

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(26)

2021 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 30.09.21
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 130 экз.
Усл. печ. л. 21,75. Уч.-изд. л. 13,99.
Зак. 81.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и
экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП
«Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызилов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силян (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., доцент), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

Редакционный совет

Е.Л. Богдан (МЗ РБ, Минск), А.В. Аклев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., чл.-кор. НАН, акад. НАМН Украины, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2021

№ 2(26)

2021

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

А.В. Величко, С.Л. Ачинович, Ю.В. Бондарева
Морфологические аспекты в диагностике аденомы и гиперплазии паращитовидных желез (обзор литературы) 6

Б.О. Кабешев
Серебро и нанотехнологии при профилактике развития инфекции области хирургического вмешательства 13

В.М. Мицура
Последствия перенесенной инфекции COVID-19 и возможности реабилитации пациентов с пост-ковидным синдромом 22

Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова
Сахарный диабет и глаукома: взаимосвязи патогенетических механизмов развития заболеваний 28

Медико-биологические проблемы

О.Е. Клементьева, А.С. Лунёв, К.А. Лунёва, Г.Г. Шимчук
Дифференциальная визуализация злокачественных и доброкачественных процессов с использованием фторированного тимидина у лабораторных животных 38

В.А. Лемеш, В.Н. Кипень, М.В. Богданова, А.А. Буракова, А.Г. Булгак, А.В. Байда, О.В. Зотова, М.А. Кругликова, О.И. Добыш, В.И. Сакович
Метилирование ДНК в образцах буккального эпителия человека в связи с определением возраста 44

В.П. Невзоров, Т.М. Буланова, В.В. Пырву
Математическая модель изменения состояния здоровья населения и демографии в едином территориально-временном пространстве 53

Е.С. Пашинская
Экспрессия сурвивина (*BIRC5*), эпидермального фактора роста (*ErbB-2/HER2-Neu*), фактора роста эндотелия сосудов (*VEGF*) и антионкогена *TP53* при токсоплазмозе во время развития экспериментальной глиомы 63

Reviews and problem articles

A.V. Velichko, S.L. Achinovich, Y.V. Bondareva
Morphological aspects in the diagnosis of adenoma and parathyroid hyperplasia (literature review) 6

B. Kabeshev
Silver and nanotechnologies in modification of suture material for prevention of surgical site infection 13

V.M. Mitsura
Long-term consequences of COVID-19 infection and the rehabilitation options for patients with post-covid syndrome 22

E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova
Diabetes mellitus and glaucoma: interrelations of pathogenetic mechanisms of disease development 28

Medical-biological problems

O.E. Klement'eva, A.S. Lunev, K.A. Luneva, G.G. Shimchuk
Differential visualization of malignant and benign processes using fluorinated thymidine in laboratory animals 38

V.A. Lemesh, V.N. Kipen, M.V. Bahdanava, A.A. Burakova, A.G. Bulgak, A.V. Bayda, O.V. Zotova, M.A. Kruglikova, O.I. Dobysh, V.I. Sakovich
DNA methylation in human buccal epithelium samples in determining age 44

V.P. Nevzorov, T.M. Bulanova, V.V. Pyrvu
Mathematical model of change of a state of health of the population and demography in uniform territorial and time space 53

E.S. Pashinskaya
Expression of survivin (*BIRC5*), epidermal growth factor (*ErbB-2/HER2-Neu*), vascular endothelial growth factor (*VEGF*) and anti-oncogene *TP53* in toxoplasmosis during the development of experimental glioma 63

