

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(31)

2024 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 30.04.24
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 120 экз.
Усл. печ. л. 19,5. Уч.-изд. л. 12,44.
Зак. 379.

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., профессор)

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), Н.Н. Веякина (к.б.н., отв. секретарь), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), М.О. Досина (к.б.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (д.м.н., доцент), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаяев (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.), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (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), Е.Л. Богдан (Минск), 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), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Е.Н. Кроткова (к.м.н., доцент, Минск), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, 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», 2024

№ 1(31)

2024

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.Ю. Захарко, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко, М.Ю. Жандаров, А.Р. Ромбальская**
Гладкомышечные опухоли с неопределенным злокачественным потенциалом (STUMP): современное состояние проблемы 6
- О.В. Мурашко, А.С. Подгорная, А.Ю. Захарко**
Этиология и патогенез дисфункции тазового дна (обзор литературы) 16
- Е.С. Тихонова, С.В. Зыблева, В.Н. Мартинков**
Факторы прогрессирования аллергических заболеваний у детей (обзор литературы) 22
- А.А. Чулков, З.А. Дундаров, А.В. Величко, С.Л. Зыблев, Я.Л. Навменова**
Надпочечниковая недостаточность после оперативного лечения новообразований надпочечников: эпидемиология, диагностика, лечение и профилактика 30

Медико-биологические проблемы

- Н.Г. Власова, К.Н. Бuzдалькин, А.Н. Матарас**
Обоснование референтного уровня облучения граждан Республики Беларусь в ситуации существующего облучения, сложившейся после аварии на Чернобыльской АЭС 40
- Д.Б. Куликович**
Сравнительный анализ методических подходов оценки накопленных доз внешнего облучения лиц, проживающих на загрязненной радионуклидами территории в результате аварии на ЧАЭС, за период 1986-1989 гг. 48
- Е.К. Нилова, К.Н. Бuzдалькин, В.Л. Самсонов**
Оценка активности удаленных источников гамма-излучения 55

Reviews and problem articles

- A.Yu. Zaharko, A.S. Podgornaya, O.V. Murashko, M.Yu. Zhandarov, A.R. Rombalskaya**
Smooth muscle tumors of uncertain malignant potential (STUMP): current state of the problem 6
- O.V. Murashko, A.S. Podgornaya, A.Y. Zakharko**
Etiology and pathogenesis of pelvic floor dysfunction (literature review) 16
- E.S. Tikhonova, S.V. Zybleva, V.N. Martinkov**
Factors of allergic disease progression in children (literature review) 22
- A.A. Chulkov, Z.A. Dundarov, A.V. Velichko, S.L. Zyblev, Ya.L. Navmenova**
Adrenal insufficiency after surgical treatment of adrenal neoplasms: epidemiology, diagnosis, treatment and prevention 30

Medical-biological problems

- N.G. Vlasova, K.N. Buzdalkin, A.N. Mataras**
Substantiation of the exposure reference level of Belarus citizens in the situation of existing exposure after the Chernobyl accident 40
- D.B. Kulikovich**
Comparative analysis of methodological approaches to assessing accumulated external exposure doses of persons permanently residing in a contaminated area with radionuclides as a result of the Chernobyl accident for the period 1986-1989 48
- E.K. Nilova, K.N. Buzdalkin, V.L. Samsonov**
Assessment of the activity of remote gamma radiation sources 55

А.В. Рожко, И.В. Веялкин, П.В. Сачек, С.Н. Никонович, В.М. Мицура, С.В. Панкова, О.П. Овчинникова, В.В. Дробышевская

Анализ показателей состояния здоровья населения, проживающего в 21 районе Республики Беларусь, пострадавшем в результате катастрофы на ЧАЭС

61

И.С. Соболевская, Е.С. Пашинская, А.К. Пашинская, И.В. Игнатьева, В.В. Побяржин, С.М. Седловская, С.Л. Соболевский, А.В. Яшкина

Эмбриотоксический эффект экспериментальной темновой депривации

70

Л.Н. Эвентова, А.Н. Матарас, Н.Г. Власова, В.В. Дробышевская, А.Е. Филюстин

Структура рентгенодиагностических исследований и уровни облучения населения Гомельской области за период 2014-2021 гг.

