

**Современные
технологии
в медицине**

СТМ

**Modern
Technologies
in Medicine**

Sovremennye tehnologii v medicine

Том 17, №1 – 2025

Учредитель и издатель

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России

Редакция

Зав. редакцией **С.В. Звягина**
Редактор **Г.Н. Яскеялина**
Художественный редактор **Е.И. Виноградова**
Корректор **Н.А. Лебедева**
Переводчики **В.А. Шевцова, Е.С. Зарницына**

Адрес

603005, Нижний Новгород,
пл. Минина и Пожарского, 10/1
Приволжский исследовательский
медицинский университет
Телефон: 8 (831) 422-13-37
E-mail: stm@pimunn.ru
stm.journal@gmail.com
Website: http://www.stm-journal.ru

Издание зарегистрировано
Федеральной службой
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС 77-79187 от 16.10.2020 г.

Все права защищены.
При перепечатке
ссылка на журнал обязательна

Дата выхода в свет 28.02.2025 г.
Усл. печ. л. 19,06. Тираж 370 экз.
Заказ №465

Отпечатано в Издательстве
Приволжского исследовательского
медицинского университета.
Полиграфический участок ПИМУ
603104, Н. Новгород, ул. Медицинская, 5
Телефон 8 (831) 465-42-23, 465-47-02
www.kupi-medbook.ru

Подписной индекс — 10303
в Объединенном каталоге «Пресса России».
Т. 1. «Газеты и журналы»
Выходит раз в два месяца

Цена свободная

© СТМ, 2025 г.

Главный редактор

Карякин Николай Николаевич, д.м.н., ректор ПИМУ

Зам. главного редактора

Загайнова Е.В., д.м.н., член-корреспондент РАН,
зам. директора по развитию ФНКЦ ФХМ им. Ю.М. Лопухина; главный научный сотрудник
научной лаборатории оптической когерентной томографии НИИ ЭОиБМТ ПИМУ
Клеменова И.А., д.м.н., профессор кафедры кожных и венерических болезней ПИМУ

Члены редколлегии

Благонаравова А.С., д.м.н., и.о. ректора ПГМУ
Боков А.Е., к.м.н., зав. кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии им. М.В. Колокольцева ПИМУ
Гладкова Н.Д., д.м.н., профессор, зав. лабораторией оптической когерентной томографии
НИИ экспериментальной онкологии и биомедицинских технологий ПИМУ
Григорьева В.Н., д.м.н., профессор, зав. кафедрой нервных болезней ПИМУ
Ермолин И.Л., д.б.н., профессор кафедры гистологии с цитологией и эмбриологией ПИМУ
Млявых С.Г., д.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии
им. М.В. Колокольцева ПИМУ
Мухина И.В., д.м.н., профессор, директор Института фундаментальной медицины ПИМУ;
профессор кафедры нейротехнологий Института биологии и биомедицины ННГУ
Сафонов Д.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики ПИМУ
Сметанкин И.Г., д.м.н., зав. кафедрой глазных болезней ПИМУ
Тарловская Е.И., д.м.н., профессор, зав. кафедрой терапии и кардиологии ПИМУ
Халецкая О.В., д.м.н., профессор, зав. кафедрой госпитальной педиатрии ПИМУ
Шахов Б.Е., д.м.н., профессор, зав. кафедрой рентгеноэндovasкулярной диагностики и лечения ПИМУ

Редакционный совет

Андерсон Д.Г., MD, профессор кафедр ортопедической хирургии и хирургии позвоночника;
клинический директор секции позвоночника ортопедической научно-исследовательской лаборатории
Университета Томаса Джефферсона (*Филадельфия, США*)
Беленков Ю.Н., д.м.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой госпитальной терапии №1
Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (*Москва*)
Виткин А.И., д.ф.-м.н., старший научный сотрудник Института рака Онтаро
и Университетской сети здравоохранения; профессор кафедры медицинской биофизики
и радиационной онкологии Университета Торонто; медицинский физик больницы
им. принцессы Маргарет (*Торонто, Канада*)
Деев С.М., д.б.н., профессор, академик РАН, зав. лабораторией молекулярной иммунологии
Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН (*Москва*)
Коков Л.С., д.м.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой лучевой диагностики
Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова;
руководитель научного отделения лучевой диагностики НИИ скорой помощи
им. Н.В. Склифосовского (*Москва*)
Костюков В.Е., д.тех.н., директор Российского федерального ядерного центра (РФЯЦ-ВНИИЭФ) (*Саров*)
Литвак А.Г., д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, научный руководитель Института прикладной физики
РАН (*Н. Новгород*)
Лукьянов С.А., д.б.н., академик РАН, ректор Российского национального исследовательского
медицинского университета им. Н.И. Пирогова; зав. отделом геномики и постгеномных технологий
Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН (*Москва*)
Орлов О.И., д.м.н., академик РАН, директор Института медико-биологических проблем РАН (*Москва*)
Сергеев А.М., д.ф.-м.н., академик РАН, президент РАН (*Москва*)
Терновой С.К., д.м.н., профессор, академик РАН, зав. кафедрой лучевой диагностики
и лучевой терапии Первого Московского государственного медицинского университета
им. И.М. Сеченова; главный научный сотрудник Национального медицинского
исследовательского центра кардиологии (*Москва*)
Фельдштейн Ф.И., к.ф.-м.н., консультант по разработке и коммерциализации медицинской техники
(*Шрифтсбург, США*)
Хоффман Р.М., профессор медицины Университета Калифорнии; президент компании
AntiCancer, Inc. (*Сан-Диего, США*)
Чанг Куин Куин, PhD, ведущий научный сотрудник кафедры биоинженерии Вашингтонского университета
(*Вашингтон, США*)
Чудаков Д.М., д.б.н., зав. отделом геномики адаптивного иммунитета Института биоорганической химии
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова (*Москва*); руководитель исследовательской группы
Центральноевропейского института технологий (*Брно, Чехия*)
Шкарин В.В., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН (*Н. Новгород*)

