

**Научно-практический  
журнал**

**УЧРЕДИТЕЛЬ:**  
Федеральное бюджетное  
учреждение науки  
«Санкт-Петербургский  
научно-исследовательский  
институт радиационной гигиены  
имени профессора П.В. Рамзаева»

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-28716 от 6 июля 2007 г.

В 2015 году журнал был зарегистрирован как сетевое издание Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации  
ЭЛ № ФС77-63702 от 10 ноября 2015 г.

Издается ежеквартально.

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается с письменного разрешения редакции.

Ссылка на журнал «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» обязательна.

Журнал включен в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования  
[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Корректор А.М. Плаксина  
Компьютерная верстка  
А.В. Гнездиловой

Адрес редакции:  
197101, Санкт-Петербург,  
ул. Мира, дом 8  
Тел. (812) 233-4283, 233-5016  
Тел./Факс (812) 233-4283  
E-mail: [journal@niirg.ru](mailto:journal@niirg.ru)  
Сайт: [www.radhyg.ru](http://www.radhyg.ru)

Тираж 300 экз.

ISSN 1998-426X



9 771998 426783 >

Индекс для подписки в агентстве  
«Роспечать» – **57988**

© «Радиационная гигиена», 2017

# РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

## RADIATIONNAYA GYGIENA

Председатель редакционного совета  
**Г.Г. Онищенко**

Главный редактор  
**И.К. Романович**



Том 10 № 3, 2017

## Председатель редакционного совета

**Онищенко Геннадий Григорьевич** — Государственная Дума, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва, Российская Федерация)

## Главный редактор

**Романович Иван Константинович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

## Заместитель главного редактора

**Вишнякова Надежда Михайловна** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.м.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

## Редакционный совет

**Александрин Сергей Сергеевич** — ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, д.м.н. профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Алексахин Рудольф Михайлович** — ГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и радиозоологии», д.б.н. профессор, академик РАН (Обнинск, Российская Федерация)

**Башкетова Наталия Семеновна** — Управление Роспотребнадзора по г. Санкт-Петербургу (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Горбанев Сергей Анатольевич** — ФБУН «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья», д.м.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Зарединов Дамир Арифович** — Министерство здравоохранения Республики Узбекистан, д.м.н., профессор (Ташкент, Республика Узбекистан)

**Иванов Виктор Константинович** — Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «Федеральный медицинский исследовательский центр имени П.А. Герцена» Минздрава России», д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН (Обнинск, Российская Федерация)

**Ильин Леонид Андреевич** — ФГБУ ГНЦ «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва, Российская Федерация)

**Кашпаров Валерий Александрович** — Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии, д.б.н. (Киев, Украина)

**Марченко Татьяна Андреевна** — Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий), д.м.н., профессор (Москва, Российская Федерация)

**Мирсаидов Умас Мирсаидович** — Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, д.х.н., профессор, академик АН РТ (Душанбе, Республика Таджикистан)

**Надареишвили Давид Кназович** — Центр экспериментальной биомедицины им. И. Бериташвили (Тбилиси, Грузия)

**Рожко Александр Валентинович** — ГУ «Республиканский научный центр радиационной медицины и экологии человека», д.м.н. (Гомель, Республика Беларусь)

**Софронов Генрих Александрович** — ФБНУ «Институт экспериментальной медицины», д.м.н., профессор, академик РАН (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Ушаков Игорь Борисович** — ФГБУ ГНЦ «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, д.м.н., профессор, академик РАН (Москва, Российская Федерация)

## Редакционная коллегия

**Архангельская Генриэтта Владимировна** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.м.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Балонов Михаил Исаакович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Балтрукова Татьяна Борисовна** — ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Вакуловский Сергей Мстиславович** — Институт проблем мониторинга окружающей среды (ИПМ) ФГУ НПО «Тайфун», д.т.н., профессор (Обнинск, Российская Федерация)

**Гребеньков Сергей Васильевич** — ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Ермолина Елена Павловна** — ГБОУ ДПО Российская медицинская академия последипломного образования Минздрава России, к.м.н. (Москва, Российская Федерация)

**Звонова Ирина Александровна** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.т.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Кадука Марина Валерьевна** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», к.б.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Константинов Юрий Олегович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», к.т.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Маттссон Ларс Юхан Скорен** — Лундский университет, профессор (Мальмё, Швеция)

**Омельчук Василий Владимирович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.м.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Рамзаев Валерий Павлович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», к.м.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Репин Виктор Степанович** — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.б.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Рыбников Виктор Юрьевич** — ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, д.м.н., д-р психол. наук, профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Савкин Михаил Николаевич** — ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, к.т.н. (Москва, Российская Федерация)

**Шайдаков Евгений Владимирович** — ФБНУ «Институт экспериментальной медицины», д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

**Шандала Наталья Константиновна** — ФГБУ ГНЦ «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, д.м.н., профессор (Москва, Российская Федерация)

ISSN 1998-426X (print)  
ISSN 2409-9082 (online)

**FOUNDER:**  
Federal Scientific Organization  
«Saint-Petersburg Research Institute  
of Radiation Hygiene  
after Professor P.V. Ramzaev»

Quarterly published

**Editorial office address:**  
Mira str., 8, 197101,  
St.-Petersburg, Russia  
Phone: (812) 233-42-83, 233-50-16  
Phone/Fax: (812) 233-42-83  
E-mail: journal@niirg.ru  
Web: www.radhyg.ru

# RADIATION HYGIENE

**Chairman of Editorial Council**

Gennadiy G. Onishchenko

**Editor-in-Chief**

Ivan K. Romanovich



Vol. 10 № 3, 2017

# RADIATION HYGIENE

---

Vol. 10 № 3, 2017

## Chairman of Editorial Council

**Gennadiy G. Onishchenko** – the State Duma, Russian Academy of Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, M.D. Professor (Moscow, Russian Federation)

## Editor-in-Chief

**Ivan K. Romanovich** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, M.D., Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation)

## Deputy Editor-in-Chief

**Nadezhda M. Vishnyakova** – Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, M.D. (Saint Petersburg, Russian Federation)

## Members of Editorial Council

**Sergey S. Aleksanin** – Federal State Organization «A.M. Nikiforov All-Russia Center of Emergency and Radiation Medicine» of EMERCOM of Russia, M.D., Professor (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Rudolf M. Aleksakhin** – Russian Institute of Radiology and Agroecology (Obninsk Russian Federation)

**Nataliya S. Bashketova** – Saint Petersburg Rospotrebnadzor Department (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Sergey A. Gorbanev** – Northwest Public Health Research Center (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Damir A. Zaredinov** – Uzbekistan Republic Healthcare Ministry, M.D., Professor (Tashkent, Uzbekistan Republic)

**Valeriy A. Kashparov** – Ukrainian Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Doctor of Biology (Kiev, Ukraine)

**Ulmas M. Mirsaidov** – Agency for Nuclear and Radiation Safety of the Academy of Sciences of Tajikistan Republic, Doctor of Chemistry, Professor, Academician of AS TR. (Dushanbe, Tajikistan Republic)

**David K. Nadareshvili** – Center of Experimental Biomedicine after I. Beritashvili (Tbilisi, Georgia)

**Viktor K. Ivanov** – Medical Radiological Center of Science after A.F. Tsyba – Branch of Federal State Organization «P.A. Herzen Federal Medical Research Center» of Healthcare Ministry», Doctor of Engineering, Professor, corresponding member of the Russian (Obninsk, Russian Federation)

**Leonid A. Ilyin** – Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia after A.I. Burnasyan, M.D., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation)

**Tat'yana A. Marchenko** – All-Russian Research Institute on the Problems of Civil Defense and Emergency Situations of the Russian EMERCOM, Doctor of Medical Sciences, Professor (Moscow, Russian Federation)

**Aleksandr V. Rozhko** – Republican Scientific Center of Radiation Medicine and Human Ecology M.D. (Gomel, Belarus Republic)

**Genrikh A. Sofronov** – Federal State Scientific Organization «Institute of Experimental Medicine», Member of the Russian Sciences Academy, Professor, Doctor of Medical Sciences, (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Igor' B. Ushakov** – Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia after A.I. Burnasyan, Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Honoured Doctor of the Russian Federation, Medical Major General of the Reserve (Moscow, Russian Federation)

## Editorial Board

**Genrietta V. Arkhangelskaya** – Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, M.D. (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Mikhail I. Balonov** – Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Doctor of Biology, Professor (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Tat'yana B. Baltrukova** – Northwest State Medical University after I.I. Mechnikov (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Sergey M. Vakulovsky** – Federal State Budgetary Institution "Research and Production Association «Typhoon», Doctor of Engineering, Professor (Kaluga region, Russian Federation)

**Sergey V. Grebenkov** – Northwest State Medical University after I.I. Mechnikov, M.D., Professor (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Elena P. Ermolina** – Russian Medical Academy of Postgraduate Education of Russian Healthcare Ministry, Candidate of Medicine (Moscow, Russian Federation)

**Irina A. Zvonova** – Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Doctor of Engineering (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Marina V. Kaduka** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Candidate of biological science (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Yuriy O. Konstantinov** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Candidate of Engineering (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Mattsson Lars Juhan Sören** – Professor of medical radiation physics department of Lund University (Malmo, Sweden)

**Vasilii V. Omelchuk** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, M.D. (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Valeriy P. Ramzaev** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Candidate of Medicine (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Victor S. Repin** – Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Doctor of Biology (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Victor Yu. Rybnikov** – Federal State Organization «A.M. Nikiforov All-Russia Center of Emergency and Radiation Medicine» EMERCOM of Russia, M.D., Doctor of Psychology, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Mikhail N. Savkin** – All-Russia Scientific Research Institute of Railway Hygiene of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Candidate of Engineering (Moscow, Russian Federation)

**Evgeniy V. Shaydakov** – Federal State Scientific Organization «Institute of Experimental Medicine», M.D., Professor (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Natal'ya K. Shandala** – Federal Medical Biophysical Center after A.I. Burnasyan of Federal Medical Biological Agency of Russia, M.D., Professor (Moscow, Russian Federation)

## СОДЕРЖАНИЕ

Том 10 № 3, 2017

### ЕСКИД И РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

*Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Шевкун И.Г.*  
**Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации.**  
**Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию..... 7**

*Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Шевкун И.Г.*  
**Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации.**  
**Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации ..... 18**

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

*Архангельская Г.В., Зеленцова С.А., Вишнякова Н.М., Храмцов Е.В., Варфоломеева К.В., Соколов Н.В., Репин В.С.*  
**Проблемы риск-коммуникаций по вопросам радиационной безопасности: оценка информированности населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области о деятельности атомной отрасли и его представления о факторах опасности.....36**

*Соколов Н.В., Библин А.М., Репин Л.В., Рехтина Л.С.*  
**Проблемы риск-коммуникации при обеспечении радиационной безопасности: представление о радиации и атомной отрасли в массовом сознании по результатам социологических исследований в Санкт-Петербурге, Ленинградской и Мурманской областях ..... 46**

*Ведерникова М.В., Пронь И.А., Савкин М.Н., Цебаковская Н.С.*  
**Дозы облучения персонала и населения при нормальной эксплуатации пунктов захоронения радиоактивных отходов ..... 57**

*Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А., Шацкий И.Г., Чипига Л.А.*  
**Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг. .... 66**

*Онищенко А.Д., Вараксин А.Н., Жуковский М.В.*  
**Анализ подходов к формированию контрольной группы в радоновых эпидемиологических исследованиях по типу случай – контроль..... 76**

## CONTENTS

Vol. 10 № 3, 2017

### ISDCR AND RUSSIAN FEDERATION RADIATION-HYGIENE PASSPORTIZATION

*Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Shevkun I.G.*  
**Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation.**  
**Report 1: Main achievements and challenges to improve ..... 15**

*Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Shevkun I.G.*  
**Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation.**  
**Report 2: characteristics of the sources and exposure doses of the population of the Russian Federation ..... 33**

### RESEARCH ARTICLES

*Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Vishnyakova N.M., Khramtsov E.V., Varfolomeeva K.V., Sokolov N.V., Repin V.S.*  
**Risk-communication issues in radiation safety: evaluation of public awareness in St. Petersburg and the Leningrad Region on the activities of the nuclear industry and public understanding of the hazards..... 43**

*Sokolov N.V., Biblin A.M., Repin L.V., Rekhina L.S.*  
**Risk-communication issues in radiation safety: Mass consciousness about radiation and nuclear industry based on the results of a sociological research in St. Petersburg, the Leningrad region and the Murmansk region ..... 55**

*Vedernikova M.V., Pron I.A., Savkin M.N., Cebakovskaya N.S.*  
**Occupational and Public Exposure During Normal Operation of Radioactive Waste Disposal Facilities..... 63**

*Vodovатов A.V., Golikov V.Yu., Kalnitsky S.A., Shatsky I.G., Chipiga L.A.*  
**Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014 ..... 74**

*Onishchenko A.D., Varaksin A.N., Zhukovsky M.V.*  
**Analysis of approaches to the formation of a control group in radon epidemiological case-control studies ..... 88**

## СОДЕРЖАНИЕ

Том 10 № 3, 2017

### ОБЗОРЫ

*Романович И.К.*

**Научное обоснование подходов к организации и проведению радиационного обследования реабилитированных радиационных объектов..... 90**

### САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР

*Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Братилова А.А., Историк О.А., Еремина Л.А.,*

**Радиационная обстановка на территориях Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС ..... 103**

### ЮБИЛЕИ

**Кафедре радиационной гигиены Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования – 60 лет ..... 113**

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» ..... 114**

## CONTENTS

Vol. 10 № 3, 2017

### REVIEWS

*Romanovich I.K.*

**Scientific substantiation of approaches to organization and conducting radiation surveys at the rehabilitated radiation sites..... 100**

### SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE

*Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Istorik O.A., Eremina L.A.*

**Radiation situation on the territories of the Leningrad Region affected by the Chernobyl accident..... 110**

### ANNIVERSARIES

**Department of Radiation Hygiene of the Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education – 60 years old ..... 113**

**JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS..... 114**



# Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации

## Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию

Г.Г. Онищенко<sup>1</sup>, А.Ю. Попова<sup>2</sup>, И.К. Романович<sup>3</sup>, А.Н. Барковский<sup>3</sup>, Т.А. Кормановская<sup>3</sup>,  
И.Г. Шевкун<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российская академия наук, Москва, Россия

<sup>2</sup>Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

<sup>3</sup>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

*В статье анализируется 20-летний опыт ведения в Российской Федерации радиационно-гигиенической паспортизации и единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. Радиационно-гигиенический паспорт представляет собой объективную и доступную информацию о характеристике всех источников ионизирующего излучения (техногенных, медицинских, природных) и обусловленных ими дозах облучения населения на территории как всей страны, так и отдельных субъектов Российской Федерации. Радиационно-гигиенической паспортизацией и единой системой контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан в настоящее время охвачены все предприятия, осуществляющие обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения, надзор за которыми осуществляют Роспотребнадзор и Федеральное медико-биологическое агентство России, а также подведомственные Министерству внутренних дел, Министерству обороны, Федеральной службе безопасности, Федеральной службе исполнения наказаний и Управлению делами Президента России. Важную роль в повышении эффективности организационной работы, наполнении паспортов объективной информацией играют созданные в 2007 г. приказом Роспотребнадзора межрегиональные центры по вопросам радиационной безопасности, способные выполнять все необходимые для качественного заполнения радиационно-гигиенических паспортов виды радиационного контроля, в том числе и для прикрепленных территорий. Работа по паспортизации радиационных объектов и территорий позволила установить уровни и структуру облучения населения страны от всех основных источников ионизирующего излучения и выявить группы населения, дозы облучения природными источниками которых превышают 5 и 10 мЗв/год; в практику лечебных учреждений введен контроль и учет доз облучения пациентов, ведется работа по оптимизации структуры медицинских рентгенологических исследований; введена система установления референтных уровней медицинского облучения. С целью совершенствования радиационно-гигиенических паспортов территорий необходимо добиться представления информации о радиоактивном загрязнении объектов внешней среды всеми субъектами Российской Федерации, а также своевременного совершенствования методических документов и программных средств по их заполнению.*

**Ключевые слова:** радиационно-гигиенический паспорт организации, радиационно-гигиенический паспорт территории, источники ионизирующего излучения, радиационный объект, дозы облучения, радиоактивное загрязнение, радиационное обследование, радиационный контроль, удельная активность.