Н.Л. Проскурякова, А.В. Симаков, Т.М. Алферова К вопросу сочетанного действия ионизирующей радиации и вредных факторов на организм человека	70	N.L. Proskuryakova, A.V. Simakov, T.M. Alferova To the question of the combined effect of ionizing radiation and harmful factors on the human body	
М.Н. Стародубцева, И.А. Челнокова, А.Н. Шклярора, Е.В. Цуканова, О.В. Шаховская, Н.И. Егоренков, Н.Н. Веялкина Наноархитектоника и наномеханические свойства поверхности эритроцитов человека и мыши линии BALB/c после облучения цельной крови рентгеновским излучением в дозе 0,5 Гр	77	M.N. Starodubtseva, I.A. Chelnokova, A.N. Shklyarova, A.U. Tsukanava, O.V. Shakhovskaya, N.I. Yegorenkov, N.N. Veyalkina Nanoarchitectonics and nanomechanical properties of the surface of human and mouse erythrocytes of the BALB/c line after irradiation of whole blood with x-ray radiation at a dose of 0,5 Gy	
Д.А. Чечетин Динамика антропометрических показателей позвоночника и стоп в процессе реабилитационных мероприятий при нарушениях осанки у детей	85	D.A. Chechetin Dynamics of anthropometric indicators of spine and feet during the process of rehabilitation measures for children posture disorders	
Клиническая медицина		Clinical medicine	
О.Н. Василькова, И.Ю. Пчелин, В.К. Байрашева, Я.А. Боровец, Ю.И. Ярец, Я.Л. Навменова, Е.П. Науменко, Т.В. Мохорт Кардиопротективные эффекты эмпаглифлозина и вилдаглиптина: клинико-инструментальная оценка структурно-функциональных показателей сердца и сердечных маркеров у пациентов с СД 2 типа	91	V.N. Vasilkova, I.Yu. Pchelin, V.K. Bayrasheva, Ya.A. Borovets, Yu.I. Yarets, Ya.L. Navmenova, E.P. Naumenka, T.V. Mokhort Cardioprotective effects of empagliflozin and vildagliptin: clinical and instrumental assessment of structural and functional parameters of the heart and cardiac markers in patients with diabetes type 2	
В.В. Гарькавенко Клинико-демографическая характеристика пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и эффективность их хирургического лечения в Красноярском крае	99	V.V. Gar'kavenko Clinical and demographic characteristics of patients with primary open-angle glaucoma and the efficiency of their surgical treatment in Krasnoyarsk region	
С.Л.Зыблев, С.В.Зыблева, Л.Е.Коротаева Цитокиновый профиль реципиентов почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде	105	S. Zyblev, S. Zybleva, L. Korotaeva Cytokine profile in kidney transplant recipients in the early postoperative period	
Н.А. Метляева, А.Ю. Бушманов, И.А. Галстян, А.А. Давтян, В.В. Кореньков, О.В. Щербатых Психофизиологическая адаптация двух пациентов с острой лучевой болезнью и лейкозом, пострадавших в аварии на ЧАЭС	111	N.A. Metlyaeva, A.Yu. Bushmanov, I.A. Galstyan, A.A. Davtyan, V.V. Korenykov, O.V. Shcherbatykh Psychophysiological adaptation of two patients with acute radiation sickness and leukemia affected in the accident at Chernobyl NPP	

Е.А. Полякова, С.А. Берестень, М.В. Стёганцева, И.Е. Гурьянова, Д.В. Луцкович, М.В. Белевцев

Оценка влияния перинатальных и интранатальных факторов на количество копий ТРЭК/КРЕК у недоношенных новорожденных

121

В.В. Татчихин

Клинические результаты хирургического лечения пациентов при раке оротофарингеальной области

128

Ю.И. Ярец, Н.И. Шевченко, В.Н. Мартинков
Биологические свойства *Staphylococcus aureus*-продуцентов биопленки, выделенных из раневого отделяемого пациентов

134

Обмен опытом

Н.А. Бакунина, Ю.П. Сотникова, Ю.И. Рожко, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Е.В. Молчанова, Л.М. Габдрахманов

Современный взгляд на эпидемиологию, классификацию и генетику закрытоугольной глаукомы

144

А.Ю. Бушманов, Н.А. Богданенко, В.А. Ратников

Метрологическое обеспечение и стандартизация основных направлений деятельности ФГБУ «ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России в области радиобиологии, радиационной и химической защиты и безопасности, радиационного и дозиметрического контроля, медико-биологической безопасности неионизирующих излучений

153

Л.П. Зайцева, В.Н. Беляковский, Д.М. Лось, В.В. Похожай

Способы стандартизации цитологического исследования клеточного осадка мочи

159

Ю.И. Рожко, И.А. Глушнёв, Н.А. Ребенко, А.В. Куроедов, А.Ю. Брежнев

Оригинальные авторские идеи в сфере лечения глаукомы (обзор изобретений по базам патентов)

