

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(32)

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 27.09.24
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 120 экз.
Усл. печ. л. 21,25. Уч.-изд. л. 12,94.
Зак. 524.

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. Кортаев (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

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», 2024

№ 2(32)

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.В. Рожко, С.В. Зыблева, А.В. Жарикова,
В.М. Мицура, Н.Н. Багинская**

Роль государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» в системе здравоохранения и перспективы его развития

7

Э.В. Вист, А.В. Бойко, М.М. Селицкий

Воспаление как движущая сила нейродегенерации. Основы персонализированной диагностики и лечения (обзор литературы)

15

**Ж.М. Козич, В.Н. Мартинков, Н.Н. Климович,
Т.В. Руденкова, С.А. Костюк,
Н.В. Сердюкова**

Новые подходы в диагностике и терапии множественной миеломы (обзор литературы)

23

Н.И. Тимофеева, Е.Г. Жук

Оценка жесткости паренхимы почечного аллотрансплантата сдвиговой волновой соноэластографией (обзор литературы)

29

Медико-биологические проблемы

**Т.Э. Владимирская, И.Э. Адзериho,
А.М. Устемчук**

Оценка эндотелиального апоптоза в легочных артериях крыс с монокроталин-индуцированной легочной артериальной гипертензией

37

**Н.Г. Власова, К.Н. Буздалькин, Л.Н. Эвентова,
А.Н. Матарас, Г.Н. Евтушкова,
Д.Б. Куликович**

Реконструкция индивидуализированных доз внутреннего облучения в условиях неопределенности и неполных данных СИЧ-измерений

44

Д.Б. Куликович

Сравнительный анализ методов реконструкции индивидуализированных доз внешнего облучения населения, проживающего на радиоактивно-загрязненной территории

50

Reviews and problem articles

**A.V. Rozhko, S.V. Zybleva, A.V. Zharikova,
V.M. Mitsura, N.N. Baginskaya**

The role of state institution «Republican research center for radiation medicine and human ecology» in the healthcare system and its development prospects

E.V. Vist, A.V. Boika, M.M. Sialitski

Inflammation as a driving force of neurodegeneration. Fundamentals of personalized diagnostics and treatment

**Zh.M. Kozich, V.N. Martinkov, N.N. Klimovich,
T.V. Rudenkova, S.A. Kostyuk,
N.V. Serdyukova**

New approaches in the diagnosis and treatment of multiple myeloma (review)

N.I. Timofeeva, E.G. Zhuk

Shear wave ultrasound elastography in assessing the stiffness of the renal allograft parenchyma (literature review)

Medical-biological problems

**T.Ye. Vladimirskaja, I.Ye. Adzeriho,
A.M. Ustemchuk**

Assessment of endothelial apoptosis in the pulmonary arteries of rats with monocrotaline-induced pulmonary arterial hypertension

**N.G. Vlasova, K.N. Buzdalkin, L.N. Eventova,
A.N. Mataras, G.N. Yevtushkova,
D.B. Kulikovich**

Reconstruction of individualized radiation doses under conditions of uncertainty and incomplete of whole-body γ -spectrum analyzer measurement data

D.B. Kulikovich

Comparative analysis of methods for reconstruction of individualized external exposure doses to population living in a radioactively contaminated territory

Е.В. Мартищенко, Н.Д. Пузан, Г.З. Гутцева, И.А. Чешик

Результаты опроса респондентов Гомельской и Витебской областей относительно наиболее часто используемых в повседневной жизни устройств (видов связи)

58

Е.К. Нилова, К.Н. Буздалкин

Методология экспресс-оценки радиационной обстановки с применением мобильной лаборатории

65

Т.В. Переволоцкая, А.Н. Переволоцкий

Оценка радиационной обстановки и внешнего облучения работников лесного хозяйства при проведении работ в I и II зонах радиоактивного загрязнения

73

Д.В. Чарнаштан, Ю.В. Бондарева, Ф.Н. Карпенко, М.П. Потапнев, Н.В. Чуешова, Н.Н. Веялкина, Н.Г. Мальцева, Э.А. Надыров, Д.А. Зиновкин, В.И. Николаев

Доклиническая оценка эффективности интрамедуллярной биокompозитной костной пластики в ранние сроки после имплантации бесцементного бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава у лабораторных крыс