**Романович Иван Константинович**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.  
**Адрес для переписки:** 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; Тел.: (812)233-53-63. E-mail: I.Romanovich@niir.ru

### Введение

Основами государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г., утвержденными Президентом Российской Федерации 1 марта 2012 г. № Пр-539, определено, что обеспечение ядерной и радиационной безопасности при использовании атомной энергии в мирных и оборонных целях является одной из важнейших составляющих обеспечения национальной безопасности Российской Федерации.

В основные принципы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности включены также:

- принцип социально приемлемого риска, имеющего целью минимизацию ядерного и радиационного рисков, в том числе поддержание на возможно низком уровне (с учетом экономических и социальных факторов) индивидуальных доз облучения персонала и сокращение числа облучаемых лиц;

- доступность и открытость информации о состоянии ядерной и радиационной безопасности.

Одним из направлений и инструментом реализации основ государственной политики является развитие системы радиационно-гигиенической паспортизации (РГП) организаций и территорий.

РГП организаций и территорий является государственной системой оценки влияния основных источников ионизирующего излучения (техногенных и природных) и направлена на обеспечение радиационной безопасности населения. Целью радиационно-гигиенической паспортизации является получение достоверной информации о состоянии радиационной безопасности на территориях субъектов Российской Федерации, необходимой и достаточной для ее объективной оценки, для планирования и проведения при необходимости обоснованных мероприятий по ее улучшению, а также обеспечение доступности этой информации для всех заинтересованных организаций и лиц [1–5].

Радиационно-гигиенические паспорта организаций, осуществляющих обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения (ИИИ) (производство, хранение, реализация, эксплуатация, транспортирование, размещение, ремонт, обслуживание, радиационный контроль, утилизация), содержат численные значения параметров радиационной обстановки, характеризующие деятельность организации и уровень радиационного воздействия на объекты окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения, на персонал, работающий с техногенными ИИИ, и на население зоны наблюдения за счет использования организацией техногенных ИИИ. В них приводится также оценка состояния радиационной безопасности должностными лицами организации и органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор [1–5].

Радиационно-гигиенические паспорта территорий содержат информацию о состоянии радиационной безопасности на территориях субъектов Российской Федерации за отчетный год, которая характеризуется радиоактивным загрязнением окружающей среды, проводимыми мероприятиями по радиационной безопасности, обеспечением выполнения норм, правил и гигиенических

нормативов в области радиационной безопасности, дозами облучения, получаемыми отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения, числом лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов дозы, степени готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий [1–5].

### Организация и порядок ведения радиационно-гигиенических паспортов

Свой отсчет радиационно-гигиеническая паспортизация организаций и территорий ведет с принятия 9 января 1996 г. федерального закона «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ. И хотя первый РГП Российской Федерации был представлен за 1998 г., в 2016 г. радиационно-гигиенической паспортизации исполнилось двадцать лет.

Типовые формы РГП организаций и территорий утверждены совместным приказом Минздрава РФ, Госатомнадзора РФ и Госкомэкологии РФ от 21 июня 1999 г. № 240/65/ 289 «Об утверждении типовых форм радиационно-гигиенических паспортов». Порядок ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий определен приказом Минздрава РФ, Госатомнадзора РФ и Госкомэкологии РФ от 21 июня 1999 г. № 239/66/288 и Методическими указаниями МУ-177-112 «Порядок заполнения и ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий», утвержденных заместителем Главного государственного санитарного врача РФ 30 декабря 1997 г.

В настоящее время разработаны и представлены для утверждения в Роспотребнадзор проекты методических указаний «Заполнение радиационно-гигиенических паспортов организаций, осуществляющих обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения» и «Заполнение радиационно-гигиенических паспортов территорий субъектов Российской Федерации». В этих документах учтен 20-летний опыт проведения работ по радиационно-гигиенической паспортизации и представлены обновленные формы радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий, учитывающие этот опыт и приспособленные для использования современных информационных технологий и компьютерной обработки данных.

Ведение радиационно-гигиенических паспортов организаций, использующих источники ионизирующего излучения, осуществляется в установленном порядке органами управления этих организаций. Ведение радиационно-гигиенических паспортов территорий осуществляется в установленном порядке органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Радиационно-гигиенический паспорт территории составляется и ведется во всех субъектах Российской Федерации в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28.01.97 г. № 93 «О порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий». Паспорт заполняется должностным лицом, назначенным распоряжением администрации данной территории, ответственным за состояние радиационной безопасности населения, и подписывается руководителем администрации территории или его заместителем. Все радиационно-гигиенические паспорта представляются на

рассмотрение в Управления Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации, которые дают письменное заключение о достоверности и полноте содержащейся в них информации, о состоянии радиационной безопасности за отчетный год, оценивают радиационные риски и эффективность проведенных мероприятий по улучшению радиационной обстановки в отчетном году, а также дают предложения по разработке и принятию мер совершенствования системы радиационной безопасности [1–5].

С 2000 г. в Российской Федерации введена единая система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). Положение и структура ЕСКИД регламентируются приказом Минздрава России от 31.07.2000 г. № 298, разработанным с целью реализации ст. 18 ФЗ № 3, а также во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 16.06.97 № 718 «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» [5–7].

Информация о дозах облучения граждан поступает в ЕСКИД в виде 4 форм федерального статистического наблюдения, утвержденных постановлением Росстата от 16.10.2013 г. № 411 [5–7]:

– форма № 1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений» заполняется организациями (предприятиями, учреждениями), проводящими работы с техногенными ИИИ, на всех лиц из персонала, находящихся под индивидуальным дозиметрическим контролем;

– форма № 2-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях радиационной аварии или планируемого повышенного облучения, а также лиц из населения, подвергшегося аварийному облучению» заполняется всеми организациями (предприятиями, учреждениями), имеющими в отчетном году случаи облучения в результате радиационных аварий или планируемого повышенного облучения персонала, а также органами Роспотребнадзора субъектов Российской Федерации, на территории которых в отчетном году имело место аварийное облучение населения;

– форма № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» заполняется всеми организациями (предприятиями, учреждениями), использующими источники ионизирующего излучения в медицинских диагностических целях, независимо от их ведомственной подчиненности, и их обособленными подразделениями, проводящими рентгенорадиологические медицинские исследования пациентов с целью диагностики;

– форма № 4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счёт естественного и техногенно изменённого радиационного фона» заполняется всеми организациями (предприятиями, учреждениями) и их обособленными подразделениями, имеющими аккредитованные лаборатории радиационного контроля, которые проводят измерения уровней облучения населения природными источниками ионизирующих излучений.

Функционально ЕСКИД представляет собой совокупность федеральной, региональной и ведомственных систем контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. В системе Роспотребнадзора в состав ЕСКИД входят 4 федеральных банка данных (ФБД):

– ФБД по индивидуальным дозам облучения персонала предприятий (ФБД ДОП);

– ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан, получаемым при радиационных авариях (ФБД ДРА);

– ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан при проведении медицинских диагностических рентгено-радиологических процедур (ФБДМ);

– ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан, создаваемым естественным и техногенно измененным радиационным фоном (ФБД ОПИ).

В каждом субъекте Российской Федерации действуют также соответствующие региональные банки данных.

### **Основные результаты организационной работы по радиационно-гигиенической паспортизации за 1998–2016 гг.**

В первые годы проведения радиационно-гигиенической паспортизации основной упор был сделан на 100% охват паспортизацией всех организаций, использующих в своей деятельности техногенные ИИИ, а также на подготовку радиационно-гигиенического паспорта территории (РГПТ) всеми субъектами Российской Федерации [1–5]. Впервые все субъекты Российской Федерации представили РГПТ за 2007 г. (табл.) [8–26]. До 2007 г. из 89 субъектов Российской Федерации 4–6 территорий по разным причинам не проводили радиационно-гигиеническую паспортизацию и РГПТ не представляли.

Более чем в половине субъектов Российской Федерации организация радиационно-гигиенической паспортизации администрацией субъекта поручена органам и учреждениям Роспотребнадзора.

С 2004 г. начали заполнять и представлять в Роспотребнадзор радиационно-гигиенические паспорта министерства и ведомства, имеющие свои органы санитарно-эпидемиологического надзора. Так, за 2004 г. были представлены РГП Федеральным медико-биологическим агентством и Министерством обороны Российской Федерации, за 2005 г. дополнительно представили РГПТ МВД России и ФСИН России, за 2006 г. – ФСБ России и Управление делами Президента Российской Федерации (см. табл.). Это позволило значительно повысить объем и достоверность информации, представляемой в радиационно-гигиеническом паспорте России [8–26].

Параллельно с работой по обеспечению участия в радиационно-гигиенической паспортизации максимального числа организаций, осуществляющих обращение с техногенными ИИИ, и 100% охвата радиационно-гигиенической паспортизацией субъектов Российской Федерации, Роспотребнадзором проводилась работа по повышению полноты и качества представляемой в РГПТ информации.

При проведении работ по РГПТ выявился ряд проблем. Во многих субъектах Российской Федерации отсутствовали аккредитованные лаборатории, способные проводить некоторые виды радиационного контроля, в первую очередь, радиохимические исследования содержания радионуклидов в пищевой продукции и питьевой воде, контроль суммарной бета-активности атмосферного воздуха и контроль содержания радона в жилых и общественных зданиях. Отсутствие данной информации в РГПТ значительной части субъектов Российской Федерации не позволяло получить полную информацию о состоянии радиационной безопасности на их территориях [1–5].

Данные о числе представленных РГП организаций (РГПО) и территорий (РГПТ), министерств и ведомств за 1998–2016 гг. [8–26]

[Table

Data on the number of organizations represented by radiation-hygiene passport of the organizations (RHPO), of the territories (RHPT), ministries and departments for 1998–2016 year] [8–26]

Год [year]	Число РГПТ субъектов РФ [Number of RHPT of the RF subjects]	Число РГПО [Number of RHPO]	Число ведомств [Number of governmental agencies]	Всего субъектов РФ [Number of the RF subjects]
1998	70	17 084	0	
1999	80	17 022	0	
2000	80	17 438	0	
2001	84	16 360	0	
2002	82	15 667	0	
2003	84	15 729	0	
2004	85	15 946	2 (ФМБА России, МО России) [(FMBA of the RF, Ministry of Defense)]	
2005	85	15 918	4 (ФМБА России, МО России, МВД России, ФСИН) [(FMBA of the RF, Ministry of Defense, Ministry of Internal Affairs, the Federal Penitentiary Service)]	89
2006	83	15 668	6 (ФМБА России, МО России, МВД России, ФСИН, ФСБ России, Управление делами Президента) (ФМБА России, МО России, МВД России, ФСИН) [(FMBA of the RF, Ministry of Defense, Ministry of Internal Affairs, the Federal Penitentiary Service, Federal Security Service, Presidential Executive Office)]	
2007	85	16 514	6	85
2008	83	17 098	6	
2009	83	17 300	6	
2010	83	18 187	6	
2011	83	18 835	6	83
2012	83	19 253	6	
2013	83	19 256	6	
2014	84	19 853	6	
2015	85	20 295	6	85
2016	85	20 463	6	

Для решения этой проблемы приказом Роспотребнадзора от 10 января 2007 г. № 1 «О создании межрегиональных центров по вопросам радиационной безопасности» на базе Центров гигиены и эпидемиологии в Ростовской и Челябинской областях, в Красноярском и Приморском краях, в городах Москве и Санкт-Петербурге и в Ханты-Мансийском автономном округе были образованы межрегиональные центры (МРЦ) по оказанию организационной, методической и практической помощи по вопросам радиационной безопасности населения, к каждому из которых были прикреплены расположенные рядом с ними субъекты Российской Федерации. Целью создания этих центров было обеспечение координации методической,

практической и научно-исследовательской деятельности, направленной на реализацию мероприятий по повышению эффективности надзора за радиационной безопасностью и своевременному внедрению новых методов исследований.

Роспотребнадзором были проведены мероприятия по укреплению кадрового состава и аппаратного обеспечения МРЦ, повышению квалификации их сотрудников. Таким образом, были созданы условия для обеспечения возможности проведения необходимого объема радиационного мониторинга во всех субъектах Российской Федерации.

Тем же приказом на базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной ги-

гиены имени профессора П.В. Рамзаева был создан Головной научно-методический межрегиональный центр Роспотребнадзора (ГНММЦ) и организована подготовка сотрудников МРЦ по вопросам исследования объектов внешней среды, в том числе для ведения социально-гигиенического мониторинга по показателям радиационной безопасности, радиационно-гигиенической паспортизации и единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз.

Было определено, что ГНММЦ является научным, консультативно-методическим, экспертным органом и выполняет функции головного учреждения Роспотребнадзора по вопросам изучения, исследования и оценки основных показателей радиационной безопасности населения, ведению работ по радиационно-гигиенической паспортизации территорий субъектов Российской Федерации, контролю и учету доз облучения населения этих территорий в рамках ЕСКИД.