**Современные
технологии
в медицине**



**Modern
Technologies
in Medicine**

Sovremennye tehnologii v medicine

Vol. 17, No.1 – 2025

Founder and publisher

Privolzhsky Research Medical University,
Ministry of Health of the Russian Federation

Editorial Staff

Head of Editorial Staff **S.V. Zvyagina**
Editor **G.N. Yaskelyaina**
Design **E.I. Vinogradova**
Proofreader **N.A. Lebedeva**
Translators **V.A. Shevtsova,**
E.S. Zarnitsyna

Address

Privolzhsky Research Medical University
Minin and Pozharsky Sq., 10/1,
Nizhny Novgorod, 603005,
Russian Federation
Phone: 8 (831) 422-13-37
E-mail: stm@pimunn.ru
stm.journal@gmail.com
Website: <http://www.stm-journal.ru>

Publication is registered
by the Federal Service for Supervision
in the Sphere of Telecom,
Information Technologies,
and Mass Communications
Certificate of the Mass Media Registration
PI No. FS 77-79187 of October 16, 2020

All rights reserved.
Reproducing any part
of this material a reference
to the Journal is obligatory

The publication date for the journal is 28.02.2025
Conv. printer's sheet is 19.06
Printing is 370 copies

Publication is once every 2 months

No fixed price

© CTM, 2025

Editor-in-Chief

Karyakin Nikolay N., MD, DSc, Rector of the Privolzhsky Research Medical University

Deputy Editors

Zagaynova Elena V., MD, DSc, Corresponding Member of the RAS,
Deputy Director of Development of the Lopukhin FRCC PCM; Chief Researcher,
Scientific Laboratory of Optical Coherence Tomography, Research Institute of EO and BT of the PRMU
Klemenova Irina A., MD, DSc, Professor of the Department of Skin and Venereal Diseases of the PRMU

Advisory Board

Blagonravova A.S., MD, DSc, Acting Rector of the PSMU
Bokov A.E., MD, PhD, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery
named after M.V. Kolokoltsev of the PRMU
Gladkova N.D., MD, DSc, Professor, Head of the Scientific Laboratory of Optical Coherence Tomography,
Institute of Experimental Oncology and Biomedical Technologies of the PRMU
Grigorieva V.N., MD, DSc, Professor, Head of the Nervous Diseases Department of the PRMU
Ermolin I.L., DSc, Professor of the Histology with Cytology and Embryology
Department of the PRMU
Mlyavykh S.G., MD, DSc, Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery
named after M.V. Kolokoltsev of the PRMU
Mukhina I.V., MD, DSc, Director of the Institute of Fundamental Medicine of the PRMU; Professor,
Department of Neurotechnologies, Institute of Biology and Biomedicine of the UNN
Safonov D.V., MD, DSc, Professor, Head of the Radiodiagnosis Department of the PRMU
Smetankin I.G., MD, DSc, Head of the Eye Diseases Department of the PRMU
Tarlovskaya E.I., MD, DSc, Professor, Head of the Department of Therapy and Cardiology of the PRMU
Khaletskaya O.V., MD, DSc, Professor, Head of the Hospital Pediatrics Department of the PRMU
Shakhov B.E., MD, DSc, Professor, Head of the Department of X-ray Endovascular Diagnosis
and Treatment of the PRMU