79

Н.В. Чуешова, В.М. Щемелев, Е.А. Щурова, И.А. Чешик

Антиоксидантная система печени крыс-самцов на разных этапах онтогенеза в условиях хронического воздействия электромагнитного поля низкой интенсивности

87

Клиническая медицина

А.Ю. Захарко, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко, М.Ю. Жандаров, А.Р. Ромбальская

Анализ случаев гладкомышечных опухолей матки с неопределенным злокачественным потенциалом (STUMP) в ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека»

95

E.V. Martischenkova, N.D. Puzan, G.Z. Gutseva, I.A. Cheshik

The results of the survey of respondents of the Gomel and Vitebsk regions regarding the most commonly used devices (types of communication) in everyday life

E.K. Nilova, K.N. Buzdalkin

Methodology for express assessment of the radiation situation using a mobile laboratory

T.V. Perevolotskaya, A.N. Perevolotsky

Assessment of the radiation situation and external exposure of forestry workers during work in the I and II zones of radioactive contamination

D.V. Charnashtan, Yu.V. Bondareva, F.N. Karpenko, M.P. Potapnev, N.V. Chueshova, N.N. Vejalkina, N.G. Mal'ceva, E.A. Nadyrov, D.A. Zinovkin, V.I. Nikolaev

Preclinical evaluation of the effectiveness of intramedullary biocomposite bone grafting in the early period after implantation of cementless femoral component of hip arthroplasty in laboratory rats

N.V. Chueshova, V.M. Schemelev, E.A. Shchurova, I.A. Cheshik

Antioxidant system of the liver of male rats at different stages of ontogenesis under conditions of chronic exposure to low-intensity electromagnetic field

Clinical medicine

A.Yu. Zaharko, A.S. Podgornaya, O.V. Murashko, M.Yu. Zhandarov, A.R. Rombalskaya

Analysis of cases of smooth muscle tumors of the uterus with uncertain malignant potential (STUMP) at the SI «Republican research center for radiation medicine and human ecology»

С.Л. Зыблев, А.Е. Силин, В.Н. Мартинков, С.В. Зыблева, А.В. Величко, Б.О. Кабешев		S.L. Zyblev, A.E. Silin, V.N. Martinkov, S.V. Zybleva, A.V. Velichko, B.O. Kabeshev	
Динамика уровня такролимуса у реципиентов почечного трансплантата	100	Dynamics of tacrolimus levels in renal transplant recipients	
С.А. Иванов, О.Г. Хоров, А.М. Юрковский, А.С. Богомаз		S.A. Ivanov, O.G. Khorov, A.M. Yurkovsky, A.S. Bogomaz	
Замещение дефектов наружного носа с использованием хрящевых аллогraftов: послеоперационные осложнения и косметические результаты	105	Nasal defect reconstruction using cartilage allografts: postoperative complications and cosmetic outcomes	
Т.Х. Нгуен, Д.Ш. Нгуен, В.Д. Чан, Ф.К. Дао, Т.Б.Л. Нгуен, М.Т. Нгуен		T.H. Nguen, D.Sh. Nguen, V.D. Chan, F.K. Dao, T.B.L. Nguen, M.T. Nguen	
Распространенность респираторных симптомов у рабочих промышленных предприятий	111	Prevalence of respiratory symptoms in industrial workers	
И.А. Новикова, К.С. Макеева, Е.Ф. Мицура		I.A. Novikova, K.S. Makeyeva, E.F. Mitsura	
Параметры функциональной активности нейтрофилов у детей с наследственным сфероцитозом	121	Parameters of neutrophil functional activity in children with hereditary spherocytosis	
Э.А. Повелица, О.В. Пархоменко, В.А. Рожко, В.А. Доманцевич, А.В. Доманцевич, А.А. Чулков, А.М. Шестерня, О.Г. Жариков		E.A. Povelitsa, O.V. Parhomenko, V.A. Rohko, V.A. Domantsevich, A.V. Domantsevich, A.A. Chulkov, A.M. Shesternya, O.G. Zharikov	
Хирургическое лечение андрогенитальных проявлений варикозной болезни малого таза	127	Surgical treatment of androgenital manifestations of pelvic vein disease	
Э.А. Повелица, О.В. Пархоменко, В.А. Рожко, В.А. Доманцевич, А.М. Шестерня		E.A. Povelitsa, O.V. Parhomenko, V.A. Rozhko, V.A. Domantsevich, A.M. Shesternya	
Микрохирургическая флебэктомия вен семенного канатика с использованием системы визуализации 3d NGENUITY	136	Microsurgical phlebectomy of the spermatic cord veins using the 3d NGENUITY visualization system	
Е.В. Родина, Д.И. Гавриленко, Н.И. Корженевская, О.А. Романива, А.П. Саливончик, Н.Г. Кадочкина, С.Н. Коржева, Е.В. Семеняго, Е.П. Науменко		A.V. Rodzina, D.I. Haurylenka, N.I. Korzhaneuskaya, A.A. Romaniva, A.P. Salivontchik, N.G. Kadotchkina, S.N. Korzhava, Ye.V. Semeniah, A.P. Naumenka	
Структурно-функциональные изменения сердца у пациентов, перенесших ИНФЕКЦИЮ COVID-19	142	Structural and functional cardiac changes in patients with COVID-19 infection	
А.А. Чулков, З.А. Дундаров, А.В. Величко, Б.О. Кабешев, Э.А. Повелица, Я.Л. Навменова, Ю.И. Ярец		A.A. Chulkov, Z.A. Dundarov, A.V. Velichko, B.O. Kabeshev, E.A. Povelitsa, Ya.L. Navmenova, Yu.I. Yarets	
Клинико-лабораторная оценка функции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси у пациентов после унилатеральной адреналэктомии	148	Clinical and laboratory evaluation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in patients after unilateral adrenalectomy	

