

# 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](mailto: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. Бuzдалкин, 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**  
<sup>90</sup>Sr 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 облучения населения в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС 138

### *Клиническая медицина*

**Т.В. Бобр**  
Факторы риска в развитии диабетической ретинопатии при переводе на инсулинотерапию 145

**Д.И. Гавриленко, Н.Н. Силивончик, Н.И. Шевченко, Ю.И. Ярец**  
Спектр возбудителей основных инфекционных осложнений у госпитализированных 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. Платошкин, А.В. Коротаев, Е.П. Науменко, Н.В. Николаева, О.В. Зотова**  
Структурно-функциональные изменения сердца у беременных с метаболическим синдромом 163

**А.В. Куроедов, Л.Д. Абышева, А.С. Александров, Н.А. Бакунина, А.С. Басинский, А.Ю. Брежнев, И.Р. Газизова, А.Б. Галимова, О.В. Гапонько, В.В. Гарькавенко, В.В. Городничий, М.С. Горшкова, А.А. Гусаревич, Д.А. Дорофеев, П.Ч. Завадский, О.Г. Зверева, У.Р. Каримов, С.Н. Ланин, Дж.Н. Ловпаче, И.А. Лоскутов, Е.В. Молчанова, В.Ю. Огородникова, О.Н. Онуфрийчук, С.Ю. Петров, Ю.И. Рожко, Л.Б. Таштитова, А.С. Хохлова, И.В. Шапошникова, А.П. Шахалова**  
Тактика ведения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой на практике: варианты медикаментозного, 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 accident 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 infectious complications in hospitalized cirrhotic patients

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

**O.N. Kononova, A.M. Prystrom, E.N. Platoschkin, 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. Alexandrov, N.A. Bakunina, A.S. Basinsky, A.Yu. Brezhnev, I.R. Gazizova, A.B. Galimova, O.V. Gapon'ko, V.V. Garkavenko, V.V. Gorodnichy, M.S. Gorshkova, A.A. Gusarevitch, D.A. Dorofeev, P.Ch. Zavadsky, M.A. Zakharova, O.G. Zvereva, U.R. Karimov, S.N. Lanin, Dzh.N. Lovpache, I.A. Loskutov, E.V. Molchanova, V.Yu. Ogorodnikova, O.N. Onufriychuk, S.Yu. Petrov, Yu.I. Rozhko, L.B. Tashititova, A.S. Khohlova, I.V. Shaposhnikova, A.P. Shahalova**  
Management of primary open-angle glaucoma in practice: variants of medical, laser and surgical treatment

---

<b>Э.А. Повелица, В.В. Аничкин</b> Естественные предпосылки возникновения органической эректильной дисфункции	186	<b>E. Povelitsa, V. Anichkin</b> Natural preconditions for development of organic erectile dysfunction	
<b>Е.А. Свистунова, Н.И. Шевченко, М.Г. Русаленко</b> Инфекционные осложнения, сопровождающие трансплантацию почки: проблемы и перспективы	195	<b>E. Svistunova, N. Shevchenko, M. Rusalenko</b> Infectious sequelae accompanying the kidney transplantation: problems and prospects	
<b>Обмен опытом</b>		<b>Experience exchange</b>	
<b>Е.К. Курлянская</b> 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	<b>E.K. Kurlianskaya</b> Predictors of cardiac events and adverse clinical outcomes in patients with CHF FC I-IV severity and concomitant diabetes within 12 months of observation	
<b>Е. А. Слепцова, А. А. Гончар</b> Возможности сонографии, сцинтиграфии и магнитно-резонансной томографии в предоперационной диагностике опухолей и опухолеподобных образований паращитовидных желез	209	<b>E. Sleptsova, A. Gonchar</b> 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		

**ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ  
ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия*

Статья посвящена оценке текущих, накопленных и прогнозируемых доз облучения населения, проживающего на территориях, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Установлено, что в 13 из 14 субъектов Российской Федерации (кроме Брянской области), отнесенных в настоящее время к зонам радиоактивного загрязнения, численные значения средней годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями НП в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты, не превышают 1 мЗв/год. Только в 713 населенных пунктах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях средняя по населенному пункту годовая эффективная доза облучения населения продуктами чернобыльской аварии (в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты населения) превышает 0,3 мЗв/год. В 276 НП Брянской области, подвергшейся наибольшему радиоактивному загрязнению, эта доза превышает 1 мЗв/год, причем в 8 из них – выше 5 мЗв/год.

Результаты, полученные в проведенных институтом исследованиях, позволили установить закономерности формирования доз облучения населения, проживающего в НП, расположенных на территориях с разными уровнями поверхностного загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$ . Благодаря этому появилась возможность оценивать фактические и прогнозируемые дозы облучения населения и его критических групп не только в обследованных НП, но и во всех НП, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения. Соответствующие дозовые оценки постоянно выполнялись для НП 14 субъектов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

**Ключевые слова:** радиационная авария, Чернобыльская АЭС, зона радиоактивного загрязнения, доза облучения

**Введение**

В соответствии с Законом Российской Федерации от 15 мая 1991 года № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» [1], уровни защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных территориях определяются отнесением НП к той или иной зоне, в зависимости от величины поверхностного загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  и значением средней годовой эффективной дозы (СГЭД), которая может быть получена жителями НП в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты. Для учета

погрешностей оценки СГЭД в результаты их расчета включали коэффициент запаса, определяя величину СГЭД<sub>90</sub>, предназначенную сугубо для целей зонирования, как верхний 90%-ный квантиль распределения значений СГЭД у жителей НП, определенной для условий проживания и хозяйственной деятельности «без активных мер радиационной защиты» [2-5]. Значения СГЭД<sub>90</sub> определяют по данным радиационного мониторинга с учетом результатов индивидуального дозиметрического контроля внешнего и внутреннего облучения жителей тех НП, где не проводятся активные меры радиационной защиты (инженерная дезакти-

вазия, замена местных молочно-мясных пищевых продуктов продуктами из незагрязненных территорий, применение препаратов ферроцина в животноводстве и др.). Таким образом, при выполнении процедуры зонирования учитывается статистическая погрешность определения СГЭД у жителей НП для условий проживания и хозяйственной деятельности «без активных мер радиационной защиты» и вносится соответствующий коэффициент запаса. Вероятность того, что в НП, отнесенных к зонам ниже дозовой границы 1 или 5 мЗв в год, фактическая средняя доза у жителей превысит эти границы, ниже 10%.

<sup>1</sup>В отличие от СГЭД<sub>90</sub>, при оценке текущих средних годовых эффективных доз облучения критических групп населения (СГЭД<sub>крит</sub>) и средних накопленных эффективных доз (СНЭД) используются алгоритмы, благодаря которым определяются фактические, а не заведомо консервативно оцениваемые дозы [6-11].

Наиболее достоверная информация о фактических уровнях облучения населения может быть получена только на основании данных радиационного мониторинга, проводимого на загрязненных территориях, включая прямые инструментальные измерения (с помощью счетчиков излучения человека и термолюминесцентных дозиметров, измерений мощностей доз в воздухе внутри НП и в его ареале, радиохимические и гамма-спектрометрические анализы проб пищевых продуктов) [12, 13].

На основании обобщенного анализа результатов проведенных исследований разрабатывалась и совершенствовалась методическая база для оценки доз облучения населения, основным разработчиком которой являлся ФБУН научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева (НИИРГ) [2-15].