75

Клиническая медицина

Т.М. Астабацян, Д.Б. Нижегородова, В. Григорян, З. Карабекян, М.М. Зафранская

Гуморальные факторы иммунной системы детей, проживающих в экологически неблагоприятных регионах Республики Армения

81

В.И. Бронский, С.В. Толканец, К.В. Бронская, Е.Н. Гаврилюк

Постковидный синдром с позиции экологической психиатрии

88

А.В. Величко, Ю.И. Ярец, А.В. Рожко, З.А. Дундаров

Алгоритм топической диагностики патологии паращитовидных желез с использованием конфокальной лазерной микроскопии

95

Д.Б. Нижегородова, Г.И. Иванчик, Н.А. Морозова, А.М. Старостин, Ж.В. Колядич, М.М. Зафранская

Цитокиновое микроокружение слизистых оболочек в условиях иммунопатологии

104

A.V. Rozhko, I.V. Vejalik, P.V. Sachek, S.N. Nikonovich, V.M. Mitsura, S.V. Pankova, O.P. Ovchinnikova, V.V. Drobyshevskaya

Analysis of some health indicators of the population living in 21 districts of the Republic of Belarus affected by the Chernobyl disaster

I.S. Sobolevskaya, E.S. Pashinskaya, A.K. Pashinskaya, I.V. Ignateva, V.V. Pobyarzhin, S.M. Sedlovskaya, S.L. Sobolevsky, A.V. Yashkina

Embryotoxic effect of experimental dark deprivation

L.N. Eventova, A.N. Mataras, N.G. Vlasova, V.V. Drobyshevskaya, A.E. Filyustin

Structure of X-ray diagnostic studies and levels of exposure to the population of the Gomel region for the period of 2014-2021

Clinical medicine

T.M. Astabatsyan, D.B. Nizheharodava, V. Grigoryan, Z. Karabekyan, M.M. Zafranskaya

Humoral factors of immunity in children living in ecologically unfavorable regions in the Republic of Armenia

V.I. Bronsky, S.V. Tolkanets, K.V. Bronskaya, E.N. Gavrilyuk

Post-COVID syndrome from the perspective of environmental psychiatry

A.V. Velichko, Y.I. Yarets, A.V. Rozhko, Z.A. Dundarov

Algorithm for topical diagnosis of parathyroid gland pathology using confocal laser microscopy

D.B. Nizheharodava, H.I. Ivanchyk, N.A. Marozava, A.M. Starastsin, J.V. Kolyadich, M.M. Zafranskaya

Cytokine microenvironment of mucous membranes in immunopathology

Е.А. Полякова, И.Е. Гурьянова, С.О. Шарпова, И.С. Сакович, М.Г. Шитикова, А.Н. Купчинская, Т.В. Володашчик, Ю.В. Тимохова, Н.В. Агеев, С.Н. Алешкевич, Ю.С. Жаранкова, А.В. Солнцева, М.В. Белевцев

Диагностическая информативность определения продуктов реаранжировок ДНК Т- и В-клеточного рецептора TREC/KREC при общей варибельной иммунной недостаточности

112

И.Г. Савастеева, Ю.И. Ярец, К.В. Бронская, Ю.С. Кандера

Сахарный диабет 2 типа и ассоциированные с ним метаболические нарушения, распространенность среди трудоспособного населения

118

Н.Д. Пузан, В.Н. Беляковский, И.А. Чешик, И. В. Михайлов

Структурно-функциональное состояние сывороточного альбумина пациентов с раком тела матки, проходивших дистанционную гамма-терапию

124

Обмен опытом

Ж.М. Козич, В.Н. Мартинков, Н.И. Ковзик, Д.А. Близин

Экстрamedулярные поражения при плазмоклеточных пролиферациях. Клинический случай

132

З.М. Нагорнова, А.В. Селезнев, В.Е. Корелина, А.В. Куроедов, И.Р. Газизова, Ю.И. Рожко, И.А. Булах

Обзор средств растительного происхождения в альтернативном гипотензивном и нейропротекторном лечении глаукомы

136

А.А. Рожко, И.Р. Газизова

Совокупность структурных, функциональных офтальмологических и лучевых методов диагностики для дифференциации глаукомы низкого давления: клинический случай

149

E.A. Polyakova, I.E. Guryanova, S.O. Sharapova, I.S. Sakovich, M.G. Shitikova, A.N. Kupchinskaya, T.P. Volodashchik, Y.V. Tsimokhava, N. Aheyev, S.N. Aleshkevich, Yu.S. Zharankova, A.V. Solntsava, M.V. Belevtsev

Diagnostic significance of determining products of DNA rearrangements of the T-and-B cell receptor TREC/KREC in common variable immunodeficiency

