, it is reasonable to solve them in childhood. Modern various techniques for the removal of pigmented nevi are not always effective; besides, they are often followed by various complications, like relapses (in 6–41 %) and skin scarring (in 6 %). Such a situation requires development of new highly effective techniques for removing various pigmented nevi, including laser light. Recently, separate works on the application of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) laser light and infrared ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) laser light generated by periodic CO<sub>2</sub> laser for the discussed pathology have appeared.

**Purpose.** To conduct a comparative experimental study on the effects of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) laser light and infrared ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) laser light generated by pulsed periodic CO<sub>2</sub> laser at the skin of laboratory rats in order to find out promising parameters for surgical removal of pigmented skin formations.

**Material and methods.** Laser devices “Lasermid 10-03” (LLC RIK, Russia) generating in “blue” ( $\lambda = 450$  nm) and pulsed periodic CO<sub>2</sub> laser “ALDAN” (IOF RAS, Russia) generating in infrared ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) laser light were used. In present *in vivo* experiment, pigmented skin of laboratory rats was exposed to laser light. Exposure zones were compared; features and regeneration terms were analyzed too.

**Results.** The researchers registered specific effects in skin irradiation with laser light as well as in terms of wound regeneration. They also identified optimal parameters of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) and infrared ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) laser light for the removal of CGPN and pigmented skin formations.

**Conclusion.** The obtained results of the present comparative experimental trial have outlined prospects for the application of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) laser light and infrared laser light ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) generated by pulsed periodic CO<sub>2</sub> laser for surgical removal of pigmented skin formations.

**Keywords:** pigmented nevi, experimental study, laser light ( $\lambda = 450$  nm, 10.6  $\mu$ m)

**For citation:** Podurar S.A., Gorbatova N.Ye., Bryantsev A.V., Duvansky V.A., Tertychny A.S., Varev G.A., Nikiforov S.M., Simanovsky Ya.O. Effects of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) and pulsed periodic CO<sub>2</sub> ( $\lambda = 10.6$   $\mu$ m) laser light at the skin of laboratory animals. A comparative experimental study. *Laser Medicine*. 2023; 27(4): 16–25. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-16-25>

**Contacts:** Podurar S.A., e-mail: podurar.stanislaw@yandex.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Пигментный невус (ПН) как термин (лат. *nævus*) означает «родимое пятно». Их также называют родинками в разговорной речи. По классификации ПН разделяют на простые, редко встречающиеся и гигантские (ВГПН). Врожденные ПН встречаются у 2–9 % новорожденных, приобретенные проявляются у 75 % детей в течение жизни. ВГПН встречаются относительно редко, в различных регионах мира (1 : 20 000 – 1 : 500 000 детей) [1].

Первые работы, описывающие наличие ВГПН у детей, опубликованы графом Бюффоном в XIX веке [2]. ВГПН – особая группа пигментных образований, которые отличаются по размеру, форме и цветом пигментации. Они занимают обширные участки тела и, как правило, определяются у ребенка с рождения [3]. В соответствии с классификацией ВГПН разделяют по размеру на *малый* (от 1,5 до 10 см<sup>2</sup>), *средний* (от 10 до 60 см<sup>2</sup>) и *истинно гигантский* (более 60 см<sup>2</sup>) [4].

Локализация ПН различная: туловище, область лица и на конечностях, иногда они занимают внушительные по площади участки кожного покрова в случае ВГПН, что приводит к ряду медицинских, психологических и эстетических проблем у пациента и требует выбора радикального метода удаления [5, 6].

В течение жизни ребенка ПН значительно увеличиваются как по площади, так и по толщине: в возрасте 4 и 7 лет и пубертатном периоде – в 76,8 % случаев. Возможны осложнения со стороны кожи, возникающие в результате травмирующего воздействия на образование предметами быта (23,2 %) и чрезмерной инсоляцией (64,9 %). Проявлениями осложнений может быть фрагментация и десквамация поверхности, воспаление, изъязвление и кровотечение, а во взрослом периоде жизни у 10 % пациентов возможна малигнизация [7].

В наше время существуют различные методы удаления ПН:

- хирургическое удаление, иссечение;
- криодеструкция;
- электрокоагуляция;
- дермабразия (механическая, химическая, лазерная);
- удаление лазерным излучением.

Данные методы лечения имеют существенные недостатки. Одни из них недостаточно эффективны, другие при радикальном удалении вызывают избыточное термическое воздействие, лечение может быть изнурительным и длительным [8, 9]. После удаления ПН указанными методами 41 % пациентов отмечают неудовлетворительный клинический и эстетический результат. В зависимости от метода осложнения возникают с частотой до 50 %, такие как рецидив ПН и образование рубцов в 4–6% случаев [10, 11].

Современным и перспективным является удаление ПН с помощью лазерного излучения. Для их лечения применяют лазерные аппараты с различными длинами волн:  $\lambda = 694$  нм,  $\lambda = 755$  нм,  $\lambda = 1064$  нм,  $\lambda = 10,6$  мкм и другие. Воздействие лазерного излучения этих длин волн на ткани кожного покрова не всегда достаточно эффективно и применение их может приводить к образованию рубцов в 2–5 % случаев [12, 13]. Лазерная  $\text{CO}_2$ -дермабразия нередко вызывает возникновение осложнений: гипопигментации (34 %), гиперпигментации (13 %), а также деформацию кожи в месте воздействия



Рис. 1. Лазерный аппарат «Лазермед 10-03» ( $\lambda = 450$ )

Fig. 1. Laser device “Lazermid 10-03” ( $\lambda = 450$ )



Рис. 2. Импульсно-периодический  $\text{CO}_2$  лазерный аппарат «АЛДАН» ( $\lambda = 10,6$  мкм)

Fig. 2. Pulse-periodic  $\text{CO}_2$  laser device “ALDAN” ( $\lambda = 10.6$  microns)

[14]. Существует актуальная проблема лечения ПН, что требует внедрения новых, одновременно эффективных методов лечения с использованием лазерного излучения.

Предварительно выполненные экспериментальные исследования по использованию «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения определили прецизионное воздействие на кожу, обеспечивающее прогнозируемую глубину, которая в среднем составляет 425 нм и возможность удаления относительно большой площади, послойного удаления пигментных тканей различной толщины. Данный факт обусловлен селективностью поглощения «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения меланином и меньше водой, а также относительно небольшой глубиной проникновения в кожу [15].

Некоторые авторы отмечают особенности воздействия излучения инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера для поверхностного коагуляционного эффекта на кожные покровы с сохранением ее придатков и зон роста, более раннее регенерацией тканей. Это связано с минимальным повреждением подлежащих тканей [16]. Однако исследования по использованию данного лазерного излучения для удаления ПН не проводили.

**Цель работы:** сравнительное экспериментальное исследование воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения и инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера на кожу лабораторных крыс с целью определения перспективных параметров для хирургических применений при удалении пигментных образований кожи.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспериментального исследования использовали «синее» ( $\lambda = 450$  нм) лазерное излучение в импульсном режиме мощностью до 10 Вт с диаметром пятна (1,0 мм) лазерного аппарата «Лазермед 10-03» (рис. 1).

Инфракрасное ( $\lambda = 10,6$  мкм) лазерное излучение генерировалось импульсно-периодическим  $\text{CO}_2$ -лазерным аппаратом «АЛДАН» с мощностью импульса более 2000 Вт, энергия одного импульса 20–40 мДж, длительность импульса 20 мс, диаметр рабочего пятна до 2 мм (рис. 2).

Сравнительное экспериментальное исследование выполнено *in vivo* на пигментированной черной коже живых лабораторных крыс, проведен анализ характера и глубины воздействия, изучен регенеративный процесс участков повреждения. В эксперименте *in vivo* было задействовано пигментированных черными пятнами 14 живых лабораторных крыс, в возрасте 6–8 месяцев. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Для исследования импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения использовано 7 крыс,

выполнена 21 кожная проба с анализом макроскопических изменений и исследовано 126 соответствующих гистологических препаратов.

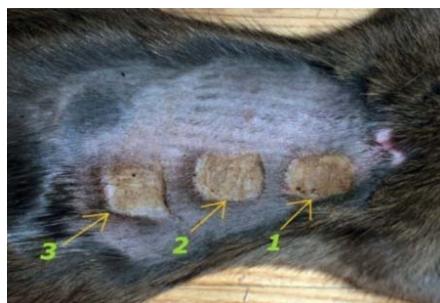
Для изучения инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера использовано 7 крыс, выполнена 21 кожная проба и исследовано 126 соответствующих гистопрепаратов.

Забор экспериментального материала осуществляли сразу (0 срок) после воздействия, далее на 4, 7, 12, 21, 30 и 90-е сутки. Лабораторную крысу вводили в наркоз путем введения внутримышечно препарата «Телазол» из расчета 0,1 мл на 100 мг веса. Экспериментальный материал забирали путем иссечения участка кожи с воздействием. Далее выводили лабораторное животное из эксперимента путем гуманной эвтаназии, увеличивая дозу данного препарата согласно руководству.

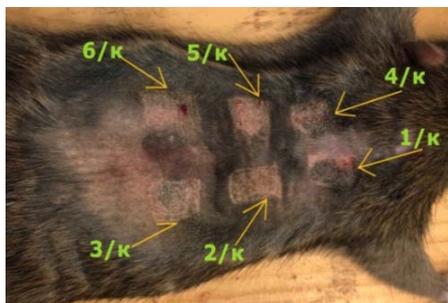
Далее готовили гистологические препараты кожи с участками воздействия: помещали в 10 % нейтральный формалин. Для гистологической проводки использовали автоматический аппарат фирмы Excelsior (Termo Scientific, Великобритания), парафинировали на аппарате EC350 (Microm, Германия) и с помощью микротомы HM355S получали срезы толщиной 2–3 мкм, срезы переносят аппаратом STS (Termo Scientific, Великобритания), окрашивали гематоксилином и эозином и проводили оценку морфометрических параметров зон воздействия.

### Методика выполнения экспериментального исследования лазерным излучением ( $\lambda = 450$ нм)

На кожу 7 лабораторных крыс воздействовали с указанными параметрами: диаметр лазерного пятна 1,0 мм, скорость сканирования 0,5 см в секунду. На основании результатов ранее выполненного экспериментального исследования были определены оптимальные параметры мощности (3,0 и 10,0 Вт), длительности импульса 0,5 сек и интервала между импульсами 0,25 сек для дальнейшего сравнительного исследования [15].



а)



б)

**Рис 3.** а) участки сразу после воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения; б) участки сразу после воздействия инфракрасного CO<sub>2</sub>-лазера

**Fig 3.** а) areas immediately after the exposure to “blue” ( $\lambda = 450$  нм) laser light; б) areas immediately after the exposure to infrared CO<sub>2</sub> laser light

### Методика выполнения экспериментального исследования лазерным излучением ( $\lambda = 10,6$ мкм)

На кожу 7 лабораторных крыс воздействовали инфракрасным излучением ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера со следующими параметрами: скорость сканирования 0,5 см в секунду с диаметром лазерного пятна 1,0 мм, частота 20 Гц, переменная мощность 20, 30 и 40 мДж.

Участки кожи после воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) и инфракрасного ( $\lambda = 10,6$  мкм) лазерного излучения, обозначенные стрелочками, представлены на рис. 3 (а, б) соответственно.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Выполнено сравнительное исследование в эксперименте *in vivo*, в результате которого отмечены особенности воздействия и регенеративного раневого процесса при использовании «синего» ( $\lambda = 450$  нм) и инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера сразу (нулевой срок) и до 30 суток включительно после него.

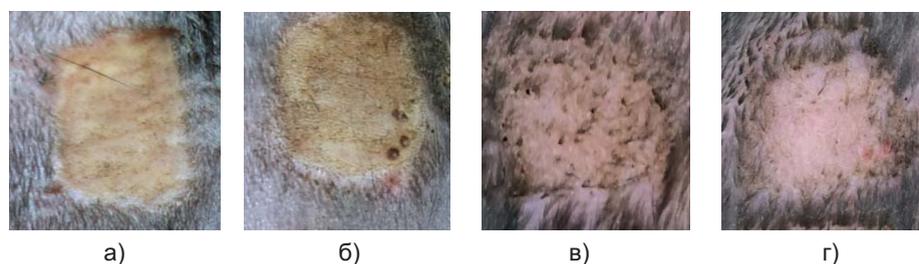
#### Результат сразу после воздействия излучения (нулевой срок)

После воздействия «синего» ( $\lambda = 450$  нм) излучения определяется бело-желтая поверхность с коагуляционной корочкой, пигментации нет. При увеличении мощности до 10,0 Вт поверхность более плотная, желто-коричневого цвета, представлено на рис. 4 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера определяется светло-розовая поверхность без пигментации, представлено на рис. 4 (в, г).

#### Результат на 12-е сутки

При использовании «синего» ( $\lambda = 450$  нм) излучения отмечено наличие частично отторгнутой с краев послеоперационной корочки, пигментации нет, при мощности 10,0 Вт она сохраняется дольше, представлено на рис. 5 (а, б).