165

E.A. Polyakova, S.A. Beresten, M. V. Stegantseva, I.E. Guryanova, D.V. Lutsckovich, M.V. Belevtsev

Assessment of the Influence of Perinatal and Intranatal Factors on the Number of TREC/KREC Copies in Premature Infants

V.V. Tatchikhin

Clinical results of surgical treatment of patients with oropharyngeal cancer

Y.I. Yarets, N.I. Shevchenko, V.N. Martinkov

Biological properties of *Staphylococcus aureus* – biofilm producers isolated from wound swabs from patients

Experience exchange

N.A. Bakunina, Yu.P. Sotnikova, Yu.I. Razhko, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, E.V. Molchanova, L.M. Gabdrakhmanov

Modern aspects of epidemiology, classification and genetics of angle-closure glaucoma

A.Yu. Bushmanov, N.A. Bogdanenko, V.A. Ratnikov

Metrological support and standardization of the main activities of State research center Burnasyan Federal medical biophysical center of Federal medical biological agency in the field of radiobiology, radiation and chemical protection and safety, radiation and dosimetric control, medical and biological safety of non-ionizing radiation

L.P. Zaitsava, V.N. Belyakovski, D.M. Los, V.V. Pohozhay

Ways to standardize the cytological examination of urine cell sludge

Yu.I. Razhko, I.A. Glushnev, N.A. Rebenok, A.V. Kuroyedov, A.Yu. Brezhnev

Original author's ideas in field of glaucoma treatment (review of inventions from patent databases)

К ВОПРОСУ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ФГБУ «ГНЦ РФ – ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва, Россия

Целью исследования является изучение вопроса сочетанного действия ионизирующей радиации и вредных производственных факторов на организм человека, в том числе на персонал предприятий атомной отрасли. В статье рассмотрены данные результатов исследований, обнаруживающих закономерности комбинированного действия ионизирующего излучения в сочетании с физическими и химическими факторами. В текущей ситуации недостаточная изученность последствий сочетанного воздействия ИИ и факторов нерадиационной природы, а также отсутствие единых принципов и методов нормирования таких воздействий приводит к тому, что существующие подходы к нормированию основаны на учете влияния на человека собственно ионизирующего излучения без учета возможной модификации радиобиологического эффекта при одновременном воздействии тех или иных нерадиационных факторов и их комбинаций.

Ключевые слова: гигиена труда, атомная промышленность, вредные факторы, ионизирующее излучение, сочетанное действие

Введение

В современной России атомная отрасль представляет собой мощный комплекс, состоящий из более чем 350 предприятий и организаций, в которых занято свыше 250 тыс. человек [13]. В настоящий момент структура атомной отрасли включает четыре крупных научно-производственных комплекса: предприятия ядерного топливного цикла, атомного машиностроения, ядерного оружейного комплекса и отраслевые научно-исследовательские институты.

При этом персонал различных производств атомной отрасли помимо ионизирующего излучения подвергается воздействию и многочисленных вредных производственных факторов нерадиационной природы.

В связи с развитием атомной энергетики и ростом использования вырабатываемой энергии в различных отраслях, неизбежно встают вопросы о проблемах сочетанного воздействия на организм персонала предприятий отрасли вредных нерадиационных производственных факторов и ионизирующего излучения, и, как

следствие, риска возникновения профессиональных патологий.

Основной **целью работы** является анализ литературных данных, описывающих эффекты комбинированного, сочетанного и комплексного воздействия различных производственных факторов на организм человека и выяснение вопроса - каким образом в условиях комбинации модифицируется влияние действующих факторов, а также оценка целесообразности внесения изменений в принципы нормирования.

Результаты исследования

В настоящее время количество работающих в неблагоприятных условиях с потенциальным риском развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний оценивается в 17 млн. чел., что составляет 36,8 % от всего работающего населения РФ [12].