В 2011 г. приказом Роспотребнадзора от 21.01.2011 г. № 14 «О реорганизации межрегиональных центров по вопросам радиационной безопасности» была проведена реорганизация системы МРЦ, в результате которой МРЦ и прикрепленные территории были приведены в соответствие с федеральными округами. Были образованы новые МРЦ на базе Центров гигиены и эпидемиологии в Ставропольском крае и Нижегородской области и ликвидирован МРЦ в ХМАО.

Начиная с 2007 г., начали регулярно проводиться межрегиональные семинары на базе МРЦ, на которых рассматривались актуальные вопросы радиационной гигиены, вопросы практики надзора за радиационной безопасностью, новые нормативные и методические документы Роспотребнадзора, проходил обмен опытом специалистов различных территорий. За прошедшее время проведено 46 межрегиональных семинаров. Два семинара в 2011 г. и в 2016 г. проходили на загрязненной в результате аварии на ЧАЭС территории Брянской области в г. Клинцы. На них рассматривались вопросы аварийного реагирования и проводились практические занятия по отработке методов радиационного контроля на загрязненной радионуклидами местности. Ряд семинаров включал практические занятия по различным видам радиационного контроля:

- 2009 г. в Ростове – практическое занятие по радиационному контролю инспекционно-досмотровых ускорительных комплексов;

- 2012 г. в Железноводске – практическое занятие по радиационному контролю в радиоштольнях по сбору минеральной воды (ОАО «Кавминприродресурсы») и в радионной лечебнице г. Пятигорска;

- 2012 г. в Челябинске – практическое занятие по проведению радиационного контроля в ПЭТ-центре ЧОКОД, практическое занятие по радиационному контролю на загрязненной территории в с. Муслимово;

- 2013 г. в Красноярске – знакомство с объектами временного хранения отработавшего ядерного топлива на ФГУП «Горнохимический комбинат» в г. Железногорске;

- 2014 г. в Нижнем Новгороде – практическое занятие по радиационному контролю рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей и рентгеновских установок для досмотра багажа и товаров на станциях Нижегородского метрополитена;

- 2015 г. в Горноалтайске – практическое занятие по измерению ЭРОА радона в помещениях сдаваемого в эксплуатацию жилого дома в с. Майма;

- 2016 г. в Нижнем Новгороде – практическое занятие по проведению измерения мощности дозы гамма-излучения на местности и отбору проб почвы.

В последние годы Роспотребнадзором проведена большая работа по совершенствованию аппаратного оснащения МРЦ и повышению квалификации персонала. На сегодняшний день МРЦ способны выполнять все необходимые виды радиационного контроля, в том числе и для прикрепленных территорий, в объемах, достаточных для качественного заполнения радиационно-гигиенических паспортов всеми прикрепленными субъектами Российской Федерации. Значительно повысилась готовность МРЦ к действиям в случае возможных радиационных аварий. Все МРЦ имеют хорошо оснащенные передвижные радиологические лаборатории, имеют полевые полупроводниковые гамма-спектрометры, оборудование для оперативной идентификации радионуклидов, владеют радиохимическими методами пробоподготовки. МРЦ обеспечивают реальную возможность существенного повышения качества РГПТ.

Анализ данных радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД за 1998–2016 гг. показал, что ежегодная радиационно-гигиеническая паспортизация организаций и территорий положительно сказалась на решении ряда вопросов в области обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации [1–5, 8–32]:

- определена структура облучения населения России от всех основных источников ИИИ;

- выявлены субъекты Российской Федерации, в которых облучение значительных групп населения природными источниками ионизирующего излучения превышает 5 и 10 мЗв/год, и обоснована необходимость разработки региональных программ по уменьшению доз облучения населения от природных источников;

- введен контроль и учет доз облучения пациентов в практику лечебных учреждений;

- преобладающая часть медицинских учреждений оснащена низкодозовой рентгеновской аппаратурой для рутинных исследований (рентгенографии и флюорографии);

- ведется оснащение лечебных учреждений современной медицинской рентгенодиагностической техникой (компьютерными томографами, аппаратами для проведения МРТ- и ПЭТ-исследований) и разработана методическая база контроля доз пациентов при ее использовании;

- ведется работа по оптимизации структуры медицинских рентгенологических исследований, позволяющая снизить более чем в 5 раз количество рентгеноскопических исследований, одного из наиболее дозозатратных методов рентгенодиагностики, который ранее применялся недостаточно обоснованно;

- отмечен быстрый рост числа компьютерных томографий и их вклада в дозу медицинского облучения (за последние 10 лет рост более чем в 5 раз – с 9,2% до 47,8%), решена проблема методического обеспечения контроля доз пациентов для данного вида рентгенодиагностики;

- введена система установления референтных уровней медицинского облучения, являющаяся одним из наиболее эффективных способов оценки обоснованности

доз облучения пациентов при проведении различных видов рентгенодиагностических исследований в условиях отсутствия соответствующих нормативов;

- налажен эффективный контроль и учет индивидуальных доз облучения персонала, включая совместителей, позволивший своевременно выделять группы риска, имеющие годовую дозу более 20 мЗв для персонала группы А и 5 мЗв для персонала группы Б, и устанавливать для них контрольные уровни, гарантирующие непревышение основных пределов дозы;

- система РГП и ЕСКИД в настоящее время охватывает все предприятия, осуществляющие обращение с техногенными ИИИ, надзор за которыми осуществляют Роспотребнадзор и ФМБА России, а также подведомственные МВД, Минобороны, ФСБ, ФСИН и Управления делами Президента России;

- радиационно-гигиенический паспорт территории дает администрации достаточную информацию для адекватной оценки имеющихся на территории источников потенциальной радиационной опасности, достаточности имеющихся сил и средств для ликвидации последствий возможных радиационных аварий, реального состояния радиационной безопасности населения субъекта Российской Федерации и наличия реальных проблем, требующих принятия управленческих решений.

### Основные направления совершенствования РГП и ЕСКИД

Несмотря на очевидные успехи в организации работы по радиационной паспортизации и ЕСКИД, имеется целый ряд нерешенных проблем и задач. Одна из таких проблем – это отсутствие до настоящего времени в части субъектов Российской Федерации аккредитованных лабораторий, способных проводить все виды радиационного контроля, необходимые для ведения РГП территорий. В некоторых случаях, даже при наличии таких лабораторий, обязанности по ведению РГП администрацией субъекта поручается ведомствам, в составе которых нет лабораторий, аккредитованных на все виды исследований. По-прежнему в части радиационно-гигиенических паспортов территорий информация о радиоактивном загрязнении объектов внешней среды отсутствует [8–25].

Данные по суммарной объемной бета-активности радиоактивных веществ в атмосферном воздухе из года в год не представляют 34 из 85 субъектов Российской Федерации: Республики Адыгея, Алтай, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская, Карелия, Коми, Марий Эл, Тува, Хакасия, Чувашская; Ставропольский край; Амурская, Белгородская, Владимирская, Вологодская, Калининградская, Кемеровская, Костромская, Курганская, Липецкая, Нижегородская, Оренбургская, Орловская, Пензенская, Псковская, Рязанская, Тамбовская, Тульская, Тюменская, Ярославская области; Еврейская автономная область, Ямало-Ненецкий автономный округ.

В Республиках Бурятия, Дагестан и Тыва не проводятся исследования суммарной альфа- и бета-активности воды. Более чем в 30 субъектах Российской Федерации отмечено превышение величин суммарной альфа- и бета-активности, но дальнейшее исследование радионуклидного состава проводится не в полном объеме или во-

обще не проводится (Кабардино-Балкарская Республика, Владимирская, Вологодская, Воронежская, Иркутская, Псковская, Рязанская, Смоленская, Тюменская области, Забайкальский край). Не во всех субъектах Российской Федерации в полном объеме организована работа по оценке доз облучения населения природными источниками. Кабардино-Балкарская Республика не имеет данных по концентрации радона в воздухе жилых и общественных зданий. Чукотский автономный округ не имеет данных о радиоактивности строительных материалов.

В разделе «Основные результаты организационной работы по радиационно-гигиенической паспортизации за 1998–2016 гг.» нами подробно изложены возможности МРЦ, которые способны выполнять все необходимые виды радиационного контроля, в том числе и для прикрепленных территорий, в объемах, достаточных для качественного заполнения радиационно-гигиенических паспортов. Тем субъектам Российской Федерации, в которых отсутствуют аккредитованные лаборатории, способные проводить все виды радиационного контроля, необходимо воспользоваться возможностями МРЦ, которые и были созданы с этой целью.

Конечной целью радиационно-гигиенической паспортизации является снижение радиационного риска до социально приемлемого уровня с учетом экономических и социальных факторов. К сожалению, данные РГП используются не в полной мере, особенно что касается разработки и реализации предложений по улучшению радиационной обстановки в тех субъектах Российской Федерации, где выявляются повышенные уровни облучения населения природными источниками излучения. Одной из причин такой ситуации является и тот факт, что сведения об отдельных группах населения с высокими уровнями облучения за счет природных источников содержатся только в формах статистической отчетности № 4-ДОЗ регионов, ответственность за составление которых несут органы Роспотребнадзора, не обладающие ни полномочиями, ни средствами для проведения мероприятий по снижению доз облучения этих категорий жителей и обеспечению их радиационной безопасности. РГП территории, ответственность за ведение которого несет администрация региона и который утверждается руководителем региона, содержит только усредненные данные о дозах природного облучения населения субъекта РФ. В результате данные формы №4-ДОЗ администрации регионов не представляются, как и информация о наиболее облучаемых группах населения региона. Возможно, что это одна из причин отсутствия практических мероприятий со стороны администрации территорий по снижению облучения природными источниками отдельных групп населения, выявленных в результате ведения ЕСКИД с 2001 по 2016 г.

Одним из решений указанной проблемы может быть включение сведений об отдельных группах населения с высокими уровнями облучения за счет природных источников из формы №4-ДОЗ в заключение Роспотребнадзора в РГПТ.

Однако основное – это разработка реальных правовых механизмов, которые позволят принимать решения и осуществлять на практике мероприятия по снижению повышенных (более 5 мЗв/год) и высоких (более 10 мЗв/год) доз природного облучения отдельных групп жителей страны.

Очень важным является своевременное совершенствование методических документов и программных средств по заполнению радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий с аналитической обработкой результатов заполнения и подготовкой паспорта России. Для этого необходимо:

- принять новое постановление Правительства Российской Федерации по радиационно-гигиенической паспортизации, закрепляющее достигнутые за 20 лет достижения, определяющее ответственность органов государственной власти субъекта Российской Федерации за организацию радиационно-гигиенической паспортизации на его территории и позволяющее придать радиационно-гигиеническому паспорту статус декларации радиационной безопасности;

- обеспечить скорейшее принятие методических документов, содержащих новые формы радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий и указания по их заполнению;

- повысить ответственность Минздрава России за организацию учета и контроля доз медицинского облучения пациентов при проведении диагностических исследований с использованием ИИИ;

- передать сбор информации по формам № 3-ДОЗ и подготовку формы № 3-ДОЗ субъекта Российской Федерации территориальным органам Роспотребнадзора, чтобы сосредоточить организацию работ по всем направлениям ЕСКИД в одном федеральном органе исполнительной власти.

### **Заключение**

На сегодняшний день радиационно-гигиенический паспорт представляет собой наиболее полную, открытую, объективную и доступную информацию о характеристике всех ИИИ (техногенных, медицинских, природных) и обусловленных ими дозах облучения населения на территории как всей страны, так и отдельных субъектов Российской Федерации.

Созданные в 2007 г. приказом Роспотребнадзора межрегиональные центры по вопросам радиационной безопасности (МРЦ) на базе Центров гигиены и эпидемиологии сыграли существенную роль в развитии радиационно-гигиенической паспортизации. На сегодняшний день МРЦ способны выполнять все необходимые виды радиационного контроля, в том числе и для прикрепленных территорий, в объемах, достаточных для качественного заполнения радиационно-гигиенических паспортов всеми прикрепленными субъектами Российской Федерации.

К важным достижениям РГП необходимо отнести:

1. Определение уровня и структуры облучения населения страны от всех основных источников ИИИ и выявление групп населения, дозы облучения природными источниками которых превышают 5 и 10 мЗв/год. На сегодняшний день ни в одной стране мира не функционирует подобная система инструментального определения и оценки доз облучения населения.

2. В практику лечебных учреждений введен контроль и учет доз облучения пациентов, ведется работа по оптимизации структуры медицинских рентгенологических исследований, позволившая снизить более чем в 5 раз количество рентгеноскопических исследований, одного из наиболее дозозатратных методов рентгенодиагности-

ки, введена система установления референтных уровней медицинского облучения, являющаяся одним из наиболее эффективных способов оценки обоснованности доз облучения пациентов при проведении различных видов рентгенодиагностических исследований в условиях неприменимости нормативов для данного вида облучения.

3. Система РГП и ЕСКИД в настоящее время охватывает все предприятия, осуществляющие обращение с техногенными ИИИ, надзор за которыми осуществляют Роспотребнадзор и ФМБА России, а также подведомственные МВД, Минобороны, ФСБ, ФСИН и Управлению делами Президента России.

С целью совершенствования радиационно-гигиенических паспортов территорий необходимо добиться представления информации о радиоактивном загрязнении объектов внешней среды всеми субъектами Российской Федерации. Реальную возможность существенного повышения качества РГПТ могут обеспечить МРЦ, которые созданы во всех федеральных округах Российской Федерации. Повышению качества РГП должно способствовать также своевременное совершенствование методических документов и программных средств по заполнению радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий с аналитической обработкой результатов заполнения и подготовкой паспорта России.

### **Литература**

1. Онищенко, Г.Г. Радиационная обстановка на территории Российской Федерации по результатам радиационно-гигиенической паспортизации в 2007 г. / Г.Г. Онищенко // Радиационная гигиена. – 2008 – Т. 1, № 4. – С. 4–9.
2. Онищенко, Г.Г. Основные направления обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации на современном этапе / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 5–13.
3. Романович, И.К. Радиационная обстановка на территории Российской Федерации по результатам радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД. Задачи по совершенствованию паспортизации и обеспечению радиационной безопасности / И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1 (Спецвыпуск). – С. 11–17.
4. Барковский, А.Н. Оптимизация радиационного мониторинга, проводимого в субъектах Российской Федерации в рамках радиационно-гигиенической паспортизации / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, К.А. Сапрыкин, Н.В. Титов // Радиационная гигиена. – 2014. – Т.7, № 1. – С. 36–48.
5. Барковский, А.Н. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – важный элемент информационного обеспечения радиационной безопасности в Российской Федерации / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, И.К. Романович // Актуальные вопросы радиационной гигиены: сб. тез. науч.-практ. конф. 21–25 июня 2004 года. – СПб, 2004. – С. 55–57.
6. Репин, В.С. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2014 г. / В.С. Репин, Н.К. Барышков, А.А. Братилова, И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2015. – Т.8, № 3. – С. 86–115.
7. Барковский, А.Н. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г. / А.Н. Барковский, Р.Р. Ахматдинов, Н.К. Барышков [и др.] // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 47–73.
8. Аналитическая справка «Состояние радиационной безопасности в Российской Федерации в 1998 году» (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). Под редакцией П.В. Рамзаева. – СПб, 1999. – 21 с.

9. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации за 1999 год. Под редакцией П.В. Рамзаева. – СПб, 2000. – 19 с.
10. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2000 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). – М., 2002. – 59 с.
11. Иванов, С.И. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2001 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / С.И. Иванов, Г.С. Перминова, А.А. Горский [и др.]. – М., 2002. – 57 с.
12. Иванов, С.И. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2002 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / С.И. Иванов, Г.С. Перминова, А.А. Горский [и др.]. – М., 2003. – 48 с.
13. Перминова, Г.С. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2003 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2004. – 48 с.
14. Перминова, Г.С., Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2004 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2005. – 69 с.
15. Перминова, Г.С. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2005 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова. – М., 2006. – 90 с.
16. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2006 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2007. – 94 с.
17. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2007 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2008. – 98 с.
18. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2008 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2009. – 112 с.
19. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2009 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2010. – 132 с.
20. Горский А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2010 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2011. – 122 с.
21. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2011 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2012. – 142 с.
22. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2012 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2013. – 130 с.
23. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2013 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, С.В. Матюхин [и др.]. – М., 2014. – 132 с.
24. Попова, А.Ю. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2014 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.Ю. Попова, И.В. Брагина, И.Г. Шевкун [и др.]. – М., 2015. – 134 с.
25. Шевкун, И.Г. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2015 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / И.Г. Шевкун, В.С. Степанов, С.В. Матюхин [и др.]. – М., 2016. – 125 с.
26. Шевкун, И.Г. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2016 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / И.Г. Шевкун, В.С. Степанов, С.В. Матюхин [и др.]. – М., 2017, 125 с.
27. Стамат, И.П. Радиационная безопасность населения России при облучении природными источниками ионизирующего излучения: современное состояние, направления развития и оптимизации / И.П. Стамат, Т.А. Кормановская, Г.А. Горский // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 54–62.
28. Кононенко, Д.В. Оценка риска при облучении радоном для населения субъектов Российской Федерации на основе данных радиационно-гигиенического паспорта территории / Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 15–22.
29. Голиков, В.Ю. Оценка рисков медицинского облучения на основе данных радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации / В.Ю. Голиков // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 6–14.
30. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002 – 2015 гг. : информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб., 2015. – 40 с.
301. Балонов, М.И. Современные уровни медицинского облучения в России / М.И. Балонов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 67–79.
32. Романович, И.К. Медицинское облучение населения: проблемы, задачи и пути решения / И.К. Романович // Актуальные вопросы обеспечения радиационной безопасности в медицине : сб. тез. науч.-практ. конф. – СПб, 2007. – С. 3–7.

Поступила: 21.08.2017 г.

**Романович Иван Константинович** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Тел.: 8(812)233-53-63; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

**Онищенко Геннадий Григорьевич** – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, Москва, Россия.

**Попова Анна Юрьевна** – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия.

**Барковский Анатолий Николаевич** – руководитель Федерального радиологического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Кормановская Татьяна Анатольевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Шевкун Ирина Геннадьевна** – кандидат медицинских наук, начальник управления санитарного надзора Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия.

Для цитирования: **Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Шевкун И.Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 7-17. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17**

## **Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 1. Main achievements and challenges to improve**

Gennadiy G. Onishchenko<sup>1</sup>, Anna Yu. Popova<sup>2</sup>, Ivan K. Romanovich<sup>3</sup>, Anatoly N. Barkovsky<sup>3</sup>,  
Tatyana A. Kormanovskaya<sup>3</sup>, Irina G. Shevkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>The Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

*The article analyzes 20-year experience in radiation-hygienic certification in the Russian Federation and the Unified System of Individual Dose Control of the citizens. Radiation-hygienic passport is an objective and accessible information about the characteristics of all sources of ionizing radiation (man-made, medical, natural) and the radiation doses of the population caused by them on the territory of the whole country and in particular subjects of the Russian Federation. Radiation-hygienic passportization and the Unified System of Individual Dose Control of the citizens are currently covering all enterprises that carry out handling with technogenic sources of radiation, supervised by the Rospotrebnadzor and the Federal Medical and Biological Agency of the Russian Federation, and subordinated to the Ministry of Internal Affairs, the Ministry of Defence, the Federal Security Service, the Federal Service for the Execution of Punishments and the Presidential Executive Office. The Interregional Radiation Safety Centers play an important role in improving the effectiveness of organizational work, filling the passports with objective information. The Centers were created by the order of the Rospotrebnadzor in 2007, capable of performing all types of radiation control necessary for the qualitative filling of radiation and hygienic passports, including for the attached territories. The work on the certification of radiation facilities and territories has made it possible to establish the levels and exposure structure of the country's population from all major sources of ionizing radiation and to identify population groups for which doses due to the natural sources exceed 5 and 10 mSv/year; control and accounting of radiation doses to patients have been introduced in the practice of medical institutions. The work is underway to optimize the structure of medical radiology research; the system of establishing reference levels of medical exposure has been introduced. In order to improve the radiation-hygienic passports of the territories, it is necessary to obtain information on radioactive contamination of environmental media by all constituent entities of the Russian Federation, and timely improve the methodological documents and software to fill them.*

**Key words:** radiation-hygienic passport of the organization, radiation-hygienic passport of the territory, radioactive source, radiation facility, exposure doses, radiation survey, radiation control, concentration.

**Ivan K. Romanovich**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

## References

- Onischenko G.G. Radiation situation in the Russian Federation due to results of radiation-hygiene certification in 2007 *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2008;1(4):4-9. (In Russian).
- Onischenko G.G., Romanovich I.K. Current trends of the provision for radiation safety of the population of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4):5-22. (In Russian).
- Romanovich I.K. Radiation situation on the territory of the Russian Federation based on the outcomes of radiation hygiene passportization and Unified System of Individual Dose Control. The objectives of streamlining passportization process and ensuring radiation safety. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2008, Vol. 1 (special edition), pp. 11-17. (In Russian).
- Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Saprykin K.A., Titov N.V. Optimization of radiation monitoring carrying out in the territorial subjects of Russian Federation in the frames of radiation-hygiene passportization. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(1):36-48. (In Russian).
- Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Romanovich I.K. Radiation-hygiene passportization and USIDC are important elements of providing of radiation safety in the Russian Federation. A collection of abstracts of the scientific-practical conference «Actual problems of radiation»; June 21-25, 2004, Saint-Petersburg, 2004, pp. 55-57. (In Russian).
- Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of the functioning of Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation Citizens based on 2014 data. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2015, Vol. 8, № 3, pp. 86-115. DOI:10.21514/1998-426X-2015-8-3-86-115. (In Russian).
- Barkovsky A.N., Akhmatdinov R.R., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation citizens based on the 2015 data. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2016, Vol. 9, No 4, pp.47-73. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-47-73. (In Russian).
- Analytical report «Radiation safety in the Russian Federation in 1998» (Radiation-hygiene passport of the Russian Federation). Ed.: P.V. Ramzaev; St. Petersburg, 1999, 21 p. (In Russian).
- Radiation-hygiene passport of the Russian Federation. Ed.: P.V. Ramzaev; St. Petersburg, 2000, 19 p. (In Russian).
- Results of radiation-hygiene passportization for 2000 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2002, 59 p. (In Russian).
- Results of radiation-hygiene passportization for 2001 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2002, 57 p. (In Russian).
- Ivanov S.I., Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Ramzaev P.V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Titova T.N., Belyaev E.N., Cheburayev V.I., Stepanov V.S., Kuvshinnikov S.I., Tutelyan O.E. Results of radiation-hygiene passportization for 2002 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2003, 48 p. (In Russian).
- Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2003 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2004, 48 p. (In Russian).
- Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N., [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2004 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2005, 69 p. (In Russian).
- Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Kuvshinnikov S.I., Tutelyan O.E. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2005 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2006, 90 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Kuvshinnikov S.I., Solomonova E.P., Tutelyan O.E. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2006 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2007, 94 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Solomonova E.P. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2007 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2008, 98 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2008 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2009, 112 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., O.S. Kravtsova, Stamat I.P., Titova T.N., Timofeeva M.A., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2009 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2010, 132 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2010 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2011, 122 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2011 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2012, 142 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2012 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2013, 130 p. (In Russian).
- Gorsky A.A., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2013 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2014, 132 p. (In Russian).
- Popova A.Yu., Bragina I.V., Shevkun I.G., Gorsky A.A., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Vorobyev B.F., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2014 (Radiation- Hygiene Passport of the Russian Federation), Moscow, 2015, 134 p. (In Russian).
- Shevkun I.G., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov

- S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.]. Results of radiation-hygienic passportization for 2015 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation), Moscow, 2016, 125 p. (In Russian).
26. Shevkun I.G., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.]. Results of radiation-hygienic passportization for 2016 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation), Moscow, 2017, 125 p. (In Russian).
27. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Gorsky G.A. Russian Federation population radiation protection during the exposure from natural ionizing irradiation sources: modern state and directions for development and optimization. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(1):54-62. (In Russian).
28. Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A. Risk assessment for the population of regions of the Russian Federation from exposure to radon based on data from radiation-hygienic passports of territories. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(4):15-22. (In Russian).
29. Golikov V.J. Medical irradiation risk assessment based on the data of radiation-hygienic passportization in the regions of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(4):6-14. (In Russian).
30. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation according to the results of the USIDC in 2002-2015, Saint-Petersburg, 2015, 40 p. (In Russian).
31. Balonov M.I., Golikov V.J., Zvonova I.A., Kalnitsky S.A., Repin V.S., Sarycheva S.S., Chipiga L.A. Current levels of medical exposure in Russia. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(3):67-79. (In Russian).
32. Romanovich I.K., Medical exposure of the population: problems, challenges and solutions. Actual issues of radiation safety in medicine: of scientific-practical. Conf.; Saint-Petersburg, 2007, pp. 3-7. (In Russian).

Received: August 21, 2017

**For correspondence: Ivan K. Romanovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru)

**Anna Yu. Popova** – Doctor of Medical Science, Professor, Head, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

**Gennadiy G. Onishchenko** – Doctor of Medical Science, Professor, member of the Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Ivan K. Romanovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Anatoly N. Barkovsky** – Head of Federal Radiological Centre, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St. Petersburg, Russia

**Tatyana A. Kormanovskaya** –Candidate of Biological Science, Senior Research Scientist, Natural sources dosimetry laboratory Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St. Petersburg, Russia

**Irina G. Shevkun** – Candidate of Medical Science, Sanitary surveillance department, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

**For citation: Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Shevkun I.G. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 1: Main achievements and challenges to improve. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp.7-17. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17**



## Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации

### Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации

Г.Г. Онищенко<sup>1</sup>, А.Ю. Попова<sup>2</sup>, И.К. Романович<sup>3</sup>, А.Н. Барковский<sup>3</sup>, Т.А. Кормановская<sup>3</sup>, И.Г. Шевкун<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российская академия наук, Москва, Россия

<sup>2</sup>Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Санкт-Петербург, Россия

*В данной статье представлена характеристика источников ионизирующего излучения и годовых доз облучения населения в целом по Российской Федерации и отдельно по субъектам, а также наиболее облучаемых групп населения. Установлено, что средняя индивидуальная годовая эффективная доза персонала группы А в 2016 г. составила 1,2 мЗв, или 6,0% от среднегодового значения предела дозы в 20 мЗв. За период с 1998 по 2005 г. средние годовые индивидуальные дозы персонала группы А постепенно снижались с 2,9 мЗв до 1,4 мЗв и затем стабилизировались на уровне 1,2–1,4 мЗв. Среднее в расчете на одного жителя Российской Федерации значение годовой эффективной дозы облучения населения за счет природных источников по данным за 1998–2016 гг. составляет 3,33 мЗв/год, для Республики Алтай – 8,97 мЗв/год, а для отдельных наиболее облучаемых групп населения 3–60 и более мЗв/год. Наибольший вклад в суммарную дозу природного облучения россиян (59,50%) вносит радон. Годовая эффективная доза медицинского облучения в среднем на одного жителя Российской Федерации в 2016 г. составила 0,51 мЗв/год и после некоторой стабилизации в 2013–2015 гг. на уровне 0,45–0,48 мЗв/год наметилась тенденция к росту. Среднее значение годовой эффективной дозы граждан Российской Федерации от всех источников ионизирующего излучения составляет 3,76 мЗв/год. Наибольшие значения этой величины в 2016 г. имели место в Республиках Алтай (7,2 мЗв), Тыва (5,7 мЗв), Адыгея (5,6 мЗв), Иркутской области (5,7 мЗв) и в Еврейской автономной области (6,6 мЗв). Природные источники ионизирующего излучения в среднем по Российской Федерации обуславливают 86,1% коллективной дозы облучения населения, медицинское облучение – 13,6%. В целом, по Российской Федерации радиационная обстановка на протяжении последних десятилетий остается стабильной и на преобладающей территории может быть охарактеризована как удовлетворительная, за исключением субъектов, пострадавших в результате прошлых радиационных аварий (Челябинская область, юго-западные районы Брянской области), и части населенных пунктов субъектов Российской Федерации, где облучение значительных групп населения природными источниками ионизирующего излучения превышает 10 мЗв/год.*

**Ключевые слова:** радиационно-гигиенический паспорт организации, радиационно-гигиенический паспорт территории, техногенные источники ионизирующего излучения, природные источники ионизирующего излучения, медицинское облучение, дозы облучения, радиационное обследование, радиационный контроль, удельная активность.

**Романович Иван Константинович**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.  
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; Тел.: (812)233-53-63. E-mail: I.Romanovich@niir.ru

**Введение**

В первом сообщении [1] нами представлена информация об организации и порядке ведения радиационно-гигиенических паспортов и ЕСКИД в Российской Федерации, достигнутых результатах в организационной работе, направлениях и путях совершенствования. Сделано заключение, что радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации представляет собой наиболее полную, открытую, объективную и доступную информацию о характеристике всех ИИИ (техногенных, медицинских, природных) и обусловленных ими дозах облучения населения на территории как всей страны, так и отдельных субъектов Российской Федерации.

