

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

2024. Том 69. № 1

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;
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;
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

Александрин 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 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 06.12.2023. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 13,75 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 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;
Kotegov 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; **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 06.12.2023. Format 60×90/8. Offset printing. 13,75 printed sheets. 1000 copies. Order 2024

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

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. 2024. ТОМ 69. № 1

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	5	Итоги 70-й сессии Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН (Вена, 19–23 июня 2023 г.) <i>Аклев А.В., Т.В. Азизова, Иванов С.А., Киселев С.М., Тахауов Р.М., Фесенко С.В., Шинкарев С.М.</i>
РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ	15	Пострадиационные изменения количества фокусов фосфорилированных белков H2AX и АТМ в мезенхимальных стволовых клетках человека, облученных рентгеновским излучением в малых дозах <i>Чигасова А.К., Пустовалова М.В., Осипов А.А., Корнева С.А., Еремин П.С., Яшкина Е.И., Игнатов М.А., Федотов Ю.А., Воробьева Н.Ю., Осипов А.Н.</i>
	20	Сравнительная оценка влияния локального протонного излучения в дозе 30 гр на мышей линий BALB/c и C57BL/6 <i>Аникина В.А., Сорокина С.С., Шемяков А.Е., Замятина Е.А., Попова Н.Р.</i>
	28	Флуориметрическая оценка влияния яблочной, янтарной и аскорбиновой кислот на ростовые свойства клеток A549 в культуре <i>Ромодин Л.А., Яшкина Е.И., Московский А.А.</i>
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	33	Цифровой двойник работника объекта использования атомной энергии на этапе предсменного контроля <i>Баранов Л.И., Царев А.Н., Торубаров Ф.С., Кретов А.С., Петрова В.В., Васильев А.В., Думанский С.М., Тихонова О.А., Буланова Т.М., Калинина М.В., Шулепов П.А., Дибиргаджиев И., Самойлов А.С.</i>
	41	Радиозкологическая обстановка в районе площадки уранового наследия – шахта «Степная» (Калмыкия) <i>Титов А.В., Бельских Ю.С., Исаев Д.В., Шандала Н.К., Дороньева Т.А., Богданов И.И., Семенова М.П., Шитова А.А., Бурцев С.П.</i>
	50	Оценка радиационной обстановки при кратковременных полетах на луну <i>Иванов И.В., Бурмистров В.И., Маткевич Е.И.</i>
РАДИАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА	61	Сравнительный ретроспективный анализ результатов цитогенетических исследований работников объекта использования ионизирующего излучения <i>Вишневская Т.В., Исубакова Д.С., Цыпленкова М.Ю., Цымбал О.С., Мильто И.В., Тахауов Р.М.</i>
	67	Характеристика первично-множественных злокачественных новообразований у работников, подвергшихся хроническому облучению <i>Жунтова Г.В., Азизова Т.В., Банникова М.В.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ	73	Когорта сублиматного производства Сибирского химического комбината (дозиметрическая характеристика) <i>Калинкин Д.Е., Мильто И.В., Тахауов А.Р., Тахауова Л.Р., Самойлова Ю.А., Горина Г.В., Литвинова О.В., Тахауов Р.М.</i>
ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ	77	Использование водного болюса при лучевой терапии пациентов с изолированными поверхностными проявлениями Т-клеточной лимфомы кожи <i>Шкуратов А.В., Голуб С.В., Кирпичев Ю.С., Моисеев А.Н., Коровин И.А., Крянева А.Г.</i>
ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА	83	Собственный опыт применения радиофармацевтического препарата ^{99m}Tc-сентискан при визуализации сторожевых лимфатических узлов у больных раком молочной железы <i>Тамразов Р.И., Хуснутдинов Р.Д., Алехин Э.Н., Аверина Н.В., Пышкина Ю.С., Паиков Д.А.</i>
	88	Значение ОФЭКТ/КТ для одновременной оценки кальциноза коронарных артерий, перфузии и контрактильной функции миокарда у женщин с ишемической болезнью сердца <i>Томашевский И.О., Корникова О.С.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА, ТЕХНИКА И ДОЗИМЕТРИЯ	92	Исследование микрораспределения Pu-239 в печени работников ПО «Маяк» с использованием нейтронно-индуцированного метода измерения <i>Сытко С.А., Бобов Г.Н., Введенский В.Э., Назаренкова А.В.</i>
	105	Материалы, опубликованные в журнале «Медицинская радиология и радиационная безопасность» в 2023 г., том 68

