

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(37)

2026 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 19.03.26
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 100 экз.
Усл. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 9,34.
Зак. 158.

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.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздалкин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Велчико (к.м.н., доцент), И.В. Веялкин (к.б.н., доцент), Н.Н. Веялкина (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. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макавич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., профессор, зам. гл. редактора), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), И.В. Назаренко (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., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), Р.М. Тахауов (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (д.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), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, 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

Корректор

Н.Н. Юрченко

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», 2026

№ 1(37)

2026

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

40 лет после аварии на Чернобыльской атомной электростанции

А.В. Рожко, В.М. Мицура, А.В. Жарикова, С.В. Зыблева, Н.Н. Багинская, И.В. Назаренко
40 лет после аварии на ЧАЭС: роль ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» в совершенствовании качества оказания медицинской помощи пострадавшему населению 5

К.Н. Буздалькин, Н.Г. Власова
Закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС 16

С.А. Подберезко, С.Б. Мельнов
Цитогенетические эффекты ионизирующего излучения на гемоциты моллюсков из зоны отчуждения ЧАЭС 23

Ю.В. Чайкова, И.В. Веялкин
Анализ риска развития злокачественных новообразований у персонала Полесского государственного радиационно-экологического заповедника 30

Обзоры и проблемные статьи

О.П. Логинова
Микроэкология влагалища при цервикальной дисплазии: характеристика основных показателей (обзор литературы) 35

М.М. Сулейко, Е.Г. Жук
Ультразвуковое исследование периферических нервов нижних конечностей, дополненное сдвиговой эластографией при диабетической полинейропатии (обзор литературы) 46

Медико-биологические проблемы

К.Ю. Булда, Е.Л. Гасич, А.Д. Коско
Генотипический портрет SARS-COV-2 в Республике Беларусь в период 2020–2021 гг. 54

40 years after Chernobyl nuclear power plant accident

A.V. Rozhko, V.M. Mitsura, A.V. Zharikova, S.V. Zybleva, N.N. Baginskaya, I.V. Nazaranka
40 years after the Chernobyl accident: the role of the State Institution «Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology» in improving the quality of medical care for the affected population 5

C.N. Bouzdalkin, N.G. Vlasova
formation of internal irradiation doses to the population exposed to radiation as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant 16

S.A. Podberezko, S.B. Melnov
Cytogenetic effects of ionizing radiation on hematocytes of mollusks from the Chernobyl exclusion zone 23

Yu.V. Chaikova, I.V. Veyalkin
The risk of malignant neoplasms in the personnel of the Polesie State Radiation and Ecological Reserve 30

Reviews and problem articles

V.P. Lohinava
Vaginal microecology in cervical dysplasia: characteristics of the main parameters (literature review) 35

M.M. Suleiko, E.G. Zhuk
Ultrasound examination of the peripheral nerves of the lower extremities supplemented by shear wave elastography in diabetic polyneuropathy 46

Medical-biological problems

K.Y. Bulda, E.L. Gasich, A.D. Kosko
Genotypic portrait of SARS-COV-2 in the Republic of Belarus in 2020–2021 54

Клиническая медицина

- С.М. Гридюшко, В.Л. Красильникова, О.Н. Дудич, А.М. Прудник**
Дистанция «диск зрительного нерва — макула» как независимый предиктор рефракционных исходов после факоэмульсификации с имплантацией иол 61
- А.О. Жарикова, Я.В. Мордовкина, Т.В. Бобр**
Клинический случай обнаружения напяржённой кисты хиазмально-селлярной области при обследовании пациента с глаукомой 69
- С.Н. Коваль, Е.В. Писпанен, О.А. Худякова, О.С. Ивашкевич**
Анестезиологические аспекты оперативной коррекции ретинопатии недоношенных 76
- К.С. Комиссаров, О.В. Красько, В.С. Пилотович**
Иммуноглобулин А-нефропатия: эпидемиология и клинические фенотипы в Республике Беларусь 85
- Ян Сунь, Вэнь Чэнь, Ли Чжан, Цзин Су, И.В. Назаренко, Д.И. Гавриленко, Лиган Цуй**
Ультразвуковые характеристики лимфомы скелетных мышц (ретроспективное исследование) 92

