

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

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

2023. Том 68. № 1

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;
Marko S. Markov, Ph.D, проф., Международный исследовательский центр в Уильямсвилле, Нью-Йорк США;
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;
Шадала 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; Ильин Л.А. – д.м.н., проф., академик РАН;

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 заимствований 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 10.02.2023. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 12,75 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2023

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

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY

Meditsinskaia Radiologiya i Rdiatsionnaya Bezopasnost

2023. Vol. 68. No 1

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;
Vaynsen 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;
Markov M.S., Prof., Research International, Williamsville, NY, USA;
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; **Il'yin L.A.** – Dr. Sci. Med., Prof., Academician 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 10.02.2023. Format 60×90/8. Offset printing. 12,75 printed sheets. 1000 copies. Order 2023

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

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ	5	Цитогенетический анализ клеточной линии мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток человека при длительном культивировании после воздействия рентгеновского излучения в малых и средних дозах <i>Никитина В.А., Астрелина Т.А., Нугис В.Ю., Кобзева И.В., Ломоносова Е.Е., Сучкова Ю.Б., Маливанова Т.Ф., Брунчуков В.А., Усупжанова Д.Ю., Брумберг В.А., Расторгуева А.А., Добровольская Е.И., Карасева Т.В., Козлова М.Г., Пустовалова М.В., Чигасова А.К., Воробьева Н.Ю., Осипов А.Н., Самойлов А.С.</i>
	15	Механизмы противоопухолевого действия малых доз радиации, связанные с активацией защитных систем клетки <i>Салеева Д.В., Рождественский Л.М., Раева Н.Ф., Воробьева Е.С., Засухина Г.Д.</i>
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	19	Разработка концепции цифрового двойника работника радиационно- и ядерно-опасного предприятия и производства <i>Петрова В.В., Шулепов П.А., Симагова Т.Д., Петров А.А.</i>
	25	Распространение углерода-14 в окружающей среде при нормальных условиях эксплуатации Курской АЭС <i>Барчуков В.Г., Кочетков О.А., Клочков В.Н., Еремина Н.А., Сурин П.П., Максимов А.А., Кабанов Д.И., Величко В.К., Богданенко Н.А., Алсагаев Ж.И.</i>
РАДИАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА	34	Особенности динамики лимфоцитов периферической крови в течение первой недели при комбинированных радиационно-механических поражениях <i>Галстян И.А., Бушманов А.Ю., Кончаловский М.В., Кретов А.С., Нугис В.Ю., Метляева Н.А., Торубаров Ф.С., Кореньков В.В., Давтян А.А., Дубовой Д.А.</i>
	41	Токсический пневмосклероз как следствие хронического воздействия плутония <i>Метляева Н.А., Бушманов А.Ю., Галстян И.А., Щербатых О.В., Кончаловский М.В., Торубаров Ф.С., Кореньков В.В.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ	48	Сравнительная оценка поглощённых доз производственного и диагностического облучения у пациентов, обследованных методом компьютерной томографии <i>Осипов М.В., Ría F., Дружинина П.С., Сокольников М.Э.</i>
ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ	58	Пороговые тепловые дозы локальной гипертермии при термолучевой терапии опухолей <i>Курпешев О.К.</i>
	72	Лучевая терапия и беременность (обзор литературы) <i>Лемаева А.А., Гулидов И.А.</i>
ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА	78	Методика экспертной оценки качества ПЭТ-изображений пациентов <i>Петрякова А.В., Чилига Л.А., Тлостанов М.С., Иванова А.А., Важенкина Д.А., Станжевский А.А., Рыжкова Д.В., Сухов В.Ю., Бойков И.В., Припорова Ю.Н., Балабанова А.А., Захс Д.В., Митусова Г.М., Зыков Е.М., Пронин А.И., Рыжова О.Д.</i>
	86	Однофотонная эмиссионная компьютерная томография с ^{99m}Tc-1-тио-D-глюкозой в оценке эффективности и прогнозе результатов лечения лимфопролиферативных заболеваний <i>Чернов В.И., Дудникова Е.А., Зельчан Р.В., Брагина О.Д., Медведева А.А., Рыбина А.Н., Муравлева А.В., Кравчук Т.Л., Гольдберг В.Е.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА, ТЕХНИКА И ДОЗИМЕТРИЯ	92	Дозиметрия трития на клеточном уровне <i>Роднева С.М., Гурьев Д.В.</i>
НОВЫЕ КНИГИ	101	РЕЦЕНЗИЯ на книгу Померанцева Николая Алексеевича «Чернобыль: летчики и авиационные медики. Как это было...» (Историко-документальное научное издание) <i>И.Б. Ушаков</i>