I.G. Savasteeva, Yu.I. Yarets, K.V. Bronskaya, Yu.S. Kandzera

Type 2 diabetes mellitus and associated metabolic disorders, prevalence within the working-age population

N.D. Puzan, V.N. Belyakovskiy, I.A. Cheshik, I.V. Mihailov

Structural-functional state of serum albumin of uterine body cancer patients undergoing remote gamma therapy

Experience exchange

Zh. M. Kozich, V.N. Martinkov, N.I. Kovzik, D.A. Blizin

Extramedullary lesions in plasma cell proliferations. Clinical case

Z.M. Nagornova, A.V. Seleznev, V.E. Korolina, A.V. Kuroyedov, I.R. Gazizova, Yu.I. Razhko, I.A. Bulakh

Review of herbal remedies in alternative antihypertensive and neuroprotective treatment of glaucoma

A.A. Rozhko, I.R. Gazizova

Combination of structural and functional ophthalmological and radiological methods for differentiating normal-tension glaucoma: clinical case

ОБОСНОВАНИЕ РЕФЕРЕНТНОГО УРОВНЯ ОБЛУЧЕНИЯ ГРАЖДАН РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СИТУАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ, СЛОЖИВШЕЙСЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

¹ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь;

²УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

Впервые научно обоснован переход от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения и разработан проект постановления Совета Министров Республики Беларусь по реализации указанного перехода. Анализ доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и чернобыльского происхождения позволил предложить референтный уровень облучения граждан Беларуси в сложившейся ситуации существующего облучения в 10 мЗв в год. Значение референтного уровня в основном определяется существующим облучением населения от природных источников, преимущественно радона. Доказано, что облучение от чернобыльских выпадений в настоящее время значительно ниже, чем от природных источников. Предложенное значение референтного уровня на постчернобыльский период совпадает с референтным уровнем, принятым в Японии после аварии на АЭС в Фукусиме.

Ключевые слова: ситуация аварийного облучения, ситуация существующего облучения, природные источники ионизирующего излучения, чернобыльское наследие, референтный уровень

Введение

Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) [1] и Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) [2] наряду с ситуациями планируемого и аварийного облучения введено понятие ситуации существующего облучения. Под ситуацией существующего облучения понимают такую ситуацию, когда облучение уже существует и требуется принятие решения о необходимости проведения контроля или мониторинга. К ситуациям существующего облучения относят ситуации облучения от природных источников ионизирующего излучения и строительных материалов, от пищевых продуктов и питьевой воды, которые содержат радионуклиды, а также ситуации облучения от радиоактивных материалов, оставшихся после радиационной аварии.

Ситуация аварийного облучения характеризуется действиями, обусловленными

ми срочностью принятия решений и относительно высокими дозами облучения населения. В ситуации существующего облучения деятельность направлена на снижение доз облучения населения до разумно достижимых уровней в сложившихся обстоятельствах, на улучшение условий жизнедеятельности.

В данном контексте референтным уровнем считается уровень дозы, выше которого планировать допустимое облучение неприемлемо, а ниже которого следует продолжать оптимизацию обеспечения радиационной защиты и безопасности (соответствует определению, приведенному в гигиеническом нормативе «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденном постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829).

Перед принятием решения о переходе от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения необходимо провести анализ доз облучения населения от природных и техногенных источников ионизирующего излучения. По результатам анализа устанавливается референтный уровень дозы облучения граждан в сложившейся ситуации существующего облучения. Для практической реализации перехода от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения разрабатывается соответствующий правовой акт и, при необходимости, вносятся изменения в действующие нормативно-правовые акты.

Цель исследования – предложить и обосновать референтный уровень облучения граждан Беларуси в ситуации существующего облучения, сложившейся после аварии на Чернобыльской АЭС.

Материал и методы исследования

Объектами исследования являлись дозы облучения населения Республики Беларусь. Методы исследования – статистический и мета-анализ.

В исследованиях использованы результаты измерений содержания ^{137}Cs в организме жителей Республики Беларусь, выполненных на спектрометрах излучения человека [3], а также результаты измерений объёмной активности радона в жилых помещениях, проведенных в рамках исследований, поддержанных грантом Министерства образования Республики Беларусь «Картирование радонового риска на территории Республики Беларусь по косвенным показателям радона» (№ гос. регистрации 20163911) [4]. Оценка доз облучения по значениям объёмной активности радона проведена в соответствии с утвержденной методикой [5], основанной на рекомендациях Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН) [6].