Общее количество радиационных объектов на территории Российской Федерации, сведения о которых собирались в рамках радиационно-гигиенической паспортизации и

ЕСКИД в период с 2003 по 2018 г., постоянно возрастало – с 15 729 в 2003 г. до 21 696 в 2018 г. Возросла и численность персонала группы А, работающего на данных объектах, – со 159 774 чел. в 2003 г. до 227 198 чел. в 2018 г. Средние годовые индивидуальные дозы персонала группы А за этот период колебались в пределах 1,0-1,4 мЗв, а персонала группы Б – в пределах 0,65-0,8 мЗв [1].

Основным фактором профессионального воздействия в атомной промышленности является ионизирующее излучение (ИИ) различной природы. В результате воздействия ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить физические, химические и биологические процессы. Любой вид ионизирующих излучений вызывает биологические изменения в организме как при внешнем облучении, так и при внутреннем (источник внутри организма). Биологический эффект ионизирующего излучения зависит от величины суммарной дозы, продолжительности воздействия излучения, вида радиации, облучаемого органа и индивидуальных особенностей организма. Степень чувствительности различных тканей к облучению неодинакова. Наиболее чувствительны лимфатическая ткань, щитовидная железа, селезенка, костный мозг. Большая чувствительность кроветворных органов к ионизирующему излучению лежит в основе определения возникновения лучевой болезни.

К профессиональным вредностям, связанным с технологическими процессами в атомной отрасли, относятся также химические соединения, пыль, шум, вибрация, высокая и низкая температура, высокая относительная влажность воздуха, повышенное или пониженное атмосферное давление, токсические вещества, источники ультрафиолетового и других неионизирующих излучений, электромагнитные волны, физическое напряжение.

Даже приведенного краткого и далеко не полного перечисления факторов, воздействующих на человека, достаточно, чтобы понять важность гигиенических аспектов проблемы их сочетанного и комбиниро-

ванного действия. Данные исследований показывают, что сочетанное действие ионизирующего излучения с другими производственными факторами повышает риск нарушений здоровья человека [1].

Существует мнение, что предварительное или одновременно с ионизирующим излучением острое воздействие химических веществ, вызывающее в организме развитие той или иной формы гипоксии, приводит к ослаблению тяжести радиационного поражения. При этом регистрируется отчетливый антагонизм в действии химического и физического факторов на организм. По результатам исследований, проведенных специалистами МРНЦ им. А.Ф. Цыба, данный эффект наблюдался при сочетанном воздействии с ионизирующим излучением окиси углерода, п-аминоацетофенона, п-аминобензофенона, п-аминоазобензола, анилина и его производных, цианидов, нитрилов и азидов [10].

Другая группа химических веществ, взаимодействующих с сульфгидрильными группами биомакромолекул, обладает радиосенсибилизирующим действием. Одновременное воздействие этих веществ и ионизирующего излучения на организм сопровождается существенным усилением поражающего действия излучения. Так, усиление радиационного поражения зарегистрировано при воздействии ртути и ее соединений, перекиси метил-этилкетона, формальдегида, веществ с непредельными связями, акриловой кислоты, дивинилсульфона, трифторацетальдегида [3]. Было показано, что одно и то же химическое соединение может быть как радиопротектором, так и радиосенсибилизатором в зависимости от условий его применения (концентрации, мощности дозы ионизирующего излучения, интервала времени между воздействиями). В частности, это характерно для цианидов и окиси углерода [10].

Изучение сочетанного воздействия рентгеновского и электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ и других диапазонов, комбинация ультразвука с ионизирующим излучением не позволяет сделать общие выводы о характере их взаимодействия [10].

Наибольший интерес представляют те вредные факторы производства, которые при комбинированном действии с ионизирующими излучениями в определённых условиях дают синергический характер взаимодействия, т.е. происходит усиление эффекта неблагоприятного влияния каждого из факторов при их сочетанном воздействии (ИИ+шум, ИИ+гипертемия, ИИ+вибрация, ИИ+модифицирующая роль стресса).

