

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(15)
2016 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)
- Перечень журналов и изданий ВАК Минобрнауки РФ (редакция май 2012 г.)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 08.04.16.
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 200 экз.
Усл. печ. л. 25,87. Уч.-изд. л. 14,03.
Зак. 32.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и экологии
человека»
ЛИ № 02330/619 от 3.01.2007 г.
Продлена до 03.01.2017

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

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), Н.Г. Власова (д.б.н., доцент, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н.), В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н.), А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макавич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надьров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н.)

Редакционный совет

В.И. Жарко (министр здравоохранения Республика Беларусь, Минск), А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Е.А. 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), Ю.Е. Демидчик (д.м.н., член-корреспондент НАН РБ, Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук (к.м.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», 2016

№ 1(15)

2016

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

30 лет после аварии на Чернобыльской атомной электростанции

- Е.Л. Богдан, А.В. Рожко**
30-летний опыт организации и оказания медицинской помощи населению, пострадавшему в результате катастрофы на ЧАЭС 7
- С.С. Алексанин, С.В. Дударенко**
Отдаленные медицинские последствия аварий на ЧАЭС 15
- Н.Г. Власова**
Переход от зонирования радиоактивно загрязнённой территории к классификации населённых пунктов по средним годовым эффективным дозам облучения в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС 24
- А.В. Рожко, Э.А. Надыров, И.В. Веялкин, А.Н. Стожаров, Е.Л. Богдан, С.Н. Никонович, О.Ф. Семененко, О.Н. Захарова, Ю.В. Чайкова, А.А. Чешик**
Медицинские последствия аварии на ЧАЭС в Республике Беларусь: 30 лет спустя 31
- И.К. Романович, Г.Я. Брук, А.Н. Барковский, А.А. Братилова, А.В. Громов**
Критерии и требования по обеспечению перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения 43

Обзоры и проблемные статьи

- С.С. Алексанин, Р.Ф. Федорцева, И.Б. Бычкова**
К проблеме отдаленных последствий действия радиации. Особые клеточные эффекты и соматические последствия облучения в малых дозах 54
- О.П. Логинова, В.В. Клименок**
Современные методы ранней диагностики рака шейки матки 62

30 years after Chernobyl accident

- E.L. Bogdan, A.V. Rozhko**
30-years experience of medical care organization and provision to people affected by the Chernobyl accident
- S. Aleksanin, S. Dudarenko**
Remote medical consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant
- N.G. Vlasova**
From zoning radioactive contaminated territories to classification of settlements at an average annual effective doses in remote period after the accident
- A.V. Rozhko, E.A. Nadyrov, I.V. Veyalkin, A.N. Stozharov, E.L. Bogdan, S.N. Nikonovich, O.F. Semenenko, O.N. Zakharova, Yu.V. Chaykova, A.A. Cheshik**
Medical effects of Chernobyl disaster in the Republic of Belarus: 30 years after
- I.K. Romanovich, G.Ya. Bruk, A.N. Barkovsky, A.A. Bratilova, A.V. Gromov**
Criteria and requirements for providing of the conversion of the settlements referred to the territories of radioactive contamination due to the Chernobyl accident to the conditions of the population normal life activity

Reviews and problem articles

- S.S. Aleksanin, R.F. Fedortseva, I.B. Bychkovskaya**
The problem of remote effects of radiation. Special cell effects and somatic consequences of low doses exposure
- O.P. Loginova, V.V. Klimenok**
Modern methods of the early detection of the cervical cancer

С.И. Роговская, Н.Ю. Полонская, А.Ж. Гайдарава, М.И. Манжосова
Вторичная профилактика рака шейки матки 70

S.I. Rogovskaya, N.Yu. Polonskaya, A.Zh. Gaydarova, M.I. Manzhosova
Secondary prophylaxis of cervical cancer

Медико-биологические проблемы

Medical-biological problems

В.С. Аверин, К.Н. Бuzдалькин, Е.В. Копыльцова, Е.К. Нилова, Э.Н. Цуранков
Ожидаемые дозы внутреннего облучения жителей некоторых населённых пунктов Гомельской области 77

V.S. Averin, K.N. Buzdalkin, E.V. Kopyltsova, E.K. Nilova, E.N. Tsurankov
⁹⁰Sr ingestion and committed doses in population of Gomel region

