

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

2024. Том 69. № 4

ISSN 1024-6177 (Print)
ISSN 2618-9615 (Online)

Периодичность издания: шесть выпусков в год

Учредители:

Российская академия наук
Министерство здравоохранения Российской Федерации
Федеральное медико-биологическое агентство России (ФМБА России)

Миссия журнала – публикация оригинальных научных статей по вопросам радиобиологии, радиационной медицины, радиационной безопасности, лучевой терапии, ядерной медицины, а также научных обзоров.
Цель журнала – освещение передовых достижений радиационной медицины, радиационной биологии, эпидемиологии, медицинской физики и техники.

Главный редактор: *Самойлов А.С.* – д.м.н., проф., член-корр. РАН;

Заместитель главного редактора: *Бушманов А.Ю.* – д.м.н., проф.;

Научный редактор: *Наркевич Б.Я.* – д.т.н., к.ф.-м.н., проф.

Редакционная коллегия https://medradiol.fmbafmbc.ru/edit_ru

Аветисов Г.М., д.б.н., проф., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Бирюков А.П., д.м.н., проф., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Бойко А.В., д.м.н., проф., ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва;
Вайнсон А.А., д.б.н., проф., НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ, Москва;
Коренков И.П., д.б.н., к.т.н., проф., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Котеров А.Н., д.б.н., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Крылов А.С., к.м.н., доцент, НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» МЗ РФ, Москва;
Marko S. Markov, Ph.D, проф., Международный исследовательский центр в Уильямсвилле, Нью-Йорк США;
Маткевич Е.И., к.м.н., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Нурлыбаев К.Н., к.т.н., ООО НПП «Доза», г. Зеленоград;
Романов В.В., ФМБА России, Москва;
Сневе М.К., PhD, Норвежское Управление по радиационной защите Департамента ядерной безопасности, Норвегия, Осло;
Ткачев С.И., д.м.н., проф., ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, Москва;
Тюрин И.Е., д.м.н., проф., РМАПО, Москва;
Урингтон П., PhD, проф., Управление охраны здоровья и безопасности, в Управлении охраны окружающей среды, здоровья и безопасности США;
Фаунтес Б.Н., PhD, Министерство энергетики США, Управление внутренних и международных исследований в области здравоохранения, США;
Шандаля Н.К., д.м.н., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва;
Шафиркин А.В., д.б.н., проф., ГНЦ РФ ИМБП РАН, Москва;
Шинкарев С.М., д.т.н., ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва.

Редакционный совет https://medradiol.fmbafmbc.ru/edit_ru

Александр С.С. – д.м.н., проф., Санкт-Петербург; Балонов М.И. – д.б.н., проф., Санкт-Петербург;
Гонзалес А.Х. – академик, представитель НКДАР ООН, член МАГАТЭ, Аргентина; Забелин М.В. – д.м.н., проф.;
Иванов В.К. – д.т.н., проф., член-корр. РАН, Обнинск; Казымбет П.К. – д.м.н., проф., Казахстан;
Оганесян Н.М. – д.м.н., проф., Армения; Пинак М. – член МАГАТЭ; Рожко А.В. – д.м.н., доцент, Белоруссия;
Саенко В.А. – д.б.н., ассоциированный проф., Япония

Журнал входит в Перечень ведущих российских рецензируемых научных журналов ВАК, индексируется в базе данных РИНЦ, RSCI, SCOPUS.
Осуществляется контроль заимствования и плагиата. Журнал придерживается политики открытого рецензирования.
Все выпуски журнала находятся в открытом доступе. Плата за публикации не взимается.

Электронная версия журнала: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski-journal-ru>

Правила рецензирования: https://medradiol.fmbafmbc.ru/review_ru

Правила представления рукописей для опубликования в журнале: https://medradiol.fmbafmbc.ru/rules_ru

Компьютерная верстка и техническое редактирование Схерпениссе И.В.