**Рис. 4.** Сразу (0 срок) макрокопическая картина зон воздействия на кожу лабораторной крысы:

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 4.** Immediate macroscopic picture (term 0) of the skin of laboratory rats after laser light irradiation:

а)  $\lambda = 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 40 mJ

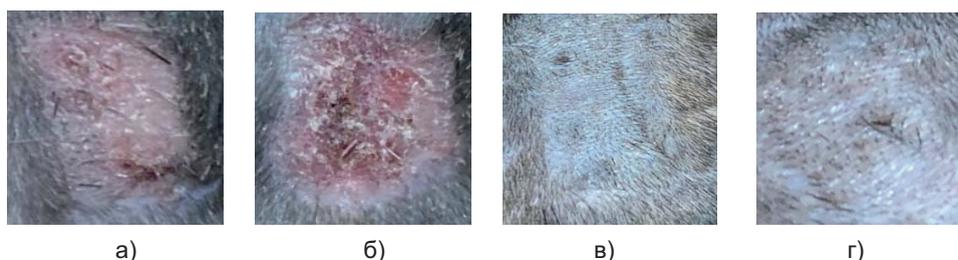


**Рис. 5.** Макрокопическая картина участков воздействия (12-е сутки):

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 5.** Macroscopic picture of irradiated areas (day 12):

а) ( $\lambda = 450$  nm), 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 40 mJ



**Рис. 6.** Макрокопическая картина участков воздействия (21-е сутки):

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 6.** Macroscopic picture of the irradiated areas (day 21):

а)  $\lambda = 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 40 mJ

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера в зоне воздействия при мощности 20 и 40 мДж послеоперационная корочка отторглась полностью, определяется светлая кожа, пигментации нет, при увеличении мощности до 40 мДж в центре единичные мелкие элементы грануляционной ткани, представлено на рис. 5 (в, г).

### Результат на 21-е сутки

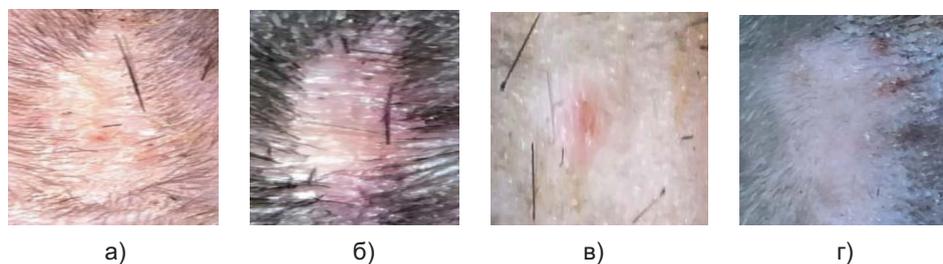
При воздействии «синего» ( $\lambda = 450$  нм) излучения послеоперационная корочка отторглась полностью,

отмечается наличие светло-розовой кожи без пигментации и признаков воспаления, представлено на рис. 6 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера при всех используемых параметрах мощности определяется светлая кожа без пигментации, воспалительных проявлений нет, представлено на рис. 6 (в, г).

### Результат на 30-е сутки

При использовании всех режимов «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения все зоны воздействия

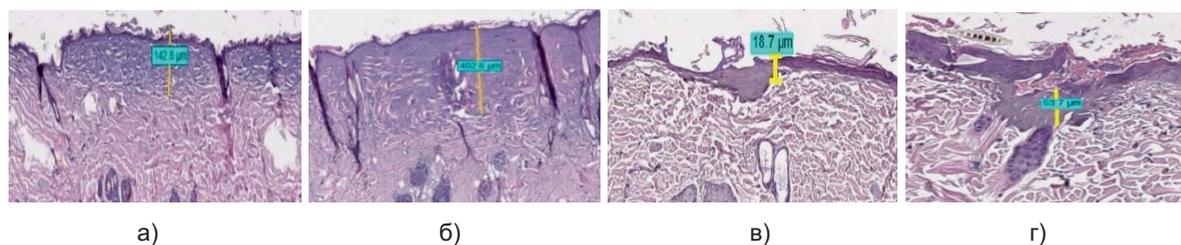


**Рис. 7.** Макроскопическая картина участков воздействия (30-е сутки):

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 7.** Macroscopic picture of the irradiated areas (day 30):

а)  $\lambda 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 40 mJ



**Рис. 8.** Гистологическая картина зон воздействия на коже спины крысы сразу (0 срок) после воздействия:

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 8.** Histological picture of the irradiated areas on the skin of rat's back immediately after exposure (term 0):

а)  $\lambda 450$  nm, 3 W; б) ( $\lambda$ ) 450 nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ), 40 mJ

имеют ровную, светлую кожу, пигментация отсутствует, определяются единичные элементы волос, рубцовой деформации нет, представлено на рис. 7 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера поверхность зон ровная, со светлой кожей, без признаков воспаления и пигментации, рубцовых изменений нет, представлено на рис. 7 (в, г).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### Результат сразу после воздействия излучения (нулевой срок)

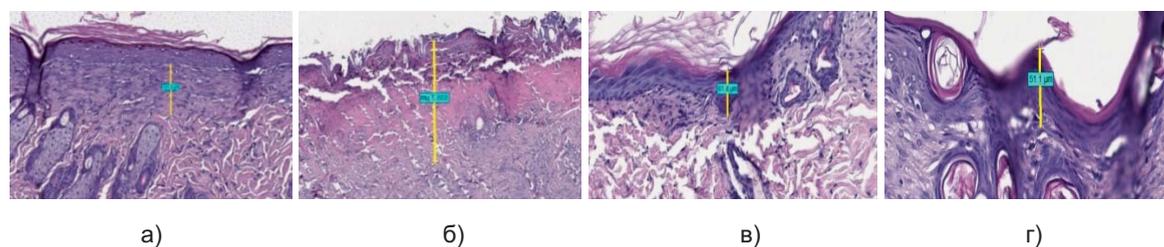
При использовании импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения с мощностью 3,0 Вт и 10,0 Вт на поверхности кожи определяется участок компактного коагуляционного некроза  $10,0 \pm 5,0$  мкм, далее следует коагуляционный гомогенный некроз, толщиной  $275,0 \pm 125,0$  мкм, под ним ткани не изменены. Общая толщина некротических изменений  $285,0 \pm 130,0$  мкм. С увеличением мощности при всех использованных режимах толщина коагуляционных изменений увеличивается незначительно, однако плотность их нарастает, придатки кожи сохранены с коагуляционными изменениями, карбонизации нет, представлено на рис. 8 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера определяется поверхностно расположенный компактный коагуляционный некроз, толщиной  $35,0 \mu\text{m} \pm 10,0 \mu\text{m}$ , далее следуют неизменные подлежащие ткани, придатки кожи полностью сохранены, представлено на рис. 8 (в, г).

### Результат на 12-е сутки

При воздействии импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения с мощностью 3,0 Вт отмечено полное восстановление эпителиальных структур эпидермиса, включая сохранившиеся ее придатки, средняя толщина этого слоя  $250,0 \pm 55,0$  мкм. При большей мощности, до 10,0 Вт сохраняются некротические слои участков тканей и деструктуризация подлежащих эпителиальных структур средней толщиной  $450,0 \pm 75,0$  мкм, проксимальные участки придатков кожи сохранены, представлено на рис. 9 (а, б).

При использовании всех режимов инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера отмечено восстановление эпителиальных структур эпидермиса, включая сохранившиеся ее придатки, средняя толщина этого слоя  $50,0 \pm 10,0$  мкм, представлено на рис. 9 (в, г).

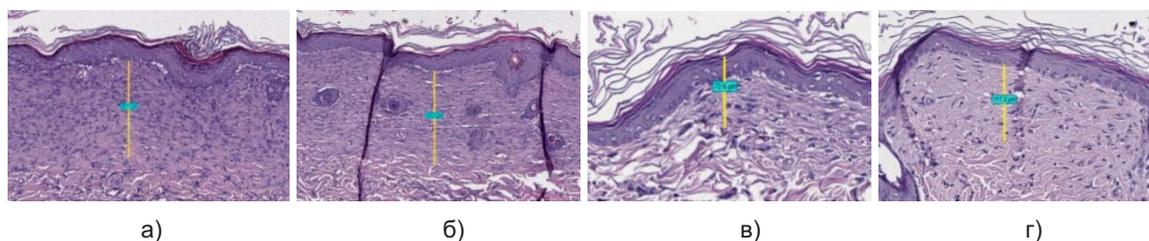


**Рис. 9.** Гистологическая картина зон воздействия на коже спины крысы на 12-е сутки:

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 9.** Histological picture of the irradiated areas on the skin of rat's back on day 12:

а)  $\lambda = 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 40 mJ

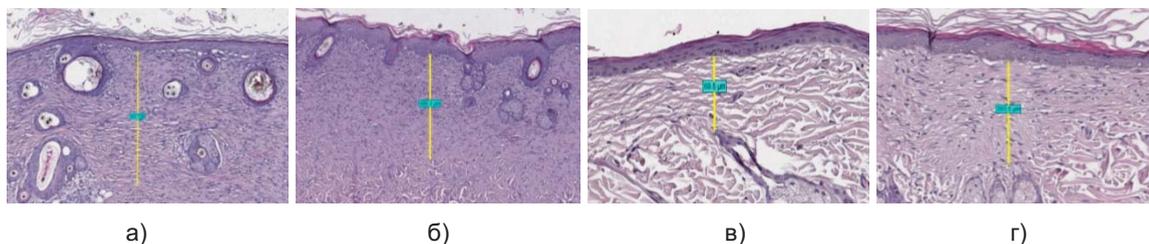


**Рис. 10.** Гистологическая картина зон воздействия на коже спины крысы на 21-е сутки:

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 10.** Histological picture of the irradiated areas on the skin of rat's back on day 21:

а)  $\lambda = 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 40 mJ



**Рис. 11.** Гистологическая картина зон воздействия на коже спины крысы на 30-е сутки:

а)  $\lambda = 450$  нм, 3 Вт; б)  $\lambda = 450$  нм, 10 Вт;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 20 мДж; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10,6$  мкм), 40 мДж

**Fig. 11.** Histological picture of the irradiated areas on the skin of rat's back on day 30:

а)  $\lambda = 450$  nm, 3 W; б)  $\lambda = 450$  nm, 10 W;  
в)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 20 mJ; г)  $\text{CO}_2$  ( $\lambda = 10.6$   $\mu\text{m}$ ), 40 mJ

### Результат на 21-е сутки

При воздействии импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения в зоне воздействия полное восстановление эпителия с множественными кератиноцитами. Далее определяется участок параллельно расположенных коллагеновых волокон, придатки кожи сохранены, толщина этого слоя  $350,0 \pm 100,0$  мкм, представлено на рисунке 10 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера отмечено также полное восстановление эпителия, наличие параллельно расположенных коллагеновых

волокон с сохранением придатков кожи, средняя толщина этого слоя  $90,0 \pm 20,0$  мкм, представлено на рис. 10 (в, г).

### Результат на 30-е сутки

При воздействии импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения при всех параметрах мощности лазерного излучения все слои эпителия и его придатки полностью восстановлены, при увеличении мощности отмечается умеренный акантоз и гиперкератоз. Зона восстановления представлена коллагеновыми волокнами, общей толщиной  $450,0 \pm 50,0$  мкм, представлено на рис. 11 (а, б).

При использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера отмечено также восстановление полное эпителия, включая придатки, средняя толщина слоя  $150,0 \pm 50,0$  мкм, представлено на рис. 11 (в, г).

В результате воздействия импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения установлено:

– при указанных ранее параметрах отмечены схожие участки термического воздействия средней толщиной  $350,0 \pm 100,0$  мкм;

– минимальные термические повреждения наблюдаются с мощностью 3,0 Вт, более выраженные, плотные и глубокие изменения отмечены при мощности 10,0 Вт, во всех случаях частично сохраняются придатки кожи, карбонизация отсутствует;

– полное восстановление эпителиальных структур определяется к 12-м суткам при мощности 3,0 Вт и к 21-м и 30-м суткам при 10 Вт;

– наличие депигментации в зонах воздействия отмечено на всех сроках наблюдения, включая 30-е сутки.

В результате воздействия инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера установлено следующее:

– при всех использованных параметрах отмечен схожий термический эффект воздействия, средней толщиной  $35,0 \pm 10,0$  мкм с переходом в неизменные подлежащие ткани;

– минимальное термическое воздействие отмечено при мощности 20 мДж, частоте 20 Гц, более выраженные изменения наблюдаются при мощности 40 мДж, частоте 20 Гц, однако глубина повреждения увеличивается незначительно;

– полное восстановление эпителиальных структур определяется к 12-м суткам, включая множественные придатки кожи;

– депигментация в зонах воздействия сохраняется на всех сроках наблюдения, включая 30-е сутки.

Сравнительная характеристика воздействия импульсного режима «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения и инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера приведена в таблице.