Л. Апончук, Т. Шевчук
Особенности центральной гемодинамики и электрической активности сердца у курящих женщин с разным стажем курения 82

L. S. Aponchuk, T. Ya. Shevchuk
Peculiarities of central hemodynamics and electrical activity of the heart in female smokers with different smoking experience

К.Н. Апсаликов, Т.И. Белихина, Б.Х. Алиев, М.К. Хакимов, Т.Ж. Мулдагалиев
Изучение динамики онкологической заболеваемости среди лиц, подвергавшихся прямому облучению в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне, и их потомков 91

K.N. Apsalikov, T.I. Belihina, B.H. Aliev, M.K. Hakimov, T.Z. Muldagaliev
Studying the dynamics of cancer incidence among those exposed to the direct radiation and their descendants, as a result of nuclear weapons tests at the Semipalatinsk test site

А.А. Братилова
Облучение населения Российской Федерации, проживающего на территориях, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС 97

A.A. Bratilova
The exposure of Russian Federation population, living in the territories affected due to the accident on Chernobyl NPP

Л.А. Горбач
Туберкулез среди детского и подросткового населения наиболее пострадавших от Чернобыльской катастрофы районов Могилевской области 106

L.A. Gorbach
Tuberculosis among children and adolescents living in areas of the Mogilev region most affected by the Chernobyl disaster

В.В. Евсеенко, В.В. Дроздович, Е.В. Остроумова, В.Ф. Миненко, М. Хатч, О.Н. Полянская, А.В. Бреннер, И.В. Веялкин, Э.А. Надьров, Л.С. Старостенко, А.В. Рожко, К. Мабучи
Формирование когорты лиц, облученных внутриутробно в Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС 113

V. Yauseyenko, V. Drozdovitch, E. Ostroumova, V. Minenko, M. Hatch, O. Polyanskaya, A. Brenner, I. Veyalkin, E. Nadyrov, L. Starostenko, A. Rozhko, K. Mabuchi

Construction of cohort of persons exposed in utero in Belarus following the Chernobyl accident

В.В. Кляус, Е.В. Николаенко
Радиационно-гигиеническое обоснование размера санитарно-защитной зоны вокруг Белорусской АЭС 124

V.V. Kliaus, A.U. Nikalayenka
Radiation-hygienic basement of the size of sanitary-protection zone around Belarusian NPP

- К.М. Литвинчук**
Радиомодифицирующее влияние
2-меркаптобензотиазола на клетки *in vitro* 131
- Л.Н. Эвентова, Д.Н. Дроздов, А.Н. Матарас,
Е.А. Дрозд, Ю.В. Висенберг, Н.Г. Власова**
Мониторинг доз внутреннего облуче-
ния населения в отдалённом периоде
после аварии на ЧАЭС 138

Клиническая медицина

- Т.В. Бобр**
Факторы риска в развитии диабетиче-
ской ретинопатии при переводе на ин-
сулинотерапию 145

- Д.И. Гавриленко, Н.Н. Силивончик,
Н.И. Шевченко, Ю.И. Ярец**
Спектр возбудителей основных инфек-
ционных осложнений у госпитализи-
рованных пациентов с циррозом печени 150

- С.В. Зыблева, А.В. Величко, З.А. Дундаров,
С.Л. Зыблев, В.В. Похожай, Т.С. Петренко**
Нарушения иммунного статуса при
первичном гиперпаратиреозе 157

- О.Н. Кононова, А.М. Пристром, Э.Н. Пла-
тошкин, А.В. Коротаев, Е.П. Науменко,
Н.В. Николаева, О.В. Зотова**
Структурно-функциональные измене-
ния сердца у беременных с метаболи-
ческим синдромом 163