Обмен опытом**Experience exchange****А.В. Жарикова, Н.В. Лысенкова**

Мультидисциплинарный подход — залог успешности лечения пациентов с хронической мигренью 154

А.С. Подгорная, А.Ю. Захарко, О.В. Мурашко, В.Н. Калачев

ACUM — редкая мюллеровая патология (клинический случай) 161

Н.В. Холупко, Я.Л. Навменова, Е.С. Махлина, А.В. Коротаев, А.В. Рожко

Амиодарон-индуцированный тиреотоксикоз: клинический случай 167

A.V. Zharikova, N.V. Lysenkova

Multidisciplinary approach is the key to successful treatment of patients with chronic migraine

A.S. Podgornaya, A.Yu. Zakharko, O.V. Murashko, V.N. Kalachev

ACUM — rare mullerian pathology (clinical case)

N.V. Kholupko, Ya.L. Navmenova, E.S. Makhlina, A.V. Korotaev, A.V. Rozhko

Amiodarone-induced thyrotoxicosis: a clinical case

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ И ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В I И II ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ФГБУ «Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии
НИЦ «Курчатовский институт», г. Обнинск, Россия

Выполнены прогнозные расчеты динамики плотности загрязнения почвы ^{137}Cs и мощности эквивалента амбиентной дозы на примере 100 лесных кварталов с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs от 50 до 550 кБк/м² и дозы внешнего облучения работников при выполнении лесохозяйственных работ. Показано, что за временной период с 2024 по 2064 г. основное количество лесных кварталов будет относиться к I зоне радиоактивного загрязнения, в течение этого времени прогнозируется уменьшение количества кварталов в Ib подзоне и увеличение в Ia. К 2084 г. половина лесных кварталов перейдет в категорию условно незагрязненных территорий. В период с 2024 по 2084 г. прогнозируется 4-кратное снижение межквартильного интервала мощности эквивалента амбиентной дозы на высоте 1 м и дозы внешнего облучения работающих в лесных насаждениях, обусловленного γ -излучением ^{137}Cs .

Ключевые слова: лесные насаждения, плотность загрязнения почвы, ^{137}Cs , зона радиоактивного загрязнения, мощность эквивалента амбиентной дозы, доза внешнего облучения, работники лесного хозяйства

В результате аварии на Чернобыльской АЭС более 2 млн. га лесов Республики Беларусь оказались загрязнены ^{137}Cs свыше 37 кБк/м² [1]. При этом в первые годы после аварии у работников лесного хозяйства формировались в 1,5–3 раза бóльшие дозы внешнего облучения относительно других профессий, что было обусловлено преобладанием радионуклидов в поверхностных почвенных слоях при низкой интенсивности миграции вглубь почвы [2–4]. Несмотря на то, что с момента аварии прошло почти 40 лет и площадь загрязненных лесов сократилась до 1,27 млн. га [1], проблема повышенного внешнего облучения работников лесного хозяйства не утратила актуальности [5–9]. Так, в 2007–2013 гг. на территориях лесхозов, находящихся в II и III зонах радиоактивного загрязнения, у 80% работающих в лесу формировалась доза внешнего облучения от 0,5 до 0,9 мЗв/год [5]. Аналогичные результаты получены и другими исследователями [6–9]. Таким об-

разом, для обеспечения радиационной безопасности работающих в лесу, важно не только установить существующие уровни внешнего облучения, но и спрогнозировать их на ближайшую перспективу для планирования лесохозяйственной деятельности.