Таблица

**Сравнительная характеристика воздействия «синего» лазерного излучения ( $\lambda = 450$  нм) и инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического  $\text{CO}_2$ -лазера**

Table

**Comparative characteristics of the effects of “blue” laser light ( $\lambda = 450$  nm) and infrared laser light ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ) generated with pulsed periodic  $\text{CO}_2$  laser**

Качественные характеристики параметров Qualitative characteristics of parameters	Импульсный режим «синего» лазерного излучения ( $\lambda = 450$ нм) Pulsed mode of “blue” laser light ( $\lambda = 450$ nm)	Инфракрасное излучение ( $\lambda = 10,6$ мкм) импульсно-периодического $\text{CO}_2$ -лазера Infrared radiation ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ ) of pulsed periodic $\text{CO}_2$ laser
Характер некроза Necrosis type	Коагуляционный некроз Coagulation necrosis	Коагуляционный некроз Coagulation necrosis
Средняя толщина участка некроза Necrosis average thickness	$350,0 \pm 100,0$ мкм $350.0 \pm 100.0$ microns	$35,0$ мкм $\pm$ $10,0$ мкм $35.0$ microns $\pm$ $10.0$ microns
Карбонизация Carbonation	Отсутствуют No carbonation	Отсутствуют No carbonation
Границы участка коагуляционного некроза Margins of coagulation necrosis	Четкое разграничение с неизменными тканями Clear demarcation with unchanged tissues	Четкое разграничение с неизменными тканями Clear demarcation with unchanged tissues
Деструктуризация, гомогенизация ростковых базальных зон Destruction, homogenization of germinal basal zones	Присутствует частичное (при увеличении мощности 10,0 Вт) Partial (under increased power 10.0 W)	Отсутствует Absent
Начало отторжения участка некроза Beginning of necrosis rejection	10–12-е сутки On the 10th–12th day	7–10-е сутки On the 7th–10th day
Полное отторжение некроза Complete necrosis rejection	14–21-е сутки day 14–21	10–14-е сутки day 10–14
Начало центральной эпителизации Beginning of central epithelialization	С 8–10-х суток days 8–10	С 7-х суток Since day 7
Полное восстановление всех слоев эпителия Complete restoration of all epithelial layers	21–30-е сутки Day 21–30	14–21-е сутки Day 14–21
Наличие депигментации Beginning of depigmentation	На всех сроках наблюдения Depigmentation at all periods of observation	На всех сроках наблюдения Depigmentation at all periods of observation
Асептический характер воспаления Aseptic inflammation	Присутствует Present	Присутствует Present

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов сравнительного экспериментального исследования при всех использованных режимах лазеров определено наличие при использовании «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения в десять раз большей глубины ( $350,0 \pm 100,0$  мкм) термического повреждения по сравнению с  $35,0 \pm 10,0$  мкм при использовании инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического СО<sub>2</sub>-лазера, данные различия связаны с глубиной проникновения использованных длин волн в кожу тканей лабораторных животных. Сразу после воздействия излучений обозначенных длин волн отмечено четкое разграничение участка термического повреждения от неизменных тканей с сохранением проксимальных фрагментов придатков кожи, что обеспечивает процесс центральной эпителизации раневой поверхности в более короткие сроки в случае применения СО<sub>2</sub>-лазера.

На всех сроках наблюдения, при всех использованных режимах заживление ран происходило в физиологические сроки, раневой процесс имел асептический характер, карбонизация отсутствовала, отмечена стойкая депигментация участков кожи в зонах воздействия.

На основании результатов сравнительного экспериментального исследования и с учетом толщины кожи пациентов, составляющей в среднем от 3 до 6 мм, а также толщины пигментных образований от 0,5 до 5,0 мм, при различных формах гигантских невусов определены перспективные режимы указанных лазерных излучений для удаления обозначенных пигментных образований кожи.

Для послойного удаления пигментных образований толщиной 1,5–5,0 мм целесообразно использование «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения, с длительностью импульса 0,5 сек и интервалом между импульсами 0,25 сек:

- при толщине 1,5–3,0 мм рекомендуемая мощность 3,0 Вт;

- при толщине 3,0–5,0 мм рекомендуемая мощность 10,0 Вт.

Для аналогичного удаления данных образований с толщиной до 1,5 мм возможно эффективное применение инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического СО<sub>2</sub>-лазера с частотой импульсов до 20 Гц:

- при толщине менее 1,0 мм рекомендуемая энергия в импульсе 20 мДж;

- при толщине от 1,0 до 1,5 мм рекомендуемая энергия в импульсе 40 мДж.

Оптимальные режимы инфракрасного излучения ( $\lambda = 10,6$  мкм) импульсно-периодического СО<sub>2</sub>-лазера и «синего» лазерного излучения ( $\lambda = 450$  нм) для хирургических применений при удалении пигментных образований кожи будут определены в дальнейшем клиническом исследовании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подурар С.А., Горбатова Н.Е. Проблемы и перспективы в лечении различных форм пигментных невусов у детей (обзор литературы) / С.А. Подурар, Н.Е. Горбатова. *Детская хирургия*. 2023; 27 (2): 98–106. DOI: 10.55308/1560-9510-2023-27-2-98-106
2. Price, Harper N. Congenital melanocytic nevi: update in genetics and management. *Current Opinion in Pediatrics*. 2016; 28: 476–482. <https://rarediseases.org/rare-diseases/giant-congenital-melanocytic-nevus/>
3. Tyagi A., Kumar B. and Kumar M.K. Giant congenital melanocytic nevus: a rare case report. *International Journal of Contemporary Pediatrics*. 2020; 7 (2236).
4. Дорошенко М.Б. и др. Клинические и биологические особенности гигантских врожденных невусов у детей. *Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского*. 2016; 95 (4): 50–56.
5. Prakash S., Kumar V. and Kewal Kumar R. Giant congenital melanocytic nevi (garment variety): a case report. *International Journal of Contemporary Pediatrics*. 2021; 8 (9): 1625–1628.
6. Shikha V., Singh R. Giant Congenital Melanocytic Nevus: A Case Report. *Journal of medical science and clinical research*. 2020; 8: 238–241.
7. Schaffer J.V. Pigmented lesions in children: when to worry. *Curr Opin Pediatr*. 2007; 19 (4): 430–440.
8. Clinical and histopathological analysis of 790 naevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons / Ersen B [et al.]. *European Journal of Plastic Surgery*. 2014; 38: 133–138.
9. Капустина О.Г. *Диагностика и оптимизация лечения новообразований кожи в амбулаторной практике дерматолога*: Дис. ... канд. мед. наук. 14.00.11. Москва, 2009: 177 с.
10. Sommer L.L. et al. Persistent melanocytic nevi: a review and analysis of 205 cases. *J. Cutan. Pathol*. 2011; 38 (6): 503–507.
11. King R. et al. Recurrent nevus phenomenon: a clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression. *Modern Pathology*. 2009; 22: 611–617.
12. Hong et al. A Treatment of Medium-to-Giant Congenital Melanocytic Nevi with Combined Er: YAG Laser and Long-Pulsed Alexandrite Laser. *Med Laser*. 2017; 6 (2): 77–85. DOI: 10.25289/ML.2017.6.2.77
13. Цховребова Л.Э. Врожденные гигантские пигментные невусы у детей: клиника, диагностика, лечение. *Детская хирургия*. 2014; 18 (1): 38–41.
14. Доронин В.А. Дерматозия СО<sub>2</sub>-лазером эпидермально-дермальных дефектов, а также увядающей кожи в амбулаторных условиях: Дис. ... канд. мед. наук. 14.00.27. Москва, 2004. 92 с.
15. Подурар С.А., Горбатова Н.Е., Брянцев А.В., Золотов С.А., Дуванский В.А., Тertychny A.C., Варев Г.А. Экспериментальное исследование возможности использования «синего» ( $\lambda = 450$  нм) лазерного излучения для удаления пигментных образований. *Лазерная медицина*. 2023; 27 (3): 21–35. DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35
16. Горбатова Н.Е., Золотов С.А., Симановский Я.О., Никифоров С.М., Голубев С.В., Алимпиев С.С., Гейниц А.В., Елисеенко В.И., Станкова Н.В. Экспериментальная сравнительная оценка эффективности режимов абляции различной длительности импульсами СО<sub>2</sub>-лазеров на кожных покровах мини-свиней для целей лазерной дерматозии. *Биомедицина*. 2013; 4: 90–106.

## REFERENCES

1. Podurar S.A., Gorbatova N.E. Problems and prospects in the treatment of various forms of pigmented nevi in children (a literature review). *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2023; 27(2): 98–106. DOI: 10.55308/1560-9510-2023-27-2-98-106 (In Russ.)
2. Price, Harper N. Congenital melanocytic nevi: update in genetics and management. *Current Opinion in Pediatrics*. 2016; 28: 476–482. <https://rarediseases.org/rare-diseases/giant-congenital-melanocytic-nevus/>
3. Tyagi A., Kumar B. and Kumar M.K. Giant congenital melanocytic nevus: a rare case report. *International Journal of Contemporary Pediatrics*. 2020; 7 (2236).
4. Doroshenko M.B., Utyashev I.A., Demidov L.V., Aliev M.D. Clinical and biological features of giant congenital nevi in children. *Pediatria. Journal named after G.N. Speransky*. 2016; 95 (4). (In Russ.)
5. Prakash S., Kumar V. and Kewal Kumar R. Giant congenital melanocytic nevi (garment variety): a case report. *International Journal of Contemporary Pediatrics*. 2021; 8 (9): 1625–1628.
6. Shikha V., Singh R. Giant Congenital Melanocytic Nevus: A Case Report. *Journal of medical science and clinical research*. 2020; 8: 238–241.
7. Schaffer J.V. Pigmented lesions in children: when to worry. *Curr Opin Pediatr*. 2007; 19 (4): 430–440.
8. Clinical and histopathological analysis of 790 naevi excised from 509 patients due to cosmetic reasons / Ersen B [et al.]. *European Journal of Plastic Surgery*. 2014; 38. 133–138.
9. Kapustina O.G. Diagnostika i optimizatsiya lecheniya novoo-brazovaniy kozhi v ambulatornoi praktike dermatologa. Dis. Ph.D. Abstract [Diagnosis and optimization of treatment of skin neoplasms in the outpatient practice of a dermatologist. *Dis. Ph.D Abstract*]. Moscow, 2019 (In Russ.).
10. Sommer L.L. et al. Persistent melanocytic nevi: a review and analysis of 205 cases. *J. Cutan. Pathol*. 2011; 38 (6): 503–507.
11. King R. et al. Recurrent nevus phenomenon: a clinicopathologic study of 357 cases and histologic comparison with melanoma with regression. *Modern Pathology*. 2009; 22: 611–617.
12. Hong et al. A Treatment of Medium-to-Giant Congenital Melanocytic Nevi with Combined Er: YAG Laser and Long-Pulsed Alexandrite Laser. *Med Laser*. 2017; 6 (2): 77–85. DOI: 10.25289/ML.2017.6.2.77
13. Tskhovrebova L.E. Vrozhdennye gigantskie pigmentnye nevusy u detei: klinika, diagnostika, lechenie (Congenital giant pigmented nevi in children: clinic, diagnosis, treatment). *Detskaya hirurgiya*. 2014; 18 (1): 38–41 (In Russ.).
14. Doronin V.A. Dermabraziya CO<sub>2</sub>-lazerom epidermal'no-dermal'nykh defektov, a takzhe uvyadayushchei kozhi v ambulatornykh usloviyakh [Dermabrasion with CO<sub>2</sub> laser of epidermal-dermal defects, as well as fading skin on an outpatient basis. *Dis. Ph.D. Abstract*. Moscow, 2004 (In Russ.).
15. Podurar S.A., Gorbatova N.E., Bryantsev A.V., Zolotov S.A., Duvanskiy V.A., Tertychny A.S., Varev G.A. An experimental study on the application of “blue” ( $\lambda = 450$  nm) laser light to remove pigmented skin formations. *Laser Medicine*. 2023; 27(3): 21–35. (In Russ.). DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-3-21-35
16. Gorbatova N.E., Zolotov S.A., Simanovsky Ya.O., Nikiforov S.M., Golubev S.V., Alimpiev S.S., Gainits A.V., Eliseenko V.I., Stankova N.V. Experimental comparative evaluation of the effectiveness of ablation modes of various durations by CO<sub>2</sub> laser pulses on the skin of mini-pigs for the purposes of laser dermabrasion. *Biomedicine*. 2013; 4 (2): 90–106 (In Russ.).

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## Сведения об авторах

**Подурар Станислав Александрович** – врач – детский хирург, аспирант ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4293-5467>

**Горбатова Наталья Евгеньевна** – кандидат медицинских наук, академик АМТН РФ, ведущий научный сотрудник ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4949-7655>

**Брянцев Александр Владимирович** – детский хирург, кандидат медицинских наук, директор ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ г. Москвы; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7508-8524>

**Тertychnый Александр Семенович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры патологической анатомии имени академика А.И. Струкова ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет), г. Москвы; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5635-6100>

**Дуванский Владимир Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой эндоскопии, эндоскопической и лазерной хирургии ФНМО МИ РУДН; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-2629>

**Варев Геннадий Александрович** – кандидат технических наук, генеральный директор, учредитель ООО «Русский инженерный клуб».