- А.В. Куроедов, Л.Д. Абышева, А.С. Алек-
сандров, Н.А. Бакунина, А.С. Басинский,
А.Ю. Брежнев, И.Р. Газизова, А.Б. Гали-
мова, О.В. Гапонько, В.В. Гарькавенко,
В.В. Городничий, М.С. Горшкова, А.А. Гу-
саревич, Д.А. Дорофеев, П.Ч. Завадский,
О.Г. Зверева, У.Р. Каримов, С.Н. Ланин,
Дж.Н. Ловпаче, И.А. Лоскутов, Е.В. Молча-
нова, В.Ю. Огородникова, О.Н. Онуфрий-
чук, С.Ю. Петров, Ю.И. Рожко, Л.Б. Таш-
титова, А.С. Хохлова, И.В. Шапошникова,
А.П. Шахалова**
Тактика ведения пациентов с первич-
ной открытоугольной глаукомой на
практике: варианты медикаментозно-
го, лазерного и хирургического лечения 170

- K. M. Lytvynchuk**
Radiomodifying influence 2-merkapto-
benzotiazole on cells *in vitro*
- L.N. Eventova, D.N. Drozdov, A.N. Mataras,
E.A. Drozd, Yu.V. Visenberg, N.G. Vlasova**
The monitoring of internal exposure doses in
populations in the remote period after the ac-
cident at the Chernobyl nuclear power plant

Clinical medicine

- T.V. Bobr**
Risk factors for diabetic retinopathy when
translated into insulin

- D. Haurylenka, N. Silivontchik, N. Shevchenko,
Y. Yarets**
Spectrum of pathogens of major infec-
tious complications in hospitalized cir-
rhotic patients

- S. Zybleva, A. Velichko, Z.A. Dundarov, V. Po-
hojai, S. Zyblev, T.S. Petrenko**
Immune status disorders with the primary
hyperparathyroidism

- O.N. Kononova, A.M. Prystrom, E.N. Pla-
toschkin, A.V. Korotaev, E.P. Naumenko,
N.V. Nikolaeva, O.V. Zotova**
Early structural and functional features
diagnosis of the heart, during pregnancy
with metabolic syndrome

- A.V. .Kuroyedov, L.D. Abyшева, A.S. Al-
exandrov, N.A. Bakunina, A.S. Basinsky,
A.Yu. Brezhnev, I.R. Gazizova, A.B. Galimova,
O.V. Gapon'ko, V.V. Garkavenko, V.V. Gorod-
nichy, M.S. Gorshkova, A.A. Gusarevitch,
D.A. Dorofeev, P.Ch. Zavadsky, M.A. Zakha-
rova, O.G. Zvereva, U.R. Karimov, S.N. Lanin,
Dzh.N. Lovpache, I.A. Loskutov, E.V. Molch-
anova, V.Yu. Ogorodnikova, O.N. Onufriy-
chuk, S.Yu. Petrov, Yu.I. Rozhko, L.B. Tash-
titova, A.S. Khohlova, I.V. Shaposhnikova,
A.P. Shahalova**
Management of primary open-angle glau-
coma in practice: variants of medical, la-
ser and surgical treatment

Э.А. Повелица, В.В. Аничкин Естественные предпосылки возникновения органической эректильной дисфункции	186	E. Povelitsa, V. Anichkin Natural preconditions for development of organic erectile dysfunction	
Е.А. Свистунова, Н.И. Шевченко, М.Г. Русаленко Инфекционные осложнения, сопровождающие трансплантацию почки: проблемы и перспективы	195	E. Svistunova, N. Shevchenko, M. Rusalenko Infectious sequelae accompanying the kidney transplantation: problems and prospects	
Обмен опытом		Experience exchange	
Е.К. Курлянская Предикторы кардиальных событий и неблагоприятных клинических исходов у пациентов с ХСН I-IV ФК тяжести и сопутствующим сахарным диабетом в течение 12 месяцев наблюдения	204	E.K. Kurlianskaya Predictors of cardiac events and adverse clinical outcomes in patients with CHF FC I-IV severity and concomitant diabetes within 12 months of observation	
Е. А. Слепцова, А. А. Гончар Возможности сонографии, сцинтиграфии и магнитно-резонансной томографии в предоперационной диагностике опухолей и опухолеподобных образований парашитовидных желез	209	E. Sleptsova, A. Gonchar Possibility for ultrasonic study, scintigraphy and magnetic resonance tomography in preoperative diagnostics of tumors and tumor-like neoplasms of parathyroid glands	
Правила для авторов	217		

УДК 614.876:664(476.2)

В.С. Аверин¹, К.Н. Буздалкин²,
Е.В. Копыльцова², Е.К. Нилова²,
Э.Н. Цуранков²

ОЖИДАЕМЫЕ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ НЕКОТОРЫХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