Особенности сочетанного действия на организм ионизирующей радиации и шума изучены сотрудниками ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева на 310 белых мышах-самцах [6]. В опытах применялось рентгеновское излучение с эффективной энергией 23 кэВ и 73 кэВ и шум с частотой 4000 Гц при интенсивности 80 и 90 дБ. Достоверно меньше, чем в контрольной группе, оказалась масса селезенки и семенников у самцов при сочетанных воздействиях обеих доз ионизирующего излучения и шума громкостью 90 дБ. Наиболее отчетливо усиление эффекта при сочетанном действии рентгеновского излучения и шума наблюдалось по частоте хромосомных перестроек в клетках костного мозга мышей после 31 сеанса воздействия. Максимальный синергический эффект имел место при сочетании рентгеновского излучения с энергией 73 кэВ и шума 90 дБ.

По физической природе вибрация, так же, как и шум, представляет собой колебательное движение материальных тел. Механические колебания, распространяющиеся через плотные среды с частотой колебаний до 16 Гц, воспринимаются человеком как сотрясение, которое принято называть вибрацией [14]. При воздействии вибрации на человека наиболее существенно то, что тело человека можно представить в виде сложной динамической системы. Многочисленные исследования показали, что эта динамическая система меняется в зависимости от поз человека, его состояния – расслабленности или напряженности – и других факторов. Для такой системы существуют опасные, резонансные частоты, если внешние силы воздействуют на чело-

века с частотами, близкими или равными резонансным, то резко возрастает амплитуда колебаний как всего тела, так и отдельных его органов.

При одновременном комбинированном действии ионизирующего излучения и вибрации регистрировалось их синергическое взаимодействие. Так, в работе [14] обезьян в процессе облучения раскачивали в специальном кресле с частотой не более 0,3 Гц при этом было установлено, что доза γ -излучения, вызывающая развитие рвоты у 50% животных, составляла у контрольных групп обезьян $4,46 \pm 0,2$ Гр, а у подопытных групп животных – $2,5 \pm 0,1$ Гр [14].

В помещениях атомной электростанции помимо радиационного воздействия на отдельных участках возможно воздействие высокой температуры. Источником тепловыделений являются коммуникации контура теплоносителя, теплообменника и коммуникации паропроводов. Следовательно, персонал, обслуживающий атомную станцию, может подвергаться комплексному воздействию ионизирующего излучения в сочетании с высокой температурой [10].

Результаты исследований указывают на потенциальную значимость синергического взаимодействия при низкой интенсивности вредных факторов [10]. Эпидемиологические исследования были проведены среди рабочих металлургических предприятий, которые подвергались облучению и периодическому воздействию высоких температур. Симптомом, характерным для более коротких периодов работы в этих условиях, была вегетососудистая дистония. Для более длительных периодов работы этот симптом сопровождался также астенией, причем оба симптома затрагивали большую долю рабочих [10].

По результатам проведенных исследований, при достаточно длительном сочетанном воздействии радионуклидов и гипертермии изменения усредненных значений каждого показателя будут представлять собой кривую линию со своими подъемами и спадами. Эти изменения могут отражать неодинаковую резистентность различных органов и тка-

ней к сочетанию повреждающих факторов в различные временные промежутки. Сдвиги показателей отражают биологические закономерности и могут быть использованы для обоснования принципа гигиенического нормирования сочетанных воздействий, который получил название «Принцип максимума». Сущность его заключается в том, что для гигиенического нормирования отбираются максимальные отклонения показателей, наблюдаемые при сочетанном воздействии ионизирующего излучения и модифицирующего фактора по отношению к изменениям при изолированном действии ионизирующего излучения [4].

При проектировании и планировании мероприятий по радиационной безопасности и при проведении радиационного контроля предлагаются допустимые уровни воздействия при работах женского персонала в условиях сочетанного воздействия некоторых радионуклидов и гипертермии (таблица 1) [4]. Расчеты в таблице 1 произведены в соответствии с Нормами Радиационной Безопасности НРБ-76/87 [8].

Этот принцип нормирования апробирован и нашел применение при гигиенической оценке сочетанного действия шума и аэрозолей различных металлов [3].

По последним данным, стресс также играет существенную роль в развитии негативных последствий облучения в организме и при определённых условиях их сочетанное действие носит синергический характер [10].

