

# МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## 2024. Том 69. № 2

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](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](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 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](https://medradiol.fmbafmbc.ru/review_ru)

Правила представления рукописей для опубликования в журнале: [https://medradiol.fmbafmbc.ru/rules\\_ru](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](mailto:rcdm@mail.ru)  
Сайт журнала: <http://medradiol.fmbafmbc.ru/>

Годовой подписной индекс Агентства «Роспечать» – 71814  
Подписано в печать 04.04.2024. Формат 60×90/8 Печать офсетная. 11,00 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 2

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](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;  
**Kotero 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](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](https://medradiol.fmbafmbc.ru/review_ru)

Requirements: [https://medradiol.fmbafmbc.ru/rules\\_ru](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](mailto:rcdm@mail.ru)

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

The annual subscription index Agency "Rospechat" – 71814

Signed to print 04.04.2024. Format 60×90/8. Offset printing. 11,00 printed sheets. 1000 copies. Order 2024

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

**МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. 2024. ТОМ 69. № 2**  
**СОДЕРЖАНИЕ**

РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ	5	<b>Моделирование радиационного поражения на фоне заражения организма пастереллезной инфекцией</b> <i>Гайнутдинов Т.Р., Вагин К.Н., Рыжкин С.А., Калимуллин Ф.Х., Охрименко С.Е.</i>
	12	<b>Механизмы влияния митохондрий на радиорезистентность опухолей</b> <i>Розенберг Ю.М., Максимов В.В., Кузьмин Д.В., Леонов С.В.</i>
	18	<b>Сравнение радиопротекторных свойств рибоксина (инозина) и индралина при профилактическом введении в дозировках 100 мг/кг по критерию выживаемости облучённых мышей</b> <i>Ромодин Л.А., Никитенко О.В., Бычкова Т.М., Зрилова Ю.А., Родионова Е.Д., Бочаров Д.А.</i>
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	24	<b>Развитие правовой базы в области обеспечения радиационной безопасности</b> <i>Самойлов А.С., Кочетков О.А., Клочков В.Н., Барчуков В.Г., Шинкарев С.М.</i>
	30	<b>Научно-методическое сопровождение санитарно-эпидемиологического надзора при реабилитации объектов и территорий ядерного наследия и задачи на будущее</b> <i>Шандала Н.К., Киселев С.М., Серегин В.А., Филонова А.А., Исаев Д.В.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ	38	<b>Дозовая зависимость смертности от болезней системы кровообращения у работников ядерной индустрии (систематический обзор и pooled-анализ): отсутствие эффекта малых доз и подтверждение порога, установленного НКДАР и МКРЗ при 0,5 Гр</b> <i>Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Вайнсон А.А., Дибиргаджиев И.Г., Калинина М.В., Бушманов А.Ю.</i>
ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА	49	<b>Значение лучевых методов в диагностике ишемической болезни сердца у конкретного пациента</b> <i>Томашевский И.О., Корникова О.С.</i>
ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА	53	<b>Ядерно-физическая медицинская элементология как раздел медицинской радиологии</b> <i>Зайчик В.Е., Колотов В.П.</i>
РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА, ТЕХНИКА И ДОЗИМЕТРИЯ	65	<b>Теоретический анализ качества излучения и относительной биологической эффективности трития</b> <i>Роднева С.М., Гурьев Д.В.</i>
	73	<b>Возможности создания источников излучения для персонализированной брахитерапии на основе 3D-каркасов из сплава титана</b> <i>Чувилин Д.Ю., Скобелин И.И., Курочкин А.В., Макоеева К.А., Стрепетов А.Н., Каралкин П.А., Каралкина М.А., Решетов И.В.</i>
РЕЦЕНЗИИ	81	<b>Рецензия на монографию Ю.А. Классовского «Действие внешнего и внутреннего облучения в условиях формирования радиоактивных следов ядерных взрывов. Вопросы этиологии и патогенеза»</b> <i>Ушаков И.Б.</i>
ХРОНИКА	83	<b>Ангелина Константиновна Гуськова (к 100-летию со дня рождения)</b> <i>Ефимова И.Л.</i>

CONTENTS

RADIATION BIOLOGY	5	<b>Modeling of Radiation Damage on the Background of Pasteurellosis Infection of the Organism</b> <i>Gaynutdinov T.R., Vagin K.N., Ryzhkin S.A., Kalimullin F.H., Ohrimenko S.E.</i>
	12	<b>Mechanisms of Mitochondrial Influence on Tumor Radioresistivity</b> <i>Rozenberg J.M., Maximov V.V., Kuzmin D.V., Leonov S.V.</i>
	18	<b>Comparison of the Radioprotective Properties of Riboxin (Inosine) and Indralin with Prophylactic Administration at Dosages of 100 mg/kg According to the Survival Criterion of Irradiated Mice</b> <i>Romodina L.A., Nikitenko O.V., Bychkova T.M., Zrilova Yu.A., Rodionova E.D., Bocharov D.A.</i>
RADIATION SAFETY	24	<b>Development of the Legal Framework in the Field of Radiation Safety</b> <i>Samoylov A.S., Kochetkov O.A., Klochkov V.N., Barchukov V.G., Shinkarev S.M.</i>
	30	<b>Scientific and Methodological Support of Health and Epidemiological Supervision during the Remediation of Nuclear Legacy Facilities and Sites and Tasks for the Future</b> <i>Shandala N.K., Kiselev S.M., Seregin V.A., Filonova A.A., Isaev D.V.</i>
RADIATION EPIDEMIOLOGY	38	<b>Dose Dependence for Mortality from Circulatory Diseases in Nuclear Workers (Systematic Review and Pooled Analysis): Lack of Low Doses Effect and Confirmation of UNSCEAR and ICRP Threshold at 0.5 Gy</b> <i>Kotero A.N., Ushenkova L.N., Wainson A.A., Dibirgadzhev I.G., Kalinina M., Bushmanov A.Yu.</i>
RADIATION DIAGNOSTICS	49	<b>The Importance of Radiation Methods in the Diagnosis of Coronary Heart Disease in a Specific Patient</b> <i>Tomashevsky I.O., Kornikova O.S.</i>
NUCLEAR MEDICINE	53	<b>Nuclear Physics Medical Elementology as a Section of Medical Radiology</b> <i>Zaichick V., Kolotov V.</i>
RADIATION PHYSICS, ENGINEERING AND DOSIMETRY	65	<b>Theoretical Analysis of the Radiation Quality and the Relative Biological Efficiency of Tritium</b> <i>Rodneva S.M., Guryev D.V.</i>
	73	<b>Experience in Developing Radiation Sources for Personalized Brachytherapy Based on Titanium Alloys</b> <i>Chuvilin D.Yu., Skobelin I.I., Kurochkin A.V., Makoveeva K.A., Strepetov A.N., Karalkin P.A., Karalkina M.A., Reshetov I.V.</i>
REVIEW	81	<b>Review of the Monograph by Yu.A. Klassovsky «The Effect of External and Internal Irradiation in the Conditions of Formation of Radioactive Traces of Nuclear Explosions. Questions of Etiology and Pathogenesis»</b> <i>Ushakov I.B.</i>
CHRONICLE	83	<b>Angelina Konstantinovna Guskova (for the 100th Anniversary of her Birth)</b> <i>Efimova I.L.</i>