Одним из способов прогноза дозы внешнего облучения работающих может стать ее расчет на основе дозовых коэффициентов, связывающих дозу с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs в лесных насаждениях [6, 7]. Следует указать, что оценка годовой дозы облучения может быть проведена только с учетом работы на участках с различными радиационными характеристиками, которые, в свою очередь, зависят от типа лесорастительных условий [10]. Дворником А.А. и Дворником А.М. [3] была разработана дозиметрическая модель внешнего облучения для работающих и населения в лесных насаждениях, учитывающая время пребывания, вид деятельности, лесоводственные характеристики насаж-

дения и миграцию ^{137}Cs в вертикальном профиле почвы, однако данная модель требует проведения специальных калибровочных исследований. Исходя из результатов исследований Куликовича Д.Б. и Власовой Н.Г. [8, 9] для прогнозирования внешнего облучения можно применять годовую дозу, нормированную на плотность загрязнения почвы с учетом профессиональной деятельности и пребывания в различных локациях населенного пункта. Таким образом, существующие расчетные методы определения дозы внешнего облучения базируются либо на статистическом анализе данных по закономерностям формирования радиационной обстановки [6-9], либо на применении достаточно сложных математических моделей [3]. Эффективным подходом к проведению прогнозирования внешнего облучения работающих является метод имитационного моделирования, позволяющий на основе принятого закона распределения смоделировать радиоактивное загрязнение лесных кварталов и на его основе спрогнозировать внешнее облучение работающих.

Цель исследования — выполнить прогнозную оценку радиационной обстановки в лесных кварталах в I и II зонах радиоактивного загрязнения и дозы внешнего облучения работников при проведении лесохозяйственных работ.

Материал и методы исследования

Объектом исследования послужило условное лесничество, 100 лесных кварталов которого расположены в I и II зонах радиоактивного загрязнения. Предмет исследования — прогнозная оценка радиационной обстановки и формирование годовой дозы внешнего облучения работающих в лесных кварталах за временной период с 2024 до 2084 г.

В основу проведения модельных расчетов были приняты условия и допущения.

В 2024 г. для 100 лесных кварталов условного лесничества принято логнормальное распределение плотности загрязнения почвы ^{137}Cs в диапазоне от 50 до 550 кБк/м². Указанное распределение

смоделировано с помощью генератора случайных величин (рисунок).

Динамику плотности загрязнения почвы ^{137}Cs каждого квартала рассчитывали с шагом 10 лет с 2024 по 2084 г. На каждом шаге определяли суммарную площадь условно незагрязненной территории (при плотности загрязнения радионуклидом <18 и 18–37 кБк/м²), в I зоне радиоактивного загрязнения с разделением на подзоны (37–74 и 74–185 кБк/м²) и во II зоне (185–555 кБк/м²).

Предполагали осуществление лесохозяйственных работ в лесных кварталах в течение 200 рабочих дней в году. Выбор лесного квартала, в котором выполняются работы в конкретный рабочий день, осуществляли с применением генератора случайных величин с равномерным распределением номеров кварталов от 1 до 100. Для оценки статистических показателей дозы внешнего облучения выполняли 30 генераций.

В течение рабочего дня принимали выполнение работ в течение 6 часов только в одном квартале, при этом допускали их проведение в одном и том же квартале на протяжении нескольких рабочих дней. В продолжительность работ не учитывали продолжительность переезда к лесному кварталу и обратно, обед, а также подготовительно-заключительные работы.