**Никифоров Сергей Михайлович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН».

**Симановский Ярослав Олегович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН».

## Authors' information

**Stanislav A. Podurar** – pediatric surgeon, postgraduate student at Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma; ORCID: 0000-0002-4293-5467

**Natalya E. Gorbatova** – MD, Cand. Sci.(Med.), pediatric surgeon, Academician of AMTN RF, leading researcher at Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma; ORCID: 0000-0003-4949-7655

**Alexander V. Bryantsev** – MD, Cand. Sci. (Med.), pediatric surgeon, Director of Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma; ORCID: 0009-0001-7508-8524

**Aleksandr S. Tertychnyy** – MD, Dr. Sci. (Med.), Prof., Chair of Pathology named after Acad. A.I. Strukov, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); ORCID: 0000-0001-5635-6100

**Vladimir A. Duvansky** – MD, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Endoscopy, Endoscopic and Laser Surgery of RUDN University; ORCID: 0000-0001-5880-2629

**Gennady A. Varev** – Cand. Sci. (Engineering), General Director, Founder of Russian Engineering Club LLC; ORCID: 0009-0007-0543-2477

**Sergey M. Nikiforov** – Cand. Sci. (Phys.-Math.) Senior Researcher at A.M. Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences

**Yaroslav O. Simanovsky** – Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher at A.M. Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences

УДК: 616.315.2:621.373.826

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-4-26-34

Оригинальные исследования

# ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СКУЛЬПТУРНОЙ УВУЛОПАЛАТОПЛАСТИКИ БОЛЬНЫМ РОНХОПАТИЕЙ И СИНДРОМОМ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА

**В.Б. Князьков<sup>1</sup>, Э.Н. Праздников<sup>2</sup>, Н.А. Дайхес<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Клиника реабилитации в Хамовниках, Москва, Россия<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Россия<sup>3</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» ФМБА России, Москва, Россия

## Резюме

**Цель работы:** обоснование целесообразности выполнения лазерной скульптурной увулопалатопластики больным ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна.

**Материалы и методы:** обоснована целесообразность использования метода лазерной скульптурной увулопалатопластики, позволяющего минимизировать хирургическую травму сухожильно-мышечной пластинки при vaporизации патологически измененных тканей мягкого нёба, что подтверждается результатами операции у 309 больных с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна при наблюдении за ними в течение 5 и более лет.

**Результаты:** результаты применения лазерной скульптурной увулопалатопластики для полноценного избавления больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна от ночного храпа и связанных с ним осложнений свидетельствуют не только о безопасности выполнения и высокой эффективности (98,4 % случаев) данного хирургического вмешательства, но и о стойкости полученных результатов на протяжении 5 и более лет после операции.

**Заключение:** лазерная скульптурная увулопалатопластика, выполняемая с тщательным соблюдением техники оперирования и после отбора, проводимого с помощью комплексной системы дифференцированного обследования, является безопасным и эффективным методом лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна, обеспечивающим стойкое и полноценное избавление их от ночного храпа и его осложнений.

**Ключевые слова:** ронхопатия, синдром обструктивного апноэ сна, мягкое нёбо, лазерное излучение, лазерная скульптурная увулопалатопластика

**Для цитирования:** Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А. Обоснование целесообразности выполнения лазерной скульптурной увулопалатопластики больным ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна. *Лазерная медицина*. 2023; 27(4):26–34. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-26-34>

**Контакт:** Князьков В.Б., e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru

# REASONABILITY IN PERFORMING LASER SCULPTURAL UVULOPALATOPLASTY IN PATIENTS WITH RONCHOPATHY AND OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME

**Knyazkov V.B.<sup>1</sup>, Prazdnikov E.N.<sup>2</sup>, Daikhes N.A.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Rehabilitation Clinic in Khamovniki, Moscow, Russia<sup>2</sup> Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia<sup>3</sup> National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, FMBA, Moscow, Russia

## Abstract

**Purpose:** to background the reasonability in performing laser sculptural uvulopalatoplasty in patients with ronchopathy and obstructive apnea sleep syndrome.

**Materials and methods:** the authors back grounded the application of laser sculptural uvulopalatoplasty in patients with ronchopathy and obstructive apnea sleep syndrome. This technique allows to minimize surgical trauma of the tendon-muscle plate during vaporization of pathologically altered soft palate tissues which is confirmed by outcomes after surgery in 309 patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome who were under follow-up observation for 5 years and more.

**Results:** outcomes after laser sculptural uvulopalatoplasty demonstrate not only complete relief of patients of ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome (result of night snoring) and related complications, but also demonstrate safety and high efficiency (98.4%) of this surgical intervention and stable preservation of the obtained results during 5 years or more after surgery.

**Conclusion:** laser sculptural uvulopalatoplasty, performed under the careful observation of surgical technique and after careful selection of patients after comprehensive differentiated examination is a safe and effective method for treating patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome. Thus, patients can have stable and complete relief of night snoring and its complications.

**Keywords:** ronchopathy, obstructive sleep apnea syndrome, soft palate, laser radiation, laser sculptural uvulopalatoplasty

**For citation:** Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A. Reasonability in performing laser sculptural uvulopalatoplasty in patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome. *Laser Medicine*. 2023; 27(4): 26–34. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-4-26-34>

**Contacts:** Knyazkov V.B., e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Ронхопатия (РП) является сложным полиэтиологическим заболеванием, оказывающим многофакторное негативное влияние на осуществление функций нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем организма. Как правило, у любого больного РП можно выявить одну или несколько причин возникновения ночного храпа и множество причин, обуславливающих не только стойкое течение заболевания, но и прогрессивное развитие синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС), клинические проявления которого свидетельствуют о запущенности заболевания в целом [1].

Недостаточная вентиляция верхних дыхательных путей (ВДП) у этих больных вызывает снижение оксигенации крови и гипоксию. Из-за этого они вынуждены дышать через рот, причем более глубоко и медленно, что говорит о наличии хронической дыхательной недостаточности. При развитии заболевания у них возникают:

- изменения сократимости миокарда и нарушения в проводящей системе сердца;
- изменения в процессе кровообращения: повышается давление в легочной артерии и общем круге кровообращения, происходит процесс формирования гипертрофии правых отделов сердечной мышцы;
- изменения в составе крови;
- развитие необратимой обструкции легких;
- нарушение обмена веществ, которое носит хронический характер и проявляется избыточным развитием жировых тканей [2–4].

Данные многочисленных публикаций, посвященных лечению больных РП и СОАС, убедительно свидетельствуют, что избавление от храпа не может быть осуществлено без полноценной хирургической коррекции патологических изменений глотки и мягкого неба (МН) [5–9].

Вопрос о целесообразности выполнения увулопалатопластики больным РП и СОАС остается открытым до настоящего времени. При этом число противников хирургического вмешательства, как и число сторонников, на протяжении последних 20 лет постоянно меняется. Вместе с тем следует констатировать, что за последние годы заметно сократилось количество больных, которым для избавления их от ночного храпа и в качестве профилактики смертельно опасных осложнений прогрессирующего в своем развитии СОАС предлагают один из известных методов хирургического вмешательства.

По мере накопления числа оперированных больных и результатов их обследования в отдаленном

послеоперационном периоде стал заметен рост количества осложнений и наблюдений рецидива заболевания, что становилось основанием для сокращения числа операций и даже полного отказа от их выполнения. Вместе с тем недостаточная эффективность нехирургических методов лечения больных неосложненным храпом и особенно больных СОАС, с одной стороны, а также необходимость хирургического удаления участков слизистой оболочки и подслизистого слоя МН, претерпевших необратимые изменения и обуславливающих прогрессивное развитие заболевания и его осложнений, с другой стороны, не позволяют полностью отказаться от методов хирургического лечения больных РП, особенно больных с СОАС средней и тяжелой степени [10–12].

Важно отметить, что развитие указанных последствий наблюдается примерно с одинаковой частотой как после традиционного хирургического вмешательства, так и после выполнения альтернативных методов операции, где вместо традиционного скальпеля используется высокоэнергетическое лазерное излучение (ЛИ), особенно излучение углекислотного (СО<sub>2</sub>) лазера, электрокоагуляция, воздействие электромагнитным излучением и другие, альтернативные методы хирургического вмешательства.

На наш взгляд, основной причиной осложнений, как и рецидива заболевания, наблюдающихся в той или иной мере после применения любого из известных методов хирургического вмешательства у больных РП и СОАС (в т. ч. и лазерного – ЛУПП), является операционная травма тканей, составляющих орофарингеальный участок ВДП, и прежде всего МН, приводящая к развитию и закономерному патофизиологическому течению посттравматического воспалительного процесса, который неизбежно поражает оперированные тем или иным способом ткани [13]. Воспалительный процесс с самого начала нарушает функцию травмированных тканей, а формирующаяся рубцовая ткань по мере замещения тканевых структур, претерпевших необратимые изменения вследствие операционной травмы и естественного течения последующего воспалительного процесса, приводит к нарушению функции МН, что в итоге обуславливает рецидив заболевания, но уже с более тяжелым клиническим течением за счет выраженного снижения эффективности компенсаторных реакций поврежденных тканей.

Идея максимального снижения хирургической травматизации тканей МН при выполнении операции послужила поводом для поиска инструментов, оказывающих на ткани более щадящее воздействие. Именно с этой целью в 1990 году Y.Y. Kamami

предложил больным неосложненным храпом выполнять операцию с применением CO<sub>2</sub>-лазера, используя установку, генерирующую ЛИ мощностью 5–15 Вт [14], а годом спустя M.W. Johns (1991) продублировал предложение Y.Y. Kamami и уже выполнял эту же операцию больным с СОАС легкой и средней степени, используя ЛИ той же мощности [15]. Их последователи, разрабатывая и предлагая свои варианты метода ЛУПП, также использовали ЛИ мощностью 5–15 Вт [16–18].

Сначала эти методы достаточно быстро стали популярными и распространились в клиниках США, а затем Европы и Азии. Но к началу XXI века стало отчетливо формироваться устойчивое мнение о том, что любое хирургическое вмешательство на МН, включая и лазерное, проведенное больным РП с СОАС, обуславливает ухудшение клинического течения синдрома, нередко усиливая интенсивность храпа и увеличивая частоту эпизодов ночного апноэ. Многие хирурги стали ограничивать показания к проведению не только лазерных, но и традиционных хирургических вмешательств у больных РП, чаще отказываясь от их выполнения [19–21]. По мнению специалистов Американской академии медицины сна (AASM), это связано с полиэтиологичностью РП и недостаточным качеством отбора больных к хирургическому вмешательству на МН, а наличие СОАС тяжелой степени и вовсе является основанием в отказе к выполнению операции [22].

При неизменной мощности ЛИ, которым рассекают, испаряют или коагулируют те или иные участки слизистой оболочки и подлежащих тканей МН, что предусмотрено каждым конкретным автором того или иного метода операции, ее результат, согласно данным литературы, остается примерно одинаковым. Это делает очевидным то, что основной причиной операционных неудач и послеоперационных осложнений следует считать некорректность выбора мощности используемого ЛИ.

Воздействуя на поверхность слизистой оболочки, ЛИ, мощность которого составляет 5–15 Вт, хирург, рассекая, коагулируя или испаряя заданный участок слизистой оболочки МН, неизбежно наносит термическое повреждение тканевым структурам подлежащих подслизистого и сухожильно-мышечного слоев. Причем площадь и объем зоны термических повреждений в этих слоях, согласно законам распространения энергии ЛИ в живых биотканях, существенно превышают площадь и объем участка коагулированной или испаренной слизистой оболочки, на поверхность которого оказывалось непосредственное воздействие.

**Цель исследования:** обоснование целесообразности выполнения лазерной скульптурной увулопалатопластики (ЛСУПП) больным РП и СОАС.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование основано на анализе результатов лазерного хирургического вмешательства

на МН, выполненного 309 больным РП и СОАС в возрасте от 41 года до 79 лет.

Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для статистических вычислений R 4.2.1 (R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия). Описательные статистики представлены в виде выявленного числа наблюдений (относительная частота) для качественных переменных и среднего (стандартная ошибка средней) – для количественных. Для изучения ассоциации категориальных переменных использовался тест  $\chi^2$  Пирсона и точный тест Фишера, в качестве меры силы связи при анализе таблиц сопряженности использовалась V-статистика Крамера (с соответствующим 95 % доверительным интервалом). Для сравнения количественных переменных использовался *t*-тест Уэлча. Корреляционный анализ порядковых переменных проводили с использованием рангового коэффициента корреляции  $t_b$  Кендалла (с соответствующим 95 % доверительным интервалом). Ассоциацию считали статистически значимой при  $p < 0,05$ . Для анализа частоты исчезновения храпа применялась пуассоновская регрессия, в качестве меры эффекта выступало отношение частот событий, показывающее среднегодовое относительное увеличение количества пациентов без храпа.

Работа выполнена в соответствии с требованиями Этического кодекса врача РФ и Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (протокол ЛЭК ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России № 25 от 05.02.21 г.). Исследование проводилось на базе кабинета медицины сна Клиники реабилитации в Хамовниках высококвалифицированным персоналом, имеющим многолетний опыт работы.

Нами проведено изучение всех применяющихся в настоящее время методов лазерного хирургического вмешательства у больных РП, отличающихся друг от друга характером и местом лазерного воздействия, техническими нюансами рассеечения слизистой оболочки той или иной поверхности небной занавески, объемом испаренных фрагментов патологически измененных тканей, площадью участков, подвергнутых фотокоагуляции и некоторыми другими аспектами [23]. При этом все имеющие место отличия достаточно аргументированы, а рекомендации их соблюдения обоснованы. Вместе с тем все применяемые к настоящему времени методы лазерной увулопалатопластики (ЛУПП) имеют один общий признак: мощность применяемого ЛИ составляет 5–15 Вт. Важно отметить, что нам не удалось найти ни одной публикации, где были бы изложены какие-нибудь объяснения целесообразности использования именно такой мощности ЛИ.