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY. 2023. VOL 68. № 1

CONTENTS

RADIATION BIOLOGY	5	Cytogenetic Analysis of the Cell Line of Multipotent Human Mesenchymal Stromal Cells during Long-Term Cultivation after Exposure to X-Ray Radiation at Low and Medium Doses <i>Nikitina V.A., Astrelina T.A., Nugis V.Yu., Kobzeva I.V., Lomonosova E.E., Suchkova Yu.B., Malivanova T.F., Brunchukov V.A., Usupzhanova D.Yu., Brumberg V.A., Rastorgueva A.A., Dobrovolskaya E.I., Karaseva T.V., Kozlova M.G., Pustovalova M.V., Chigasova A.K., Vorobyeva N.Yu., Osipov A.N., Samoilov A.S.</i>
	15	Mechanisms of Antitumor Activity of Low Doses of Radiation Associated with Activation of Cells' Defense System <i>Saleeva D.V., Rozhdestvensky L.M., Raeva N.F., Vorobeva E.S., Zasukhina G.D.</i>
RADIATION SAFETY	19	The Concept of the Digital Twin of the Radiation and Nuclear Facilities' Worker <i>Petrova V.V., Shulepov P.A., Simagova T.D., Petrov A.A.</i>
	25	Distribution of Radiocarbon in the Environment under Normal Conditions of Operating of Kurskaya Nuclear Power Plant <i>Barchukov V.G., Kochetkov O.A., Klochkov V.N., Eremina N.A., Surin P.P., Maximov A.A., Kabanov D.I., Velichko V.K., Bogdanenko N.A., Alsagaev Zh.I.</i>
RADIATION MEDICINE	34	Features of the Dynamics of the Peripheral Blood Lymphocytes during the First Week in Combined Radiation-Mechanical Lesions <i>Galstian I.A., Bushmanov A.Yu., Konchalovsky M.V., Nugis V.Yu., Metlyaeva N.A., Torubarov F.S., Korenkov V.V., Davtian A.A., Dubovoy D.A.</i>
	41	Toxic Pneumosclerosis as a Consequence of Chronic Plutonium Exposure <i>Metlyaeva N.A., Bushmanov A.Yu., Galstyan I.A., Shcherbatykh O.V., Konchalovsky M.V., Torubarov F.S., Korenykov V.V.</i>
RADIATION EPIDEMIOLOGY	48	Comparative Assessment of the Absorbed Doses Resulted from Occupational Exposure and Computed Tomography <i>Osipov M.V., Ria F., Druzhinina P.S., Sokolnikov M.E.</i>
RADIATION THERAPY	58	Threshold Thermal Dose of Local Hyperthermia in Thermoradiation Therapy of Tumors <i>Kurpeshev O.K.</i>
	72	Radiation Therapy and Pregnancy (Literature Review) <i>Lemaeva A.A., Gulidov I.A.</i>
NUCLEAR MEDICINE	78	Method of Experts' Quality Evaluation of the PET Images of the Patients <i>Petryakova A.V., Chipiga L.A., Tlostanova M.S., Ivanova A.A., Vazhenina D.A., Stanzhevsky A.A., Ryzhkova D.V., Sukhov V.Yu., Boikov I.V., Priporova Yu.N., Balabanova A.A., Zakhs D.V., Mitusova G.M., Zykov E.M., Pronin A.I., Ryzhova O.D.</i>
	86	Single-Photon Emission Computed Tomography with ^{99m}Tc-1-Thio-D-glucose in Evaluation of the Effectiveness and Prediction of the Results of Treatment of Lymphoproliferative Diseases <i>Chernov V.I., Dudnikova E.A., Zelchan R.V., Bragina O.D., Medvedeva A.A., Rybina A.N., Muravleva A.V., Kravchuk T.L., Goldberg V.E.</i>
RADIATION PHYSICS, ENGINEERING AND DOSIMETRY	92	Tritium Dosimetry at the Cellular Level <i>Rodneva S.M., Guryev D.V.</i>
NEW BOOKS	101	REVIEW of the book by Pomerantsev Nikolay Alekseevich "Chernobyl: pilots and aviation doctors. How it was..." (Historical and documentary scientific publication) <i>Ushakov I.B.</i>