¹УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Беларусь
²РНИУП «Институт радиологии» МЧС Республики Беларусь, г. Гомель, Беларусь

Содержание ⁹⁰Sr в пищевых продуктах и продовольственном сырье, произведенных на территории некоторых населённых пунктов ближней зоны чернобыльского загрязнения, выше, чем прогнозировалось 20 лет назад при разработке стратегии радиационной защиты населения. Проведенное исследование показало, что прогнозная оценка ожидаемой дозы внутреннего облучения жителей населённого пункта Рудное Хойникского района от ⁹⁰Sr за 70 лет жизни, рассчитанная с учётом динамики перехода ⁹⁰Sr из почвы в растения, может в 2 раза превысить рассчитанную по официальной методике, в которой предполагалось резкое экспоненциальное снижение уровней загрязнения пищевых продуктов в отдалённом периоде после аварии. Поэтому, учитывая установленный факт превышения прогнозной оценки ожидаемых доз внутреннего облучения населения, проживающего в южных районах Гомельской области, значительно загрязнённых ⁹⁰Sr, следует обратить внимание на пересмотр планирования противорадиационных мероприятий в сельском хозяйстве южных районов.

Ключевые слова: ⁹⁰Sr, радиационная защита, пищевые продукты, пероральное поступление, население

Введение

Переход ⁹⁰Sr из почвы в растения и в пищевую продукцию резко снизился в первые годы после выпадений. Поэтому ожидалось, что поступление ⁹⁰Sr из почвы в сельскохозяйственное сырьё будет монотонно уменьшаться с периодом полуснижения ~ 4 года за счёт его сорбции почвенным поглощающим комплексом. В настоящее время вклад ⁹⁰Sr в дозу внутреннего облучения жителей населённых пунктов Гомельской области составляет менее 1%. Регулярный мониторинг содержания ⁹⁰Sr в основных продуктах питания не проводится. Исследования процессов накопления ⁹⁰Sr в организме жителей загрязнённой территории были проведены в период 1990-2000 гг. [Погодин].

Радиационный риск от поступления в организм 1 Бк ⁹⁰Sr примерно в 5 раз выше, чем от поступления 1 Бк ¹³⁷Cs [1]. Введение нормативов Таможенного союза по содержанию ⁹⁰Sr в пищевых продуктах и сель-

скохозяйственном сырье стало основанием для изучения поступления в организм ⁹⁰Sr с овощной продукцией в отдалённом периоде после аварии.

В методическом подходе, заложенном как в [8], так и в дальнейших документах, доза внутреннего облучения ⁹⁰Sr оценивается по поступлению его с продуктами питания местного производства. Для реконструкции дозы облучения ⁹⁰Sr используется функция годового алиментарного поступления, полученная в результате длительного изучения содержания радионуклида в основных продуктах питания, зубах детей, рожденных после 1985 года, и во всем организме.

Методики расчета доз внутреннего облучения от ⁹⁰Sr предполагали, что снижение содержания стронция в пищевых продуктах будет происходить интенсивно, с периодом экологического полуснижения около 14-16 лет в результате сочетанного действия процессов сорбции в почве и радиоактивного распада. Наблюдается же полное

отсутствие динамики параметров перехода ^{90}Sr , период полуочищения продуктов питания практически совпадает с периодом радиоактивного распада (~28 лет).

Цель работы – обосновать необходимость совершенствования методов оценки ожидаемых доз облучения населения ^{90}Sr и как следствие мер радиационной защиты для населения, проживающего на территориях загрязненных ^{90}Sr [2].

Материал и методы исследований

Материалом исследования явились результаты определения содержания ^{90}Sr в основных дозообразующих пищевых продуктах: молоке, картофеле, овощах.

Метод исследований – радиохимический. Отбор проб культур осуществлялся в соответствии с действующими методиками. Радиохимическое выделение ^{90}Sr проводили по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α - β счетчике Canberra-2400 [3].