Для выполнения ЛУПП мы использовали углекислотное ЛИ, мощность которого на выходе из генератора составляет 3–5 Вт. При этом установка, генерирующая ЛИ, должна обеспечивать режим излучения SP (SuperPuls) и снабжена одной из моделей

сканирующего устройства, позволяющего осуществлять смещение лазерного луча по заданной траектории на всей площади определенной поверхности, не попадая дважды в одну и ту же точку воздействия, что позволяет равномерно испарять ткань, не меняя глубину испарения, обеспечивая при этом минимальное термическое воздействие на ее поверхности, т. н. режим SilkTuch – «шелковое или нежное касание» [24].

Применение этой техники выполнения лазерного рассечения, испарения или коагуляции заданных участков слизистой оболочки МН, а при необходимости слизистой оболочки и подслизистого слоя других участков поверхности стенок ВДП на орофарингеальном уровне позволяет хирургу визуально контролировать глубину лазерного воздействия на протяжении всей операции, что, в свою очередь, надежно предупреждает повреждение мышц нёбной занавески, а следовательно, не изменяет их функциональную способность и в послеоперационном периоде. Причем минимизация термического повреждения тканей, находящихся в непосредственной близости от зоны лазерного воздействия, обуславливает кратковременность воспалительного процесса в оперированных тканях, безболезненное течение послеоперационного периода и быстрое, в течение 10–14 суток, восстановление целостности и функциональных способностей слизистой оболочки оперированных участков.

Режим излучения SP позволяет послойно осуществлять испарение тканей на нужную глубину, в связи с чем мы решили называть такое оперирование скульптурным, т. е. послойным, а метод – лазерная скульптурная увулопалатопластика (ЛСУПП) [25].

Наряду с тщательным соблюдением техники выполнения метода ЛСУПП важнейшее значение имеет отбор больных РП и СОАС к лазерному хирургическому вмешательству на МН, проводимый с помощью комплексной системы дифференцированного обследования [26].

Анкетированный опрос предварял проведение первичного клинического осмотра, осуществляемого врачом-сомнологом и врачом-оториноларингологом больных, обратившихся за медицинской помощью по поводу храпа. Им мы предлагали ответить на вопросы, поставленные в трех вариантах опросников: Эпвортский, Берлинский и применяемый в кабинете медицины сна Клиники реабилитации в Хамовниках скрининговый.

Особое внимание было уделено выявлению больных с многоуровневым характером обструкции ВДП: деформации перегородки носа – простые искривления, диффузные утолщения, частичные утолщения (гребни, шипы), частичные утолщения на сошнике; хронические риниты – простой, гипертрофический (фиброзная форма, кавернозная форма), гипертрофический с вазомоторно-аллергическим компонентом, полипозная форма; приобретенные сращения (синехии) в полости носа; инспираторные втягивания

крыльев носа; заболевания околоносовых пазух – пристеночно-гиперпластические гаймориты, кисты верхнечелюстной пазухи, хронические воспаления решетчатого лабиринта; хронический тонзиллит – простая форма, токсико-аллергические формы; гипертрофия нёбных миндалин; хронический гранулезный фарингит, складчатая гипертрофия слизистой оболочки глотки; хронический аденоидит, аденоидные вегетации.

После устранения причин обструкции ВДП этим больным также было предложено хирургическое вмешательство на МН.

Критериями исключения больных РП и СОАС из списка подлежащих оперативному вмешательству на МН являлись следующие: центральный или смешанный тип СОАС; пороки развития костного скелета лицевого черепа (прогнатия, ретрогнатия, нарушения прикуса, патологическое состояние височно-нижнечелюстных суставов); наличие гипертрофии языка (макроглоссия), инфильтрация жировой клетчатки стенок глотки, языка, латеральных парафарингеальных пространств; комбинированная патология, объединяющая ожирение (вес больных составляет 150 и более кг), эндокринные нарушения (сахарный диабет, базедова болезнь, недостаточность надпочечников и прочее), тяжелая патология сердечно-сосудистой системы (злокачественная гипертония, осложненная множественными эпизодами острых нарушений сердечного и мозгового кровообращения и др.).

На основании наличия этих критериев из 523 больных с РП и СОАС у 214 (40,9 %, или 4 из 10 обратившихся) были выявлены противопоказания к лазерной операции на МН и им было рекомендовано обследование и лечение в других лечебных учреждениях. Таким образом, ЛСУПП была предложена и выполнена 309 (59,1 %, или 6 из 10 обратившихся) больным (237 – с неосложненным храпом, 72 – с СОАС, из них: 39 – с СОАС легкой степени, 18 – с СОАС средней степени, 15 – с СОАС тяжелой степени).

Для оценки эффективности разработанного нами метода ЛСУПП, применяемого для лечения больных РП и СОАС любой степени, был проведен сравнительный анализ результатов субъективного и объективного исследований: неоднократное анкетирование – всех 309 оперированных больных; компьютерное сомнологическое исследование – КСГ, проведено 65 больным с СОАС различной степени. Из них 39 больных имели легкую степень синдрома (Л), 17 – среднюю степень синдрома (С) и 9 – тяжелую степень синдрома (Т). Полисомнографическое (ПСГ) исследование проведено 26 больным РП и СОАС средней (17 больных) и тяжелой (9 больных) степени.

Ограниченная доступность ПСГ-исследования, обусловленная достаточно высокой себестоимостью метода и малым числом медицинских учреждений, имеющих в своем распоряжении необходимое оборудование и квалифицированных специалистов, безусловно, сокращает число больных, которым

оказалось возможным применить данный метод диагностики не только до предполагаемой операции, на этапе постановки диагноза и оценки целесообразности ее проведения, но и после осуществления ЛСУПП с целью объективной оценки данного метода хирургического вмешательства. Повторное ПСГ-исследование было проведено через 1 и 2 года после операции у 16 из этих 26 больных средней (11) и тяжелой (5) степенью СОАС. Для оценки эффективности проведенной операции у этих 16 больных, оперированных по поводу РП с СОАС средней или тяжелой степени, были определены изменения показателей ИАГ и содержания оксигемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ), полученных в процессе ПСГ исследования до операции и через 1 и 2 года после нее, как это проводили S. Fujita [27], M. Friedman et al. [28], H. Li et al. [29], M.B. Sahali [30], K. Pang [31] и др. исследователи, пытаясь оценить эффективность предложенных ими методов лазерного хирургического вмешательства на МН.

КСГ-исследование отличается существенно большей доступностью для больных и гораздо меньшей стоимостью, чем ПСГ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенное исследование свидетельствует о высокой эффективности ЛСУПП, что отмечено полным исчезновением храпа через 1 месяц у 161 (52,1 %), через 6 месяцев – у 272 (88,0 %), через 1 год – у 288 (93,2 %), через 2 года – у 294 (95,1 %), через 3 года – у 299 (96,8 %), через 5 лет – у 304 (98,4 %) больных. Динамика роста числа больных с полным исчезновением храпа в зависимости от срока наблюдения представлена на рисунке.

Выявленные изменения усредненных показателей ИАГ и содержания оксигемоглобина в артериальной крови ( $SpO_2$ ) у 11 больных, страдающих СОАС средней

степени, и у 5 больных с СОАС тяжелой степени представлены в таблице 1.

Представленные в таблице 1 показатели ИАГ и содержания оксигемоглобина в артериальной крови больных позволяют судить о наличии стойкой и достаточно выраженной тенденции уменьшения ИАГ и повышении содержания оксигемоглобина в артериальной крови не только у больных, подвергнутых ЛСУПП при наличии СОАС средней степени, но и у больных, оперированных при наличии СОАС тяжелой степени ( $p < 0,0001$ ).

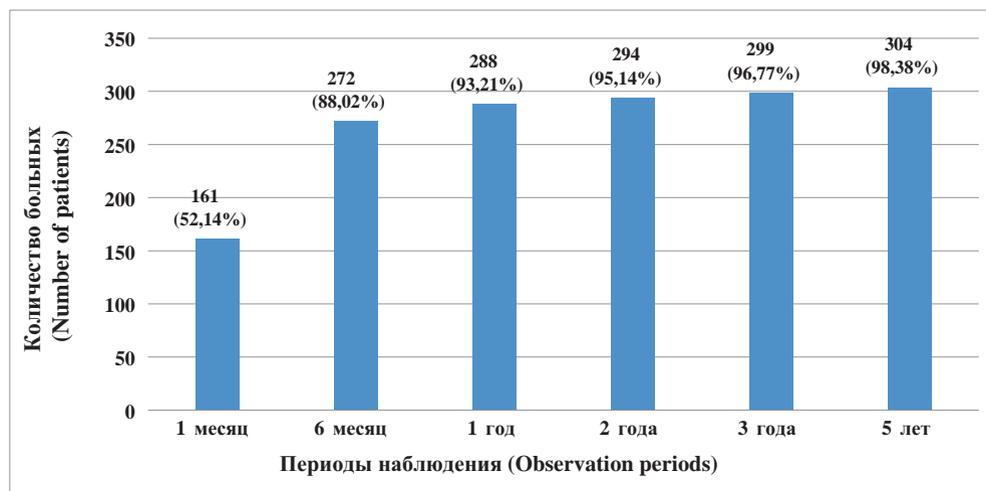
Усредненные величины показателей, полученных в процессе КСГ, выполненной 65 больным с СОАС до и в различные сроки после операции, представлены в таблице 2.

Данные, представленные в таблице 2, демонстрируют положительную динамику результатов, полученных в процессе динамического обследования больных до и в различное время после ЛСУПП, выполненной по поводу неосложненной РП или РП, осложненной СОАС легкой, средней или тяжелой степени ( $p < 0,0001$ ), а длительный период наблюдения подтверждает стойкость полученных результатов и эффективность операции на МН.

Таким образом, как субъективная, так и объективная оценка результатов перенесенной больными РП и СОАС ЛСУПП свидетельствует о ее высокой эффективности и дает основание считать эту операцию наименее травматичным методом хирургического вмешательства на МН у больных РП даже с СОАС тяжелой степени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЛСУПП, выполняемая с тщательным соблюдением техники оперирования и после отбора, проводимого с помощью комплексной системы дифференцированного обследования, является безопасным



**Рис.** Диаграмма роста числа больных с отсутствием эпизодов возникновения ночного храпа при значительном улучшении качества сна по мере увеличения времени после операции

**Fig.** Diagram of the growth in the number of patients with no episodes of snoring with a significant improvement in sleep quality as the time after surgery increases

Таблица 1

Усредненные показатели ИАГ и процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови у 16 больных РП с СОАС средней (11 наблюдений) и тяжелой (5 наблюдений) степени до и через 1 и 2 года после ЛСУПП

Table 1

Average values of IAG and the percentage of oxyhemoglobin in arterial blood in 16 patients with RP with moderate (11 cases) and severe (5 cases) OSA before and 1 and 2 years after LSUPP

Число обследованных больных Number of examined patients	Исследуемые параметры Investigated parameters	Время проведения исследования The time of the study		
		До операции Before surgery	После операции After the operation	
			Через 1 год One year after surgery	Через 2 года In two years after surgery
11 больных с СОАС средней тяжести 11 patients with moderate OSA	Индекс апноэ/гипопноэ Arnea/hyporpea index	20,4	11,3	8,4
	Содержание оксигемоглобина (SpO <sub>2</sub> ) в % Level of oxyhemoglobin (HbO <sub>2</sub> ) in %	95,3	95,8	96,2
5 больных с СОАС тяжелой степени 5 patients with severe OSA	Индекс апноэ/гипопноэ Arnea/hyporpea index	60,8	27,8	31,2
	Содержание оксигемоглобина (SpO <sub>2</sub> ) в % Level of oxyhemoglobin (HbO <sub>2</sub> ) in %	86,6	91,2	90,3

Таблица 2

Усредненные показатели КСГ у 65 больных до и в различные сроки после ЛСУПП, выполненной по поводу СОАС различной степени

Table 2

The average values of SG in 65 patients before and at various times after LSUP performed for various degrees of OSA

Исследуемые параметры Investigated parameters	Степень СОАС OSA degree	Время проведения исследования Time of the study					
		До операции Before surgery	После операции After the operation				
			Через 1 мес. One month after	Через 1 год One year after	Через 2 года Two years after	Через 3 года Three years after	Через 5 лет Five years after
Индекс апноэ/гипопноэ Arnea/hyporpea index	Л	12,7	2,4	1,9	1,7	1,5	1,3
	С	25,6	3,8	2,8	2,6	2,6	2,5
	Т	55,2	5,9	3,4	3,5	3,3	3,4
Длительность истинного сна (в % от общего сна) Duration of true sleep (in % of total sleep)	Л	1,7	1,3	1,1	1,1	0,9	0,7
	С	12,1	3,5	2,6	2,3	2,3	2,1
	Т	31,7	5,1	3,7	3,7	3,5	3,6
Средняя ночная сатурация (в %) Average night saturation (in %)	Л	94	94	95	95	96	96
	С	93	94	93	95	95	96
	Т	89	92	91	92	93	92
Минимальная ночная сатурация (в %) Minimum night saturation (in %)	Л	83	85	89	90	90	91
	С	78	83	90	89	90	92
	Т	72	87	89	90	89	90
Сон с быстрым движением глаз (в % от общего сна) Sleep with rapid eye movement (in % of total sleep)	Л	21,4	23,3	23,9	24,2	25,1	25,3
	С	19,5	21,8	22,7	23,1	23,4	23,5
	Т	14,6	22,1	23,4	23,1	24,2	23,7
Поверхностный сон (в % от общего сна) Superficial sleep (in % of total sleep)	Л	59,5	9,3	6,5	5,6	4,1	3,5
	С	67,2	12,4	9,5	8,1	7,4	5,4
	Т	78,9	12,3	9,3	8,8	8,2	8,4
Глубокий сон (в % от общего сна) Deep Sleep (in % of total sleep)	Л	19,1	67,4	69,6	70,2	70,8	71,2
	С	13,3	65,8	68,4	68,8	69,2	71,1
	Т	6,5	65,6	67,3	68,1	67,6	67,9

Примечание: \* – степень СОАС: Л – легкая, С – средняя, Т – тяжелая.