В ходе исследований было установлено, что рост общей заболеваемости населения, в районах радиоактивного загрязнения при аварии на ЧАЭС, в большой степени обусловлен этим фактором. Так, у части эвакуированных из зон отчуждения взрослых и детей уже в первые дни после аварии был обнаружен лейкоцитоз, практически у каждого пятого наблюдалось снижение числа лимфоцитов и другие патологические изменения кровеносной и иммунной систем. Но изменения в организме, связанные с нарушениями кровеносной системы, могут быть вызваны радиацией только при дозах облучения не меньше 500 мЗв [2]. У жителей же Припяти в районах, близких к ЧАЭС, доза облучения составила не более 150-200 мЗв.

Анализ результатов многочисленных клинико-физиологических обследований состояния здоровья различных групп персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения, показывает [11], что у части этих лиц обнаруживаются функциональные, преимущественно в пределах физиологических колебаний, изменения со стороны нервной системы. Эти изменения выражаются в увеличении, по сравнению с адекватным контролем, частоты случаев вегетативной дистонии, астено-вегетативного синдрома, неустойчивости эмоциональной сферы, а также сопутствующих этим изменениям жалоб на раздражительность, снижение работоспособности, нарушение сна и т. п. Неспецифический

Таблица 1 – Численные значения допустимых уровней отдельных радионуклидов при их действии на женский персонал в условиях сочетанного воздействия с высокой температурой

Радионуклид	Критический орган	Допустимое содержание в критическом органе, мкКи	Допустимое годовое поступление радионуклида через органы дыхания, мкКи/год	Допустимая концентрация радионуклида в воздухе рабочих помещений, Ки/л
³⁵ S	Гонады	0,12	4,2×10 ²	1,5×10 ⁻¹⁰
	Легкие	9,12	3,8×10 ²	
⁴⁵ Ca	Кость	15	46	1,8×10 ⁻¹¹
	Легкие	5,5	1,7×10 ²	
³² P	Кость	1,6	1,0×10 ²	3,8×10 ⁻¹¹
	Легкие	0,6	1,1×10 ²	

характер этих психо-невротических реакций, сходство их с проявлениям их в эксперименте на животных, подвергающихся длительному воздействию в малых дозах, заметное снижение частоты случаев психоневротических изменений в результате целенаправленной разъяснительной и санитарно-просветительной работы – все это подтверждает высказанное суждение о необходимости в каждой конкретной ситуации тщательного анализа всего комплекса факторов, входящих в понятие «факторы окружающей среды» [11].

В работе [2] утверждается, что радиophobia (боязнь облучения), появившаяся у отдельных групп населения, находившихся в зонах с повышенным радиационным фоном, и связанные с ней в ряде случаев нервно-психические нарушения, нанесли больший вред здоровью этих лиц, чем воздействие весьма небольших доз ионизирующего излучения. Причиной ухудшения

здоровья населения по-видимому явилось сочетанное действие невысоких доз облучения и стрессовое состояние, которые сказались на сердечно-сосудистой системе, составе крови и общем неврологическом состоянии [6].

Литературные данные [12], показывают, что воздействие сопутствующих нерadiационных факторов (шум, вибрация, гипертермия, физические нагрузки) могут играть весьма существенную роль, а иногда даже конкурировать по силе влияния с радиационными (таблица 2).

Как видно из данных таблицы 2, основным фактором, обусловившими профессиональные заболевания, была вибрация – 36,8% (локальная – 19,7%, общая – 17,1%), на втором месте – интенсивные физические нагрузки – 21,2 % и на третьем – работа при пониженной температуре – 15,0%, радиационный фактор отмечен в 5,7% заболеваний [12].

Таблица 2 – Структура вредных факторов производства у больных профессиональными заболеваниями работников предприятий ГК «Росатом» (2014 г.)