В данном сообщении дана характеристика и оценка источников ионизирующего излучения и годовых доз облучения в целом по стране и по отдельным субъектам Российской Федерации, а также по отдельным группам населения, подвергающимся наиболее высоким уровням облучения. Накопленные дозы облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, и дозы облучения участников ликвидации последствий радиационных аварий (ликвидаторов) в данной статье не обсуждаются, хотя они представляют несомненный интерес и требуют тщательного изучения. В предыдущих наших публикациях и работах других авторов некоторые исследования и оценки нами представлялись [2–6], и в дальнейшем планируется их изучение и освещение.

Обращаем внимание, что, представляя данные из радиационно-гигиенических паспортов территорий по техногенному или медицинскому облучению, а также формы № 1-ДОЗ, формы № 2-ДОЗ и формы № 3-ДОЗ из ЕСКИД, мы имеем достаточно представительную оценку средних доз за отчетный год, тогда как представленные в годовой форме № 4-ДОЗ и в РГП результаты измерений характеристик природных ИИИ, проведенных в отчетном году, не дают представительной характеристики средних значений этих показателей для субъекта Российской Федерации.

Связано это с тем, что в отдельный год в каждом субъекте Российской Федерации проводится ограниченное число измерений, которые не охватывают представительную выборку населенных пунктов и видов строений. Если на территории проводились в текущем году измерения эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов изотопов радона (ЭРОА радона) только во вновь сданных в эксплуатацию домах, получают, как правило, низкие уровни ЭРОА радона. Если проводится плановая работа по измерению ЭРОА радона на радоноопасных территориях в домах старой постройки и данные этих измерений будут преобладать в РГП территории, с большой вероятностью в этом году будут представлены высокие уровни ЭРОА радона в воздухе помещений, а значит, и высокие дозы облучения населения территории. Более представительными для данного субъекта Российской Федерации являются результаты измерений, проведенных за все годы наблюдения. Этот подход является оправданным, т.к. природные ИИИ слабо изменяются со временем, и последовательное из года в год накопление результатов измерений повышает их представительность и объективность [7]. С учетом этого, давая характеристику природных ИИИ в данной статье, мы оперируем средними показателями, полученными за весь период ведения РГП, – с 1998 по 2016 г.

**Итоги радиационно-гигиенической паспортизации**

*Характеристика облучения населения техногенными ИИИ*

В 2016 г. 20 463 организации, использующие техногенные ИИИ, из всех 85 субъектов Российской Федерации, представили РГПТ (табл. 1). Из них наибольшее количество 15 612 (76,3%) являются медучреждениями. Наибольшее количество радиационных объектов имеется в г. Москве (1 571), Московской области (1 245), г. Санкт-Петербурге (955) и Свердловской области (885) [8].

Таблица 1

**Количество организаций, осуществлявших деятельность с использованием техногенных ИИИ на территории Российской Федерации**

[Table 1

**Number of organizations using technogenic sources of ionizing radiation in the Russian Federation]**

№ п/п №	Виды организаций [Type of facility]	Всего [Total]	Число организаций данного вида [Number of facilities of this type]			
			В том числе по категориям [Including by the categories]			
			I	II	III	IV
1	Атомные электростанции [Nuclear Power Plants]	10	10			
2	Геологоразведочные и добывающие [Exploration and mining]	182			64	118
3	Медицинские учреждения [Medical facilities]	15612		1	65	15546
4	Научные и учебные [Scientific and educational]	372	1	3	27	341
5	Промышленные [Industrial]	2585	6	4	226	2349
6	Таможенные [Custom]	131			3	128

Окончание таблицы 1

№ п/п №	Виды организаций [Type of facility]	Число организаций данного вида [Number of facilities of this type]				
		Всего [Total]	В том числе по категориям [Including by the categories]			
			I	II	III	IV
7	Пункты захоронения РАО [radioactive waste disposal sites]	17		4	10	3
8	Прочие особо радиационно-опасные [Other highly radiation-dangerous]	44	27	4	10	3
9	Прочие [Other]	1510	1	1	41	1467
	Всего [Total]	20463	45	17	446	19955

По данным РГПТ, в организациях, использующих техногенные ИИИ, в 2016 г. работало 192 262 человека персонала группы А и 83 164 человека персонала группы Б

(табл. 2). При этом численность персонала группы А в медучреждениях составила 83 542 человека, т.е. 43,5% от его общей численности [8].

Таблица 2

**Общая численность персонала в организациях Российской Федерации, использовавших в 2016 г. техногенные ИИИ**

[Table 2]

**The total number of personnel in the organizations of the Russian Federation using technogenic sources of ionizing radiation in 2016]**

№ п/п №	Виды организаций [Type of facility]	Персонал, чел. [Number of personnel, people]		
		Всего [Total]	в том числе по группам [Including by the groups]	
			группа А [group A]	группа Б [group B]
1	Атомные электростанции [Nuclear Power Plants]	34 278	21 861	12 417
2	Геологоразведочные и добывающие [Exploration and mining]	6 170	5 871	299
3	Медицинские учреждения [Medical facilities]	94 371	83 542	10 829
4	Научные и учебные [Scientific and educational]	11 212	7 947	3 265
5	Промышленные [Industrial]	44 541	29 315	15 226
6	Таможенные [Custom]	5 678	5 604	74
7	Пункты захоронения РАО [radioactive waste disposal sites]	545	457	88
8	Прочие особо радиационно-опасные [Other highly radiation-dangerous]	60 012	20 374	39 638
9	Прочие [Other]	18 619	17 291	1 328
	Всего по Российской Федерации [Total in the Russian Federation]	275 426	192 262	83 164

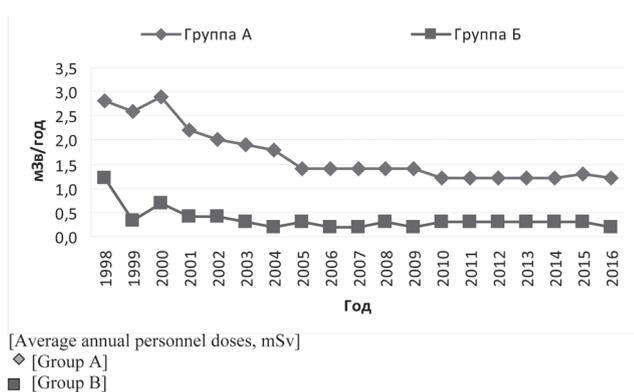
По сравнению с данными за 2015 г., общая численность персонала в 2016 г. увеличилась на 8,8 тыс. чел., в основном, за счет медицинских организаций, общая численность персонала в которых увеличилась на 4,1 тыс. чел. (из них группы А на 3,0 тыс. чел., группы Б на 1,1 тыс. чел.) [8].

Средние индивидуальные годовые эффективные дозы персонала во всех субъектах Российской Федерации в 2016 г. не превышали основные пределы доз, регламен-

тированные Законом Российской Федерации «О радиационной безопасности населения» и Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Средняя индивидуальная годовая эффективная доза персонала группы А в 2016 г. составила 1,2 мЗв, или 6,0% от среднегодового значения предела дозы 20 мЗв.

На рисунке 1 представлена динамика средних годовых индивидуальных доз персонала групп А и Б по данным радиационно-гигиенической паспортизации [8–42].



**Рис. 1.** Динамика средних годовых индивидуальных доз персонала по данным радиационно-гигиенической паспортизации

[Fig. 1. Dynamics of average annual individual doses of personnel according to radiation-hygienic passportization]

За период с 1998 по 2005 г. средние годовые индивидуальные дозы персонала группы А уменьшались от 2,9 мЗв до 1,4 мЗв и затем стабилизировались на уровне 1,2–1,4 мЗв. Для персонала группы Б данная величина за период с 1998 по 2003 г. снизилась с 1,2 мЗв до 0,3 мЗв и затем стабилизировалась на уровне 0,3 мЗв.

Вместе с тем, в 2016 г. зарегистрировано 10 случаев превышения среднегодового предела эффективной дозы для персонала группы А (20 мЗв) и 25 случаев превышения среднегодового предела эффективной дозы для персонала группы Б (5 мЗв). Количество превышений среднегодового предела эффективной дозы для персонала группы А и группы Б подвержено значительным колебаниям от 8 до 30 случаев в год для персонала группы А и от 0 до 25 случаев в год для персонала группы Б. В 2004 г. был зарегистрирован один случай превышения предела эффективной дозы для персонала группы А (50 мЗв). Обращает на себя внимание рост числа превышений среднегодового предела эффективной дозы для персонала группы Б в последние 4–5 лет. В 2013, 2015 и 2016 гг. число подобных превышений для персонала группы Б больше, чем для персонала группы А. Это является следствием того, что значительно увеличилась численность персонала группы Б, для которого проводится индивидуальный дозиметрический контроль, в частности для медперсонала, участвующего в проведении операций под рентгеновским контролем.

Коллективные дозы персонала группы А варьируются в пределах 200–300 чел.-Зв в год, а персонала группы Б – 20–30 чел.-Зв в год. Наиболее облучаемыми категориями персонала являются врачи, участвующие в операциях под рентгеновским контролем (максимальные дозы до 20 мЗв), санитарки в отделениях радионуклидной диагностики (максимальные дозы до 19 мЗв), машинисты подъемников каротажных станций (максимальные дозы до 19 мЗв) и гамма-дефектоскописты (максимальные дозы до 42 мЗв). Именно на снижение доз облучения этих категорий персонала и на исключение возможности превышения установленных пределов дозы должны быть направлены усилия администрации и надзорных органов. А возможность гарантированного выявления всех таких случаев обеспечивается РГП и ЕСКИД.

Средняя годовая индивидуальная доза персонала группы А организаций, обслуживаемых ФМБА России, в 2015 г. составила 1,6 мЗв, а персонала группы Б – 0,2 мЗв, в том числе для организаций Госкорпорации «Росатом» – 1,7 мЗв и 0,2 мЗв соответственно. Средние годовые индивидуальные дозы персонала группы А в 2015 г. составили: для Минобороны России – 0,47 мЗв, для МВД России – 0,69 мЗв, для ФСИН России – 1,1 мЗв, для Управления делами Президента России – 1,4 мЗв, для ФСБ России – 0,87 мЗв.

Следует отметить, что за последние 10 лет не зарегистрировано ни одного случая превышения предела эффективной дозы для персонала. Наличие региональных банков данных по дозам облучения персонала в рамках ЕСКИД позволяет оперативно отслеживать случаи превышения среднегодового предела дозы и устанавливать контрольные уровни для этой категории персонала, гарантирующие непревышение предела дозы. При этом имеется возможность контролировать суммарные дозы персонала, работающего по совместительству на нескольких радиационных объектах, чаще всего рентгенологов. Начиная с 2003 г., количество таких совместителей растет в среднем более чем на 500 человек в год и в 2015 г. в Российской Федерации было зарегистрировано 6914 таких совместителей.

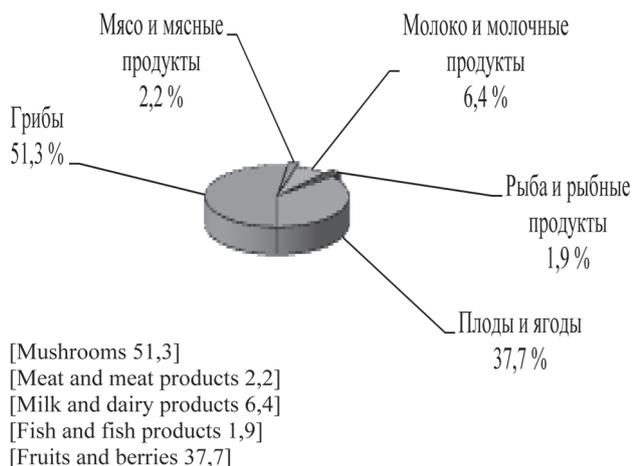
В соответствии с данными РГПТ за 2016 г. на территории Российской Федерации более 1,5 млн человек проживают в зонах радиоактивного загрязнения, появившихся в результате прошлых радиационных аварий. Из них 7,5 тыс. человек – на территориях, плотность поверхностного загрязнения <sup>137</sup>Cs на которых превышает 15 Ки/км<sup>2</sup>. Коллективная доза населения зон радиоактивного загрязнения в 2016 г. составила 366 чел.-Зв.

В 2016 г. Роспотребнадзором исследованы 45,8 тыс. проб пищевых продуктов на содержание техногенных радионуклидов, из которых 265 проб (0,6%) не соответствовали гигиеническим нормативам по содержанию <sup>137</sup>Cs. По содержанию <sup>90</sup>Sr превышения гигиенических нормативов ни в одном из субъектов Российской Федерации не зарегистрировано.

Сохраняются случаи превышения допустимого содержания радионуклидов в продуктах питания местного производства: в Брянской и Калужской областях – в продуктах леса (грибы, ягоды) и молоке, производимом в частном секторе (рис. 2).

В Курганской, Свердловской и Челябинской областях имеются территории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению вследствие радиационных аварий и прошлой деятельности ПО «Маяк».

В зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), который образовался в результате взрыва емкости с радиоактивными отходами на ПО «Маяк» в 1957 г., радиоактивное загрязнение местности определяется, в основном, <sup>90</sup>Sr. Кроме ВУРС, в районе ПО «Маяк» имеется «цезиевый» радиоактивный след, сформировавшийся благодаря ветровому переносу радиоактивной пыли с пересохших берегов озера Карачай, куда ранее сливались жидкие радиоактивные отходы этого предприятия. Значительное радиоактивное загрязнение имеется и в пойме реки Теча. Среднегодовое содержание <sup>90</sup>Sr в воде реки Теча в 2016 г. составило 6,1 Бк/л, что на 3 порядка превышает фоновое значение для рек России.



**Рис. 2.** Распределение по видам продукции проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, не отвечающих гигиеническим нормативам по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  по данным измерений, проведенных в 2016 г.

**[Fig. 2.** Distribution by types samples of food raw materials and food products that are not to the hygienic standards for  $^{137}\text{Cs}$  concentration according to measurements made in 2016]

На территории Алтайского края имеются следы локальных выпадений от многолетних ядерных испытаний, проводившихся на Семипалатинском полигоне, с плотностью загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в 2–3 раза выше уровня глобальных выпадений данных радионуклидов в северном полушарии.

В семи субъектах Российской Федерации имеются участки радиоактивного загрязнения почвы в районах проведения в прошлом подземных ядерных взрывов (Республика Саха (Якутия), Забайкальский и Пермский края, Ханты-Мансийский автономный округ, Астраханская, Ивановская, Оренбургская области).

#### Характеристика облучения населения природными ИИИ

Природные ИИИ во всем мире вносят основной вклад в дозу облучения населения. Российская Федерация не является исключением, причем как для преимущественно северной страны эта компонента составляет более трех четвертей.

Принимая во внимание, что мероприятия по снижению высоких доз облучения населения России от природных источников излучения в последние годы выпали из Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года», считаем необходимым еще раз акцентировать внимание на данной проблеме и более подробно рассмотреть особенности облучения населения России природными ИИИ.