Адрес редакции журнала: 123098, Москва, ул. Живописная, 46; Телефон: (499) 190-59-60; E-mail: rcdm@mail.ru

Сайт журнала: <http://medradiol.fmbafmbc.ru/>

Годовой подписной индекс Агентства «Роспечать» – 71814

Подписано в печать 02.08.2024. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 12,0 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2024

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 123098, Москва, ул. Живописная, 46

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY

Meditsinskaia Radiologiia i Rdiatsionnaia Bezopasnost

2024. Vol. 69. No 4

Frequency of publication: six issues per year

Founders:

Russian Academy of Sciences
Ministry of Healthcare of the Russian Federation
Federal Medical and Biological Agency of Russia (FMBA of Russia)

Mission of the journal is to publish original scientific articles on radiobiology, radiation medicine, radiation safety, radiotherapy, nuclear medicine, and scientific reviews.

Purpose of the journal is to highlight the advanced achievements of radiation medicine, radiation biology, epidemiology, medical physics and technology.

Editor-in-Chief: *Samoylov A.S.* – Dr. Sci. Med., Prof., Corresponding Member of RAS;

Deputy Editor-in-Chief: *Bushmanov A.Yu.* – Dr. Sci. Med., Prof.;

Deputy Editor-in-Chief for Science: *Narkevich B.Ya.* – Dr. Sci. Tech., PhD Phys.-Math., Prof.

Editorial Board https://medradiol.fmbafmbc.ru/en/edit_en

Avetisov G.M., Dr. Sci. Biol., Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Biryukov A.P., Dr. Sci. Med., Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Boiko A.V., Dr. Sci. Med., Prof., FSBI NMRRC of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia;
Vaynsou A.A., Dr. Sci. Biol., Prof., N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russia;
Korenkov I.P., Dr. Sci. Biol., PhD Tech., Prof., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Kotrov A.N., Dr. Sci. Biol., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Krylov A.S., PhD. Med, N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russia;
Markov M.S., Prof., Research International, Williamsville, NY, USA;
Matkevich E.I., PhD. Med, A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Nurlybaev K.N., PhD. Tech, Scientific and Producing Company "Doza", Zelenograd, Russia;
Romanov V.V., Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia;
Sneve M.K., PhD, NRPA Department of Nuclear Safety, Emergency Preparedness and Environmental radioactivity, Oslo, Norway;
Tkachev S.I., Dr. Sci. Med., Prof., N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russia;
Tiurin I.E., Dr. Sci. Med., Prof., FSBEI FPE RMACPE MOH Russia), Moscow, Russia;
Worthington P.R., PhD, Prof., Office of Environment, Health, Safety and Security (AU), USA;
Shandala N.K., Dr. Sci. Med., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia;
Shafirkin A.V., Dr. Sci. Biol., Prof., Institute of Biomedical Problems (IBMP), Moscow, Russia;
Shinkarev S.M., Dr. Sci. Tech., A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA of Russia, Moscow, Russia

Editorial Council https://medradiol.fmbafmbc.ru/en/edit_en

Aleksanin S.S. – Dr. Sci. Med., Prof.; **Balonov M.I.** – Dr. Sci. Biol., Prof.; **Gonzalez A.J.** – Academician, UNSCEAR Representative Member of the IAEA, Argentina; **Zabelin M.V.** – Dr. Sci. Med., Prof.; **Ivanov V.K.** – Dr. Sci. Tech., Prof., Chairman of the Russian Scientific Commission on Radiological Protection, Corresponding Member of RAS; **Kazymbet P.K.** – Dr. Sci. Med., Prof., Kazakhstan;
Oganesyan N.M. – Dr. Sci. Med., Prof., Armenia; **Pinak M.** – Member of the IAEA; **Rozhko A.V.** – Dr. Sci. Med., Associate Prof., Belarus;
Saenko V.A. – Dr. Sci. Biol., Associate Prof., Japan

The Journal is in the leading scientific journals of the Supreme Examination Board (VAK), RSCI and Scopus.
Control is carried out of borrowings and plagiarism. The journal adheres to the policy of open review.
All issues of the journal are in the public domain. Publication is free of charge.

Electronic version of the journal: <https://medradiol.fmbafmbc.ru/vypuski-jornal-ru>

Reviews of articles are presented on the NDL website: https://medradiol.fmbafmbc.ru/review_ru

Requirements: https://medradiol.fmbafmbc.ru/rules_ru

Computer-aided makeup: Skherpenisse I.V.