Обмен опытом

- А.В. Доманцевич, Е.В. Давыдова, В.А. Доманцевич**
Верификация диагноза при транзиторном остеопорозе и асептическом некрозе: сравнительный анализ возможностей современных методов лучевой диагностики 104
- Е.Ф. Мицура, Е.С. Тихонова, И.П. Ромашевская, С.А. Ходулева, А.Н. Демиденко, Е.В. Борисова**
Синдром Фишера — Эванса в практике детского гематолога 112

Clinical medicine

- S.M. Gridjushko, V.L. Krasilnikova, O.N. Dudich, A.M. Prudnik**
The «optic disc — macula» distance as an independent predictor of refractive outcomes after phacoemulsification with IOL implantation
- A.O. Zharikova, Ya.V. Mordovkina, T.V. Bobr**
A clinical case of a tension cyst in the chiasmatal-sellar region during examination of a patient with glaucoma
- S.N. Koval, E.V. Pyspanen, V.A. Hudiakova, V.S. Ivashkevich**
Anesthesiological aspects of surgical correction of retinopathy of prematurity
- K.S. Komissarov, O.V. Krasko, V.S. Pilotovich**
Immunoglobulin A nephropathy: epidemiology and clinical phenotypes in the Republic of Belarus
- Yang Sun, Wen Chen, Li Zhang, Jing Su, I.V. Nazaranka, D.I. Haurylenka, Ligang Cui**
Ultrasound Features in Skeletal Muscle Lymphoma: A Retrospective Observational Study

Experience exchange

- A.V. Domantsevich, E.V. Davydova, V.A. Domantsevich**
Verification of the diagnosis of transient osteoporosis and aseptic necrosis: a comparative analysis of the possibilities of modern methods of radiation diagnosis
- E.F. Mitsura, E.S. Tihonova, I.P. Romashevskaya, S.A. Khoduleva, A.N. Demidenko, E.V. Borisova**
Evans syndrome in the practice of a pediatric hematologist

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПОДВЕРГШЕГОСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

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

Проведён анализ результатов научно-исследовательских работ авторов в 1991–2026 годах, направленных на изучение закономерностей формирования доз внутреннего облучения населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Приведены основные достижения исследований в данном направлении, проблемы и актуальные задачи, которые сегодня требуют решения. В настоящее время значительно возросли угрозы радиологических аварий в результате военных действий и актов терроризма. Важнейшей задачей становится обеспечение готовности к аварийному реагированию, в том числе — разработка научно-методического обеспечения для ситуационных кризисных центров, алгоритмов сортировки граждан с возможными поражениями щитовидной железы. Авария на Чернобыльской АЭС показала катастрофическую нехватку специализированных средств мониторинга ^{131}I в щитовидной железе. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека разрабатывает методы, позволяющие оперативно откалибровать и использовать широко распространённое неспециализированное оборудование (носимые спектрометры и дозиметры) для массового скрининга населения, что особенно важно в условиях дефицита времени и ресурсов.

Ключевые слова: прогноз, доза внутреннего облучения, население, плотность загрязнения, Чернобыльская АЭС

Введение

Исследования закономерностей формирования доз внутреннего облучения населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС, проводятся в Гомеле с 1991 года. Работы начаты силами филиала научно-исследовательского института радиационной медицины. В результате реорганизации учреждений здравоохранения, проведённой в 2002 году, указанные работы продолжают на базе Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека. В настоящее время исследования проводятся в лаборатории радиационной защиты.

Цель исследования — установить основные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, под-

вергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Материал и методы исследования

При подготовке статьи использовались результаты научно-исследовательских работ, в которых в 1991–2026 годах принимали участие авторы. Основные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС, были установлены в результате анализа отчётов о выполнении научно-исследовательских работ.