По результатам РГП и ЕСКИД, полученным за 1998–2016 гг., среднее по Российской Федерации значение мощности дозы гамма-излучения на открытой местности в пределах ареала населенных пунктов составляет 0,10 мкЗв/ч, при вариациях для различных субъектов Российской Федерации от 0,03 до 0,17 мкЗв/ч, а в зданиях жилого и общественного назначения – 0,11 мкЗв/ч, при вариациях от 0,02 до 0,23 мкЗв/ч.

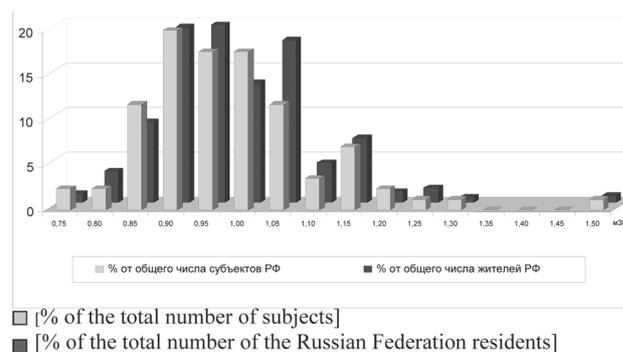
К числу регионов со стабильно более низкими уровнями гамма-фона как на открытой местности, так и в

домах различных типов можно отнести Кабардино-Балкарскую Республику, Костромскую область и Республику Башкортостан, а к числу регионов со стабильно более высоким гамма-фоном – Амурскую, Иркутскую, Новгородскую области и Забайкальский край.

Соответственно, наименьшее по стране среднее значение дозы внешнего терригенного облучения получено для населения Кабардино-Балкарской Республики и Костромской области (0,42 мЗв/год), наибольшее (1,06 мЗв/год) – для Забайкальского края.

Вторым по значимости компонентом дозы внешнего облучения населения является облучение космическим излучением на поверхности земли, относящимся к нерегулируемым источникам. На уровне моря космическая компонента в среднем по Российской Федерации составляет 0,34 мЗв/год. Для высокогорных районов и южных территорий страны она несколько выше.

На рисунке 3 отображено частотное распределение средних по субъектам Российской Федерации значений доз внешнего облучения (с учетом терригенного и космического компонента), выраженное в процентах как от количества субъектов Российской Федерации, так и от общей численности населения.



**Рис. 3.** Частотное распределение средних по регионам значений доз внешнего облучения на территории Российской Федерации

**[Fig.3.** Frequency distribution of average regional values of external exposure doses in the Russian Federation]

Из рисунка 3 видно, что средние годовые эффективные дозы облучения населения почти 79% регионов страны, в которых проживает около 80% жителей Российской Федерации, находятся в диапазоне от 0,85 до 1,10 мЗв/год. Около 4,5% населения получают дозы ниже этого уровня, около 15,5% – выше. Дозы внешнего облучения отдельных жителей г. Балей Забайкальского края составляют около 3,4 мЗв/год.

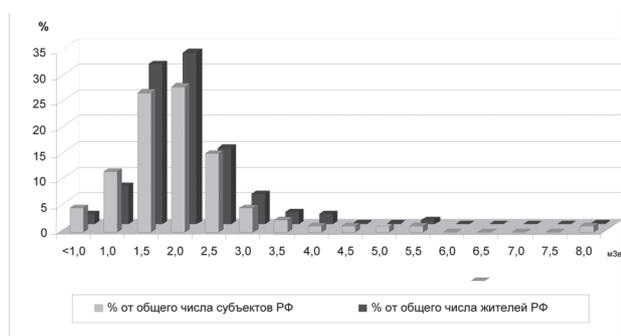
Средневзвешенное по численности населения каждого региона значение годовой эффективной индивидуальной дозы внешнего облучения населения Российской Федерации по итогам измерений 1998–2016 гг. составляет 1,0 мЗв/год.

Средние по регионам значения ЭРОА радона в жилых и общественных зданиях, по данным за 1998–2016 гг., находятся в диапазоне от 7 до 193 Бк/м<sup>3</sup> при среднем значении по Российской Федерации 28,1 Бк/м<sup>3</sup>. Приблизительно в 23% субъектов Российской Федерации уровни содержания радона в жилых и общественных зданиях в 1,5–2 раза ниже средних по стране, приблизительно в 9% регионов –

в 1,5–4 раза выше. Самые низкие средние значения ЭРОА радона в воздухе зданий характерны для Камчатского края (11,8 Бк/м<sup>3</sup>) и Тюменской области (12,4 Бк/м<sup>3</sup>). Всего к регионам с низкими уровнями содержания радона относятся 23 субъекта Российской Федерации, в которых средние значения ЭРОА радона в жилых и общественных зданиях не превышают 20 Бк/м<sup>3</sup>.

С учетом полученных данных по ЭРОА радона в воздухе помещений были рассчитаны дозы облучения населения за счет ингаляции радона. Наименьшее по стране среднее значение дозы внутреннего облучения за счет ингаляции радона получено для населения Камчатского края (0,89 мЗв/год), наибольшее (7,62 мЗв/год) – для населения Республики Алтай.

Средние годовые эффективные дозы облучения за счет ингаляции изотопов радона для населения 74 регионов страны (около 87% от общего числа регионов), в которых проживает более 92,5% жителей Российской Федерации, находятся в диапазоне от 1,00 до 3,25 мЗв/год. Менее 2% населения получают дозы ниже этого уровня, около 5,5% – выше (рис. 4).



■ [% of the total number of subjects]  
 ■ [% of the total number of the Russian Federation residents]

**Рис. 4.** Частотное распределение средних по регионам значений доз внутреннего облучения за счет ингаляции радона  
**[Fig. 4.** Frequency distribution of regional mean values of internal radiation doses due to radon inhalation]

Средневзвешенное с учетом численности населения каждого региона значение годовой эффективной индивидуальной дозы внутреннего облучения населения Российской Федерации за счет ингаляции радона по итогам измерений за все годы наблюдения составляет 1,98 мЗв/год.

В регионах с высокими средними значениями содержания радона в помещениях жилых и общественных зданий, высокие значения ЭРОА радона были зафиксированы в зданиях всех типов (табл. 3).

Средние по региону значения ЭРОА радона в зданиях могут разительно отличаться от данных для отдельных населенных пунктов. В соответствии с п. 5.3.3. НРБ 99/2009, «в эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая ЭРОА радона в воздухе жилых и общественных помещений не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>». В таблице 4 представлены сведения о группах населения на территории 15 субъектов Российской Федерации, для которых ЭРОА радона в жилых помещениях превышают гигиенический норматив, иногда – в несколько раз.

Содержание радона в отдельных жилых домах значительно выше: к примеру, в г. Балей Забайкальского края значения ЭРОА радона в деревянном доме по ул. Снабженческой составило 1078 Бк/м<sup>3</sup>, в одноэтажных каменных домах по ул. Ведерникова и ул. Деревцова – 1606 Бк/м<sup>3</sup> и 1477 Бк/м<sup>3</sup> соответственно.

Как видно из таблицы 4, группы населения, проживающего в домах с высокими значениями ЭРОА радона и, соответственно, с высокими дозами облучения, выявлялись как в регионах с высокими средними значениями (Республики Алтай и Тыва, Иркутская область, Забайкальский край и др.), так и на территориях со средними показателями (Ростовская и Тульская области, Санкт-Петербург и др.).

В соответствии с ОСПОРБ-99/2010, облучение населения за счет природных источников является повышенным, если доза природного облучения находится в диапазоне от 5 до 10 мЗв/год, а высоким – если она превышает 10 мЗв/год.

В результате анализа данных, представленных в РГПТ и формах № 4-ДОЗ ЕСКИД субъектов Российской Федерации за 1998–2016 гг., на территории 25 субъектов Российской Федерации выявлены группы населения, средние дозы облучения которых только за счет ингаля-

Таблица 3

**Максимальные среднегодовые значения ЭРОА радона в зданиях разных типов и дозы облучения за счет ингаляции радона в субъектах Российской Федерации с высокими уровнями содержания радона**

[Table 3

**The maximum annual average values of radon EEVA in buildings of different types and exposure doses of radiation due to radon inhalation in the subjects of the Russian Federation with high concentrations of radon]**

Субъект РФ [Subject of RF]	ЭРОА изотопов радона, Бк/м <sup>3</sup> / доза облучения, мЗв [radon EEVA, Bq/m <sup>3</sup> / dose, mSv]		
	Д*	1К	МК
Республика Алтай [The Altai Republic]	173/12,3	272 / 18,2	220 / 14,3
Республика Тыва [The Tyva Republic]	128 / 8,59	168 / 11,3	144 / 9,65
Ставропольский край [Stavropol Krai]	38,7 / 2,68	100 / 6,76	72,3 / 4,92
Иркутская область [Irkutsk Oblast]	208 / 14,0	208 / 14,0	86,5 / 5,86

Окончание таблицы 3

Субъект РФ [Subject of RF]	ЭРОА изотопов радона, Бк/м <sup>3</sup> / доза облучения, мЗв [radon EEVA, Bq/m <sup>3</sup> / dose, mSv]		
	Д*	1К	МК
Забайкальский край [Zabaykalsky Krai]	219 / 14,7	718 / 47,9	170 / 11,4
Еврейская АО [Jewish Autonomous Oblast]	246 / 16,5	217 / 14,5	164 / 11,0

\*Д – деревянные, 1К – одноэтажные каменные, МК – многоэтажные каменные  
[\*Д – wooden building, 1К – one-storey stone buildings, МК – many-storeyed stone buildings]

Таблица 4

**Сведения о жителях населенных пунктов в субъектах Российской Федерации с уровнями содержания радона в воздухе помещений жилых домов более 200 Бк/м<sup>3</sup> и высокими дозами облучения**

[Table 4]

**Information on residents of settlements in the subjects of the Russian Federation with levels of radon in the air in residential buildings more than 200 Bq / m<sup>3</sup> and high levels of exposure doses**

Субъект РФ, район, населенный пункт [Subject of RF, district, settlement]	Тип зданий [Type of building]	Среднее по группе ЭРОА Rn, Бк/м <sup>3</sup> [The average in the group EEVA Rn, Bq/m <sup>3</sup> ]	Доза облучения, мЗв [Exposure dose, mSv]
<b>Республика Адыгея [The Republic of Adygea]</b>			
Майкопский район ст. Абадзехская [Maykopsky District, stanitsa of Abadzekhskaya]	Д, 1К	640	42,7
<b>Республика Алтай [The Altai Republic]</b>			
Майминский район, с. Кызыл-Озек [Mayminsky District, Village Kyzyl-Ozjok]	Д	640	42,7
Чойский район, с. Красносельск [Choysky District, Village Krasnoselsk]	Д	415	27,7
<b>Республика Бурятия [The Republic of Buryatia]</b>			
Селенгинский район, г. Гусиноозерск [Selenginsky District, Town Gusinoozyorsk]	Д, 1К, МК	215–541	14,4–36,1
<b>Республика Тыва [The Tyva Republic]</b>			
Каа-Хемский район, н.п. Сарыг-Сеп [Kaa-Khemsky District, Saryg-Sep]	Д, 1К, МК	607	40,5
<b>Красноярский край [Krasnoyarsk Krai]</b>			
г. Минусинск [Minusinsk]	1К	550	36,7
Сухобузимский район, п. Атаманово [Sukhobuzimsky District, Atamanovo]	1К	509	34,0
<b>Ставропольский край [Stavropol Krai]</b>			
г. Пятигорск [Pyatigorsk]	1К	934	62,3
Иркутск [Irkutsk City]	Д, 1К, МК	406–696	27,1–46,4
<b>Ростовская область [Rostov Oblast]</b>			
Ремонтненский район, п. Денисовский [Remontnensky District, Denisovskij]	Д	403	26,9
Ремонтненский район, с. Ремонтное [Remontnensky District, Remontnoe]	Д	745	49,7
Ремонтненский район, с. Валуевка [Remontnensky District, Valuevka]	Д	453	30,3
Ремонтненский район, с. Богородское [Remontnensky District, Bogorodskoe]	Д	464	31,0
Ремонтненский район, п. Кормовое [Remontnensky District, Kormovoe]	Д	426	28,5

Субъект РФ, район, населенный пункт [Subject of RF, district, settlement]	Тип зданий [Type of building]	Среднее по группе ЭРОА Rn, Бк/м <sup>3</sup> [The average in the group EEVA Rn, Bq/m <sup>3</sup> ]	Доза облучения, мЗв [Exposure dose, mSv]
<b>Томская область [Tomsk Oblast]</b>			
Томский район, д. Коломино [Tomsk District, Kolomino]	Д	341	22,8
Томский район, с. Богашево [Tomsk District, Bogashevo]	Д	322	21,5
Томский район, п. Рассвет [Tomsk District, Rassvet]	МК	378	25,3
г. Тула [Tula City]	1К	204–766	13,7 – 51,1
<b>Челябинская область [Chelyabinsk Oblast]</b>			
Пластовский район, п. Верхняя Кабанка [Plastovsky District, Verhnjaja Kabanka]	1К	911	60,7
Пластовский район, п. Верхняя Санарка [Plastovsky District, Verhnjaja Sanarka]	Д	293–7350	19,6–489
Карталинский р-н, п. Анненское [Kartalinsky District, Annenskoe]	1К	537	35,8
<b>Забайкальский край [Zabaykalsky Krai]</b>			
Балейский район, г. Балей [Baleysky District, Baley Town]	Д, 1К, МК	217–926	14,5–61,7
<b>Еврейская АО [The Jewish Autonomous Oblast]</b>			
п. Биракан [Birakan]	1К	708	47,2
Облученский р-н, г. Облучье [Obluchensky District, Obluchye]	Д, 1К	620–720	41,4–48,0
Облученский район (п. Хинганск, с. Будукан и др.) [Obluchensky District (Hingansk, Budukan and others)]	Д 1К	846 426–652	56,4 28,5–43,5
Москва, Новые Черемушки [Moscow, Novye Cheryomushki]	1К	298	19,9
Санкт-Петербург, Красное Село [Saint Petersburg, Krasnoye Selo]	Д	756	50,4

<sup>\*)</sup> – указан диапазон средних значений ЭРОА радона в разных типах домов, а также в различные годы проведения измерений.  
<sup>[\*]</sup> – given the range of average values of radon EEVA in different types of houses and in different years of measurement]

ции радона (<sup>222</sup>Rn) и торона (<sup>220</sup>Rn) и их дочерних продуктов распада превышают 10 мЗв/год, годовые дозы облучения отдельных представителей этих групп населения достигают нескольких десятков и даже сотен мЗв/год. Именно на снижение доз облучения этих наиболее облучаемых – критических групп населения и должны быть направлены, в первую очередь, усилия администрации территорий и надзорных органов. Именно в этой области нужны взвешенные управленческие решения, основанные на информации, получаемой в рамках РГП и ЕСКИД.