Результаты исследования

Согласно Публикации 103 МКРЗ [1], ситуации существующего облучения

обычно осложняются тем, что могут включать несколько путей облучения. Кроме того, в таких ситуациях широкие распределения индивидуальных годовых доз, изменяющихся от очень низких до редких случаев доз, близких к нескольким десяткам миллизивертов. Такие ситуации часто возникают при облучении в условиях жилого помещения радоном, а также в случаях, когда поведение облученных лиц определяет уровень их облучения. Характерным примером является распределение индивидуальных доз облучения населения территорий, подвергшихся долгосрочному радиоактивному загрязнению, которое напрямую отражает различия в рационах питания облученных лиц.

Множественность путей облучения и значимость индивидуального поведения могут создавать трудно контролируемые ситуации облучения. В ответственность регулирующих органов входит принятие решения о юридическом статусе референтного уровня в ситуации существующего облучения, который обычно лежит в диапазоне от 1 мЗв до 20 мЗв по прогнозируемой годовой дозе.

Главными факторами, которые МКРЗ настоятельно рекомендует рассматривать при установлении референтных уровней в ситуациях существующего облучения, являются доступность контроля ситуации и опыт работы в таких ситуациях в прошлом. Облучаемые лица и органы власти в большинстве ситуаций существующего облучения желают снизить уровни облучения до таких, которые близки или равны «нормальным». Это особенно справедливо для ситуаций облучения от радиоактивных материалов, возникших в результате деятельности человека, например, загрязнения после радиационных аварий.

В национальную нормативную правовую базу термин «ситуация существующего облучения» впервые был введен в 2012 году по инициативе Кенигсберга Я.Э. Соответствующие положения были внесены в Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности», утверж-

денные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 213 28 декабря 2012 года. 18 июня 2019 года Законом Республики Беларусь № 198-З «О радиационной безопасности», принятым Палатой представителей 16 мая 2019г. и одобренным Советом Республики 31 мая 2019г., были установлены требования для ситуаций аварийного и существующего облучения, касающиеся порядка определения референтных уровней. Последние изменения в Гигиенический норматив «Критерии оценки радиационного воздействия» внесены в 2022 году.

Следует отметить, что для ситуаций существующего облучения руководством по защите населения является Публикация 111 МКРЗ (2009) [7]. Специальный выпуск указанной публикации был издан после аварии на АЭС «Фукусима-1», в котором предложено устанавливать для населения референтный уровень в диапазоне $1\div 20$ мЗв в год, но с примечанием, что, как правило, нет необходимости превышать уровень 10 мЗв в год. По мнению МКРЗ долгосрочной целью в ситуациях существующего облучения является оптимизации защиты и постепенное снижение уровней облучения населения загрязненных территорий до 1 мЗв в год. При этом среднемировая годовая индивидуальная эффективная доза от всех источников ионизирующего излучения оценивается в 2,2 мЗв [8].

В настоящих исследованиях проведен анализ годовых эффективных доз облучения населения Республики Беларусь с учётом вклада чернобыльских выпадений, природных источников ионизирующего излучения, а также глобальных выпадений радионуклидов после испытаний ядерного оружия. На основе результатов анализа обоснована возможность перехода от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего облучения и предложен референтный уровень облучения населения.

В широкомасштабных исследованиях МКРЗ [9, 10] и НКДАР ООН [6] не проводятся измерения объемной активности торона в регионах с его низкой концентраци-

ей. При этом объемная активность торона либо не учитывается [9], либо принимается за постоянное значение [6]. Вклад остальных природных источников ионизирующего излучения в эффективную дозу облучения населения общеизвестен и незначительно варьирует от региона к региону [8].

Так, изотопная распространённость ^{40}K стабильна и составляет 0,012 % (за счёт периода полураспада ^{40}K в $1,2 \times 10^9$ лет природный калий радиоактивен, его удельная активность 31 кБк/кг). ^{40}K в составе природного калия является неотъемлемым и неустраняемым макроэлементом человеческого организма. Удельное содержание калия в организме может варьировать в зависимости от пола и возраста, но для настоящей оценки незначительно. Природная радиоактивность человека от присутствия ^{40}K составляет в среднем 4,5 кБк. В отличие от вклада во внешнюю дозу, основной вклад ^{40}K в дозу внутреннего облучения вносят электроны, испускаемые при его β^- -распаде в ^{40}Ca , и которые практически полностью поглощаются в тканях, тогда как фотоны с энергией 1460 кэВ, возникающие при электронном захвате $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$, с большой вероятностью не рассеиваются в организме. Кроме того, вероятность β^- -распада ^{40}K в 9 раз выше вероятности электронного захвата.