Ожидаемая эффективная доза $E_{\text{ing}}(t)$, Зв, от перорального поступления ^{90}Sr , которая формируется в результате потребления загрязнённых продуктов питания в течение t лет, рассчитывалась по формуле [4]:

$$E_{\text{ing}}(t) = CF_{^{90}\text{Sr}} \cdot \sum_i \sum_f C_{^{90}\text{Sr},f}(t) \cdot U_f(t), \quad (1)$$

где $CF_{^{90}\text{Sr}}$ – ожидаемая эффективная доза на единицу перорального поступления ^{90}Sr (для лиц старше 17 лет принимается равной $2,8 \times 10^{-8}$ Зв·Бк⁻¹, для детей до 1 года ожидаемая эффективная доза в 2,5 раза выше – $6,8 \cdot 10^{-8}$ Зв·Бк⁻¹, [1, 4, 5]);

$C_{^{90}\text{Sr},f}(t)$ – удельная активность ^{90}Sr в продукте f в год t , Бк·кг⁻¹ (Бк·л⁻¹);

$U_f(t)$ – среднестатистическое годовое потребление продукта f в год t , в расчётах приближённо принималось постоянным, кг (л).

Удельная активность ^{90}Sr в год t в продукте f прогнозировалась по формуле

$$C_{^{90}\text{Sr},f}(t) = k_{^{90}\text{Sr},f}(t_0) \cdot e^{-0.693 \cdot t / T_{\text{пф}}} \cdot \sigma_{^{90}\text{Sr}}(t_0) \cdot e^{-0.693 \cdot t / 28,8}, \quad (2)$$

где $k_{^{90}\text{Sr},f}(t)$ – коэффициенты перехода ^{90}Sr из почвы в сельскохозяйственные

культуры (удельное содержание в растении, произрастающем на почве с единичной плотностью загрязнения) и далее в продукт питания f , м²·кг⁻¹ или м²·л⁻¹, в год t (установлены экспериментально для заданных почвенно-климатических условий возделывания растений и переработки сельскохозяйственного сырья);

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный период полуснижения перехода радионуклида из почвы в растение, лет;

$\sigma_{^{90}\text{Sr}}(t)$ – плотность загрязнения почвы ^{90}Sr в год t , Бк·м⁻².

Неопределённость оценок средних по населённому пункту доз облучения определяется рядом факторов: погрешностью определения удельной активности ^{90}Sr в пробах пищевых продуктов и оценки уровней их потребления, точностью используемой дозиметрической модели [4], дозовых коэффициентов [1, 4, 5]. Неопределённость полученных экспериментально значений определялась по формуле [6]:

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}, \quad (3)$$

где U_i – неопределенности, связанные как с отбором проб, так и с определением удельной активности ^{90}Sr .

В таблице 1 представлены средние значения потребления пищевых продуктов для взрослого населения Республики Беларусь, которые использовались в расчётах.

Результаты исследования

Проведен сравнительный анализ прогнозных оценок ожидаемых доз облучения ^{90}Sr , рассчитанных по методике [8] и с учё-

Таблица 1 – Средние значения потребления пищевых продуктов взрослым населением Республики Беларусь (2012 г.) [7]

Продукт питания	На человека в год, кг
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	281
Картофель	186
Овощи (капуста, свекла, морковь, лук-репка, томаты, огурцы) и бахчевые)	145

том выявленного нами фактического периода полуочищения пищевой продукции на примере одного из населённых пунктов южной зоны Гомельской области.

Плотность загрязнения ^{90}Sr территории населённого пункта Рудное Хойникского района Гомельской области – $1,49 \text{ Ки}\cdot\text{км}^{-2}$.

В 2012-2013 годах нами экспериментально установлены коэффициенты перехода ^{90}Sr из почвы (преобладающих типов на территории населённого пункта) в овощные культуры. Прогноз уровней загрязнения овощной продукции проводили по формуле (2). Учитывался радиоактивный распад ^{90}Sr и скорость его сорбции почвенным поглощающим комплексом в отдалённом поставарийном периоде (период полуснижения коэффициента перехода ^{90}Sr из почвы в овощную продукцию принимался 100 лет). Неопределённость прогноза уровней загрязнения овощной продукции рассчитывалась по формуле (3) и составила около 100% при надёжности 95%.

Прогноз уровней загрязнения овощной продукции из личных подсобных хозяйств использовался для расчёта ожидаемых доз внутреннего облучения ^{90}Sr , обусловленных потреблением данных продуктов питания в течение нескольких лет. Ожидаемые дозы оценивались по формуле (1). Дозовые коэффициенты дифференцировались для всех возрастных периодов в соответствии с [1, 5].