Editorial Board

Anderson D.G., MD, Professor, Departments of Orthopedic Surgery and Spine Surgery;
Clinical Director of the Spine Section, Orthopaedic Research Laboratory,
Thomas Jefferson University (*Philadelphia, USA*)
Belenkov Yu.N., MD, DSc, Professor, Academician of the RAS, Head of the Department
of Hospital Therapy No.1, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (*Moscow, Russia*)
Vitkin I.A., PhD, Senior Scientist, Ontario Cancer Institute and University Health Network; Professor,
Department of Medical Biophysics and Radiation Oncology, University of Toronto; Medical Physicist,
Princess Margaret Hospital (*Toronto, Canada*)
Deev S.M., DSc, Professor, Academician of the RAS, Head of the Laboratory of Molecular Immunology,
Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the RAS (*Moscow, Russia*)
Kokov L.S., MD, DSc, Professor, Academician of the RAS, Head of the Radiodiagnosis
Department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Head of the Scientific Department
of Radiation Diagnostics, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Care (*Moscow, Russia*)
Kostyukov V.E., DSc, Director of the Russian Federal Nuclear Center (RFNC-ARRIEPh) (*Sarov, Russia*)
Litvak A.G., DSc, Professor, Academician of the RAS, Scientific Director, Institute of Applied Physics
of the RAS (*Nizhny Novgorod, Russia*)
Lukyanov S.A., DSc, Academician of the RAS, Rector of the Pirogov Russian National Research
Medical University; Head of the Department of Genomics and Postgenomic Technologies,
Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the RAS (*Moscow, Russia*)
Orlov O.I., MD, DSc, Academician of the RAS, Director of the Institute of Biomedical Problems
of the RAS (*Moscow, Russia*)
Sergeev A.M., DSc, Academician of the RAS, President of the RAS (*Moscow, Russia*)
Ternovoy S.K., MD, DSc, Professor, Academician of the RAS, Head of the Radiodiagnosis
and Radiotherapy Department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; Chief Researcher,
National Medical Research Center of Cardiology (*Moscow, Russia*)
Feldchtein F.I., PhD, Consultant on the Development and Commercialization of Medical Equipment
(*Shrewsbury, USA*)
Hoffman R.M., Doctor of Medicine, University of California; President, AntiCancer, Inc. (*San-Diego, USA*)
Zhang Q.Q., PhD, Senior Research Fellow, Department of Bioengineering, University of Washington
(*Washington, USA*)
Chudakov D.M., DSc, Head of the Department of Genomics of Adaptive Immunity,
Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the RAS (*Moscow, Russia*);
Research Group Leader, Central European Institute of Technology (*Brno, Czech Republic*)
Shkarin V.V., MD, DSc, Professor, Corresponding Member of the RAS (*Nizhny Novgorod, Russia*)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сегментация трехмерных ОКТ-изображений кожи человека с помощью нейронных сетей с архитектурой U-Net
В.А. Шишкова, Н.В. Громов, А.М. Миронычева, М.Ю. Кириллин

Спектроскопическое исследование взаимодействия метиленового синего с коферментами и его влияния на метаболизм опухоли

Д.В. Поминова, А.В. Рябова, А.С. Скобельцин, И.В. Маркова, И.Д. Романишкин

Изучение клеток мозга при нейродегенеративных заболеваниях: микроспектроскопия комбинационного рассеяния и сканирующая ион-проводящая микроскопия

К.И. Морозова, Е.Ю. Паршина, Т.А. Казакова, А.И. Юсипович, О.В. Слатинская, А.Р. Браже, И.А. Гривенников, Н.А. Браже, Г.В. Максимов

Влияние пористости наночастиц кремния на их свойства сенсibilизации медицинского ультразвука низкой интенсивности

Л.А. Осминкина, П.А. Тюрин-Кузьмин, М.В. Сумарокова, А.А. Кудрявцев

Редокс-чувствительные флуоресцентные наночастицы для биовизуализации злокачественных новообразований

А. Пельтек, Е.А. Кополева, М.В. Зюзин

Одновременное применение двух фотосенсибилизаторов — метиленового синего и хлорина е6: исследование на культуре клеток

А.В. Рябова, И.Д. Романишкин, И.В. Маркова, Д.В. Поминова

Миграция регуляторных Т-клеток в перитуморальное микроокружение экспериментальной глиобластомы

Э.П. Янышева, П.А. Мельников, Д.А. Чудакова, М.В. Ширманова, В.П. Баклаушев, Г.М. Юсубалиева

Построение индивидуальных карт инвазии опухолей головного мозга с помощью диффузионно-куртозисной магнитно-резонансной томографии

Э.Л. Погосбекян, Н.Е. Захарова, А.И. Баталов, А.М. Шевченко, Л.М. Фадеева, А.Е. Быканов, А.Н. Тюрина, И.В. Чехонин, С.А. Галстян, Д.И. Пицхелаури, И.Н. Пронин, Д.Ю. Усачев