На территории республики вклад в дозу внешнего облучения ^{40}K , распределенного в окружающей среде, составляет 0,12 мЗв, космогенных радионуклидов (в основном ^7Be , ^{22}Na , ^{24}Na) и нейтронной компоненты космического излучения – 0,40 мЗв [5], нуклидов ториевого ряда – 0,16 мЗв и уранового ряда – 0,1 мЗв [8]. Вклад в годовую дозу внешнего облучения глобальных выпадений оценивается в 0,001 мЗв.

Внутренняя доза облучения населения Республики Беларусь формируется в основном поступлением в организм ^{222}Rn – радона, более подробно о вкладе которого приводится ниже. Торон ^{220}Rn формирует 0,16 мЗв в год [5]. Вклад в дозу внутреннего облучения от поступления в организм других нуклидов уранового и ториевого

рядов оценивается в 0,12 мЗв, среднегодовая эффективная эквивалентная доза в результате распада в органах и тканях организма ^{40}K – 0,17 мЗв [5]. Вклад космогенных радионуклидов ^3H и ^{14}C – 0,015 мЗв, ^{87}Rb – 0,006 мЗв [8]. Эффективная доза внутреннего облучения населения за счет ингаляционного поступления природных радионуклидов с пылью составляет 0,006 мЗв/год [5]. Вклад в годовую дозу внутреннего облучения глобальных выпадений радионуклидов после испытаний ядерного оружия оценивается в 0,002 мЗв.

Таким образом, без учета радона и чернобыльских выпадений средняя годовая индивидуальная эффективная доза населения Республики Беларусь составляет 1,26 мЗв, из которой 0,78 мЗв – внешний компонент (рисунок 1).

Значительную неоднозначность в радиационную обстановку на территории Республики Беларусь вносит ^{222}Rn . В таблице 1 приведены наиболее представительные и достоверные данные о средних значениях эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в жилых помещениях некоторых населенных пунктов Республики Беларусь.

Измерения объемной активности проводились с применением трекового детектора два раза в год в каждом помещении (в те-

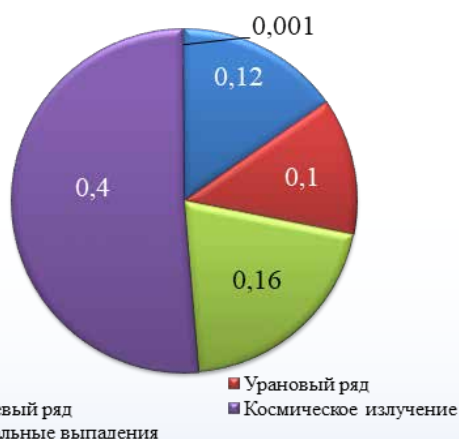


Рисунок 1 – Структура средней индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения жителя Республики Беларусь от природных источников и глобальных выпадений (мЗв в год)

Таблица 1 – Среднегодовая концентрация радона в помещениях и дозы облучения жителей некоторых населенных пунктов от его ингаляции

| Населенный пункт | Среднее значение ЭРОА радона, Бк/м ³ | Средняя эффективная доза облучения от ингаляции радона и его дочерних продуктов распада, мЗв/год |
|---|---|--|
| Гомельская область, Житковичский район: | | |
| г.Житковичи | 17 | 1,2 |
| г.Туров | 20 | 1,3 |
| аг.Люденевичи | 24 | 1,6 |
| д.Рудня | 17 | 1,2 |
| д.Гребень | 19 | 1,3 |
| аг.Кольно | 23 | 1,5 |
| Могилевская область, Шкловский район: | | |
| г.Шклов | 71 | 4,6 |
| д.Забродье | 112 | 7,2 |
| аг.Староселье | 100 | 6,4 |
| аг.Говяды | 102 | 6,6 |
| д.Толкачи | 53 | 3,4 |
| д.Заречье | 75 | 4,9 |
| Витебская область, Лиозненский и Сенненский районы: | | |
| д.Высочаны | 23 | 1,5 |
| д.Горелики | 32 | 2,1 |
| аг.Добромысли | 38 | 2,5 |
| аг.Крынки | 42 | 2,7 |
| аг.Новое Село | 61 | 3,9 |
| д.Перемонт | 32 | 2,1 |
| аг.Богданово | 43 | 2,8 |
| д.Ульяновичи | 80 | 5,2 |
| д.Большой Озерецк | 60 | 3,9 |
| д.Поженьки | 99 | 6,3 |
| аг.Ходцы | 105 | 6,8 |
| д.Новоселки | 45 | 2,9 |
| аг.Белая Липа | 24 | 1,6 |
| д.Липно | 32 | 2,1 |
| аг.Мошканы | 47 | 3,1 |
| д.Константово | 31 | 2,0 |
| д.Кругляны | 23 | 1,6 |
| д.Новая Оболь | 37 | 2,4 |