Кроме проблемы радона, во всем мире значительное внимание уделяют внутреннему облучению за счет перорального поступления природных радионуклидов (ПРН) с питьевой водой. Вклад питьевой воды в суммарную дозу облучения населения очень незначительный, но актуальность данной проблемы связана с очень жесткими нормативами по содержанию радионуклидов в питьевой воде – причем как в отечественных, так и в международных документах.

В Российской Федерации для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения используется около 110 000 централизованных источников. Значительную часть из этих источников представляют собой артезианские скважины, а в части субъектов Российской Федерации подземные воды являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения (Тверская и Ленинградская области, Ханты-Мансийский АО – Югра и др.). Подземные воды, как правило, характеризуются повышенным или высоким содержанием природных радионуклидов (ПРН). По результатам анализа суммарных показателей радиоактивности воды выявлены превышения критериев первичной оценки ее качества в 45 субъектах Российской Федерации, причем в 26 из них установлены превышения уровней вмешательства (УВ) по отдельным ПРН. В большинстве случаев повышенная суммарная α-активность воды и превышения уровней вмешательства связаны с присутствием в воде подземных источников <sup>226</sup>Ra и <sup>222</sup>Rn. Для отдельных источников питьевого водо-

снабжения населения наблюдаются повышенные концентрации изотопов урана,  $^{224}\text{Ra}$  и  $^{228}\text{Ra}$ , реже –  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ .

Высокие значения удельной суммарной  $\alpha$ -активности питьевой воды, заметно превышающие критерий ее первичной оценки, наблюдаются в Ивановской (1,79 Бк/кг), Костромской (0,82 Бк/кг), Оренбургской (1,20 Бк/кг), Томской (1,65 Бк/кг), Тверской (3,8 Бк/кг), Челябинской (6,7 Бк/кг) и Иркутской (3,21 Бк/кг) областях, в Пермском (1,20 Бк/кг) и Красноярском (2,81 Бк/кг) краях, в Чувашской Республике (1,46 Бк/кг) при критерии в 0,2 Бк/кг. Максимальные же значения могут превышать средние в десятки и сотни раз (табл. 5).

Что касается суммарной  $\beta$ -активности воды, то практически во всех случаях ее повышенные значения обусловлены присутствием природного радионуклида  $^{40}\text{K}$ . Средние по регионам значения удельной суммарной  $\beta$ -активности питьевой воды не превышают критерия первичной оценки, а для максимальных измеренных значений превышение может достигать более чем 17 раз (табл. 6).

В целом, по суммарным радиологическим показателям воды наибольшие значения зафиксированы в Челябинской области, Красноярском крае, Чувашской республике и в г. Тверь.

Высокое содержание отдельных ПРН в источниках питьевого водоснабжения населения, значительно превышающее УВ, установлено в целом ряде субъектов Российской Федерации. Так, в отдельных источниках питьевого водоснабжения населения Республики Карелия (Пряжинский, Кондопожский, Калевальский, Муезерский, Суоярвский районы) удельная активность  $^{222}\text{Rn}$  достигает 2200 Бк/кг, в Челябинской области (Пластовский, Чебаркульский, Сосновский районы, г. Челябинск, г. Златоуст) – до 10 600 Бк/кг. Повышенное содержание  $^{222}\text{Rn}$  в воде характерно также для отдельных скважин в Свердловской области и Забайкальском крае.

Высокие значения удельной активности  $^{226}\text{Ra}$  наблюдаются в воде отдельных источников в Республике Алтай (9,6 Бк/кг) и Ленинградской области (6,2 Бк/кг),  $^{238}\text{U}$  – в Челябинской области (14,4 Бк/кг) и Красноярском крае (9,1 Бк/кг),  $^{210}\text{Po}$  – в Московской и Тверской областях (0,2–0,4 Бк/кг) и Красноярском крае (0,2 Бк/кг).

Указанные уровни природных радионуклидов в питьевой воде обуславливают в среднем дозы облучения населения от 0,010 до 0,103 мЗв/год при среднем по стране значении 0,036 мЗв/год. Средние годовые эффективные дозы облучения за счет содержания ПРН в питьевой воде

Таблица 5

Средняя и максимальная удельная суммарная  $\alpha$ -активность питьевой воды на отдельных территориях

[Table 5]

Average and maximum specific gross  $\alpha$ -activity of drinking water in some territories]

Субъект РФ [Subject of RF]	Удельная суммарная $\alpha$ -активность воды, Бк/кг [Specific total $\alpha$ -activity of water, Bq / kg]	
	среднее значение [average]	максимальное значение [maximum]
Удмуртская Республика [The Udmurt Republic]	0,62	1,11
Красноярский край [Krasnoyarsk Krai]	0,24	14,2
Владимирская область [Vladimir Oblast]	0,22	1,80
Московская область [Moscow Oblast]	0,28	3,60
Тверская область [Tver Oblast]	0,59	3,00
Челябинская область [Chelyabinsk Oblast]	0,70	23,2
Забайкальский край [Zabaykalsky Krai]	0,45	3,41

Таблица 6

Средняя и максимальная удельная суммарная  $\beta$ -активность питьевой воды на отдельных территориях

[Table 6]

Average and maximum specific gross  $\beta$ -activity of drinking water in some territories]

Субъект РФ [Subject of RF]	Удельная суммарная $\beta$ -активность воды, Бк/кг [Specific total $\beta$ -activity of water, Bq / kg]	
	среднее значение [average]	максимальное значение [maximum]
Чувашская Республика [The Chuvash Republic]	0,29	17,5
Красноярский край [Krasnoyarsk Krai]	0,24	4,80
Иркутская область [Irkutsk Oblast]	0,12	1,42
Оренбургская область [Orenburg Oblast]	0,50	1,10
Свердловская область [Sverdlovsk Oblast]	0,20	2,80
Томская область [Tomsk Oblast]	0,11	1,49
Челябинская область [Chelyabinsk Oblast]	0,29	4,61

населения 66 регионов страны (более 77% от общего числа регионов), в которых проживает около 82% жителей Российской Федерации, находятся в диапазоне от 0,015 до 0,055 мЗв/год. Около 3% населения получают дозы ниже этого уровня, около 14% – выше. К субъектам с повышенными (> 0,080 мЗв/год) годовыми дозами облучения за счет содержания ПРН в питьевой воде относятся Краснодарский и Забайкальский края, Амурская, Курская, Тульская и Челябинская области. Максимальную среднюю дозу облучения за счет питьевой воды получает население Красноярского края, где она составляет 0,103 мЗв/год.

Средние значения доз внутреннего облучения за счет содержания ПРН (кроме <sup>40</sup>K) в пищевых продуктах в субъектах Российской Федерации, по данным измерений 1998–2016 гг., лежат в диапазоне от 0,11 мЗв/год (Кабардино-Балкарская Республика) до 0,26 мЗв/год (Республика Саха – Якутия).

Вклад ингаляционного поступления долгоживущих ПРН из пыли (аэрозолей) приземного слоя атмосферного воздуха на территории мест проживания людей в облучение населения является довольно малой составляющей в структуре суммарной дозы облучения и составляет 0,006 мЗв/год при среднегодовом содержании пыли в атмосферном воздухе около 50 мкг/м<sup>3</sup>.

Среднее в расчете на одного жителя значение годовой эффективной дозы облучения населения Российской Федерации за счет природных ИИИ по итогам радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД за 1998–2016 гг. составляет 3,33 мЗв/год. Наименьшее по стране среднее значение данной величины по результатам измерений 1998–2016 гг. получено в Камчатском крае (2,13 мЗв/год), наибольшее (8,97 мЗв/год) – в Республике Алтай.

Наибольший вклад в суммарную дозу природного облучения россиян (59,50%) вносит внутреннее облучение за счет ингаляции радона, на втором месте – вклад внешнего терригенного облучения (19,83%). Вклад космического излучения составляет чуть более 10%, внутреннее облучение за счет содержащегося в организме <sup>40</sup>K – немногим более 5%. Внутреннее облучение за счет поступления ПРН с продуктами питания составляет 4,15% от величины суммарной дозы, за счет потребления питьевой воды – чуть более 1%. Наименьший вклад (0,18%) в облучение жителей Российской Федерации вносит доза внутреннего облучения за счет ингаляции долгоживущих ПРН с атмосферным воздухом (рис. 5).

В структуре средних суммарных доз природного облучения жителей отдельных субъектов Российской Федерации наибольший вклад также приходится на дозу внутреннего облучения за счет ингаляции радона в воздухе помещений: от 33,80% для населения Ненецкого АО до 84,95% для жителей Республики Алтай.

Средние годовые эффективные дозы природного облучения около 75% жителей страны, проживающих в 62 субъектах Российской Федерации (около 73% от общего числа регионов), находятся в диапазоне от 2,5 до 4,0 мЗв/год. Жители 12 регионов (около 14% населения) получают средние дозы ниже наиболее характерных для населения России уровней, для населения 11 регионов (около 11% населения страны) эти дозы выше, иногда – более чем вдвое.

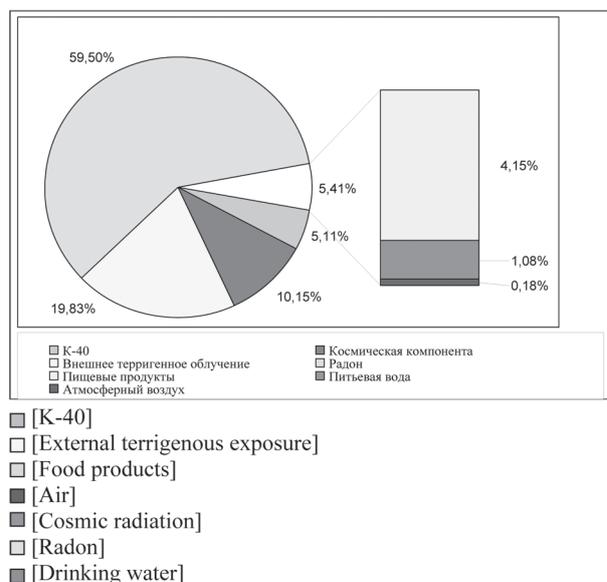


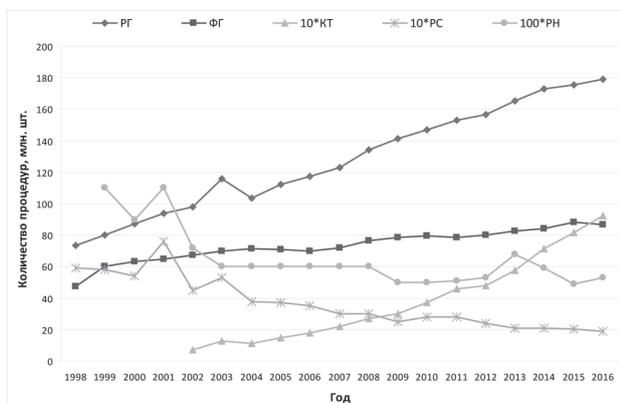
Рис. 5. Соотношение вкладов компонент в среднюю дозу облучения населения Российской Федерации за счет всех природных ИИИ

[Fig. 5. The ratio of contributions of components to the average radiation dose of the population of the Russian Federation due to all natural sources of radiation]

#### Характеристика медицинского облучения населения

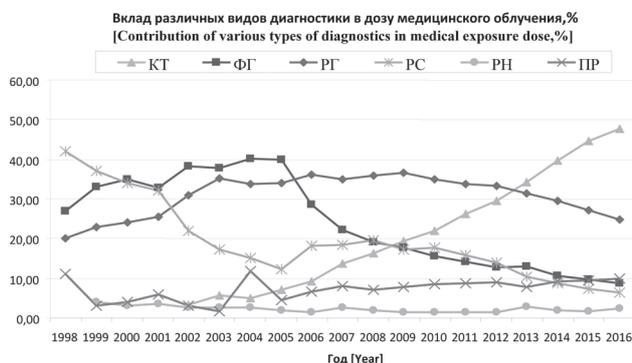
По данным РГПТ, в 2016 г. проведено 279 млн медицинских рентгенорадиологических процедур (в среднем 1,9 процедуры на каждого из 147 млн жителей России). Наибольшее число рентгенологических исследований приходится на рентгенографию (179 млн процедур, или 64,1%), флюорографию (87 млн процедур, или 31,1%), и компьютерную томографию (9,3 млн процедур, или 3,3%). На рисунке 6 представлена динамика количества различных видов рентгенорадиологических диагностических исследований, проведенных в Российской Федерации. Как видно, количество рентгеноскопий медленно снижается, количество радионуклидных исследований меняется мало, количество флюорографий, рентгенографий и компьютерных томографий постоянно возрастает. Наиболее стремительными темпами растет вклад компьютерной томографии в дозу медицинского облучения населения (см. рис. 6). За последние 10 лет он вырос более чем в 5 раз – с 9,2% до 47,8% и вплотную приблизился к 50%. Вклад рентгеноскопии и флюорографии за последние 10 лет постоянно снижается (рентгеноскопии с 19% до 6,4%, а флюорографии – с 22% до 8,7%). Вклад рентгенографии до 2009 г. медленно возрастал, после чего начал снижаться из-за значительного роста вклада компьютерной томографии. Вклад прочих рентгенодиагностических исследований и радионуклидной диагностики изменяется мало и составляет 7–10% и 1,3–2,9% соответственно. Анализ этих двух рядов данных показывает, что при постоянном росте количества рентгенографий и флюорографий вклад их в дозу медицинского облучения уменьшается за счет снижения величины дозы за процедуру (рис. 7). Это является прямым следствием организации контроля доз пациентов в рамках ЕСКИД, анализа

получаемых результатов в рамках РГП и принятия управленческих решений в виде закупки современных низкодозовых средств рентгенодиагностики и оптимизации режимов проведения рентгенодиагностических процедур.