Editorial Office Address: 46, Zhivopisnaya st., Moscow, Russia, 123098. Phone: (499) 190-59-60. E-mail: rcdm@mail.ru

The journal website: <http://medradiol.fmbafmbc.ru/>

The annual subscription index Agency "Rospechat" – 71814

Signed to print 02.08.2024. Format 60×90/8. Offset printing. 12,0 printed sheets. 1000 copies. Order 2024

Printed by SRC-FMBC. 123098, Moscow, Zhivopisnaya st. 46

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. 2024. ТОМ 69. № 4

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ	5	Изучение радиосенсибилизирующих свойств аскорбата лития при нейтронном облучении на моделях опухолевого роста <i>Плотников Е.В., Белоусов М.В., Дрозд А.Г., Бразовский К.С., Ларькина М.С., Сухих Е.С., Артамонов А.А., Ломов И.В., Чернов В.И.</i>
	13	Усиление наночастицами золота цитотоксического действия облучения протонами в опытах <i>in vivo</i> <i>Петросова Д.Т., Ускалова Д.В., Кузьмичева О.В., Сабуров В.О., Сарапульцева Е.И.</i>
	20	Повышенная радиорезистентность клеток немелкоклеточного рака легкого человека после воздействия цисплатина <i>Д.В. Молодцова, Н.Ю. Воробьева, Л.И. Яшкина, Т.М. Трубоченкова, Д.В. Гурьев, Осипов А.Н.</i>
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	25	Радиационно-гигиеническое обследование детских образовательных учреждений г. Снежинска <i>Киселев С.М., Зозуль Ю.Н., Шлыгин В.В., Маренный А.М., Малахова А.Н., Ахромеев С.В., Файзрахманов Ф.Ф.</i>
	34	Природа радиогенных повреждений в хрусталике: пороговые, тканевые реакции (детерминированные эффекты), но не стохастические, беспороговые эффекты <i>Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Дибиргаджиев И.Г., Буланова Т.М., Калинина М.В.</i>
РАДИАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА	48	Изучение состояния вегетативной нервной системы и гемодинамики у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС <i>Торубаров Ф.С., Кулешова М.В., Метляева Н.А., Лукьянова С.Н.</i>
	55	Феноменология и количество неврологических проявлений у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС с низкими дозами ионизирующего излучения и сроками наблюдения <i>Торубаров Ф.С., Кулешова М.В., Метляева Н.А., Лукьянова С.Н., Юанова Л.А.</i>
	62	Цифровой двойник как инструмент партисипативной медицины для работников объекта использования атомной энергии <i>Баранов Л.И., Бушманов А.Ю., Богданенко Н.А., Царев А.Н., Кретов А.С., Дибиргаджиев И.Г., Буланова Т.М., Смирнов Ю.Е., Самойлов А.С.</i>
ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА	71	Оценка результатов визуализации структур среднего мозга при изменении протокола МРТ 3 Тл в диагностике болезни Паркинсона <i>Маткевич Е.И., Ладик Е.А., Бриль Е.В., Зимнякова О.С., Брюхов В.В.</i>
	77	Компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностике внутрипеченочного портокавального шунта. Обзор литературы и собственные клинические наблюдения <i>Дунаев А.П., Башков А.Н., Шейх Ж.В., Есин Е.В., Шипулева И.В., Попов М.В., Кудрявцева Т.Ю., Лазебная О.В.</i>
ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ	81	Результаты лечения больных раком молочной железы I–II стадии после подкожных/кожесохранных мастэктомий с реконструкцией с/без лучевой терапии <i>Рассказова Е.А., Зикирходжаев А.Д.</i>
ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА	88	ОФЭКТ/КТ с новым радиофармацевтическим препаратом «^{99m}Tc, октреотид» в диагностике и оценке эффективности лечения нейроэндокринной опухоли легкого (клинический случай) <i>Зельчан Р.В., Медведева А.А., Брагина О.Д., Рыбина А.Н., Дудникова Е.А., Высоцкая В.В., Гольдберг В.Е., Чернов В.И.</i>
	94	Значение ОФЭКТ/КТ в диагностике бессимптомной формы ишемической болезни сердца у конкретного пациента <i>Томашевский И.О., Корникова О.С.</i>