плый и холодный период) с экспозицией не менее двух месяцев [11]. При выборе помещений для обследования соблюдался принцип пропорциональности по типам жилых домов (деревянные, каменные, многоэтажные), имеющих в населенных пунктах. При выборе населенных пунктов учитывались его размеры и равномерность покрытия региона (стремились к соответствию начальным европейским требованиям: ячейка 10 на 10 км, [12]). При выборе регионов учитывались их геофизические особенности и плотность загрязнения территории радионуклидами чернобыльского генезиса. Данные региональных центров гигиены и эпидемиологии не использовались, так как измерения концентрации радона службами Госсаннадзора, как правило, проводятся только в новых домах, однократно и менее точными аспирационными методами.

Погрешность измерений, результаты которых использовались при оценке ЭРОА радона, приведенных в таблице 1, составляла не более 20%. Однако стандартные отклонения определения среднего значения значительно выше [4].

Индивидуальные годовые эффективные дозы облучения от ингаляции радона и его дочерних продуктов распада, приведенные в таблице 1, рассчитаны в соответствии с методикой [5]. Среднее значение ЭРОА радона в воздухе на открытой территории населенного пункта принималось 6,5 Бк/м³ согласно [1]. Значения, приведенные в таблице 1, характеризуют эффективную дозу внутреннего облучения населения за счет ингаляции в основном короткоживущих дочерних продуктов распада радона. Материнский радионуклид ²²²Rn вносит дополнительный вклад в эту дозу, составляющую примерно 5% от дозы облучения за счет короткоживущих дочерних продуктов. Этот вклад был учтен при расчете ЭРОА радона, приведенных в таблице 1.

Результаты оценки годовых индивидуальных эффективных доз облучения от ингаляции радона и его дочерних продуктов распада свидетельствуют, что облучение населения республики от ингаляции этих

нуклидов может варьировать от 1 до 8 мЗв в год (с учетом неопределенности выполненных измерений). Следует отметить, что в таблице 1 приведены выборочные средние. Как установлено ранее [4], в генеральной совокупности значения 99%-ого квантиля распределения объемной активности радона в исследованных населенных пунктах Шкловского района превышают десятикратное среднереспубликанское значение объемной активности радона (400 Бк/м³), что характерно для критической зоны радоноопасности. В целом северные регионы Могилевской области характеризуются неблагоприятной радоновой обстановкой. Согласно рекомендациям МКРЗ [9, 10], на данных территориях должны быть проведены тотальные измерения объемной активности радона в жилых зданиях с оценкой годовых доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада.

Средние дозы облучения жителей исследованных населенных пунктов Республики Беларусь от всех природных источников ионизирующего облучения и чернобыльских выпадений ¹³⁷Cs [3] сведены в таблице 2. Вклад в дозу облучения ⁹⁰Sr и трансураниевых элементов чернобыльского происхождения на порядки ниже вклада ¹³⁷Cs.

Имеющиеся данные свидетельствуют, что с учетом радона доза облучения населения республики от всех природных источников может варьировать от 2,3 до 9,3 мЗв в год, с учетом погрешности измерений объемной активности радона. Следует отметить, что в таблице 2 приведены консервативные данные по дозам, обусловленным чернобыльскими выпадениями, которые оценены по репрезентативному лицу среди жителей населенного пункта, т.е. среднее по наиболее облучаемой группе. Фактическое среднее значение при этом ниже в 2 -2,5 раза.

Установлено, что в отдаленном поставарийном периоде вклад в дозу облучения радионуклидов чернобыльского происхождения ничтожен практически во всех населенных пунктах Республики Беларусь. Исключения составляют единичные случаи,