Результаты исследования

Уникальными исследованиями для Республики Беларусь являются работы, связанные с определением *in vitro* содержания

«чистых» альфа- и бета-излучателей в органах и тканях человека, с последующим расчётом эквивалентных и эффективных доз облучения [1]. Работы проведены под научным руководством Погодина Роберта Ивановича. В 1993–1997 годах оценка содержания изотопов плутония в организме взрослого населения Республики Беларусь проводилась по результатам радиохимического определения указанных радионуклидов в скелете, лёгких, печени и лимфоузлах. В частности установлено, что изотопы плутония, поступившие в результате резорбции из лёгких в кровеносную систему, распределяются в организме по органам в следующей пропорции: печень — 33%, скелет — 51%, остальные органы — 6 процентов. Выводится из организма только 10% плутония. Также по 346 парам экспериментальных данных статистическими методами установлена корреляционная зависимость между плотностью загрязнения территории населённых пунктов изотопами плутония и содержанием его в организме взрослого населения.

Результаты исследований были применены при разработке математической модели, позволяющей прогнозировать содержание указанных радионуклидов в критических органах. Средняя резорбция плутония из лёгких в кровь в модели принималась равной скорости выщелачивания радионуклидов из частиц топливной матрицы с постоянной 0,77 года. Однако в модели присутствовали определённые допущения относительно продолжительности поступления радионуклидов. Например, поступление плутония в организм людей считалось однократным, а не хроническим, так как основными источниками были определены ингаляция во время прохождения радиоактивного облака и вторичное пылеобразование в течение весны — лета 1986 года. Первоначальное содержание плутония в лёгких принималось равным содержанию в организме в 1993–1997 годах с учётом выведения.

Тем не менее, полученные закономерности использовались для оценки уровней содержания изотопов плутония в крити-

ческих органах лиц, с 1986 года проживающих в районах с различной плотностью загрязнения, на любой период времени. Результаты исследований были высоко оценены научным сообществом и размещены на портале МАГАТЭ в Международной системе ядерной информации INIS.

В эти же годы исходными данными для восстановления дозы от ^{90}Sr являлись функции годового алиментарного поступления, полученные в результате длительного изучения содержания радионуклида в основных продуктах питания, зубах детей и во всём организме. Радиохимическое определение содержания ^{90}Sr в костной ткани людей, проживающих на загрязнённых территориях (свыше 2500 проб) и зубах детей (свыше 180 проб из 4500 зубов) проводилось Ольгой Михайловной Храменковой. При реконструкции, оценке и прогнозе доз облучения от ^{90}Sr предполагалось, что динамика его содержания в зубах детей отражает величину поступления с рационом, а содержание ^{90}Sr в организме практически полностью обусловлено поступлением радионуклида с пищей.

С конца 90-х содержание «чистых» альфа- и бета-излучателей в биологических образцах инструментальными методами не определяется, мониторинг трупного материала в республике не проводится. Несмотря на то, что указанные радионуклиды в результате пожаров и пылеобразования продолжают, пусть и в меньшей степени, подниматься в зону дыхания и поступать ингаляционным путём в организм. В данной ситуации целесообразно в разумных объёмах продолжить мониторинг содержания в организмах людей, проживавших в Брагинском и Хойникском районах, изотопов плутония, ^{241}Am и ^{90}Sr .

Важное значение мониторинга содержания указанных радионуклидов в организме персонала атомных электростанций подчеркнула миссия МАГАТЭ, посетившая Белорусскую АЭС перед ввозом ядерного топлива в 2019 году. В настоящее время реализуется международный проект технического сотрудничества МАГАТЭ, в рам-

ках которого запланировано создание лаборатории внутренней дозиметрии на базе Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека. Для контроля содержания в моче персонала изотопов плутония, ^{241}Am и ^{90}Sr будет поставлено оборудование.

В 1990-х годах определение дозы внутреннего облучения от ^{137}Cs основывалось как на результатах прямых инструментальных измерений его содержания в организме на спектрометре излучения человека, так и на оценке поступления радионуклидов с продуктами питания местного производства. В ходе масштабных измерений содержания ^{137}Cs в организмах жителей загрязнённых районов формировались базы данных доз внутреннего облучения. Изучены основные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, подвергнутого радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В итоге было доказано, что в населённых пунктах значительные превышения доз внутреннего облучения над средним значением связаны с употреблением «даров леса» — грибов, дичи и ягод, а также молока из частного сектора. Лесные продукты жителей, игнорирующих предупреждения Минздрава, формировали до 80% суммарной индивидуальной эффективной дозы облучения. На основе установленных закономерностей дозоформирования разработали новые методы и модели для оценки и прогноза доз внутреннего облучения населения, в которые были добавлены новые параметры, отражающие степень доступности для населения лесных продуктов и наличия коров в подсобных хозяйствах [2].