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY. 2024.VOL 69. № 1
CONTENTS

GENERAL ISSUES	5	Results of the 70-th Session of the United Nations Scientific Committee on the Effects of the Atomic Radiation (UNSCEAR) (Vienna, 19–23 June, 2023) <i>Akleyev A.V., Azizova T.V., Ivanov S.A., Kiselev S.M., Takhaouov R.M., Fesenko S.V., Shinkarev S.M.</i>
RADIATION BIOLOGY	15	Post-Radiation Changes in The Number of Phosphorylated H2AX and ATM Protein Foci in Low Dose X-Ray Irradiated Human Mesenchymal Stem Cells <i>Chigasova A.K., Pustovalova M.V., Osipov A.A., Korneva S.A., Eremin P.S., Yashkina E.I., Ignatov M.A., Fedotov Yu.A., Vorobyeva N.Yu., Osipov A.N.</i>
	20	Comparative Assessment of the Effect of Local Proton Radiation with a Dose of 30 Gy in BALB/c and C57BL/6 Mice <i>Anikina V.A., Sorokina S.S., Shemyakov A.E., Zamyatina E.A., Popova N.R.</i>
	28	Fluorimetric Evaluation of the Effect of Malic, Succinic and Ascorbic Acids on the Growth Properties of A549 Cells in Culture <i>Romodina L.A., Yashkina E.I., Moskovskij A.A.</i>
RADIATION SAFETY	33	Digital Twin of Worker of Nuclear Facility at the Stage of Pre-Shift Control <i>Baranov L.I., Tsarev A.N., Torubarov F.S., Kretov A.S., Petrova V.V., Vasilyev E.V., Dumansky S.M., Tikhonova O.A., Bulanova T.M., Kalinina M.V., Shulepov P.A., Dibirgadzhiyev I., Samoilov A.S.</i>
	41	Radio-Ecological Situation in the Area of the Uranium Legacy Site – Stepnaya Mine (Kalmykia) <i>Titov A.V., Belskikh Iu.S., Isaev D.V., Shandala N.K., Doroneva T.A., Bogdanov I.I., Semenova M.P., Shitova A.A., Burthev S.L.</i>
	50	Assessment of the Radiation Situation during Short-Term Flights to the Moon <i>Ivanov I.V., Burmistrov V.I., Matkevich E.I.</i>
RADIATION MEDICINE	61	Comparative Retrospective Analysis of the Results of Cytogenetic Studies of Employees of the Object of Use of Ionizing Radiation <i>Vishnevskaya T.V., Isubakova D.S., Tsyplenkova M.Yu., Tsymbal O.S., Milto I.V., Takhaouov R.M.</i>
	67	Multiple Primary Malignant Tumors in Workers Chronically Exposed to Ionizing Radiation <i>Zhuntova G.V., Azizova T.V., Bannikova M.V.</i>
RADIATION EPIDEMIOLOGY	73	The Sublimate Production Cohort of the Siberian Chemical Plant (Dosimetric Characteristics) <i>Kalinkin D.E., Milto I.V., Takhaouov A.R., Takhaouova L.R., Samoilova Y.A., Gorina G.V., Litvinova O.V., Takhaouov R.M.</i>
RADIATION THERAPY	77	Water Bolus Utilization for the Radiation Therapy of Patients with Isolated Superficial Lesions of Cutaneous T-Cell Lymphoma <i>Shkuratov A., Golub S., Kirpichev Y., Moiseev A., Korovin I., Kryaneva A.</i>
NUCLEAR MEDICINE	83	Own Experience of using the Radiopharmaceutical ^{99m}Tc-sentiskan in Visualization of Sentinel Lymph Nodes in Patients with Breast Cancer <i>Tamrazov R.I., Khusnutdinov R.D., Alekhin E.N., Averina N.V., Pyshkina Yu.S., Pashkov D.A.</i>
	88	The Importance of SPECT/CT in Simultaneous Assessment of Calcinoses of Coronary Arteries, Perfusion and Contractile Function of the Myocardium among Females with Coronary Heart Disease <i>Tomashevsky I.O., Kornikova O.S.</i>
RADIATION PHYSICS, TECHNIQUE AND DOSIMETRY	92	Study of ²³⁹Pu Microdistribution in Liver of Mayak Workers Using Neutron-Activated Measurement Method <i>Sypko S.A., Bobov G.N., Vvedensky V.E., Nazarenkova A.V.</i>
	105	Materials Published in the Journal "Medical Radiology and Radiation Safety" in 2023, Vol. 68