На рисунке 1 в качестве примера приведены ожидаемые «кумулятивные» дозы облучения ^{90}Sr жителей населённого пункта Рудное на 70 лет, рассчитанные с учётом как ранее прогнозируемого, так и фактического периода полуочищения овощной продукции (капуста, морковь, лук). Прогноз выполнен для лиц, родившихся в 2014 году.

Ожидаемая доза внутреннего облучения ^{90}Sr за 70 лет составила $1,7 \text{ мЗв}$. «Действующая» же методика риски за жизнь оценивает только в $0,7 \text{ мЗв}$. Доза внутреннего облучения ^{90}Sr за 70 лет жизни, рассчитанная с учётом фактической динамики перехода ^{90}Sr из почвы в растения, в 8 раз превышает результаты расчёта по методике, в ко-

торой предполагалось резкое экспоненциальное снижение уровней загрязнения пищевых продуктов в поставарийный период.

В последние годы происходят изменения в структуре рациона. Население Республики Беларусь стало потреблять меньше картофеля и больше овощной продукции. В результате годовое потребление овощей практически сравнялось с потреблением картофеля, при этом содержание ^{90}Sr в различных группах овощных культур в 2-5, а в зеленных культурах – до 10 и более раз выше, чем в картофеле. Анализ данных показал, что содержание ^{90}Sr в картофеле в личных подсобных хозяйствах на протяжении последних 13 лет практически не изменилось. Среднее значение содержания ^{90}Sr в картофеле, к примеру, в Хойникском и Брагинском районах, составляет $2,5 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, а в овощной продукции (в особенности в листовых) – более $10 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$. В приведённых прогнозных расчётах принималось средне-статистическое годовое потребление овощей местного производства (см. таблицу 1).

Для группы «детское население» проведены оценки доз внутреннего облучения, формируемых ^{90}Sr с овощной компонентой. Установлено, что в 9 населённых пунктах Хойникского района Гомельской области, на территории которых соотношение плотностей загрязнения цезия к стронцию равно ~ 4 , поступающий в организм с овощами ^{90}Sr формирует около 20% сум-

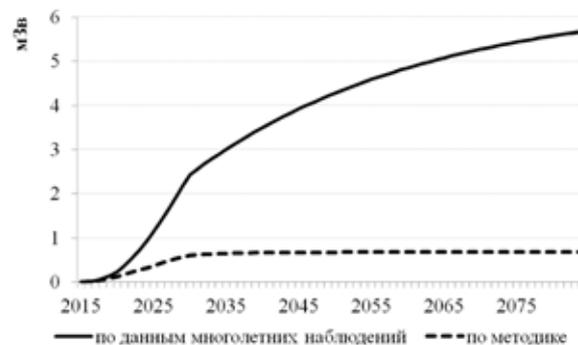


Рисунок 1 – Ожидаемые кумулятивные дозы облучения ^{90}Sr на 70 лет, рассчитанные с учётом прогнозного и фактического периода полуочищения овощной продукции НП Рудное

марной дозы облучения. Относительный вклад ^{90}Sr в дозу внутреннего облучения при этом может достигать 70%.

После катастрофы на Чернобыльской АЭС поколение детей родилось от матерей, хронически потребляющих ^{90}Sr с продуктами питания местного производства. В костной ткани женщин депонирован ^{90}Sr , в южных районах Гомельской области – возможно в значимых количествах. Часть этого ^{90}Sr поступает к плоду, в условиях дефицита кальция – более интенсивно. Общеизвестно, что период полувыведения организма человека от ^{90}Sr составляет 10–40 лет. Поэтому годовые дозы внутреннего облучения ^{90}Sr детей, рожденных в последнее десятилетие, могут быть выше, чем их матерей в первые годы после чернобыльской катастрофы.

Независимо от пути и ритма хронического поступления ^{90}Sr в организм, основное его количество, до 99%, депонируется в скелете. В скелете человека ^{90}Sr распределяется неравномерно, располагаясь в отдельных сегментах костной ткани в следующей убывающей последовательности: позвоночник > грудина > кости таза > ребра > кости черепа > зубы. Верификацию результатов оценок, полученных расчётным методом по уровням загрязнения ^{90}Sr продуктов питания, предлагается проводить по результатам мониторинга содержания ^{90}Sr в скелете или зубной эмали жителей Гомельской области.