Соответственно, стала очевидной второстепенная роль в формировании доз внутреннего облучения продукции общественного сектора. Так как защитные мероприятия проводились в общественном секторе сельскохозяйственного производства, то и их эффективность по предотвращаемой дозе облучения была невелика [3]. В животноводстве в качестве защитных мер в основном применялось улучшение есте-

ственных сенокосов и пастбищ. Со временем некультуренных кормовых угодий не осталось и эффективность «молочных» защитных мероприятий также резко снизилась. В итоге очень дорогой стала цена одного предотвращённого человеко-зиверта — в десять раз выше рекомендованной в то время международными организациями величины, составляющей 20 тыс. евро за 1 предотвращённый человеко-зиверт [4].

Ко второй половине 90-х годов, после того как общество убедилась, что существующие уровни облучения населения не угрожают непосредственно жизни и здоровью людей, в радиационной защите населения акценты были смещены с минимизации последствий аварии на реабилитацию загрязнённых территорий. Концепция реабилитации была разработана под руководством академика Российской академии сельскохозяйственных наук Рудольфа Михайловича Алексахина. В Республике Беларусь основные положения концепции реабилитации загрязнённых территорий поддержали.

Гомельский филиал научно-исследовательского института радиационной медицины участвовал в реабилитации пострадавшего населения, где главное внимание должно было уделяться не территориям, а здоровью и качеству жизни людей, проживающих на загрязнённых территориях [5]. Ответственным исполнителем данного направления являлся Леонид Александрович Чунихин [6]. Разрабатывались программы реабилитации отдельных районов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, схемы радиационной реабилитации загрязнённых территорий. Новое направление потребовало разработки новой методологии оценки реализуемых программ реабилитации, критериев, методов и моделей для оценки их эффективности [7, 8].

В 2000-х годах реабилитация территорий закончилась и государственные программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС были переориентированы на возрождение пострадавших территорий. В настоящее время лаборатория радиационной защиты Республиканского научно-практического

центра радиационной медицины и экологии человека продолжает участвовать в данном процессе в части возврата в сельскохозяйственное использование земель, ранее признанных радиационно опасными. Согласно действующим нормативным правовым актам, при вводе их в оборот Министерству здравоохранения необходимо подготовить прогноз доз облучения работников, которые ожидаются при выполнении работ на указанных участках [9]. Как показывает опыт возвращения таких земель в оборот, плотность их загрязнения ^{137}Cs редко превышает 5 Ки/км², т.е. в категорию радиационно опасных их определили не по радиационному фактору, а по экономическим причинам (некому работать, далеко расположены, нет дорог и т.д.).

В то же время в Республике Беларусь не разрабатывались и не утверждались в установленном порядке методики оценки доз облучения работников, ожидаемых при работах на участках земель, переводимых из категории радиационно опасных в хозяйственное пользование. Актуальность разработки заключается в том, что опыт прогнозирования доз облучения показал, наличие научно-обоснованной возможности не менее чем на 30% снизить неопределённость существующих прогнозов. Указанная возможность может быть реализована путём применения более точных дозовых коэффициентов, (мкЗв/час)/(Ки/км²), учитывающих типы почв и глубину их агротехнической обработки после выпадения радионуклидов, а также уточнения затрат времени на различные сельскохозяйственные операции. Социально-экономический эффект разработки был бы обусловлен обоснованным и оперативным переводом участков земель из категории радиационно опасных в хозяйственное пользование.

В рамках государственных программ Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Республиканским научно-практическим центром радиационной медицины и экологии человека разработана методология прогноза накопленных доз облучения, зна-

чения которых необходимы при радиационно-эпидемиологических исследованиях. В том числе разработана и апробирована модель для прогноза индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения.