На протяжении года не учитывали проживание и пребывание в различных лока-

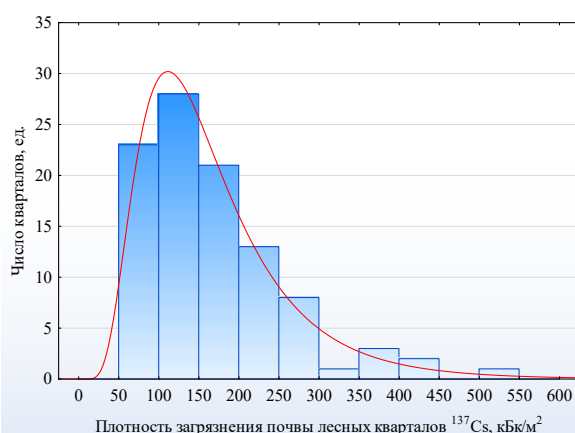


Рисунок — Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs лесных кварталов условного лесничества

циях населенного пункта, сверхурочные и внеплановые работы, а также экранирование γ -излучения техникой, установившимся снеговым покровом и при выпадении атмосферных осадков.

Для каждого квартала в год прогнозирования рассчитывали мощность эквивалента амбиентной дозы внешнего γ -излучения ^{137}Cs на высоте 1 м над поверхностью почвы в виде произведения дозового коэффициента $1,28 \cdot 10^{-6}$ (мЗв/ч)/(кБк/м²) [6] на плотность загрязнения почвы ^{137}Cs . Дозовый коэффициент консервативно принимали неизменным в течение всего времени прогнозирования.

Дозу внешнего облучения при работе в лесных кварталах D^T определяли по формуле:

$$D^T = \sum_{t=1}^{200} (6 \cdot A_i^T \cdot DCF),$$

где 6 — продолжительность работ в течение рабочего дня в лесном квартале, часов; A_i^T — плотность загрязнения почвы ^{137}Cs в i -м квартале для года T , кБк/м²; DCF — дозовый коэффициент, (мЗв/ч)/(кБк/м²) [6].

При прогнозной плотности загрязнения почвы в квартале менее 37 кБк/м² расчет дозы внешнего облучения не проводили.

Для каждого года прогнозирования рассчитывали межквартильный интервал плотности загрязнения почвы лесных кварталов ^{137}Cs , мощности эквивалента амбиентной дозы на высоте 1 м и дозы внешнего облучения работающих.

Результаты исследования

В 2024 году межквартильный интервал плотности загрязнения почвы ^{137}Cs в лесных кварталах условного лесничества составит от 105 до 213 кБк/м² (таблица, рисунок), при этом менее чем в 5% из них активность превысит 300 кБк/м². Наибольшее количество кварталов относится к I зоне радиоактивного загрязнения с плотность загрязнения почвы ^{137}Cs от 74 до 185 кБк/м².

На протяжении времени прогнозирования (с 2024 по 2084 г.) будет происходить

снижение плотности загрязнения почвы за счет распада ^{137}Cs и, как следствие, перераспределение лесных кварталов по зонам радиоактивного загрязнения. Важно отметить сложность процессов перераспределения по зонам, что обусловлено широким спектром плотности загрязнения почвы лесных кварталов в пределах каждой зоны. В II зоне радиоактивного загрязнения будет происходить постоянное уменьшение количества по мере радиоактивного распада ^{137}Cs и перехода кварталов в I зону. Вместе с тем, если плотность загрязнения близка к граничной для данной зоны (например, 220 кБк/м²), то переход произойдет уже в течение 10 лет, но при большем содержании радионуклида (в частности, ~500 кБк/м²) — спустя 50 лет. При смоделированном распределении за период с 2024 по 2034 г. в I зону перейдет 11 кварталов, а с 2034 по 2044 г. — 12. После 2054 г. лесных насаждений во II зоне радиоактивного загрязнения практически не останется.

Более сложно формируется I зона радиоактивного загрязнения, поскольку с течением времени из нее одни кварталы переходят в категорию условно незагрязненных территорий, а другие — в эту зону из II. На протяжении 2034–2064 гг. в I зоне будет сосредоточено >70 лесных кварталов лесничества с динамичным перераспределением между ее подзонами: в 2034–2044 гг. ~60 будет находиться в Ib подзоне, а в 2064–2074 гг. ~50 — в Ia.

К 2084 г. половина лесных насаждений перейдет в категорию условно незагрязненных территорий, причем большая часть кварталов будет иметь плотность загрязнения почвы ^{137}Cs от 18 до 37 кБк/м².