Цитопротекторное действие фумарата натрия в условиях *in vitro* модели гипоксии с применением дитионита натрия

А.Ю. Винокуров, С.В. Попов, Д.Ю. Беляков, Д.Ю. Попов, А.С. Никулин, В.Д. Закржевская, Р.Г. Гусейнов, К.В. Сивак, А.В. Дунаев, Е.В. Потапова, А.Ю. Абрамов

ADVANCED RESEARCHES

6 Segmentation of 3D OCT Images of Human Skin Using Neural Networks with U-Net Architecture
V.A. Shishkova, N.V. Gromov, A.M. Mironycheva, M.Yu. Kirillin

18 Spectroscopic Study of Methylene Blue Interaction with Coenzymes and Its Effect on Tumor Metabolism

D.V. Pominova, A.V. Ryabova, A.S. Skobeltsin, I.V. Markova, I.D. Romanishkin

27 Study of Brain Cells in Neurodegenerative Diseases: Raman Microspectroscopy and Scanning Ion-Conductance Microscopy

K.I. Morozova, E.Yu. Parshina, T.A. Kazakova, A.I. Yusipovich, O.V. Slatinskaya, A.R. Brazhe, I.A. Grivennikov, N.A. Brazhe, G.V. Maksimov

40 The Impact of Silicon Nanoparticle Porosity on Their Ability to Sensitize Low-Intensity Medical Ultrasound

L.A. Osminkina, P.A. Tyurin-Kuzmin, M.V. Sumarokova, A.A. Kudryavtsev

50 Redox-Sensitive Fluorescent Nanoparticles for Biovisualization of Malignant Tumors

O. Peltek, E.A. Kopoleva, M.V. Zyuzin

58 Simultaneous Application of Methylene Blue and Chlorin e6 Photosensitizers: Investigation on a Cell Culture

A.V. Ryabova, I.D. Romanishkin, I.V. Markova, D.V. Pominova

70 Migration of Regulatory T Cells to the Peritumor Microenvironment of Experimental Glioblastoma

E.P. Yanyшева, P.A. Melnikov, D.A. Chudakova, M.V. Shirmanova, V.P. Baklaushev, G.M. Yusubalieva

81 Individual Brain Tumor Invasion Mapping Based on Diffusion Kurtosis Imaging

E.L. Pogosbekyan, N.E. Zakharova, A.I. Batalov, A.M. Shevchenko, L.M. Fadeeva, A.E. Bykanov, A.N. Tyurina, I.V. Chekhonin, S.A. Galstyan, D.I. Pitkhelauri, I.N. Pronin, D.Yu. Usachev

93 Cytoprotective Action of Sodium Fumarate in an *in vitro* Model of Hypoxia Using Sodium Dithionite

A.Yu. Vinokurov, S.V. Popov, D.Yu. Belyakov, D.Yu. Popov, A.S. Nikulin, V.D. Zakrzhevskaya, R.G. Guseinov, K.V. Sivak, A.V. Dunaev, E.V. Potapova, A.Yu. Abramov

Оценка эффективности воздействия «усиленных» естественных киллеров, нокаутных по генам *CISH* и *B2M*, на жизнеспособность и метаболический статус клеток 3D-сфероидов глиобластомы пациентов

Д.В. Южакова, Д.А. Сачкова, М.В. Ширманова, В.И. Щеславский, А.М. Можеров, Э.Б. Дашинымаев, В.П. Баклаушев, Г.М. Юсубалиева

ОБЗОРЫ

Сфероиды из клеток эпителиального и мезенхимального фенотипов как строительные блоки в биопечати

Д.П. Ревокатова, П.И. Котенева, Н.В. Кошелева, А.И. Шпичка, П.С. Тимашев

Исследование неосновных хромофоров биотканей методом оптической диффузионной спектроскопии (обзор)
К.А. Былинская, В.В. Перекатова, И.В. Турчин

109 Efficacy Evaluation of "Enhanced" Natural Killers with *CISH* and *B2M* Knockouts on Viability and Metabolic Status of 3D Glioblastoma Spheroid Cells in Patients

D.V. Yuzhakova, D.A. Sachkova, M.V. Shirmanova, V.I. Shcheslavskiy, A.M. Mozherov, E.B. Dashinimaev, V.P. Baklaushev, G.M. Yusubalieva

REVIEWS

121 Spheroids from Epithelial and Mesenchymal Cell Phenotypes as Building Blocks in Bioprinting (Review)

D.P. Revokatova, P.I. Koteneva, N.V. Kosheleva, A.I. Shpichka, P.S. Timashev

146 Study of Minor Chromophores in Biological Tissues by Diffuse Optical Spectroscopy (Review)

K.A. Bylinskaya, V.V. Perekatova, I.V. Turchin