Результаты, полученные в проведенных институтом исследованиях, позволили установить закономерности формирования доз облучения населения, проживающего в НП, расположенных на территориях с разными уровнями поверхностного загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs. Благодаря этому появилась возможность оценивать дозы облучения населения и его критических групп не только в обследованных НП, но и во всех НП, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения постановлениями Правительства Российской Федерации от 18 декабря 1997 года № 1582 и от 07 апреля 2005 года № 197<sup>1</sup>. Соответствующие дозовые оценки постоянно выполнялись для НП 14 регионов России, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

#### *Текущие дозы облучения населения*

Для выполнения расчетов СГЭД<sub>90</sub> использовались следующие исходные данные:

- данные Росгидромета о поверхностной активности <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в почве на территории НП;
- данные Росгипрозема о преобладающих типах почв в НП или общественных хозяйствах;
- данные о типовой структуре жилого фонда в НП;
- данные измерений удельной активности радионуклидов в пробах молока, картофеля и грибов местного происхождения.

В случае, когда чувствительность измерительной аппаратуры оказывалась недостаточной для получения достоверных результатов, в связи с незначительным радиоактивным загрязнением пищевых продуктов, удельную активность <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в молоке и картофеле оценивали на основании данных о типах почв и значений коэффициентов перехода. Удельную активность <sup>137</sup>Cs в грибах оценивали только по результатам непосредственных измерений проб.

В таблице 1 представлено распределение НП по интервалам средних годовых эффективных доз СГЭД<sub>90</sub> в 2014 году для 14 регионов России, подвергшихся радио-

<sup>1</sup> Постановлением Правительства Российской Федерации от 8 октября 2015 г. № 1074 утвержден новый перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

**Таблица 1** – Распределение населенных пунктов по величине СГЭД<sub>90</sub> в 2014 году

Область, регион	Кол-во НП	В том числе, в интервале доз, мЗв/год				Максимум, мЗв/год
		< 0,3	0,3-1,0	≥ 1,0	≥ 5,0	
Белгородская	79	79	-	-	-	0,091
Брянская	978	417	285	276	8	8,0
Воронежская	79	79	-	-	-	0,11
Калужская	353	262	91	-	-	0,91
Курская	168	168	-	-	-	0,22
Ленинградская	29	29	-	-	-	0,12
Липецкая	75	75	-	-	-	0,13
Мордовия	16	16	-	-	-	0,16
Орловская	964	952	12	-	-	0,47
Пензенская	35	35	-	-	-	0,13
Рязанская	320	320	-	-	-	0,22
Тамбовская	6	6	-	-	-	0,060
Тульская	1306	1257	49	-	-	0,58
Ульяновская	5	5	-	-	-	0,10
Итого:	4413	3700	437	276	8	8,0

активному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Максимальное расчетное значение 8,0 мЗв/год было получено в пос. Заборье Красногорского района Брянской области [16].

Годовую дозу определяет как внешнее облучение, так и внутреннее. Соотношение вкладов доз внешнего и внутреннего облучения в суммарной дозе варьирует в широких пределах. Так, в Брянской и Калужской областях, с преобладанием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, вклад внутреннего облучения в суммарную дозу достигает 50% и более. Напротив, в областях, где высока доля плодородных почв (черноземов), вклад внутреннего облучения в суммарную дозу в подавляющем большинстве НП составляет не более 15%.

#### **Накопленные дозы облучения населения**

Средние накопленные эффективные дозы (СНЭД) облучения взрослого населения, проживавшего на радиоактивно загрязненных территориях, оценены за период 1986-2014 гг. Они включают в себя дозы внешнего облучения от всех выпавших радионуклидов и дозы внутреннего облучения радионуклидами цезия (<sup>137</sup>Cs и <sup>134</sup>Cs) и стронция (<sup>90</sup>Sr и <sup>89</sup>Sr). Вклад других радионуклидов (кроме <sup>131</sup>I) в дозу внутреннего облучения не превышает 1%. Оцен-

ки СНЭД за период 1986-2014 гг. включают в себя опубликованные ранее результаты расчетов накопленных доз облучения за периоды 1986-1995 гг., 1986-2001 гг. и 1986-2005 гг.