В настоящей работе не учитывали варьирование плотности загрязнения почвы ^{137}Cs каждого лесного квартала, составляющим, в большинстве случаев, ~30% [10]. Поэтому часть лесного квартала может принадлежать к зоне с более жесткими ограничениями на режим пользования лесом. Соответственно, на таких локальных участках условно незагрязненной территории вероятно превышение допустимого

Таблица — Прогноз радиационных показателей в лесных кварталах условного лесничества

Показатель	Годы						
	2024	2034	2044	2054	2064	2074	2084
Межквартильный интервал плотности загрязнения почвы, кБк/м ²							
25% перцентиль	105	84	66	53	42	33	26
75% перцентиль	213	169	134	106	84	67	53
Распределение кварталов по зонам радиоактивного загрязнения							
Условно незагрязненная территория							
<18 кБк/м ²	0	0	0	0	0	3	11
18–37 кБк/м ²	0	0	3	14	21	29	39
I зона радиоактивного загрязнения							
37–74 кБк/м ² (Ia подзона)	14	21	29	37	48	49	42
74–185 кБк/м ² (Iб подзона)	55	59	60	45	30	19	8
II зона радиоактивного загрязнения							
185–555 кБк/м ²	31	20	8	4	1	0	0
Межквартильный интервал мощности эквивалента амбиентной дозы на высоте 1 м, обусловленного γ -излучением ¹³⁷ Cs, нЗв/ч							
25% перцентиль	135	107	85	67	54	42	34
75% перцентиль	272	216	171	136	108	86	68
Межквартильный интервал эффективной дозы внешнего облучения работающих в лесных кварталах за счет γ -излучением ¹³⁷ Cs, мЗв/год							
25% перцентиль	0,22	0,20	0,14	0,10	0,08	0,06	0,04
75% перцентиль	0,27	0,24	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06

норматива по содержанию ¹³⁷Cs в лесных грибах из группы сильнонакапливающих и аккумуляторов. Это требует проведения радиометрического контроля пищевой продукции леса как при плотности загрязнения ¹³⁷Cs почвы 37–74 кБк/м², так и при меньших показателях загрязненности.

Прогнозируется 4-х кратное снижение межквартильного интервала мощности эквивалента амбиентной дозы на высоте 1 м над поверхностью почвы, обусловленного γ -излучением ¹³⁷Cs с 135–272 в 2024 г. до 34–68 нЗв/ч в 2084 г. (таблица). Полученные данные можно сопоставить с диапазоном мощности поглощенной дозы на высоте 1 м в наиболее типичных лесорастительных условиях, определяемых естественными источниками внешнего γ -излучения в диапазоне от 58 до 80 нГр/ч [11]. Таким образом, в 2024 г. техногенная составляющая радиационного фона может до 4 раз превосходить природную. При этом к 2084 г. в суммарной мощности дозы внешнего γ -излучения будут преобладать естественные источники излучения, а вклад ¹³⁷Cs

не превысит 40%. Принимая во внимание коэффициент вариации содержания естественных радионуклидов и радиоцезия в почве лесных насаждений 30%, а также основную относительную погрешность измерения ~20% [10, 11], вполне очевидна невозможность достоверного выделения вклада техногенной составляющей в суммарной мощности дозы. Отметим, что коэффициент вариации мощности дозы внешнего γ -излучения в лесных насаждениях составляет ~20% и связан с перекрытием полей ионизирующего излучения от локальных участков леса с различной плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs [10]. Соответственно, можно говорить о выравненном характере внешнего облучения в пределах лесного квартала.

Межквартильный интервал дозы внешнего облучения работающих в лесных кварталах условного лесничества за счет γ -излучения ¹³⁷Cs составит в 2024 г. от 0,22 до 0,27 мЗв/год и уменьшится более чем в 4 раза к 2084 г. (таблица), что существенно меньше по сравнению с допустимыми уровнями облучения 1 мЗв/год [12, 13].

Выводы

1. В лесных кварталах условного лесничества в 2024 г. межквартильный интервал плотности загрязнения почвы ^{137}Cs составит от 105 до 213 кБк/м². В течение 2024-2064 гг. в I зоне радиоактивного загрязнения будет находиться >70% лесных кварталов. К 2084 г. половина кварталов перейдет в категорию условно незагрязненных с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs от 18 до 37 кБк/м².

2. Прогнозируется снижение межквартильного интервала мощности эквивалента амбиентной дозы на высоте 1 м над поверхностью почвы, обусловленного γ -излучением ^{137}Cs с 135–272 (2024 г.) до 34–68 нЗв/ч (2084 г.). При этом в 2024 г. основной вклад в суммарную мощность дозы внешнего γ -излучения определяет ^{137}Cs , а с 2084 г. — естественные источники ионизирующего излучения.