Note: \* – OSA degree: Л – minor, С – medium, Т – severe.

и эффективным методом лечения больных РП и СОАС, обеспечивающим стойкое и полноценное избавление их от ночного храпа и его осложнений.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бузунов Р.В., Пальман А.Д., Мельников А.Ю. и др. Диагностика и лечение синдрома обструктивного апноэ сна у взрослых. Рекомендации Российского общества сомнологов. Эффективная фармакотерапия. *Неврология*. Спецвыпуск «Сон и его расстройства – 6». 2018; 35: 34–45.
- Vgontzas A.N., Papanicolaou D.A., Bixler E.O., Litsikas A., Zachman K., Kales A., Prolo P., Ma-Li Wong, Licinio J., Phil-Gold P.W., Hermida R.C., Mastorakos G., Chrousos G.P. Circadian Interleukin-6 Secretion and Quantity and Depth of Sleep. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2000; 84 (8): 2603–2607. PMID: 10443646. DOI: 10.1210/jcem.84.8.5894
- Stavaras C., Pastaka C., Papala M. et al. Sexual function in pre- and post-menopausal women with obstructive sleep apnea syndrome. *Int. J. Impot. Res.* 2012; 24 (6): 228–233. DOI: 10.1038/ijir.2012.20
- Reutrakul S., Zaidi N., Wroblewski K. et al. Interactions between pregnancy, obstructive sleep apnea, and gestational diabetes mellitus. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013; 98 (10): 4195–4202. PMID: 23966237. PMID: PMC3790617. DOI: 10.1210/jc.2013-2348
- Fairbanks D.N.F. Uvulopalatopharyngoplasty complications and avoidance strategies. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1990; 102: 239–245. PMID: 2108411 DOI: 10.1177/019459989010200306
- Блоцкий А.А. Феномен храпа и синдром обструктивного сонного апноэ / А.А. Блоцкий, М.С. Плужников. – СПб.: СпецЛит, 2002: 176 с.: ил.
- Friedman M. Z-palatoplasty (ZPP): a technique for patients without tonsils / M. Friedman, H. Ibrahim, R. Vidyasagar, J. Pomeranz, N.J. Joseph, *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004; 131: 89–100. PMID: 15243563. DOI: 10.1016/j.otohns.2004.02.051
- Kamami Y.V. Outpatient treatment of sleep apnea syndrome with CO<sub>2</sub> laser, LAUP: laser-assisted UPPP results on 46 patients / Y.V. Kamami. *J Clin Laser Med Surg.* 1994; 12 (4): 215–9. PMID: 10172096. DOI: 10.1089/ clm.1994.12.215
- Remacle M., Betsch C., Lawson G., Jamart J., Eloy P. A new technique for laser assisted uvulo (palato) plasty decision-tree analysis and results. *Laryngoscope*. 1999; 109: 763–768. 1999. DOI: 10.1097/00005537-199905000-00015
- Лопатин А.С. Храп и синдром обструктивного апноэ во сне / А.С. Лопатин, Р.В. Бузунов, А.М. Смушко, Н.Э. Дорошенко, В.А. Ерошина. *Российская ринология*. 1998; 4: 17–33.
- Franklin K.A., Hokmgren P.A., Jönsson F. Snoring pregnancy-induced hypertension and growth retardation of the fetus. *Chest*. 2000; 117 (1): 137–141. PMID: 10631211. DOI: 10.1378 / chest.117.1.137
- Mickelson S.A. Is postoperative intensive care monitoring necessary after uvulopalatopharyngoplasty? / S.A. Mickelson, I. Hakim. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1998; 119: (4): 352–356. PMID: 9781989. DOI: 10.1016/S0194-5998(98)70077-4
- Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А. Причины неудач хирургического лечения больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна. *Лазерная медици-*
- на. 2022; 26 (3–4): 38–46. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-3-4-38-46
- Kamami Y.V. Laser CO<sub>2</sub> for snoring. Preliminary results. *Acta-Otorhinolaryngol. Belg.* 1990; 44 (4): 451–456. PMID: 2128762.
- Johns M.W. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*. 1991; 14 (6): 540–545. PMID: 1798888. DOI: 1.0.1093/sleep/14.6.540
- Ellis P.D.M. Laser palatoplasty for snoring due to palatal flutter: a further report. *ClinOtolaryngol*, 1994; 19 (4): 350–351. PMID: 7994895. DOI: 10.1111/j.1365-2273.1994.tb01245.x
- Krespy Y.P. Laser-assisted uvulopalatoplasty for snoring. *J. Otolaryngol.*, 1994; 23: 328–334. PMID: 7807636.
- Walker R.P. Uvulopalatopharyngoplasty versus laser-assisted uvulopalatoplasty for the treatment of obstructive sleep apnea / M.M. Crigg-Damberger, C. Gopalsami. *Laryngoscope*. 1997; 107(1): 76–82. PMID: 9001269. DOI: 10.1097/00005537-199701000-00016
- Harmon J.D. Sleep apnea: morbidity and mortality of surgical treatment / J.D. Harmon, W. Morgan, B. Chaudhary. *South Med J*. 1989, 82 (2): 161–164.
- Larsson H. Long-time follow-up after UPPP for obstructive sleep apnea syndrome / H. Larsson, B. Carlsson-Nordlander, E. Svanborg. *Acta Otolaryngol.* 1991; 111 (3): 582–90.
- Verse T. *Laser-assisted uvulopalatoplasty. A metanalysis*. In: Fabiani M., Saponara M. (Eds). *Surgery for snoring and obstructive sleep apnea syndrome* / T. Verse, W. Pirsig. Amsterdam: Kugler; 2003.
- Littner M. Practice parameters for the use of laser-assisted uvulopalatoplasty: an update for 2000 / M. Littner, C.A. Kushida, K. Hartse, W.M. Anderson, D. Davila, S.F. Johnson, M.S. Wise, M. Hirshkowitz, B.T. Woodson. *Sleep*. 2001; 24 (5): 603–619. PMID: 11480657. DOI: 10.1093/sleep/24.5.603
- Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Стаханов М.Л., Дайхес Н.А. Исторические аспекты развития лазерной палатохирургии. Обзор литературы. *Лазерная медицина*. 2022; 26 (2): 37–42. DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-2-37-42
- Князьков В.Б., Князьков И.В., Праздников Э.Н., Стаханов М.Л. Способ хирургического лечения больных с ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ сна. Патент № 2760295 Рос. Федерация; МПК А61В 17/00 (2006.01), А61Н 5/067 (2006.01); заявитель и патентообладатель Князьков В.Б. № 2021109961; заявл. 12.04.2021; опубл. 23.11.2021; (33).
- Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Стаханов М.Л., Дайхес Н.А. Лазерная скульптурная увуллопалатоластика – новый подход к хирургическому лечению больных ронхопатией и синдромом обструктивного апноэ во сне. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2023; 7 (1): 5–12. DOI: 10.17116/operhirurg202370115
- Князьков В.Б., Праздников Э.Н., Дайхес Н.А. Отбор больных ронхопатией с синдромом обструктивного апноэ во сне к лазерной скульптурной увуллопалатоластике / В.Б. Князьков, Э.Н. Праздников, Н.А. Дайхес // *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2023; 7 (2): 19–25. DOI: 10.17116/operhirurg2023702119
- Fujita S. Surgical correction of anatomical abnormalities of obstructive sleep apnea syndrome: uvulopalatopharyngo-

- plasty / S. Fujita, W. Conway, F. Zorick, T. Rot. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1981; 89: 923–934.
28. Friedman M. Clinical staging for sleep-disordered breathing / M. Friedman, H. Ibrahim, L. Bass. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2002; 127 (1): 13–21.
29. Li H.Y. Changes in quality of life and respiratory disturbance after extended uvulopalatal flap Surgery in patients with obstructive sleep apnea / H.Y. Li, N.H. Chen, Y.H. Shu, P.C. Wang. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004; 130 (2): 195–200.
30. Cahali M.B. Lateral pharyngoplasty: a new treatment for obstructive sleep apneahypopnea syndrome / M.B. Cahali. *Laryngoscope.* 2003; 113: 1961–1968.
31. Pang K. Expansion sphincter pharyngoplasty: a new technique for the treatment of obstructive sleep apnea / K.P. Pang, B. Woodson. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2007; 137: 110–114.

## REFERENCES

- Buzunov R.V., Palman A.D., Melnikov A.Yu., et al. Diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea syndrome in adults. Recommendations of the Russian Society of Somnologists. *Effektivnaya farmacoterpiya. Nevrologia.* 2018; 35: 34–45.
- Vgontzas A.N., Papanicolaou D.A., Bixler E.O., Lotsikas A., Zachman K., Kales A., Prolo P., Ma-Li Wong, Licinio J., Phil-Gold P.W., Hermida R.C., Mastorakos G., Chrousos G.P. Circadian Interleukin-6 Secretion and Quantity and Depth of Sleep. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2000; 84 (8): 2603–2607. PMID: 10443646. DOI: 10.1210/jcem.84.8.5894
- Stavaras C., Pastaka C., Papala M. et al. Sexual function in pre- and post-menopausal women with obstructive sleep apnea syndrome. *Int. J. Impot. Res.* 2012; 24 (6): 228–233. DOI: 10.1038/ijir.2012.20
- Reutrakul S., Zaidi N., Wroblewski K. et al. Interactions between pregnancy, obstructive sleep apnea, and gestational diabetes mellitus. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013; 98 (10): 4195–4202. PMID: 23966237. PMCID: PMC3790617. DOI: 10.1210/jc.2013-2348
- Fairbanks D.N.F. Uvulopalatopharyngoplasty complications and avoidance strategies. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1990; 102: 239–245. PMID: 2108411 DOI: 10.1177/019459989010200306
- Blotsky A.A. The phenomenon of snoring and obstructive sleep apnea syndrome / A.A. Blotsky, M.S. Pluzhnikov. St. Petersburg: *SpetsLit*, 2002: 176 p.: ill.
- Friedman M. Z-palatoplasty (ZPP): a technique for patients without tonsils / M. Friedman, H. Ibrahim, R. Vidyasagar, J. Pomeranz, N.J. Joseph. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2004; 131: 89–100. PMID: 15243563. DOI: 10.1016/j.otohns.2004.02.051
- Kamami Y.V. Outpatient treatment of sleep apnea syndrome with CO<sub>2</sub> laser, LAUP: laser-assisted UPPP results on 46 patients / Y.V. Kamami. *J Clin Laser Med Surg.* 1994; 12 (4): 215–219. PMID: 10172096. DOI: 10.1089/clm.1994.12.215
- Remacle M., Betsch C., Lawson G., Jamart J., Eloy P. A new technique for laser assisted uvulo (palato) plasty decision-tree analysis and results. *Laryngoscope.* 1999; 109: 763–768. 1999. DOI: 10.1097/00005537-199905000-00015
- Lopatin A.S., Buzunov R.V., Smushko A.M., Doroshenko N.E., Eroshina V.A. Snoring and obstructive sleep apnea syndrome. *Rossiyskaya rinologia.* 1998; 4: 17–33 [In Russ.].
- Franklin K.A., Hokmgren P.A., Jönsson F. Snoring pregnancy-induced hypertension and growth retardation of the fetus. *Chest.* 2000; 117 (1): 137–141. PMID: 10631211. DOI: 10.1378 / chest.117.1.137
- Mickelson S.A. Is postoperative intensive care monitoring necessary after uvulopalatopharyngoplasty? / S.A. Mickelson, I. Hakim. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1998; 119: (4): 352–356. PMID: 9781989. DOI: 10.1016/S0194-5998(98)70077-4
- Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A. Reasons for failure in surgical treatment of patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome. *Laser Medicine.* 2022; 26 (3–4): 38–46 (In Russ.) DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-3-4-38-46
- Kamami Y.V. Laser CO<sub>2</sub> for snoring. Preliminary results. *Acta Otorhinolaryngol. Belg.* 1990; 44 (4): 451–456. PMID: 2128762.
- Johns M.W. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep.* 1991; 14 (6): 540–545. PMID: 1798888. DOI: 1.0.1093/sleep/14.6.540
- Ellis P.D.M. Laser palatoplasty for snoring due to palatal flutter: a further report. *Clin Otolaryngol.* 1994; 19 (4): 350–351. PMID: 7994895. DOI: 10.1111/j.1365-2273.1994.tb01245.x
- Krespy Y.P. Laser-assisted uvulopalatoplasty for snoring. *J. Otolaryngol.* 1994; 23: 328–334. PMID: 7807636.
- Walker R.P. Uvulopalatopharyngoplasty versus laser-assisted uvulopalatoplasty for the treatment of obstructive sleep apnea / M.M. Crigg-Damberger, C. Gopalsami. *Laryngoscope.* 1997; 107(1): 76–82. PMID: 9001269. DOI: 10.1097/00005537-199701000-00016
- Harmon J.D. Sleep apnea: morbidity and mortality of surgical treatment / J.D. Harmon, W. Morgan, B. Chaudhary. *South Med J.* 1989, 82 (2): 161–164.
- Larsson H. Long-time follow-up after UPPP for obstructive sleep apnea syndrome / H. Larsson, B. Carlsson-Nordlander, E. Svanborg. *Acta Otolaryngol.* 1991; 111 (3): 582–590.
- Verse T. *Laser-assisted uvulopalatoplasty. A metanalysis.* In: Fabiani M., Saponara M. (Eds). *Surgery for snoring and obstructive sleep apnea syndrome* / T. Verse, W. Pirsig. Amsterdam: Kugler; 2003.
- Littner M. Practice parameters for the use of laser-assisted uvulopalatoplasty: an update for 2000 / M. Littner, C.A. Kushida, K. Hartse, W.M. Anderson, D. Davila, S.F. Johnson, M.S. Wise, M. Hirshkowitz, B.T. Woodson. *Sleep.* 2001; 24 (5): 603–619. PMID: 11480657. DOI: 10.1093/sleep/24.5.603
- Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Stakhanov M.L., Daikhes N.A. The historical aspects and the development of laser palate surgery (a literature review). *Lazernaya medicina.* 2022; 26(2): 37–42 (In Russ.). DOI: 10.37895/2071-8004-2022-26-2-37-42
- Knyazkov V.B., Knyazkov I.V., Prazdnikov E.N., Stakhanov M.L. Method of surgical treatment of patients with ronchopathy and obstructive sleep apnea syndrome. *RF Patent for invention* No. 2760295 dated 12.04.2021. [In Russ.]
- Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Stakhanov M.L., Dayhes N.A. Laser sculptural uvulopalatoplasty as a new method