По результатам выполненных расчетов установлено, что в НП четырех наиболее пострадавших областей численные значения СНЭД по состоянию на 2014 г. варьируют в диапазоне от единиц до сотен мЗв. В таблице 2 показано распределение НП Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей по дозовым интервалам СНЭД (без учета вклада дозы облучения щитовидной железы радионуклидами йода в суммарную дозу).

Из приведенных данных видно, что к началу 2015 г. в 86 НП СНЭД с 1986 по 2014 гг. достигла или превысила 70 мЗв. Эти НП находятся только в Брянской области. Максимальное расчетное значение – 290 мЗв получено для жителей п. Заборье Красногорского района Брянской области. Таким образом, в 2014 году жители 86 НП могли быть признаны облученными в соответствии с Законом РФ «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ, по которому средняя эффективная доза облучения населения, накопленная за период жизни (70 лет), ограничивается величиной 70 мЗв. Следует отметить, что список НП, где жители могут

**Таблица 2** – Распределение населенных пунктов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей по величине СНЭД за период 1986-2014 гг.

Область	Кол-во НП	В том числе, в интервале доз, мЗв				Максимум, мЗв
		< 35	35-70	70-150	≥ 150	
Брянская	978	648	244	83	3	290
Калужская	353	353	–	–	–	27
Орловская	950	950	–	–	–	31
Тульская	1306	1303	3	–	–	41

быть признаны облученными, со временем будет увеличиваться, т.к. накопление дозы продолжается.

**Прогноз динамики изменения текущих и накопленных доз облучения**

Многочисленные масштабные исследования чернобыльской ситуации, выполненные в НИИРГ, позволили не только оценить накопленные и текущие дозы облучения населения пострадавших регионов, но и дать научно обоснованный прогноз на будущее динамики изменения этих доз.

С использованием разработанных институтом методических указаний МУ 2.6.1.2222-07 [15] выполнены оценки прогнозируемых средних годовых и накопленных эффективных доз для жителей НП РФ, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Ожидаемая эффективная доза рассчитана по 2056 год, завершающий 70-летний период после Чернобыльской аварии, принятый в качестве средней продолжительности жизни человека.

Прогноз эффективной дозы у различных категорий жителей дан с учетом консервативных предположений – так, чтобы с точки зрения сегодняшних знаний о закономерностях формирования доз внешнего и внутреннего облучения человека, проживающего на загрязненной территории, ожидаемая эффективная доза не была недооценена. В частности, для населения всех загрязненных территорий предполагается, что с 2015 г. на этих территориях не применяются активные меры радиационной защиты населения. Кроме того, при проведении оценки прогнозируемой годовой дозы учитываются погрешности ее определения, в соответ-

ствии с действующими методическими указаниями по зонированию НП.

В таблице 3 представлен прогноз динамики изменения со временем количества НП, в которых СГЭД<sub>90</sub> окажется равной или превысит 1,0 мЗв/год. В 2014 г. такие НП были только на территории Брянской области. В последующие годы значение 1,0 мЗв/год может быть превышено также только в Брянской области. В этой же таблице приведены максимальные ожидаемые численные значения СГЭД<sub>90</sub> в разные годы, а также прогнозируемое количество НП, в которых СНЭД окажется равной или превысит 70 мЗв.

По прогнозу на 2056 год, общее количество НП, в которых СНЭД облучения жителей (без учета вклада дозы облучения щитовидной железы радионуклидами йода в суммарную дозу) будет равна или превысит 70 мЗв, составит 143 НП. Максимальное ожидаемое численное значение этой дозы составит 370 мЗв. Эти НП находятся только в Брянской области.