Таблица 2 – Средняя доза облучения жителей населенных пунктов от всех природных источников ионизирующего облучения и ^{137}Cs чернобыльского происхождения, мЗв/год

| Населенный пункт | Доза облучения от всех природных источников ионизирующего облучения | Доза облучения от чернобыльских выпадений ^{137}Cs в 2021 году | Суммарная доза облучения |
|---|---|---|--------------------------|
| Гомельская область, Житковичский район: | | | |
| г. Житковичи | 2,5 | 0,07 | 2,5 |
| г. Туров | 2,6 | 0,07 | 2,6 |
| аг. Люденевичи | 2,9 | 0,12 | 3,0 |
| д. Рудня | 2,5 | 0,12 | 2,6 |
| д. Гребень | 2,6 | 0,07 | 2,6 |
| аг. Кольно | 2,8 | 0,07 | 2,8 |
| Могилевская область, Шкловский район: | | | |
| г.Шклов | 5,9 | 0,03 | 5,9 |
| д.Забродье | 8,5 | 0,03 | 8,5 |
| аг.Староселье | 7,7 | 0,04 | 7,7 |
| аг.Говяды | 7,9 | 0,04 | 7,9 |
| д.Толкачи | 4,7 | 0,03 | 4,7 |
| д.Заречье | 6,2 | 0,03 | 6,2 |
| Витебская область, Лиозненский район: | | | |
| д.Высочаны | 2,8 | 0,03 | 2,8 |
| д.Горелики | 3,4 | 0,03 | 3,4 |
| аг.Добромысли | 3,8 | 0,03 | 3,8 |
| аг.Крынки | 4,0 | 0,03 | 4,0 |
| аг.Новое Село | 5,2 | 0,03 | 5,2 |
| д.Перемонт | 3,4 | 0,03 | 3,4 |

причины которых хорошо изучены и сообщены местным жителям – поступление радионуклидов в организм связаны с нарушением общеизвестных рекомендаций по отказу от потребления дикорастущих пищевых продуктов, заготовленных на территории радиоактивного загрязнения. Так, из 65 тысяч жителей загрязненных районов, прошедших в 2022 году обследование на спектрометрах излучения человека, только у 15 лиц (у 0,02% населения) зарегистрированы эффективные дозы внутреннего облучения, превышающие 1 мЗв/год. Характерно, что наибольшая относительная численность таких лиц (один на 2000 об-

следованных) наблюдалась не в самом загрязненном районе, а в регионе, известном охотой, грибными местами, сбором дикорастущих ягод и других «даров леса». В 2023 году, по имеющимся на момент подготовки статьи сведениям, зарегистрировано только три жителя с дозами $1 \div 1,15$ мЗв/год.

Поэтому для постчернобыльской ситуации существующего облучения в Республике Беларусь предлагается принять значение 10 мЗв в качестве референтного уровня годовой эффективной дозы облучения населения от природных источников и остаточного радиоактивного материала.

Постановление о переходе к ситуации существующего облучения позволит поддерживать облучение населения на низком уровне без необоснованных затрат на радиационную защиту. В настоящее время затраты на один предотвращенный Зиверт коллективной дозы в десятки раз выше рекомендуемых для стран с развитой экономикой. Эффективность защитных мер, применяемых в сельском хозяйстве, значительно снизилась

в отдаленный поставарийный период в связи с процессами необратимой сорбции радионуклидов, протекающими в почве и приводящими к снижению и стабилизации его доступности для корневой системы растений. Соответственно, снизился и стабилизировался переход радионуклидов в продукцию животноводства.

Переход от радиационного контроля к дозовому мониторингу значительно, на несколько порядков величины, снизит затраты, в которые входят отбор и транспортировка проб, лабораторные испытания. Так, на территории радиоактивного загрязнения каждые 5 лет проводится радиологическое

обследование почв, несмотря на то, что миграции радионуклидов не наблюдается. Продолжается радиационный контроль питьевой воды из закрытых источников, несмотря на то, что превышение допустимого уровня содержания техногенных радионуклидов было зафиксировано за 37 лет только один раз в мае 1986 года в колодце в Наровлянском районе (ныне зона отчуждения). До сих пор проводится избыточный радиационный контроль кормов и пищевой продукции, при котором регистрируются ожидаемо низкие уровни загрязнения в отсутствие новых радиоактивных выпадений.

С 1986 года население Беларуси находится в ситуации аварийного облучения, несмотря на кардинальное снижение доз облучения в постчернобыльский период. В аварийной ситуации используются общие критерии реагирования, которые значительно выше дозовых пределов облучения, установленных для ситуации существующего облучения. В аварийной ситуации принимаются срочные защитные меры для предотвращения детерминированных и снижения риска стохастических эффектов, а также сельскохозяйственные контрмеры, препятствующие пероральному поступлению радионуклидов.