Прогноз доз внутреннего облучения населения представляет особую сложность, поскольку они являются весьма переменными величинами. Разброс доз внутреннего облучения жителей одного населённого пункта достигает двух порядков величины вследствие разнообразия радиационно-экологических и социально-демографических условий проживания, а также социально-поведенческих особенностей жителей различных населённых пунктов, различного восприятия фактора радиационной опасности. Поэтому при моделировании индивидуализированных доз применяются установленные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, подвергнутого радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Модель позволяет снизить неопределённость оценки индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения не менее чем на 20 процентов. Прогностическая ценность метода прогнозирования повышена не менее чем на 10 процентов. Улучшение указанных показателей достигнуто в результате учёта доз репрезентативного лица в населённых пунктах и повышения требований к обучающей выборке при калибровке модели. Прогнозные значения индивидуализированных доз внутреннего облучения, рассчитанные по модели, не отклоняются от инструментальных значений более чем на 35%. Как и следовало ожидать, наибольшие расхождения наблюдались в области сверхмалых доз внутреннего облучения, т.е. доз, рассчитанных по значениям активности ^{137}Cs в организме, которые ниже минимально детектируемых спектрометром излучения человека [10].

Впервые сделан прогноз индивидуализированных доз внутреннего облучения, накопленных за период с 1986 по 2056 год, что соответствует 70 годам жизни человека, родившегося в год аварии на ЧАЭС. Указанный

прогноз основан как на инструментальных данных о содержании ^{137}Cs в организме в постварийный период, так и на прогнозируемых дозах облучения. Установлено, что за 70 лет жизни суммарная индивидуализированная эффективная доза облучения на всей территории Республики Беларусь и во всех когортах населения не превысит 70 мЗв [11].

В связи с переходом из ситуации аварийного облучения в ситуацию существующего облучения Республиканским научно-практическим центром радиационной медицины и экологии человека впервые научно обоснован референтный уровень облучения граждан Республики Беларусь в ситуации существующего облучения, сложившейся после аварии на Чернобыльской АЭС [12]. В настоящее время внутренняя доза облучения населения Республики Беларусь формируется в основном поступлением в организм ^{222}Rn и другими природными источниками. Без учёта радона и чернобыльских выпадений средняя годовая индивидуальная эффективная доза населения Республики Беларусь составляет 1,26 мЗв, из которой 0,78 мЗв — внешний компонент.

Облучение населения республики от ингаляции радона и его дочерних продуктов распада варьирует от 1 до 8 мЗв в год в ряде населённых пунктов (с учётом неопределённости выполненных измерений). Международная комиссия по радиологической защите рекомендует в таких населённых пунктах проводить тотальные измерения объёмной активности радона в жилых зданиях с оценкой годовых доз облучения от радона и его дочерних продуктов распада [15].

Торон ^{220}Rn формирует 0,16 мЗв в год, вклад в дозу внутреннего облучения от поступления в организм других нуклидов уранового и ториевого рядов оценивается в 0,12 мЗв, среднегодовая эффективная доза в результате распада в организме ^{40}K — 0,17 мЗв [14]. Вклад космогенных радионуклидов ^3H и ^{14}C — 0,015 мЗв, ^{87}Rb — 0,006 мЗв [13]. Эффективная доза внутреннего облучения населения за счёт ингаляционного поступления природных радионуклидов с пылью составляет

0,006 мЗв/год [13]. Вклад в годовую дозу внутреннего облучения глобальных выпадений радионуклидов после испытаний ядерного оружия оценивается в 0,002 мЗв.

Вклад ^{40}K , распределённого в окружающей среде, в годовую эффективную дозу внешнего облучения составляет 0,12 мЗв, космогенных радионуклидов и нейтронной компоненты космического излучения — 0,40 мЗв, нуклидов ториевого ряда — 0,16 мЗв, уранового ряда — 0,1 мЗв [13, 14]. Вклад глобальных выпадений в годовую дозу внешнего облучения оценивается в 0,001 мЗв.

Проведённый анализ доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и радионуклидов чернобыльского происхождения позволил предложить референтный уровень дозы облучения граждан Беларуси в сложившейся ситуации существующего облучения в 10 мЗв в год (от сочетанного воздействия техногенных и природных источников). В Японии после радиологической аварии в Фукусиме также установлен референтный уровень дозы облучения 10 мЗв в год для ситуации существующего облучения.