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY. 2024. VOL 69. № 4

CONTENTS

RADIATION BIOLOGY	5	Study of Radiosensitising Properties of Lithium Ascorbate under Neutron Irradiation in Tumour Growth Models <i>Plotnikov E.V., Belousov M.V., Drozd A.G., Brazovsky K.S., Larkina M.S., Sukhikh E.S., Artamonov A.A., Lomov I.V., Chernov V.I.</i>
	13	Enhancement of the Cytotoxic Effect of Proton Irradiation by Gold Nanoparticles <i>Petrosova D.T., Uskalova D.V., Kuzmicheva O.V., Saburov V.O., Sarapultseva E.I.</i>
	20	Increased Radioresistance of Human Non-Small Cell Lung Cancer Cells Surviving Cisplatin Exposure <i>Molodtsova D.V., Vorobyeva N.Yu., Yashkina L.I., Trubchenkova T.M., Guryev D.V., Osipov A.N.</i>
RADIATION SAFETY	25	Radiological Survey of Schools and Kindergardens in Snezhinsk <i>Kiselev S.M., Zozul Yu.N., Shlygin V.V., Marenniy A.M., Malakhova A.N., Akhromeev S.V., Faizrakhmanov F.F.</i>
	34	The Essence of Radiogenic Damages in the Lens: Threshold, Tissue Reactions (Deterministic Effects), but not Stochastic, Non-Threshold Effects <i>Kotero A.N., Ushenkova L.N., Dibirgadzhiyev I.G., Bulanova T.M., Kalinina M.V.</i>
RADIATION MEDICINE	48	Studying the State of the Autonomic Nervous System and Hemodynamics in the Liquidators of the Accident at the Chernobyl NPP <i>Torubarov F.S., Kuleshova M.V., Metlyaeva N.A., Lukyanova S.N.</i>
	55	Phenomenology and Number of Neurological Manifestations in Liquidators of the Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP with Low Doses of Ionizing Radiation and Observation Period <i>Torubarov F.S., Kuleshova M.V., Metlyaeva N.A., Lukyanova S.N., Yunanova L.A.</i>
	62	Digital Twin as a Tool of Participatory Medicine for Workers of Nuclear Facility <i>Baranov L.I., Bushmanov A.Yu., Bogdanenko N.A., Tsarev A.N., Kretov A.S., Dibirgadzhiyev I.G., Bulanova T.M., Smirnov Yu.E., Samoilov A.S.</i>
RADIATION DIAGNOSTICS	71	Assessment of Midbrain Structure Visualization with Modified 3 Tesla MRI Protocols for Enhanced Parkinson's Disease Diagnosis <i>Matkevich E.I., Ladik E.A., Bril E.V., Zimnyakova O.S., Bryukhov V.V.</i>
	77	CT and MRI in the Diagnostics of Intrahepatic Portocaval Shunt. Review of Literature and Case Reports <i>Dunaev A.P., Bashkov A.N., Sheikh Zh.V., Esin E.V., Shipuleva I.V., Popov M.V., Kudryavtseva T.Yu., Lazebnaya O.V.</i>
RADIATION THERAPY	81	Results of Treatment of Patients with Stage I–II Breast Cancer after Subcutaneous/Skin-Preserving Mastectomies with Reconstruction with/without Radiation Therapy <i>Rasskazova E.A., Zikiryakhodzhaev A.D.</i>
NUCLEAR MEDICINE	88	SPECT/CT with a New Radiopharmaceutical “^{99m}Tc, Octreotide” in Diagnosis and Evaluation of the Effectiveness of Treatment of Neuroendocrine Tumor of the Lung (Clinical Case) <i>Zelchan R.V., Medvedeva A.A., Bragina O.D., Rybina A.N., Dudnikova E.A., Visotskaya V.V., Goldberg V.E., Chernov V.I.</i>
	94	The Importance of the SPECT/CT in the Diagnosis of Asymptomatic Myocardial Ischemia for a Specific Patient <i>Tomashevsky I.O., Kornikova O.S.</i>