**Таблица 3** – Количество населенных пунктов Брянской области, в которых СГЭД<sub>90</sub> может превысить значение 1,0 мЗв/год, СНЭД может превысить 70 мЗв, и максимальные ожидаемые значения СГЭД<sub>90</sub>

Годы	2014 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2056 г.
Кол-во НП, где СГЭД <sub>90</sub> ≥ 1,0 мЗв/год	276	212	116	37	5
Кол-во НП, где СГЭД <sub>90</sub> ≥ 5,0 мЗв/год	8	2	-	-	-
Кол-во НП, где СНЭД ≥ 70 мЗв	86	97	109	123	143
СГЭД <sub>90</sub> <sup>max</sup> , мЗв/год	8,0	6,3	4,2	2,8	1,5

Результаты прогнозных оценок средних годовых и накопленных эффективных доз облучения жителей, проживающих на загрязненных территориях, позволяют заблаговременно планировать как адресное применение мер радиационной защиты населения, так и целенаправленное распределение материальных ресурсов на их осуществление.

### **Облучение критических групп населения**

Успешное решение задачи по оценке средних доз облучения критических групп населения зависит, в первую очередь, от определения критической (наиболее облучаемой) группы и критериев ее выделения из общего состава населения.

В сложившейся ситуации хронического облучения жителей в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС доза формируется из двух основных компонентов:

- внешнее облучение за счет гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$ ;
- внутреннее облучение за счет поступления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организм человека с пищевыми продуктами, выращенными или произведенными на загрязненной территории.

Оказалось, что частотные распределения индивидуальных доз внешнего и внутреннего облучения жителей, нормированных на соответствующие значения средних доз у жителей НП, полученные экспериментальным и расчетным способами, устойчивы и характеризуются вполне определенными параметрами логнормального распределения.

Таким образом, определив среднее значение дозы внешнего облучения у жителей НП и используя параметры полученного статистического распределения отношений индивидуальных доз к средней дозе в НП, можно определить значение любого квантиля в распределении индивидуальной дозы. Это позволяет, определив критическую группу населения как группу жителей, доза облучения представителей которой больше, чем выбранный квантиль в распределении индивидуальной дозы у

жителей НП, определить для этой группы жителей значение средней дозы.

В дальнейшем было предложено к критической группе населения относить тех жителей НП, у которых индивидуальная доза облучения выше, чем 90%-ный квантиль в распределении индивидуальных доз всех жителей НП, т.е. под критической группой понимать 10% наиболее облучаемых лиц в НП [10]. Таким образом, в случае внешнего облучения оценка средней годовой эффективной дозы внешнего облучения лиц критической группы  $СГЭД_{крит}^{ext}$  сводится к выражению:

$$СГЭД_{крит}^{ext} = 1,8 \cdot СГЭД_{НП}^{ext}, \quad (1)$$

где  $СГЭД_{НП}^{ext}$  – средняя годовая эффективная доза внешнего облучения жителей НП, а коэффициент 1,8, представляющий собой отношение средних годовых эффективных доз внешнего облучения у критической группы населения и у всего населения НП в целом, определяется параметрами логнормального распределения.

В случае внутреннего облучения оценка средней годовой эффективной дозы внешнего облучения лиц критической группы  $СГЭД_{крит}^{int}$  сводится к выражению:

$$СГЭД_{крит}^{int} = 3 \cdot СГЭД_{НП}^{int}, \quad (2)$$

где  $СГЭД_{НП}^{int}$  – средняя годовая эффективная доза внутреннего облучения жителей НП, а коэффициент 3, представляющий собой отношение средних годовых эффективных доз внутреннего облучения у критической группы населения и у всего населения НП в целом, определяется параметрами логнормального распределения.

Очевидно, что выделить персонально лиц, входящих в критическую группу по внутреннему облучению, и оценить у них среднюю дозу можно только после проведения практически поголовных измерений жителей НП на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в их организме. Мало того, установленная в данный момент времени группа лиц не может быть использована в этом же качестве в другие пери-

оды времени. В силу различных причин, ее персональный состав может меняться.