- of surgical treatment of snoring and obstructive apnea syndrome. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2023; 7 (1): 5–12. (In Russ.) DOI: 10.17116/oper-hirurg202370115
26. Knyazkov V.B., Prazdnikov E.N., Daikhes N.A. Selection of patients with rhonchopathy with obstructive sleep apnea syndrome for laser sculptural uvulopalatoplasty / V.B. Knyazkov, E.N. Prazdnikov, N.A. Dykhes // Operative surgery and clinical anatomy. 2023; 7 (2): 19–25. DOI: 10.17116/oper-hirurg2023702119
  27. Fujita S. Surgical correction of anatomical abnormalities of obstructive sleep apnea syndrome: uvulopalatopharyngoplasty / S. Fujita, W. Conway, F. Zorick, T. Rot. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1981; 89: 923–934.
  28. Friedman M. Clinical staging for sleep-disordered breathing / M. Friedman, H. Ibrahim, L. Bass. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2002; 127 (1): 13–21.
  29. Li H.Y. Changes in quality of life and respiratory disturbance after extended uvulopalatal flap Surgery in patients with obstructive sleep apnea / H.Y. Li, N.H. Chen, Y.H. Shu, P.C. Wang. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2004; 130 (2): 195–200.
  30. Cahali M.B. Lateral pharyngoplasty: a new treatment for obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome / M.B. Cahali. *Laryngoscope*. 2003; 113: 1961–1968.
  31. Pang K. Expansion sphincter pharyngoplasty: a new technique for the treatment of obstructive sleep apnea / K.P. Pang, B. Woodson. *Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2007; 137: 110–114.

**Участие авторов:**

Концепция и дизайн исследования: В.Б. Князьков  
 Сбор и обработка материала: В.Б. Князьков  
 Написание текста: В.Б. Князьков

Редактирование: Э.Н. Праздников, Н.А. Дайхес

**Participation of authors:**

Study concept and design – V.B. Knyazkov  
 Material collection and processing – V.B. Knyazkov  
 Text writing – V.B. Knyazkov  
 Editing – E.N. Prazdnikov, N.A. Daikhes

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Сведения об авторах**

**Князьков Владимир Борисович** – врач, кандидат медицинских наук, Клиника реабилитации в Хамовниках; e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

**Праздников Эрик Нариманович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России; e-mail: enp1964@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5817-0702>.

**Дайхес Николай Аркадьевич** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУ «НКЦО» ФМБА России; e-mail: otorrhino1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>

**Information about authors**

**Vladimir Knyazkov** – MD, Cand. Sci. (Med.), Rehabilitation Clinic in Khamovniki; e-mail: v.b.knyazkov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5742-3459>

**Erik Prazdnikov** – MD, Dr. Sci. (Med.), professor, head of the department of operative surgery and topographic anatomy, Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; e-mail: enp1964@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5817-0702>

**Nikolai Daikhes** – MD, Dr. Sci. (Med.), professor, Associate Member of the Russian Academy of Sciences, Director of National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, FMBA; e-mail: otorrhino1@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>

# ПАТЕНТЫ И ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ЛАЗЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В 2023 ГОДУ

## PATENTS AND INVENTIONS ON LASER MEDICINE PUBLISHED IN 2023

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
1	<b>2 787 524</b> (10.01.2023)	<b>СПОСОБ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНАРНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА</b> г. Москва Мезенцева Лариса Валентиновна (RU)
2	<b>2 787 802</b> (12.01.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ПОСТКОВИДНЫМ СИНДРОМОМ</b> г. Владикавказ Общество с ограниченной ответственностью «Спэйсвортэкс» (RU), федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (RU) Иванов Денис Викторович (RU) и др.
3	<b>2 788 283</b> (17.01.2023)	<b>СПОСОБ ОЦЕНКИ БИОСОВМЕСТИМОСТИ РАНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ</b> г. Саратов Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Савкина Ангелина Альбертовна (RU) и др.
4	<b>2 789 984</b> (14.02.2023)	<b>СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО И СТРОМАЛЬНОГО ЦИТОМЕГАЛОВИРУСНОГО КЕРАТИТА</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Тарханова Анастасия Андреевна (RU) и др.
5	<b>2 790 519</b> (22.02.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ВАЗОМОТОРНОГО РИНИТА</b> г. Санкт-Петербург Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Захарова Галина Порфирьевна (RU) и др.
6	<b>2 790 522</b> (22.02.2023)	<b>СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ СУБМУКОЗНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ГЕМОРРОИДАЛЬНЫХ УЗЛОВ (ВАРИАНТЫ)</b> г. Москва Черепенин Михаил Юрьевич (RU)
7	<b>2 791 653</b> (13.03.2023)	<b>СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ К ХИРУРГИИ НИСТАГМА, СОЧЕТАННОГО С КОСОГЛАЗИЕМ</b> г. Москва Азнаурян Игорь Эрикович (RU) и др.
8	<b>2 792 539</b> (22.03.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПЕТЕХИАЛЬНО-АРАХНОИДАЛЬНОЙ И ЛИНЕЙНОЙ ФОРМ КАПИЛЛЯРНОЙ АНГИОДИСПЛАЗИИ КОЖИ У ДЕТЕЙ</b> г. Москва Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы (RU) Горбатова Наталья Евгеньевна (RU) и др.
9	<b>2 793 141</b> (29.03.2023)	<b>СПОСОБ КОРРЕКЦИИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ НА ЭТАПАХ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ МАЛОГО ТАЗА</b> г. Томск Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук Кучерова Татьяна Яковлевна (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
10	<b>2 794 856</b> (25.04.2023)	<b>СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОБЛИГАТНЫХ ПРЕДРАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И SA IN SITU</b> г. Балашиха Фишер Леонид Наумович (RU) и др.
11	<b>2 796 308</b> (22.05.2023)	<b>СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ КООГУЛЯЦИИ ГЕМОРРОИДАЛЬНОГО УЗЛА С ПЛАСТИКОЙ СЛИЗИСТОЙ АНАЛЬНОГО КАНАЛА ПРИ ГЕМОРРОЕ ТРЕТЬЕЙ И ЧЕТВЕРТОЙ СТАДИИ</b> г. Абакан Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова» (RU) Лавров Роман Николаевич (RU) и др.
12	<b>2 796 294</b> (22.05.2023)	<b>СПОСОБ АКТИВАЦИИ РЕГЕНЕРАТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРОМАЛЬНО-ВАСКУЛЯРНОЙ ФРАКЦИИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ КРАСНОГО ДИАПАЗОНА</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Ерёмин Пётр Серафимович (RU) и др.
13	<b>2 796 950</b> (29.05.2023)	<b>СПОСОБ ПРОФИЛАКТИКИ ТРАКЦИОННЫХ РАЗРЫВОВ СЕТЧАТКИ И РЕГМАТОГЕННОЙ ОТСЛОЙКИ СЕТЧАТКИ У ПАЦИЕНТОВ С ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНЫМИ СРАЩЕНИЯМИ НА ПЕРИФЕРИИ ГЛАЗНОГО ДНА</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Володин Павел Львович (RU) и др.
14	<b>2 796 751</b> (29.05.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ВЫВОРОТА НИЖНЕГО ВЕКА ПОСЛЕ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ БЛЕФАРОПЛАСТИКИ</b> г. Красноярск Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Калашникова Наталья Геннадьевна (RU) и др.
15	<b>2 797 275</b> (01.06.2023)	<b>СПОСОБ СИМУЛЬТАННОГО ЛЕЧЕНИЯ ДИВЕРТИКУЛОВ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ ТРАНСВЕЗИКАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СОЧЕТАНИИ С ТУЛИЕВОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЭНУКЛЕАЦИЕЙ АДЕНОМЫ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ</b> г. Санкт-Петербург Гусейнов Руслан Гусейнович (RU) и др.
16	<b>2 797 850</b> (08.06.2023)	<b>СПОСОБ ВЫБОРА ТАКТИКИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНЫМ ЗАКРЫТИЕМ УГЛА ПЕРЕДНЕЙ КАМЕРЫ ГЛАЗА</b> г. Москва Курышева Наталия Ивановна (RU) и др.
17	<b>2 797 923</b> (13.06.2023)	<b>СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИПЛОПИИ</b> г. Тамбов Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Катаев Михаил Германович (RU) и др.
18	<b>2 798 722</b> (23.06.2023)	<b>СПОСОБ РЕАБИЛИТАЦИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННЫХ РЕСПИРАТОРНО-ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ И ПРИВИВОК НА ФОНЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ</b> г. Томск Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук (RU) Кучерова Татьяна Яковлевна (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
19	<b>2 800 316</b> (20.07.2023)	<b>СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ЗАБРЮШИННОМ ПРОСТРАНСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕТРОПНЕВМОПЕРИТОНЕУМА</b> г. Чита Забайкальская краевая общественная организация «Общество хирургов» (RU) Лобанов Юрий Сергеевич (RU) и др.
20	<b>2 800 333</b> (20.07.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ТРАНССФИНКТЕРНЫХ ПАРАРЕКТАЛЬНЫХ СВИЩЕЙ</b> г. Астрахань Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Кчибеков Элдар Абдурагимович (RU) и др.
21	<b>2 800 965</b> (01.08.2023)	<b>СПОСОБ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ЛИТОТРИПСИИ С ЛИТОЭКСТРАКЦИЕЙ ПРИ ПАНКРЕОЛИТИАЗЕ</b> г. Санкт-Петербург Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Аванесян Рубен Гарриевич (RU) и др.
22	<b>2 801 485</b> (09.08.2023)	<b>СПОСОБ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СБЕРЕГАЮЩЕГО ЛЕЧЕНИЯ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ МАКУЛОПАТИИ С ФОКАЛЬНЫМ ДИАБЕТИЧЕСКИМ МАКУЛЯРНЫМ ОТЕКОМ НА ЛАЗЕРЕ NAVILAS 577S</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Володин Павел Львович (RU) и др.
23	<b>2 801 470</b> (09.08.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ ПОСЛЕ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННОЙ НЕПРОНИКАЮЩЕЙ ГЛУБОКОЙ СКЛЕРЭКТОМИИ</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Любимова Татьяна Сергеевна (RU) и др.
24	<b>2 801 483</b> (09.08.2023)	<b>СПОСОБ КОРРЕКЦИИ АМЕТРОПИИ У ПАЦИЕНТОВ С I СТАДИЕЙ КЕРАТОКОНУСА</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Малюгин Борис Эдуардович (RU) и др.
25	<b>2 801 498</b> (09.08.2023)	<b>СПОСОБ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСИМЕРЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ С СЕЛЕКТИВНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ВОЛНОВОГО ФРОНТА</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Мушкова Ирина Альфредовна (RU) и др.
26	<b>2 802 129</b> (22.08.2023)	<b>СПОСОБ ВИРТУАЛЬНОЙ СИМУЛЯЦИИ РЕТРОГРАДНОЙ ИНТРАРЕНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ НАВЫКАМ ЭНДОУРОЛОГИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯЦИЙ И ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБКОГО УРЕТЕРОСКОПА</b> г. Москва Общество с ограниченной ответственностью «АРТВИЖН» (RU) Тальшинский Али Эльманович (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
27	<b>2 803 164</b> (07.09.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ВИРУСНОГО ИЛИ ВИРУСНО-БАКТЕРИАЛЬНОГО ЦЕРВИЦИТА</b> г. Орёл Коломеец Елена Витальевна (RU) и др.
28	<b>2 803 281</b> (12.09.2023)	<b>СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ КРОВИ</b> г. Москва Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ» (RU) Никитаев Валентин Григорьевич (RU) и др.
29	<b>2 803 580</b> (18.09.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ МИОПИЧЕСКОЙ МАКУЛОПАТИИ</b> г. Ростов-на-Дону Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Шурыгина Ирина Петровна (RU) и др.
30	<b>2 804 592</b> (02.10.2023)	<b>СПОСОБ ОЦЕНКИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА И ПЕРИПАПИЛЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ СЕТЧАТКИ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней имени Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Петров Сергей Юрьевич (RU) и др.
31	<b>2 804 642</b> (03.10.2023)	<b>СПОСОБ УДАЛЕНИЯ КОНКРЕМЕНТОВ ИЗ МОЧЕВЫХ, ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ ИЛИ ПРОТОКА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ</b> г. Москва Акционерное общество «Наука и инновации» (RU) Анисифоров Кирилл Вячеславович (RU) и др.
32	<b>2 805 396</b> (16.10.2023)	<b>СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ЛАЗЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ ПРИ ЛЮБОЙ СТЕПЕНИ ПИГМЕНТАЦИИ ТРАБЕКУЛЫ</b> г. Москва Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Соколовская Татьяна Викторовна (RU) и др.
33	<b>2 806 494</b> (01.11.2023)	<b>СПОСОБ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ПО ПОВОДУ КОКСАРТРОЗА</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Марченкова Лариса Александровна (RU) и др.
34	<b>2 806 514</b> (01.11.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ СРЕДНЕТЯЖЕЛОЙ ЭРИТЕМАТОЗНО-ТЕЛЕАНГИЭКТАТИЧЕСКОЙ РОЗАЦЕА НА ФОНЕ СЕНСИБИЛИЗАЦИИ К ПИРОГЛИФИДНЫМ КЛЕЩАМ</b> г. Барнаул Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Хабаров Алексей Станиславович (RU) и др.
35	<b>2 806 873</b> (08.11.2023)	<b>СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ ОБЛИТЕРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИЗВИТЫХ ВЕН</b> г. Санкт-Петербург Деркачев Сергей Николаевич (RU) и др.
36	<b>2 807 496</b> (15.11.2023)	<b>СПОСОБ ВЫБОРА МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ</b> г. Волгоград Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Джаши Бента Гайозовна (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
37	<b>2 807 563</b> (16.11.2023)	<b>СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПУЛЬСОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ОБЪЕМА КРОВотоКА В ОБЛАСТИ МАКУЛЫ И ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА</b> <i>г. Москва</i> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней имени Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Иомдина Елена Наумовна (RU) и др.
38	<b>2 807 872</b> (21.11.2023)	<b>СПОСОБ ЦИРКУЛЯРНОГО ЭКСТРАСКЛЕРАЛЬНОГО ПЛОМБИРОВАНИЯ С ДРЕНИРОВАНИЕМ СУБРЕТИНАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ</b> <i>г. Екатеринбург</i> Акционерное общество «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза» (RU) Казайкин Виктор Николаевич (RU) и др.
39	<b>2 809 088</b> (06.12.2023)	<b>СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ЭПИТЕЛИАЛЬНОГО И СТРОМАЛЬНОГО ЦИТОМЕГАЛОВИРУСНОГО КЕРАТИТА</b> <i>г. Москва</i> Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Копеев Сергей Юрьевич (RU) и др.