Подготовлен проект постановления Совета Министров Республики Беларусь о переходе к ситуации существующего облучения, которое позволит внести изменения в нормативно-правовые акты с учётом особенностей условий проживания и практической деятельности в Республике Беларусь. Принятие данного постановления сделает возможным поддержание облучения населения на низком уровне без необоснованных затрат на радиационную защиту.

Заключение

Установленные закономерности формирования доз внутреннего облучения населения, подвергшегося радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС, позволяют выполнять научно-обоснованные прогнозы и проводить реконструкцию доз внутреннего облучения. Рассчитанные с применением модели индивидуализированные накопленные с момента аварии дозы облучения лиц, вклю-

чѐнных в Госрегистр, позволяют более достоверно проводить радиационно-эпидемиологические исследования по установлению зависимости «доза — эффект» и оценку рисков отдалѐнных последствий радиационного воздействия. В том числе проводить эпидемиологические исследования развития радиационно-зависимых заболеваний лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС, с учётом полученных ими индивидуализированных накопленных доз облучения.

Выявление групп повышенного радиационного риска обеспечит оказание адресной медицинской помощи и, соответственно, снижение уровня заболеваемости и смертности населения в целом. Прогноз накопленных доз облучения населения является обоснованием при планировании хозяйственной деятельности и развитии системы здравоохранения на территориях радиоактивного загрязнения.

Теоретические расчѐты безопасности реакторов, проводимые при проектировании современных атомных электростанций, показывают, что вероятность тяжѐлой аварии крайне низка благодаря многоуровневым системам защиты, составляя менее 10^{-6} на реактор в год (одна авария в миллион лет). Однако только за последние 70 лет произошло четыре крупных аварии на объектах использования атомной энергии, вызвавшие тяжѐлые последствия, — в 1957, 1979, 1986 и 2011 годах.

Если провести статистический анализ исторических данных с помощью искусственного интеллекта, доступ к которому открыт в Google Chrome, то эмпирическая вероятность крупной аварии (расплавления активной зоны) составит один раз в $10 \div 20$ лет для всего мирового парка реакторов. Следует также учесть, что в нашем регионе в настоящее время также возросла угроза радиологических аварий в результате обострившейся международной военно-политической обстановки.

В указанных условиях важнейшей задачей лаборатории радиационной защиты Республиканского научно-практического

центра радиационной медицины и экологии человека становится обеспечение готовности к аварийному реагированию. На базе лаборатории создана научно-методическая группа Ситуационного кризисного центра Министерства здравоохранения Республики Беларусь. В задачи группы входит разработка методического обеспечения для Ситуационного кризисного центра.

Критически важной при медицинском аварийном реагировании является сортировка граждан с возможными поражениями щитовидной железы. При разрывах трубопроводов энергоблоков на мощности происходит выброс радиоактивного йода и необходим оперативный масштабный дозиметрический контроль населения. Авария на Чернобыльской АЭС показала катастрофическую нехватку специализированных средств мониторинга ^{131}I в щитовидной железе. Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека разрабатывает методы, позволяющие оперативно откалибровать и использовать широко распространѐнное неспециализированное оборудование (носимые спектрометры и дозиметры) для массового скрининга населения, что особенно важно в условиях дефицита времени и ресурсов.

Библиографический указатель

1. Содержание изотопов плутония в критических органах жителей Гомельской области в послеварийный период / Р.И. Погодин, О.М. Храменкова, С.В. Лещева, К.Н. Буздалкин / Материалы международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии» (28-30 октября 1997 г.). – Минск, 1997. – С.103-104.
2. Шевчук, В.Е. Динамическая модель для оценки доз внутреннего облучения жителей сельских населенных пунктов / В.Е. Шевчук, Л.А. Чунихин, К.Н. Буздалкин // Экологическая антропология: Материалы VII Международной научно-практической конференции «Экология человека в постчернобыльский период». – Минск, 1999. – С. 393-396.
3. Буздалкин, К.Н. Снижение эффективности противорадиационных контрмер в поставарийный период / К.Н. Буздалкин, Л.А. Чунихин, В.Е. Шевчук // Экологическая антропология. – Минск, 1997. – С. 36-47.
4. Чунихин, Л.А. Контрмеры в сельских населенных пунктах на территории воздействия чернобыльских выпадений: модель оценки динамики эффективности по дозе внутреннего облучения / Л.А. Чунихин, К.Н. Буздалкин, В.Е. Шевчук //

Сборник научных трудов III съезда радиобиологов (12-15 октября 1997 г.). – М., 1998. – С. 87-88.