Укажем, что представленный здесь подход к выбору критической группы населения близок к предложенной МКРЗ концепции репрезентативного индивидуума [17].

Суммарную среднюю годовую эффективную дозу облучения критических групп населения  $СГЭД_{крит}$ , из соображений консервативности, определяют простым суммированием доз у критических групп по внешнему и внутреннему облучению:

$$СГЭД_{крит} = СГЭД_{крит}^{ext} + СГЭД_{крит}^{int}, \quad (3)$$

Справедливость такого подхода была подтверждена результатами экспедиционных исследований, проведенных нами в НП Брянской области в летние периоды 2003-2015 гг.

### **Сравнительная оценка различных доз облучения населения**

Результаты экспедиционных обследований многих десятков НП юго-западных районов Брянской области позволили выполнить оценку фактических доз облучения населения и его критических групп и сравнить их с результатами дозовых расчетов, выполненных на основании модельных представлений. Следует подчеркнуть, что оценка фактических доз была выполнена на основании данных измерений содержания радионуклидов цезия в организме местных жителей и результатов измерений индивидуальных доз внешнего облучения методом термолюминесцентной дозиметрии.

Оказалось, что при использовании модельного расчета доз внутреннего облучения, согласно данным о типах почв и коэффициентах перехода радионуклидов в пищевые продукты, полученные оценки, как правило, завышены по сравнению с фактическими уровнями облучения жителей  $СГЭД_{факт}$ . Это связано с неучетом влияния проведенных защитных мероприятий и самоограничений населения в потреблении местных пищевых продуктов.

Кроме  $СГЭД_{90}$  нами были оценены и средние годовые эффективные дозы об-

лучения критических групп жителей НП ( $СГЭД_{крит}$ ), и фактические средние годовые эффективные дозы облучения жителей НП ( $СГЭД_{факт}$ ). Как и по  $СГЭД_{90}$ , в 13 из 14 пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС субъектах Российской Федерации нет ни одного НП, в которых  $СГЭД_{крит}$  превышает 1,0 мЗв/год. Лишь в 299 НП Брянской области  $СГЭД_{крит}$  превышают 1,0 мЗв/год. При этом максимальное значение  $СГЭД_{крит}$  составляет 5,9 мЗв/год, а  $СГЭД_{факт} - 3,1$  мЗв/год. Тем не менее, максимальное значение дозы облучения, которую могли бы получить жители в условиях отсутствия активных мер радиационной защиты и самоограничений в потреблении местных пищевых продуктов ( $СГЭД_{90}$ ), составляет 8,0 мЗв/год (см. таблицу 1).

Несомненный интерес представляет сравнение текущих доз облучения населения за счет различных источников ионизирующего излучения, включая глобальные и чернобыльские выпадения (техногенный фон). В качестве примера, в таблице 4 и на рисунке 1 приведены соответствующие данные по Брянской области, полученные в экспедиционных исследованиях 2003 года.

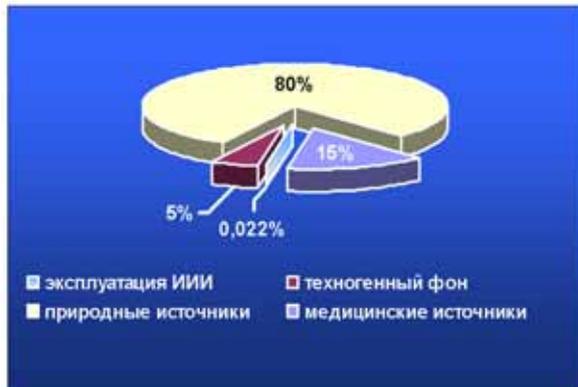
Наиболее высоким вкладом, обусловленным Чернобыльскими выпадениями, в суммарную среднюю дозу облучения жителей характеризуется поселок Заборье Красногорского района – около 60 % в 2003 году.

Следует отметить, что в настоящее время структура доз облучения населения практически не изменилась.