Материал подготовил младший научный сотрудник ФГБУ «НПЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России» Арутюнов Н.Э.; поисковый запрос «лазерная медицина» в БД Федерального института промышленной собственности (<http://www.fips.ru>) «Рефераты российских патентных документов», «Формулы российских полезных моделей» за 1994–2023 гг. (рус) за период январь – декабрь 2023 гг.

# ПАТЕНТЫ И ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В 2023 ГОДУ

## PATENTS AND INVENTIONS ON PHOTODYNAMIC THERAPY PUBLISHED IN 2023

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
1	<b>2 787 917</b> (13.01.2023)	<b>СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ НЕМЫШЕЧНО-ИНВАЗИВНОГО РАКА МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ T1-T2 N0+M0</b> г. Томск Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук (RU) Вусик Марина Владимировна (RU) и др.
2	<b>2 788 766</b> (24.01.2023)	<b>СПОСОБ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПЕРЕВИВНОЙ ОПУХОЛИ КАРЦИНОМА ЭРЛИХА МЫШЕЙ С ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОМ ХЛОРИНОВОГО РЯДА</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (RU) Абрамова Ольга Борисовна (RU) и др.
3	<b>2 790 781</b> (28.02.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПЛОСКОЙ ФОРМЫ ЛЕЙКОПЛАКИИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ РТА У ПАЦИЕНТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ЛЕЧЕНИИ НЕСЪЕМНЫМИ ОРТОДОНТИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ</b> г. Уфа Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Кабирова Миляуша Фаузиевна (RU) и др.
4	<b>2 792 003</b> (15.03.2023)	<b>МОНОКАТИОННЫЙ ХЛОРИНОВЫЙ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОР ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНАКТИВАЦИИ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК</b> г. Иваново Кустов Андрей Владимирович (RU) и др.
5	<b>2 794 092</b> (11.04.2023)	<b>13(1)-N-(4'-N'-N'-ДИМЕТИЛПИПЕРАЗИНИЛ ИОДИД) АМИД, 15(2), 17(3)-ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР ХЛОРИНА E6</b> г. Иваново Кустов Андрей Владимирович (RU) и др.
6	<b>2 794 666</b> (24.04.2023)	<b>ВЕЩЕСТВО, ОБЛАДАЮЩЕЕ АНТИГЛИОМНОЙ АКТИВНОСТЬЮ, И СПОСОБ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ГЛИОБЛАСТОМЫ</b> г. Владивосток Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук (RU) Катанаев Владимир Леонидович (RU) и др.
7	<b>2 795 221</b> (02.05.2023)	<b>ПРИМЕНЕНИЕ 2-(ПИРЕН-1-ИЛ)НАФТО[1,2-D]ОКСАЗОЛИЛ-5-СУЛЬФОКИСЛОТЫ В КАЧЕСТВЕ МОНОМОЛЕКУЛЯРНОГО АГЕНТА ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ</b> г. Екатеринбург Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (RU) Криночкин Алексей Петрович (RU) и др.
8	<b>2 796 184</b> (17.05.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПРЕДРАКА И НАЧАЛЬНОЙ ФОРМЫ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ</b> г. Москва Афанасьев Максим Станиславович (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
9	<b>2 797 433</b> (05.06.2023)	<b>СПОСОБ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ ПЕРВИЧНОГО МЕСТНО-РАСПРОСТРАНЕННОГО РАКА ЯЗЫКА</b> г. Ростов-на-Дону Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Кит Олег Иванович (RU) и др.
10	<b>2 798 612</b> (23.06.2023)	<b>ПРЕПАРАТ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ И ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ</b> г. Москва Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»» (RU) Чудосай Юлия Викторовна (RU) и др.
11	<b>2 800 291</b> (19.07.2023)	<b>ВОДОРАСТВОРИМЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПОЛИФЛУОРЕНОВЫЕ ЩЕТКИ, ИЗЛУЧАЮЩИЕ БЕЛЫЙ СВЕТ</b> г. Санкт-Петербурге Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт высокомолекулярных соединений» Российской академии наук (RU) Ильгач Дмитрий Михайлович (RU) и др.
12	<b>2 800 861</b> (31.07.2023)	<b>СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ 3-ФЕНИЛДИАЗЕНИЛ-1Н,1'Н-[2,3']БИИНДОЛОВ</b> г. Москва Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (RU) Феста Алексей Алексеевич (RU) и др.
13	<b>2 801 893</b> (17.08.2023)	<b>УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РЕЗИДУАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ КОНТРОЛЕМ ФОТООБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (RU), Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-практический центр лазерной медицины имени О.К. Скобелкина» Федерального медико-биологического агентства (RU) Козликина Елизавета Игоревна (RU) и др.
14	<b>2 802 551</b> (30.08.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ЭРОЗИВНО-ЯЗВЕННОЙ ФОРМЫ ПЛОСКОГО ЛИШАЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ РТА</b> г. Уфа Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Усманова Ирина Николаевна (RU) и др.
15	<b>2 802 795</b> (04.09.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ</b> г. Москва Палагина Оксана Вячеславна (RU) и др.
16	<b>2 804 505</b> (02.10.2023)	<b>СПОСОБ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ МЕСТНО-РАСПРОСТРАНЕННОМ РАКЕ КОЖИ ГОЛОВЫ</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Каприн Андрей Дмитриевич (RU) и др.

№ п/п	№ заявки, дата публикации	Название изобретения, патентообладатель, изобретатель
17	2 806 971 (08.11.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ГИПЕРПЛАСТИЧЕСКОГО ЛАРИНГИТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕАНСОВ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ</b> г. Москва Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский клинический институт оториноларингологии им. Л.И. Свержевского» Департамента здравоохранения города Москвы (RU) Крюков Андрей Иванович (RU) и др.
18	2 807 133 (09.11.2023)	<b>УСТРОЙСТВО ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ХЛОРИНА E6</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (RU) Эфендиев Канамат Темботович (RU) и др.
19	2 807 897 (21.11.2023)	<b>СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФОРМОЙ РАКА ЛЕГКОГО ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ УСЛОВНО-РАДИКАЛЬНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ</b> г. Ростов-на-Дону Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Легостаев Владислав Михайлович (RU) и др.
20	2 808 558 (29.11.2023)	<b>ПРИМЕНЕНИЕ БРИЛЛИАНТОВОГО ЗЕЛЕНОГО И ТОЛУИДИНОВОГО СИНЕГО В ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ОНИХОМИКОЗА СВЕТОМ В УЗКОМ ДИАПАЗОНЕ СПЕКТРА 650–670 НМ</b> г. Москва Помыткин Вадим Анатольевич (RU) и др.
21	2 808 909 (05.12.2023)	<b>СПОСОБ СОЧЕТАННОЙ ТЕРАПИИ СОЕДИНИТЕЛЬНОВОКНАННОЙ САРКОМЫ М-1 КРЫС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЪЮГАТА ДИПРОПОКСИБАКТЕРИОПУРПУРИНА С ДОКСОРУБИЦИНОМ</b> г. Москва Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (RU) Абрамова Ольга Борисовна (RU) и др.
22	2 809 014 (05.12.2023)	<b>СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ АФТОЗНОГО СТОМАТИТА</b> г. Уфа Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU) Хайруллина Алсу Хаматназиповна (RU) и др.

Материал подготовил младший научный сотрудник ФГБУ «НПЦ ЛМ им.О.К. Скобелкина ФМБА России» Арутюнов Н.Э.; поисковый запрос «фотодинамическая терапия» в БД Федерального института промышленной собственности ((<http://www.fips.ru>) «Рефераты российских патентных документов», «Формулы российских полезных моделей» за 1994–2023 гг. (рус) за период январь – декабрь 2023 гг.

Высокоэнергетический диодный аппарат "Кристалл" является лазерным прибором последнего поколения, разные модификации которого специально созданы для различных областей медицины:

- Дерматология и малая поликлиническая хирургия
- Косметология
- Оториноларингология
- Гинекология
- Флебология (ЭВЛК)
- Проктология
- ФДТ - фотодинамическая терапия



Основными плюсами приборов являются малые габариты, низкая стоимость и быстрая окупаемость.

сайт: [www.kristall-2000.ru](http://www.kristall-2000.ru)

## Медицинский эвакуатор дыма

Мы предлагаем **современный бесшумный медицинский эвакуатор дыма** – прибор, гарантирующий безопасность и охрану труда медицинских сотрудников.

С его помощью:

- Соблюдаются стандарты охраны труда персонала при проведении лазерных и высокочастотных радиоволновых оперативных вмешательств.
- Исключается риск передачи инфекций.
- Воздух очищается не только от летучих органических соединений, цианида водорода и аммиачных выбросов, но и от пыли и запахов.
- Исключается заражение вирусом папилломы и другими вирусами.



### Достоинства медицинского эвакуатора дыма:

- **Четырехступенчатая система фильтрации:** фильтр грубой очистки, фильтр тонкой очистки, HEPA – фильтр, угольный фильтр.
- **Минимальный уровень шума**, до 60 дБ.
- **Гибкие и удобные шланги**, не ограничивающие движения хирургов и не занимающие много места.
- **Простое управление.**
- **Возможность задавать мощность всасывания.**
- **Компактность и мобильность.** Весь комплект весит 3 кг.
- **Возможность регулировать диапазон высоты** расположения всасывающего наконечника от уровня стола в пределах 500-1000 мм.
- **Синхронизация с аппаратом «Кристалл».**
- **Удобная, эргономичная ручка для синхронизации с аппаратом «Кристалл».**
- **Гарантия 2 года.**



Сайт [www.technika-pro.ru](http://www.technika-pro.ru)

Телефон: (495) 545-31-21