Согласно международным рекомендациям и национальным нормативным правовым актам к ситуациям существующего облучения относится облучение от остаточного радиоактивного материала, когда необходимо принимать решение о целесообразности ограничения облучения населения. В ситуациях существующего облучения долгосрочные защитные меры, такие как ограничение потребления пищевых продуктов или ограничение землепользования, доступа к территориям, могут сохраняться.

Заключение

В рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021-2025 годы впервые научно обоснован переход от ситуации аварийного облучения, сложившейся в Республике Беларусь после аварии на четвертом энергоблоке Чернобыльской

АЭС, к ситуации существующего облучения. Исследования проведены в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по радиологической защите и Международного агентства по атомной энергии, а также с учетом сложившихся радиоэкологических условий и возможных социально-приемлемых действий.

Анализ доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и чернобыльского происхождения позволил предложить референтный уровень дозы облучения граждан Беларуси в сложившейся ситуации существующего облучения в 10 мЗв в год. Значение референтного уровня в основном определяется существующим облучением населения от природных источников, преимущественно радона. Доказано, что облучение от чернобыльских выпадений в настоящее время значительно ниже, чем от природных источников. Предложенное значение референтного уровня на постчернобыльский период совпадает с референтным уровнем, принятым в Японии после аварии на АЭС в Фукусиме.

При принятии решений о применении мер радиационной и социальной защиты в ситуации существующего облучения предлагается перейти от принципа зонирования территорий к классификации населённых пунктов по средним годовым эффективным дозам облучения т.н. критической группы жителей (репрезентативного лица) этих населённых пунктов. Стратегия защиты должна быть соразмерна радиационным рискам, связанным со сложившейся постчернобыльской ситуацией. Долгосрочные прогнозы ожидаемых доз облучения от выпадений чернобыльских радионуклидов исключают их рост в дальнейшем.

Переход от радиационного контроля к дозовому мониторингу значительно, на несколько порядков величины, снизит затраты, в которые входят отбор и транспортировка проб, лабораторные испытания.

Библиографический список

1. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. – 2008. – Vol 37. – 104 p.

2. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности, часть 3. ВОЗ, МКРЗ, МАГАТЭ, 2015. – 520 с.
3. Дозы облучения населения Беларуси вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции на 2021-2025 гг. / Л.Н. Эвентова [и др.] // Экология. – 2022. – №4. – С. 70-78. <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-4-70-78>.
4. Чеховский, А.Л. Картирование территории Гомельской, Могилевской и Витебской областей по комплексному радоновому показателю и объемной активности радона в жилых зданиях / А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Радиация и риск. – 2016. – Т. 25. – № 4. – С. 126-136.
5. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Инструкция 2.6.1.10-12-22-2006. – Минск: Минздрава Республики Беларусь, 2008. – 20 с.
6. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 года Генеральной Ассамблеи с научными приложениями / под ред. Л.А. Ильина, С.П. Ярмоненко. – М.: РАДЭКОН, 2002. – Т. 2. – 319 с.
7. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. ICRP Publication 111 // Annals of the ICRP. – 2009. – V. 39. – No.3. – 69 p.
8. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – С.96-97.
9. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина // Перевод публикации № 115 МКРЗ. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2013. – 92 с.
10. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах / Публикация № 65 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
11. Методические указания / Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц: МВИ. МН 1111-99. – Минск: Белорусский государственный институт метрологии, 2002. – 19 с.
12. Friedmann, H. Final results of the Austrian radon project / H. Friedmann // Health Physics. – Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. – Vol. 89. – 2005. – P. 339-348.

N.G. Vlasova, K.N. Buzdalkin, A.N. Mataras

SUBSTANTIATION OF THE EXPOSURE REFERENCE LEVEL OF BELARUS CITIZENS IN THE SITUATION OF EXISTING EXPOSURE AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

For the first time, the transition from an emergency exposure situation to an existing exposure situation has been scientifically substantiated and a draft resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus on the implementation of this transition has been developed. The analysis of the radiation doses of the population from natural sources of ionizing radiation and Chernobyl origin allowed us to propose a reference level of exposure of citizens of Belarus in the current situation of the existing exposure of 10 mSv per year. The value of the reference level is mainly determined by the existing exposure of the population from natural sources, mainly radon. It has been proved that the radiation from the Chernobyl fallout is currently significantly lower than from natural sources. The proposed value of the reference level for the post-Chernobyl period coincides with the reference level adopted in Japan after the accident at the Fukushima nuclear power plant.

Key words: *the situation of emergency exposure, the situation of existing exposure, natural sources of ionizing radiation, Chernobyl legacy, reference level*

Поступила 26.03.24