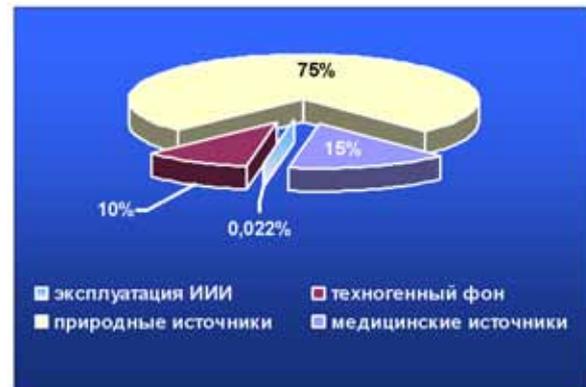
По результатам исследований подготовлены и опубликованы информационные сборники и справочники, содержащие численные значения средних годовых и средних накопленных эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных постановлениями правительства к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, а также дозы облучения щитовидной железы  $^{131}I$  жителей разного возраста.

**Таблица 4** – Вклад различных источников ионизирующего излучения в среднюю годовую эффективную дозу облучения жителей НП Брянской области с разными уровнями загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  (2003 г.), %

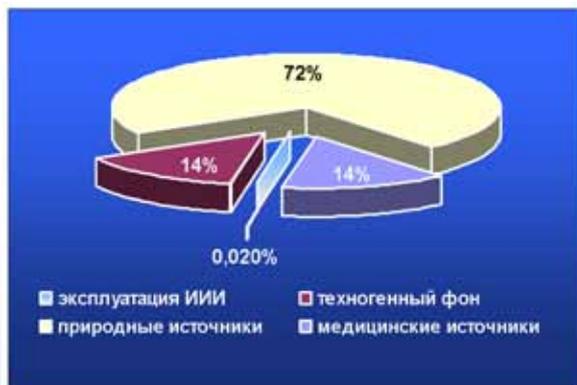
Плотность загрязнения, кБк/м <sup>2</sup>	Эксплуатация ИИИ	Техногенный фон	Природные источники	Медицинские источники
Все НП области, отнесенные к зонам радиоактивного загрязнения	0,032	4,7	80	16
185 ÷ 555	0,020	14	77	9,4
> 555	0,016	30	62	7,6



Все населенные пункты Брянской области, отнесенные к зонам радиоактивного загрязнения



Населенные пункты с плотностью загрязнения их территории  $^{137}\text{Cs}$  от 1 до 5 Ки/км<sup>2</sup>



Населенные пункты с плотностью загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  от 5 до 15 Ки/км<sup>2</sup>



Населенные пункты с плотностью загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  более 15 Ки/км<sup>2</sup>

**Рисунок 1** – Структура доз облучения населения Брянской области, проживающего на территориях с различными уровнями загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  в 2003 году

### Библиографический список

1. Закон РФ от 15 мая 1991 г. № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» (с изм. и доп.).

2. Методические указания. Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Черно-

быльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (МУ 2.6.1.784-99). – введ. 23.10.1999. – М. – 1999. – 11с.

3. Методические указания. Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (МУ 2.6.1.1101-02) – доп. № 1 к (МУ 2.6.1.784-99). – введ. 20.01.2002. – М.-2002.