3. Межквартильный интервал дозы внешнего облучения работающих в лесных кварталах условного лесничества составит в 2024 г. от 0,22 до 0,27 мЗв/год с дальнейшим снижением более чем в 4 раза к 2084 г.

Библиографический указатель

1. 35 лет после черновобильской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий : национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.

2. Лес и Чернобыль (Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС, 1986-1994 гг.) / В.А. Ипатьев [и др.]; под ред. В.А. Ипатьева. – Минск: МНПП «Стенер», 1994. – 248 с.

3. Дворник, А.А. Пространственное распределение ионизирующего излучения в лесных насаждениях, загрязненных радионуклидами /

А.А. Дворник, А.М. Дворник // Весці Нацыянальнай Акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2018. – Т. 63, №4. – С. 447-454.

4. Марадулин, И.И. Основы прикладной радиоэкологии леса / И.И. Марадулин, А.В. Панфилов, В.А. Шубин. – М.:ВНИИЛМ, 2001. – 224 с.

5. Карбанович, Л.Н. Контроль индивидуальных доз внешнего облучения работников лесного хозяйства / Л.Н. Карбанович, Е.В. Сермакшева, А.В. Домненкова // Лесное и охотничье хозяйство. – 2014. – №2. – С. 19-23.

6. Рамзаев, В.П. Оценка годовой эффективной дозы внешнего облучения в лесах юго-западных районов Брянской области России: 2015-2021 гг. / В.П. Рамзаев [и др.] // Радиационная гигиена. – 2022. – Т. 15, №3. – С. 58-71.

7. Рамзаев, В.П. Радиационная обстановка в молодом сосновом лесу, выросшем после Чернобыльской аварии / В.П. Рамзаев [и др.] // Радиационная гигиена. – 2023. – Т. 16, №1. – С. 40-51.

8. Куликович, Д.Б. Статистический анализ факторов, оказывающих влияние на формирование дозы внешнего облучения / Д.Б. Куликович, Н.Г. Власова // Проблемы здоровья и экологии. – 2022. – Т.19, №3. – С. 99-105.

9. Куликович, Д.Б. Выявление однородных по дозе внешнего облучения групп жителей загрязненных территорий по совокупности информативных факторов-признаков / Д.Б. Куликович, Н.Г. Власова // Проблемы здоровья и экологии. – 2023. – Т.20, №1. – С. 123-130.

10. Переволоцкий, А.Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах / А.Н. Переволоцкий. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 255 с.

11. Переволоцкий, А.Н. О содержании ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в лесных почвах Республики Беларусь / А.Н. Переволоцкий, Т.В. Переволоцкая // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Т. 54, №2. – С. 193-200.

12. О радиационной безопасности: Закон Республики Беларусь, 18 июня 2019 г., № 198-З // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь, 26.06.2019. 2/2636.

13. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства и рабочие места. Порядок проведения = Радиационный контроль. Объекты лесной гаспадаркі і рабочыя месцы. Парадак правядзення: ТКП 250-2010 (02080).

T.V. Perevolotskaya, A.N. Perevolotsky

ASSESSMENT OF THE RADIATION SITUATION AND EXTERNAL EXPOSURE OF FORESTRY WORKERS DURING WORK IN THE I AND II ZONES OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

Predictive calculations of the dynamics of the ^{137}Cs soil pollution density and the ambient dose equivalent capacity were performed on the example of 100 forest blocks with a ^{137}Cs soil

pollution density from 50 to 550 kBq/m² and the dose of external irradiation of workers during forestry work. It is shown that during the time period from 2024 to 2064, the main number of forest blocks will belong to the I zone of radioactive contamination, during this time a decrease in the number of blocks in the Ib subzone and an increase in Ia is predicted. By 2084, half of the forest districts will be classified as conditionally uncontaminated territories. In the period from 2024 to 2084, a 4-fold decrease in the interquartile power interval of the equivalent ambient dose at a height of 1 m and the dose of external irradiation of workers in forest plantations caused by gamma radiation of ¹³⁷Cs is predicted.

Key words: *forest stands, soil pollution density, ¹³⁷Cs, radioactive contamination zone, ambient dose equivalent capacity, external radiation dose, forestry workers*

Поступила 26.09.2024