Заключение

Установлено, что уровни загрязнения продуктов питания и продовольственного сырья ^{90}Sr значительно выше, чем прогнозировалось 20 лет назад при разработке стратегии радиационной защиты населения. Рацион питания населения территории радиоактивного загрязнения за 20 лет также существенно изменился. Соответственно, был недооценен и вклад ^{90}Sr в дозу облучения населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения.

Проведенные исследования показали, что вклад ^{90}Sr в дозу внутреннего облучения жителей отдельных населённых пун-

ктов Гомельской области, находящихся в ближней зоне, может быть значителен. Молоко, картофель и овощи могут формировать до 30% дозы внутреннего облучения и до 5% суммарной дозы облучения в ряде населённых пунктов Брагинского и Хойникского районов Гомельской области.

Методы оценки ожидаемых доз облучения населения ^{90}Sr должны быть усовершенствованы. В дозиметрической модели заложено резкое экспоненциальное снижение уровней загрязнения ^{90}Sr продуктов питания в отдалённый поставарийный период, которое должно быть скорректировано. В отдалённый период после катастрофы на Чернобыльской АЭС результаты прогнозных оценок должны верифицироваться по результатам мониторинга содержания ^{90}Sr в зубной эмали или скелете жителей южных районов Гомельской области.

Верифицированные методы позволят построить надёжный долгосрочный прогноз доз облучения населения Республики Беларусь от поступления ^{90}Sr чернобыльского происхождения. В результате защитные мероприятия могут стать более адресными, детское население признано критической группой.

Библиографический список

1. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3. No. GSR Part 3 (Interim) / International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 2011. – 282 с.
2. Вклад ^{90}Sr в дозу облучения населения Республики Беларусь / В.С. Аверин [и др.] // VII Съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозология, радиационная безопасность): сборник тезисов докладов. Москва, 21–24 октября 2014 г. – Москва: РУДН, 2014. – С. 232.
3. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / А.В. Кузнецов [и др.]. – М.: ЦИНАО, 1985. – 64 с.
4. Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные

ситуации. IAEA-TECDOC-1162/R. Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2004. – 196 с.

5. Критерии оценки радиационного воздействия: Гигиенический норматив: утв. постановлением Минист. Здравохр. Респ. Беларусь, 28 дек. 2012 г, № 213 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2013. – 8/26850.

6. Cullen, A.C. Probabilistic techniques in exposure assessment – A handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs. Plenum Press / A.C. Cul-

len, H.C. Frey. – New York, 1999. – 335 p.

7. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет. Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/homep/ru/indicators/uroven.php>. – Дата доступа: 20.03.2013.

8. Реконструкция среднегрупповых и коллективных накопленных доз облучения жителей населенных пунктов Беларуси, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС: утв. Минист. Здрав. РБ 30.06.2002 г. – Минск, 2002. – 41 с.

V.S. Averin, K.N. Buzdalkin, E.V. Kopyltsova, E.K. Nilova, E.N. Tsurankov

**⁹⁰Sr INGESTION AND COMMITTED DOSES IN
POPULATION OF GOMEL REGION**

Contents of ⁹⁰Sr in food and food raw materials produced on the territory of Chernobyl radioactive contamination are significantly higher than those predicted 20 years ago at the time of development of the national radiation protection strategy. It has been established that a committed internal dose from ⁹⁰Sr intake during 70 years, calculated taking into account the actual dynamics of ⁹⁰Sr transfer from soil to plants, may be 2 times higher than the estimated dose values calculated with the method which assumed sharp exponential decrease in the levels of food contamination in the post-accident period. There is a strong necessity in improving the existing procedures used for assessing committed doses from ⁹⁰Sr intake by population. This should be done in order to accurately estimate radiation doses from ⁹⁰Sr ingestion based on which the strategy of radiation protection of the population in case of nuclear accidents at NPPs and spent fuel storage facilities is developed.

Key words: ⁹⁰Sr; radiation protection, food, ingestion, population

Поступила 09.03.2016