4. Методические указания Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (МУ 2.6.1.2319-08) – доп. № 2 к (МУ 2.6.1.784-99). – введ. 22.01.2008. – М. – 2008.
5. Методические указания. Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (МУ 2.6.1.3154-13) – изм. 3 к (МУ 2.6.1.784-99). – введ. 20.12.2013. – М. – 2014.
6. Методические указания. Реконструкция средней накопленной в 1986-1995 гг. эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. (МУ 2.6.1.579-96). – введ. 12.11.1996. – М. – 1996. – 40 с.
7. Методические указания. Реконструкция средней накопленной в 1986-2001 гг. эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (МУ 2.6.1.1114-02) – доп. № 1 к (МУ 2.6.1.579-96). – введ. 02.03.2002. – М. – 2002. – 5с.
8. Методические указания. Реконструкция средней (индивидуализированной) накопленной эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (МУ 2.6.1.2004-05) – доп. № 2 к (МУ 2.6.1.579-96). – введ. 25.07.2005. – М. – 2005. – 11с.
9. Методические указания. Реконструкция средней накопленной эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (МУ 2.6.1.3153-13) – изм. 3 к (МУ 2.6.1.579-96). – введ. 20.12.2013. – М. – 2014.
10. Методические указания. Оценка средних годовых эффективных доз облучения критических групп жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (МУ 2.6.1.2003-05). – введ. 01.10.2005. – М. – 2005. – 16с.
11. Методические указания. Оценка средних годовых эффективных доз облучения критических групп жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (МУ 2.6.1.3152-13) – изм. 1 к (МУ 2.6.1.2003-05). – введ. 20.12.2013. – М. – 2014.
12. Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности. Радиационный мониторинг доз облучения населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. – введ. 27.12.2007. – М. – 2007. – 70 с.
13. Методические рекомендации. Проведение комплексного экспедиционного радиационно-гигиенического обследования населенного пункта для оценки доз облучения населения (МР 6.2.1.0006-10). – введ. 09.08.2010. – М. – 2010. – 48 с.
14. Методические указания. Реконструкция дозы излучения радиоизотопов йода в щитовидной железе жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (МУ 2.6.1.1000-00). – введ. 29.10.2000. – М. – 2001. – 56с.
15. Методические указания. Прогноз доз облучения населения радионуклидами цезия и стронция при их попадании в окружающую среду (МУ 2.6.1.2222-07). – введ. 18.06.2007. – М. – 2007. – 18 с.
16. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2014 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской

АЭС (для целей зонирования населенных пунктов) / Брук Г.Я. [и др.] // Журнал «Радиационная гигиена». – том 8, № 2. – 2015.

17. ICRP, 2008. Recommendation of the ICRP [Text]: ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. – 2008. – V. 37, No. 2-4.

**A.A. Bratilova**

**THE EXPOSURE OF RUSSIAN FEDERATION POPULATION, LIVING IN THE TERRITORIES AFFECTED DUE TO THE ACCIDENT ON CHERNOBYL NPP**

An article is devoted to the estimation of the current, accumulated and prognosis exposure doses for the population living in the territories affected due to the accident on Chernobyl NPP.

It is established that the values of the average annual exposure dose of the population of a settlement will not exceed 1 mSv/year in conditions of the absence of active measures for population radioactive protection in 13 from 14 territories of Russian Federation (except Bryansk region) referred to the zones of radioactive contamination due to Chernobyl accident.

Average annual population effective exposure dose for the population of a settlement from the Chernobyl accident products (in conditions of the absence of active measures for population radioactive protection) exceeds 0.3 mSv/year only in 713 settlements of Bryansk, Kaluga, Orel and Tula regions.

Mentioned dose exceeds 1 mSv/year in 276 settlements of Bryansk region affected to the highest radioactive contamination, and in 8 from these settlements this dose exceeds 5 mSv/year.

The results obtained during the Institute investigations allowed establishing the peculiarities of exposure dose forming for the population living in the settlements located in the territories with different levels of  $^{137}\text{Cs}$  soil surface activity.

Due to this fact we have opportunity of estimation actual and prognosis exposure doses for population and it's critical groups not only for investigated settlements but for all settlements referred to the zones of radioactive contamination.

Corresponding dose estimations were consistently carried out for the settlements of 14 territories of Russian Federation affected with radiation contamination after the accident in Chernobyl NPP.

**Key words:** radiation accident, Chernobyl NPP, zone of radiation contamination, exposure dose

*Поступила 18.03.2016*