Код фактора	Наименование фактора	Уд. Вес, (абс. ед.)	Уд. вес, (%)
4.1	Интенсивные физические нагрузки	41	21,2
3.4.1.	Локальная вибрация	38	19,7
3.4.2.	Общая вибрация	33	17,1
3.8.	Пониженная температура воздуха	29	15,0
3.5.	Производственный шум	17	8,8
3.1.	Ионизирующие излучения. Радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений	11	5,7
3.8.1.	Общее охлаждение: при температуре воздуха в помещении ниже нормы белее, чем на 8°C, либо в случае работы на открытой территории при средней температуре в зимнее время не выше -10°C	10	5,2
1.1.4.8.1.	Соединения, имеющие в составе более 20 % марганца; никель, хром, соединения фтора, бериллий, свинец и прочие, в т.ч. в сочетании с газовыми компонентами (озон, оксид азота и углерода)	5	2,6
1.1.4.2.1.	Аэрозоли с примесью кристаллического диоксида кремния (кварцит, диас, гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль, горючие кукуерситные сланцы, медно-сульфидные руды и прочие)	3	1,6
1.1.4.1.	Кремния диоксид кристаллический (альфа-кварц, альфа-кристаллит, альфа-тридимит)	3	1,6
1.1.4.	Аэрозоли преимущественно фиброгенного и смешанного типа действий	2	1,0
1.1.	Химические вещества, обладающие выраженными особенностями действия на организм.	1	0,5
ИТОГО		193	100,0

Кроме производственных факторов воздействия на организм человека, не следует забывать и о влиянии доз ионизирующего облучения, плочуаемых при медицинских обследованиях, лечении и естественного фона. Оценка средней годовой эффективной дозы природного облучения за период с 2003 по 2018 гг. колебалась от 3,79 до 3,11 мЗв/год при среднем значении за весь период 3,2 мЗв/год. За последние 5 лет оценка средней дозы стабилизировалась и составляет $3,45 \pm 0,03$ мЗв/год [1].

Заключение

На основании изученной литературы и результатов исследований, следует, что сочетанное воздействие факторов радиационной и нерадиационной природы на организм человека является более распространенным вариантом воздействия, чем изолированное облучение как в производственных условиях, так и в повседневной жизни.

Однако, в связи с отсутствием единых принципов и методов нормирования таких воздействий и недостаточной изученностью последствий сочетанного воздействия ИИ и факторов нерадиационной природы, нет возможности в полной мере оценить биологическое воздействие данных факторов на организм человека.

Существующие подходы к нормированию основаны на учете влияния на человека собственно ионизирующего излучения без учета возможной модификации радиобиологического эффекта при одновременном воздействии тех или иных нерадиационных факторов и их комбинаций.

Изучение характера эффектов при комбинированном действии облучения и других вредных факторов в условиях производства имеет чрезвычайно важное значение для гигиены труда работников атомной промышленности, поскольку при сочетании нескольких факторов, нормы, установленные для изолированно действующих факторов или только для аддитивного сложения эффектов и гарантирующие безопасность именно для этих условий, могут оказаться несостоятельными.

Очевидно и в будущем, при развитии ядерной энергетики, дозы облучения персонала не выйдут за пределы нормативных значений. Существует мнение, что пороговая доза в 0,5 Гр ионизирующего излучения с низкой ЛПЭ для радиационно-индуцированной нестабильности генома (РИНГ) не дает вклада в развития эффектов для здоровья при малых дозах ионизирующей радиации [8], но здесь необходимо учитывать, что на предприятиях атомной отрасли персонал подвергается, как правило, многофакторному воздействию, эффект которого может оказаться более значительным, чем при изолированном действии того или иного фактора (синергизм). Он приводит к возникновению вероятности того, что сочетанное действие ионизирующего излучения, даже в малых дозах, с другими производственными факторами повысит риск нарушений здоровья человека. [9].

При оценке воздействия различных факторов окружающей среды их сочетаний на организм человека и, особенно на определенные контингенты населения, необходимо иметь в виду, что здоровье человека, которое является основным объектом медико-биологического изучения, представляет собой часть значительно более емкого понятия. Нормирование любых воздействий и их сочетаний должно, в идеале, учитывать баланс интересов общества в целом со всеми как положительными, так и негативными последствиями, связанными с применением новых видов энергий, технологий и т. п. Для этого необходимо для каждой конкретной ситуации оценивать не только возможный ущерб для здоровья населения от воздействия тех или иных факторов, но и пользу для населения и, в частности, для его здоровья от улучшения условий жизни. Это сложная, но перспективная проблема требует дальнейшего всестороннего исследования.

Библиографический список

1. Динамика доз облучения населения Российской Федерации за период с 2003 по 2018 г. / А.Н. Барковский [и др.] // Радиационная гигиена. – № 4. – 2019. – С. 96-122.

