

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
MINISTRY OF HEALTHCARE OF THE RUSSIAN FEDERATION
ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО (ФМБА РОССИИ)
FEDERAL MEDICAL BIOLOGICAL AGENCY (THE FMBA OF RUSSIA)

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY

Meditsinskaia Radiologiia i Radiatsionnaia Bezopasnost

2019

Том 64

№ 3

Периодический научный журнал. Издается с 1956 года
Periodical scientific journal. Published since 1956

Журнал включен в перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов,
рекомендованных для опубликования результатов диссертационных исследований.
The journal is included in the list of VAK (Higher Attestation Commission) of the leading
peer-reviewed scientific journals recommended for publication of the results of thesis works

Журнал вошел в международную библиографическую базу данных Scopus
и в Перечень Russian Science Citation Index (RSCI), размещенный на платформе Web of Science
The journal entered the bibliographic database Scopus
and the Russian Science Citation Index (RSCI), hosted on the Web of Science platform

Москва
Moscow

МЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Журнал основан в январе 1956 года
(до 30 декабря 1993 года выходил под названием «Медицинская радиология»)
Периодичность издания: шесть выпусков в год

ISSN 1024-6177 (Print)

ISSN 2618-9615 (Online)

Журнал выходит при поддержке Федерального медико-биологического агентства России (ФМБА России)

Главный редактор В.В. УЙБА – д.м.н., проф.

Редакционная коллегия:

Г.М. Аветисов – д.б.н., проф.; Р.В. Арутюнян – д.ф.-м.н., проф.;
А.В. Бойко – д.м.н., проф.; А.П. Бирюков – д.м.н., проф.; А.Ю. Бушманов – д.м.н., проф.; А.А. Вайнсон – д.б.н., проф.;
В.Ф. Демин – д.т.н., к.ф.-м.н., доцент; И.П. Коренков – д.б.н., к.т.н., проф.;
А.Н. Котеров – д.б.н.; М. Марков – PhD, проф., США; Б.Я. Наркевич – д.т.н., к.ф.-м.н., проф., научный и выпускающий редактор;
К. Нурлыбаев – к.т.н.; В.В. Романов; А.С. Самойлов – д.м.н., зам. главного редактора, проф. РАН; М.К. Сневе – PhD, Норвегия;
С.И. Ткачев – д.м.н., проф.; И.Е. Тюрин – д.м.н., проф.; П. Урингтон – PhD, проф., США; Б.Н. Фаунтес – PhD, США;
Н.К. Шандала – д.м.н.; А.В. Шафиркин – д.б.н.; С.М. Шинкарев – д.т.н.

Редакционный совет:

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

Все статьи в журнале печатаются бесплатно

Заведующая редакцией Э.С. Зубенкова
Компьютерная верстка В.В. Колесниченко
Технический редактор В.В. Колесниченко

Адрес редакции журнала:

123182, Москва, ул. Живописная, 46
Телефон: (499) 190-95-51

E-mail: medradiol@yandex.ru

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

Годовой подписной индекс Агентства «Роспечать» – 71814

Подписано в печать 10.06.2019. Формат 60 × 88/8

Печать офсетная. 11,0 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Отпечатано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. 123182, Москва, ул. Живописная, 46

MEDICAL RADIOLOGY AND RADIATION SAFETY

The journal was founded in January 1956
Up to 30 December 1993 was published under the title «Medical Radiology»
Frequency of publication: six issues per year

ISSN 1024-6177 (Print)

ISSN 2618-9615 (Online)

The journal is published with support of The Federal Medical-Biological Agency of Russia FMBA of Russia

Editor in Chief Vladimir Uiba – Dr. Sci. Med., Prof.

Editorial Board:

G. M. Avetisov – Dr. Sci. Biol., Prof.; R. V. Arutyunyan – Dr. Sci. Phys.-Math., Prof.; A. V. Boiko – Dr. Sci. Med., Prof.;
A. P. Biryukov – Dr. Sci. Med., Prof.;
A. Yu. Bushmanov – Dr. Sci. Med., Prof.; A. A. Wainson – Dr. Sci. Biol., Prof.; V. F. Demin – Dr. Sci. Tech., Cand. Sci. Phys.-Math.,
Assistant Prof.; I. P. Korenkov – Dr. Sci. Biol., PhD Tech., Prof.; A. N. Koterov – Dr. Sci. Biol.;
M. Markov – Prof., USA; B. Ya. Narkevich – Dr. Sci. Tech., PhD Phys.-Math., Prof., Scientific and Production Editor;
K. N. Nurlybaev – PhD Tech.; V. V. Romanov; A. S. Samoylov – Dr. Sci. Med., Deputy Chief Editor, Prof. of RAS; M. K. Sneve – Norway;
S. I. Tkachev – Dr. Sci. Med., Prof.; I. E. Tyurin – Dr. Sci. Med., Prof.; P. Wrington USA; B. N. Fountas – USA;
N. K. Shandala – Dr. Sci. Med.; A. V. Shafirkin – Dr. Sci. Biol.; S. M. Shinkarev – Dr. Sci. Tech.

Editorial Council:

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

All articles in the journal are printed free of charge

Head of Editorial Office: E. S. Zubenkova
Computer-aided makeup: V. V. Kolesnichenko
Technical Editor: V. V. Kolesnichenko

Address of Editorial Board:

46, Zhivopisnaya st., 123182, Moscow, Russia
Phone: +7 (499) 190-95-51

E-mail: medradiol@yandex.ru

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

The annual subscription index Agency «Rospechat» – 71814

Signed to print 10.06.2019. Format 60 × 88/8

Offset printing. 11,0 printed sheets. 1000 copies. Order #

Printed by SRC-FMBC.

123182, Moscow, Zhivopisnaya st. 46

СОДЕРЖАНИЕ № 3 – 2019

- ПРОТОННАЯ ТЕРАПИЯ
- 5 **Вычисление глубинной зависимости ОБЭ клинических пучков протонов**
А.В. Белоусов, Р.Б. Бахтиозин, М.А. Колыванова, Г.А. Крусанов, Л.И. Шулепова, В.Н. Морозов
- 11 **Перспективы применения комбинированных технологий в протонной терапии злокачественных новообразований**
А.Ю. Бушманов, И.Н. Шейно, А.А. Липенгольц, А.Н. Соловьев, С.Н. Корякин
- 19 **Радиобиологические эффекты протонов**
А.А. Иванов, Т.М. Бычкова, О.В. Никитенко, И.Б. Ушаков
- РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
- 32 **Комплексные организационные и методические подходы к выводу из эксплуатации хранилищ РАО**
А.Б. Майзик, И.П. Коренков, А.Г. Цовьянов, Т.Н. Лащеннова, В.Н. Клочков
- РАДИАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА
- 40 **Спектрально-корреляционный анализ ЭЭГ у ликвидаторов аварии на ЧАЭС с неврологическими нарушениями**
Ф.С. Торубаров, М.В. Кулешова, С.Н. Лукьянова, З.В. Зверева, А.С. Самойлов
- 46 **Распределение индивидуальных доз в когорте людей, облученных в результате радиоактивного загрязнения реки Течи**
М.О. Дегтева, Б.А. Напье, Е.И. Толстых, Е.А. Шишкина, Н.Г. Бугров, Л.Ю. Крестинина, А.В. Аклев
- РАДИАЦИОННАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ
- 54 **Оценка радиационного риска возникновения злокачественных новообразований с учетом доз различных видов облучения у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС – работников атомной промышленности**
А.Р. Туков, И.Л. Шафранский, А.Г. Цовьянов, А.П. Бирюков, И.В. Сидорин, О.Н. Прохорова, В.Е. Журавлева, В.В. Уйба
- ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА
- 58 **Однофотонная эмиссионная компьютерная томография в диагностике и мониторинге лимфопролиферативных заболеваний**
В.И. Чернов, Е.А. Дудникова, В.Е. Гольдберг, Т.Л. Кравчук, А.В. Данилова, Р.В. Зельчан, А.А. Медведева, И.Г. Синилкин, О.Д. Брагина, Ю.В. Белевич, Е.С. Королева
- ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ
- 64 **Эволюция неоадьювантного и адьювантного компонентов комплексного лечения больных местнораспространенным раком прямой кишки**
Д.В. Кузьмичев, З.З. Мамедли, А.А. Анискин, А.В. Польшовский, Ж.М. Мадьяров, С.И. Ткачев, А.В. Егорова, А.С. Анискина
- РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА, ТЕХНИКА И ДОЗИМЕТРИЯ
- 74 **Соотношение между поглощенной дозой, кермой и ионизационной кермой для полей малых размеров**
В.А. Климанов, Ж.Ж. Галяутдинова, М.А. Колыванова
- 78 **Исследование потока тормозных фотонов и нейтронов при работе медицинского ускорителя электронов**
Е.Н. Лыкова, М.В. Желтоножская, Ф.Ю. Смирнов, П.И. Руднев, А.П. Черняев, И.В. Чешигин, В.Н. Яценко
- ЮБИЛЕЙ
- 85 **Прошлое и настоящее лучевой диагностики и лечения злокачественных опухолей (К 100-летию ФГБУ «РНЦРХТ им. академика А.М. Гранова» Минздрава России)**
С.Ф. Вершинина