5. Шевчук, В.Е. Реабилитация пострадавшего в результате Чернобыльской аварии населения: модель для оценки величины реабилитационного барьера / В.Е. Шевчук, Л.А. Чунихин, К.Н. Буздалкин // Чернобыль: экология и здоровье. – 1998. – № 2(6). – С. 97-98.

6. Чунихин, Л.А. Некоторые аспекты радиационной защиты населения в восстановительный период аварии на ЧАЭС при проведении реабилитации / Л.А. Чунихин, К.Н. Буздалкин, В.Е. Шевчук // Чернобыль: экология и здоровье. – 1998. – № 1(5). – С. 49-63.

7. Буздалкин, К.Н. «Гвоздь целесообразности» как метод количественной оценки суммарной эффективности противорадиационных мероприятий и эволюции последствий их применения / К.Н. Буздалкин, Л.А. Чунихин, В.Е. Шевчук // Материалы научно-практической конференции «Актуальные вопросы медицинской реабилитации населения, пострадавшего вследствие Чернобыльской катастрофы». – Минск, 1997. – С. 32-34.

8. Модель для комплексной оценки постчернобыльской ситуации в загрязненных районах / Л.А. Чунихин, В.Е. Шевчук, К.Н. Буздалкин [и др.] // Экологическая антропология: Материалы VII Международной научно-практической конференции «Экология человека в постчернобыльский период». – Минск, 1999. – С. 391-393.

9. Власова, Н.Г. Прогноз доз облучения работников при возврате земель в использование / Н.Г. Власова, К.Н. Буздалкин, Е.К. Нилова // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2025. – № 3(35). – С. 13-18.

10. Реконструкция индивидуализированных доз внутреннего облучения в условиях неопределенности и неполных данных СИЧ-измерений / Н.Г. Власова, К.Н. Буздалкин, Л.Н. Эвентова [и др.] // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2024. – № 2(32). – С. 48-55.

11. Прогноз индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения / Н.Г. Власова, К.Н. Буздалкин, Л.Н. Эвентова [и др.] // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2025. – № 2(34). – С. 14 – 20.

12. Власова, Н.Г. Обоснование референтного уровня облучения граждан Республики Беларусь в ситуации существующего облучения, сложившейся после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.Г. Власова, К.Н. Буздалкин, А.Н. Матарас // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2024. – № 1(31). – С.48-55.

13. Козлов, В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов. – 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.

14. Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Инструкция 2.6.1.10-12-22-2006. – Минск: Минздрав Республики Беларусь, 2008. – 20 с.

15. 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.

C.N. Bouzdalkin, N.G. Vlasova

FORMATION OF INTERNAL IRRADIATION DOSES TO THE POPULATION EXPOSED TO RADIATION AS A RESULT OF THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

The analysis of the results of the authors' research in 1991-2026 aimed at studying the patterns of formation of doses of internal radiation to the population exposed to radiation as a result of the Chernobyl nuclear power plant accident is carried out. The main achievements in this area of research, problems and actual tasks that need to be solved at the present time are presented. Currently, the threat of radiological accidents as a result of military operations and acts of terrorism has increased significantly. The most important task is to ensure emergency response readiness, including the development of scientific and methodological support for situational crisis centers. This includes sorting out citizens with possible thyroid disorders. The accident at the Chernobyl nuclear power plant showed a catastrophic shortage of specialized monitoring tools for ^{131}I in the thyroid gland. The Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology develops methods that make it possible to quickly calibrate and use widespread non-specialized equipment (wearable spectrometers and dosimeters) for mass screening of the population, which is especially important in conditions of time and resource constraints.

Key words: forecast, internal radiation dose, population, contamination density, Chernobyl Nuclear Power Plant

Поступила 04.03.26