2. Бейлин, В.А. Радиация, жизнь, разум / В.А. Бейлин, А.С. Боровик, В.С. Малышевский. – Научно-популярное издание, Ростов-на-Дону, 2001. – С. 66
3. Белецкая, Э.Н. Гигиенические аспекты тяжелых металлов в окружающей среде / Э.Н. Белецкая // Буковинский медицинский вiсник. – Т. 3, №2. – 1999. – С. 207-211.
4. Добровольский, Л.А. «Принцип максимума» при хроническом сочетанном воздействии радионуклидов и гипертермии и критерии гигиенического нормирования / Л.А. Добровольский // Сборник научных трудов под ред. Л.А. Булдакова, В.С. Калистратовой «Проблемы нормирования ионизирующих излучений в условиях воздействия модифицирующих факторов». – 1991. – С. 250.
5. Котеров, А.Н. История представлений о нестабильности генома при малых дозах радиации. Научная точка, вероятно, поставлена / А.Н. Котеров // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – Том 59, № 1. – 2014. – С. 5-19.
6. Экспериментальное изучение сочетанного действия рентгеновского излучения и шума / А.Н. Либерман [и др.] // Гигиеническая оценка факторов радиационной и нерадиационной природы и их комбинаций / Под ред. А.Н.Либермана. – Л.: Минздрав РСФСР, 1976. – С. 54-58.
7. Либерман, А.Н. Принципы нормирования ионизирующих излучений в условиях воздействия модифицирующих факторов / А.Н. Либерман, П.В. Рамзаев // Сборник научных трудов под ред. Л.А. Булдакова, В.С. Калистратовой, «Проблемы нормирования ионизирующих излучений в условиях воздействия модифицирующих факторов». – 1991. – С. 233-237.
8. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87. – Москва, Энергоатомиздат, 1988.
9. Петин, В.Г. Значимость синергического взаимодействия ионизирующего излучения и других вредных факторов для усиления последствий чернобыльской аварии / В.Г. Петин, Л.Н. Комарова // Радиация и риск. – Т. 15, №1-2. – 2006. – С.85-113.
10. Петин, В.Г. Комбинированное биологическое действие ионизирующих излучений и других вредных факторов окружающей среды / В.Г. Петин, И.П. Дергачева, Г.П. Жураковская // Радиация и риск. – 2001. – № 12. – С. 117-134.
11. Рамзаев, П.В. Стресс как фактор, модифицирующий реакцию организма на радиационное воздействие» / П.В. Рамзаев, А.Н. Либерман, Л.П. Бочарова // Сборник научных трудов под ред. Л.А. Булдакова, В.С. Калистратовой, «Проблемы нормирования ионизирующих излучений в условиях воздействия модифицирующих факторов». – 1991. – С.237.
12. Заболеваемость профессиональными болезнями работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» / В.В. Уйба [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2017. – № 1. – С. 38-43.
13. Электронный ресурс http://www.rosatom.ru/resources/37117a00449_4c2369041b0e920d36ab1/rosatom_anrep_2013.pdf.
14. Mattsson, J. Radiation-induced emesis in monkeys / J. Mattsson, M. Yochmowitz // Radiat. Res. – V. 82, N 1. – 1980. – P. 191-199.

N.L. Proskuryakova, A.V. Simakov, T.M. Alferova

TO THE QUESTION OF THE COMBINED EFFECT OF IONIZING RADIATION AND HARMFUL FACTORS ON THE HUMAN BODY

The purpose of the study is to study the combined effect of ionizing radiation and harmful production factors on the human body, including the personnel of nuclear industry enterprises. The article considers the data of the research results revealing the patterns of the combined action of ionizing radiation in combination with physical and chemical factors. In the current situation, insufficient knowledge of the consequences of the combined effects of AI and factors of a non-radiative nature, as well as the lack of uniform principles and methods for rationing such effects, leads to the fact that existing approaches to rationing are based on taking into account the effects of ionizing radiation on a person, without taking into account the possible modification of the radiobiological effect with simultaneous exposure to certain non-radiative factors and their combinations.

Key words: occupational hygiene, nuclear industry, harmful factors, ionizing radiation, combined action

Поступила 15.09.21