CONTENTS No. 3 – 2019

PROTON THERAPY	5	Calculation of the Depth Dependence of Relative Biological Effectiveness for Clinical Proton Beams <i>A.V. Belousov, R.B. Bahtiosin, M.A. Kolyvanova, G.A. Krusanov, L.I. Shulepova, V.N. Morozov</i>
	11	Prospects of Proton Therapy Combined Technologies in the Treatment of Cancer <i>A.Yu. Bushmanov, I.N. Sheino, A.A. Lipengolts, A.N. Solovev, S.N. Koryakin</i>
	19	Radiobiological Proton Effects <i>A.A. Ivanov, T.M. Bichkova, O.V. Nikitenko, I.B. Ushakov</i>
RADIATION SAFETY	32	Comprehensive Organizational and Methodical Approaches to Decommissioning of Radwaste Repositories <i>A.B. Mayzik, I.P. Korenkov, A.G. Tsovyanov, T.N. Laschenova, V.N. Klochkov</i>
RADIATION MEDICINE	40	Spectral Correlation Analysis of EEG of Liquidators of the Chernobyl Accident with Neurological Disorders <i>F.S. Torubarov, M.V. Kuleshova, S.N. Lukyanova, Z.F. Zvereva, A.S. Samoylov</i>
	46	Individual Dose Distribution in Cohort of People Exposed as a Result of Radioactive Contamination of the Techa River <i>M.O. Degteva, B.A. Napier, E.I. Tolstykh, E.A. Shishkina, N.G. Bougrov, L.Yu. Krestinina, A.V. Akleyev</i>
RADIATION EPIDEMIOLOGY	54	Estimation of Radiation Risk of the Initiation of Malignant Novelties in the Liquidators of the Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, Workers of the Nuclear Industry, with the Account of Doses of Various Types of Irradiation <i>A.R. Tukov, I.L. Shafransky, A.G. Tsovyanov, A.P. Biriukov, I.V. Sidorin, O.N. Prokhorova, V.E. Zhuravleva, V.V. Uiba</i>
DIAGNOSTIC RADIOLOGY	58	Single-Photon Emission Computerized Tomography in the Diagnosis and Monitoring of Lymphomas <i>V.I. Chernov, E.A. Dudnikova, V.E. Goldberg, T.L. Kravchuk, A.V. Danilova, R.V. Zelchan, A.A. Medvedeva, I.G. Sinilkin, O.D. Bragina, Yu. V. Belevich, E.S. Koroleva</i>
RADIATION THERAPY	64	The Evolution of Neoadjuvant and Adjuvant Component of Treatment of Patients with Locally Advanced Rectal Cancer <i>D.V. Kuzmichev, Z.Z. Mamedli, A.A. Aniskin, A.V. Polinovskiy, J.M. Madyarov, S.I. Tkachev, A.V. Egorova, A.S. Aniskina</i>
RADIATION PHYSICS, TECHNOLOGY AND DOSIMETRY	74	The Ratio between Absorbed Dose, Kerma and Ionization Kerma for Small-Size Fields <i>V.A. Klimanov, J.J. Galjautdinova, M.A. Kolyvanova</i>
	78	Analysis of the Bremsstrahlung Photons Flux and the Neutrons Beams during the Operation of an Electrons Medical Accelerator <i>E.N. Lykova, M.V. Zheltonozhskaya, F.Yu. Smirnov, P.I. Rudnev, A.P. Chernyaev, I.V. Cheshigin, V.N. Yatsenko</i>
JUBILEE	85	Past and Present of Radiation Diagnostics and Treatment of Malignant Tumors (On the 100 Anniversary of FSBI A.M. Granov RRCRST of the Ministry of Healthcare Russian Federation) <i>S.F. Vershinina</i>