[Number of examinations, m.]  
[Year]

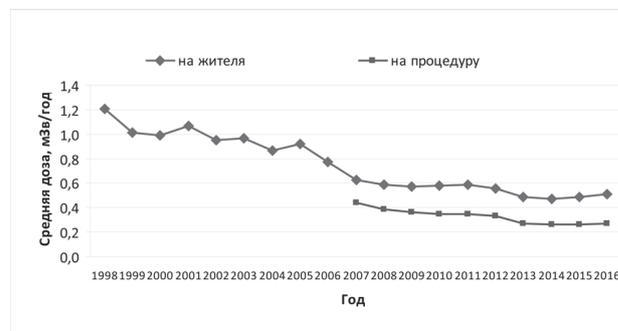
**Рис. 6.** Динамика количества проведенных рентгенографий (РГ), флюорографий (ФГ), компьютерных томографий (КТ), рентгеноскопии (РС) и радионуклидных исследований (РН) в Российской Федерации по данным радиационно-гигиенической паспортизации  
[Fig. 6. Dynamics of the number of radiography (РГ), fluorography (ФГ), computed tomography (КТ), roentgenoscopy (РС) and radionuclide examinations (РН) in the Russian Federation according to the radiation-hygiene passportization]



**Рис. 7.** Динамика вклада компьютерной томографии (КТ), флюорографии (ФГ), рентгенографии (РГ), рентгеноскопии (РС), радионуклидной диагностики (РН) и прочих рентгенодиагностических исследований (ПР) в дозу медицинского облучения по данным радиационно-гигиенической паспортизации  
[Fig. 7. Dynamics of the contribution of computed tomography (КТ), fluoroscopy (ФГ), radiographic (РГ), Roentgenoscopy (РС), radionuclide diagnostics (РН) and other examinations (ПР) in the medical radiation dose according to the radiation-hygiene passportization]

Наибольший вклад компьютерной томографии в дозу медицинского облучения в 2016 г. имел место в Ненецком АО (73%) и в Республике Калмыкия (70%). Еще в 9 субъектах Российской Федерации он составляет не менее 60%, а в 28 – не менее 50%. Доза за счет данного вида исследований растет наиболее быстрыми темпами.

Средняя годовая эффективная доза медицинского облучения жителя Российской Федерации, после некоторой стабилизации в 2013–2015 гг. на уровне 0,45–0,48 мЗв, в 2016 г. проявила тенденцию к росту и составила 0,51 мЗв (рис. 8).



[Average medical exposure dose, mSv]  
◆ [per capita; ■ per examination]  
[Year]

**Рис. 8.** Динамика среднегодовых эффективных доз медицинского облучения населения Российской Федерации в расчете на одного жителя и на одну рентгенорадиологическую диагностическую процедуру по данным радиационно-гигиенической паспортизации  
[Fig. 8. Dynamics of average annual effective medical exposure doses of the population of the Russian Federation in per capita and one x-ray radiological diagnostic examination according to the radiation-hygiene passportization]

Наибольшие значения годовой эффективной дозы медицинского облучения в расчете на одного жителя отмечены в Магаданской области (1,1 мЗв), Красноярском крае (0,8 мЗв), Республиках Карелия (0,79 мЗв) и Коми (0,76 мЗв), Иркутской области (0,75 мЗв), Краснодарском крае (0,73 мЗв) и в Москве (0,72 мЗв).

Коллективная доза медицинского облучения населения Российской Федерации составила 75,4 тыс. чел.-Зв. Вклад различных методов диагностики в дозу медицинского облучения населения в 2016 г. приведен на рисунке 9.

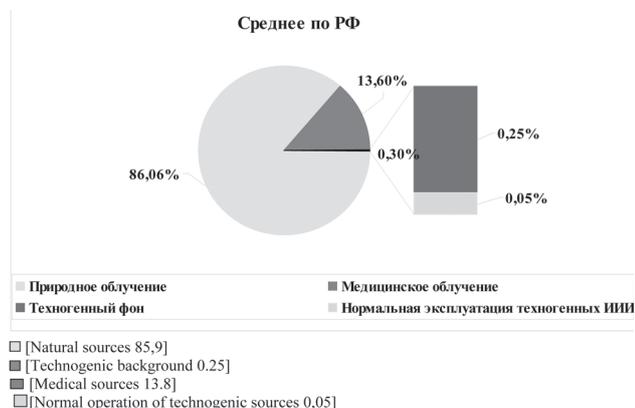


**Рис. 9.** Вклад различных методов диагностики в дозу медицинского облучения населения Российской Федерации в 2016 г.  
[Fig. 9. The contribution of different diagnostic methods in the dose of medical exposure of the population of the Russian Federation in 2016]

Кроме роста КТ-исследований, в связи с интенсивным строительством в последние годы ПЭТ-центров ожидается и рост числа радионуклидных исследований. Это соответствует и мировой тенденции. В развитых странах дозы медицинского облучения сравнялись с дозами природного облучения. Получаемые в рамках ЕСКИД данные свидетельствуют о том, что дозы пациентов за счет проведения одних и тех же диагностических исследований в различных медицинских учреждениях различаются на 1–2 порядка. Поэтому важно усилить надзор за дозами медицинского облучения и не допускать их необоснованного роста. Кроме введения в лечебных учреждениях системы установления референтных уровней медицинского облучения, необходимо вводить систему контроля обоснованности назначения рентгенодиагностических процедур как наиболее эффективных путей снижения доз медицинского облучения населения. Кроме того, необходимо добиваться 100% контроля доз облучения пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований с использованием инструментальных, а не расчетных методов контроля [43, 44].

*Годовая эффективная доза населения за счет всех ИИИ*

Коллективная годовая эффективная доза облучения населения Российской Федерации за счет всех источников ионизирующего излучения в 2016 г. составила 552,9 тыс. чел.-Зв, что соответствует средней дозе на одного жителя 3,76 мЗв в год. При этом 86,1% дозы дают природные источники и 13,6% – медицинское облучение. На долю всех остальных источников, в том числе и за счет прошлых радиационных аварий, в целом по Российской Федерации приходится менее 0,3% (рис. 10, табл. 7).



**Рис. 10.** Структура дозы облучения населения Российской Федерации в 2016 г.

[Fig. 10. Exposure dose structure of the population of the Russian Federation in 2016]

Среднее по Российской Федерации значение вклада в коллективную дозу облучения за счет нормальной деятельности предприятий, использующих техногенные ИИИ, равно 0,05%. В 14 субъектах Российской Федерации вклад превышает 0,1% (Архангельская, Калужская, Курская, Ленинградская, Мурманская, Смоленская, Тверская, Томская, Челябинская области; Ненецкий, Ханты-Мансийский, Чукотский и Ямало-Ненецкий автономные округа и Хабаровский край). Наибольший вклад этого компонента имеет место в Чукотском автономном округе (3,2%).

Вклад в коллективную дозу облучения населения страны глобальных выпадений и прошлых радиационных аварий составляет 0,25%. Наибольший вклад этого компонента имеет место на территории Брянской области (7,1%), пострадавшей в результате аварии на ЧАЭС (рис. 11).



**Рис. 11.** Структура дозы облучения населения Брянской области в 2016 г.

[Fig. 11. Exposure dose structure of the population of the Bryansk region in 2016]

Природные ИИИ в среднем по Российской Федерации обуславливают 85,8% коллективной дозы облучения населения. Для 6 субъектов Российской Федерации (Республики Алтай, Дагестан, Ингушетия, Крым, Карачаево-Черкесская и Еврейская автономная область) он превышает 94%.

Вклад медицинского облучения в среднем по Российской Федерации в суммарную дозу составляет 13,6%. Наибольшие значения годовой эффективной дозы медицинского облучения в расчете на одного жителя отмечены в Магаданской области (1,1 мЗв), Красноярском крае (0,8 мЗв), Республиках Карелия (0,79 мЗв) и Коми (0,76 мЗв), Иркутской области (0,75 мЗв), Краснодарском крае (0,73 мЗв) и в Москве (0,72 мЗв).

**Коллективная годовая эффективная доза облучения населения в 2014–2016 гг.**

Таблица 7

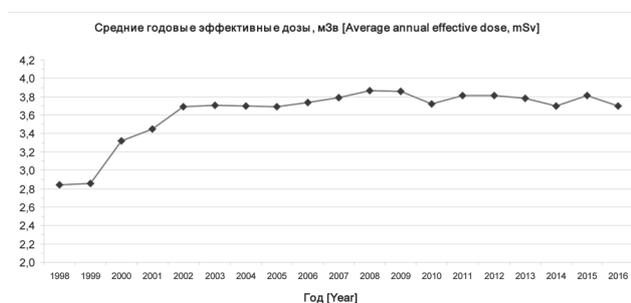
[Table 7]

**The annual collective effective population dose in 2014–2016]**

Компонент дозы [Dose component]	Коллективная доза, чел.-Зв (%) [Collective dose, people-Sv (%)]		
	2016	2015	2014
За счет нормальной деятельности предприятий, использующих техногенные ИИИ [Due to the normal operation of enterprises using technogenic sources of ionizing radiation]	281,6 (0,05)	293,0 (0,05)	250,9 (0,05)

Компонент дозы [Dose component]	Коллективная доза, чел.-Зв (%) [Collective dose, people-Sv (%)]		
Компонент дозы [Dose component]	Коллективная доза, чел.-Зв (%) [Collective dose, people-Sv (%)]		
За счет глобальных выпадений и прошлых радиационных аварий [Due to global fallout and past radiation accidents]	1 389 (0,25)	1 296 (0,23)	1 178 (0,22)
За счет природных источников излучения [Due to natural radiation sources]	475 870 (86,06)	485 499 (86,87)	470 797 (86,92)
За счет медицинских рентгенорадиологических диагностических исследований [Due to medical radiological diagnostic studies]	75 362 (13,63)	71 768 (12,84)	69 413 (12,81)
За счет радиационных происшествий и аварий отчетного года [Due to radiation accidents and incidents the reporting year]	0,00 (0,0)	1,26 (0,00)	0,00 (0,0)
<b>ВСЕГО</b> [Total]	<b>552 903</b>	<b>558 857</b>	<b>541 639</b>

Среднее значение годовой эффективной дозы граждан Российской Федерации от всех источников ионизирующего излучения в расчете на одного жителя составляет 3,76 мЗв/год. Наибольшие значения этой величины в 2016 г. имели место в Республиках Алтай (7,2 мЗв), Тыва (5,7 мЗв), Адыгея (5,6 мЗв), Иркутской области (5,7 мЗв) и в Еврейской автономной области (6,6 мЗв). На рисунке 12 приведена динамика средних годовых эффективных доз облучения населения Российской Федерации по данным радиационно-гигиенических паспортов России. Как видно, по мере развития радиационно-гигиенической паспортизации и набора статистики данных по природным ИИИ, значения средней дозы стабилизировались и в период 2002–2016 гг. составляет 3,7–3,9 мЗв.



**Рис. 12.** Динамика средних годовых эффективных доз облучения населения Российской Федерации от всех источников по данным радиационно-гигиенических паспортов России

[Fig. 12. Dynamics of average annual effective exposure doses of population of the Russian Federation from all sources according to the radiation-hygiene passports of Russia]

Коллективная доза облучения населения Российской Федерации за счет всех источников облучения составляет 552,9 тыс. чел.-Зв. Вероятность отдаленных последствий стохастических эффектов в течение всей оставшейся жизни от годовой коллективной дозы 2016 г. за счет деятельности предприятий, использующих ИИИ, может составить 12 случаев, за счет глобальных выпадений и прошлых радиационных аварий – 79, за счет медицинского облучения – 4296 случаев.

Индивидуальный радиационный риск отдаленных последствий для населения Российской Федерации составляет  $1,8 \times 10^{-4}$ , для населения, проживающего в Республике Алтай и в среднем облучающегося природными источниками в дозе 8,97 мЗв/год, составляет  $5,7 \times 10^{-4}$ , а для населения, проживающего с. Ремонтное Ремонтненского района Ростовской области, –  $2,8 \times 10^{-3}$ , для части жителей п. Верхняя Санарка Пластовского района Челябинской области –  $2,8 \times 10^{-2}$ . По международной шкале радиационных рисков, уровень риска  $10^{-3}$ – $3 \cdot 10^{-3}$  относится к умеренному риску,  $3 \cdot 10^{-3}$ – $10^{-2}$  к существенному и требующему немедленного вмешательства по ограничению облучения населения [45, 46].

### Заключение

Среднее значение годовой эффективной дозы граждан Российской Федерации от всех источников ионизирующего излучения в расчете на одного жителя составляет 3,76 мЗв/год. При этом 86,1% дозы дают природные источники и 13,6% – медицинское облучение. На долю всех иных источников, в том числе и за счет прошлых радиационных аварий, в целом по Российской Федерации приходится менее 0,3%.

Наибольшие значения этой величины в 2016 г. имели место в Республиках Алтай (7,2 мЗв), Тыва (5,7 мЗв), Адыгея (5,6 мЗв), Иркутской области (5,7 мЗв) и в Еврейской автономной области (6,6 мЗв). Для этих территорий вклад природных источников в суммарную дозу превышает 94%.

Установлено, что в последние годы намечился рост дозы медицинского облучения за счет постоянного развития лучевой диагностики и значительного роста в последние годы количества наиболее информативных рентгенорадиологических методов лучевой диагностики, таких как компьютерная томография и ПЭТ-исследований.

Необходимо, в первую очередь, проводить защитные мероприятия для тех категорий населения и тех ИИИ, за счет которых радиационные риски наиболее велики. В настоящее время это группы населения, имеющие высокие уровни природного облучения.

В целом по Российской Федерации, радиационная обстановка на протяжении последних десятилетий остается стабильной и на преобладающей территории удовлетворительной, за исключением субъектов, пострадавших в

результате прошлых радиационных аварий (Челябинская область, юго-западные районы Брянской области), и субъектов Российской Федерации, где облучение значительных групп населения природными источниками ионизирующего излучения превышает 10 мЗв/год.

Территориальным органам Роспотребнадзора необходимо ежегодно разрабатывать обоснованные предложения по улучшению состояния радиационной безопасности населения региона, обратив особое внимание на показатели, значительно превышающие среднероссийские, и направлять сведения о них в адрес администрации субъекта Российской Федерации с целью разработки региональных программ по минимизации воздействия ИИИ, создающих повышенные и высокие дозы природного и медицинского облучения.

### Литература

1. Онищенко, Г.Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения российской федерации. Сообщение 1: Основные достижения и задачи по совершенствованию / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2017. – Т.10, № 3. – С. 7-17.
2. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет / под общ. ред. чл.-корр. РАН В.К. Иванова, чл.-корр. РАН А.Д. Каприна. – М.: ГЕОС, 2015. – 450 с.
3. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. – СПб.: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2016. – Т. 1. – 448 с.
4. Романович, И.К. Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения / И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 6–18.
5. Романович, И.К. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович [и др.]; под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. – 336 с.
6. Брук, Г.Я. Средние накопленные за 1986-2016 гг. эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 г. № 1074 «Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» / Г. Я. Брук [и др.] // Радиационная гигиена. – 2017 – Т.10, № 2. – С. 57–102.
7. Стамат, И.П. Радиационная безопасность населения России при облучении природными источниками ионизирующего излучения: современное состояние, направления развития и оптимизации / И.П. Стамат, Т.А. Кормановская, Г.А. Горский // Радиационная гигиена. – 2014. – Т.7, № 1. – С. 54–62.
8. Шевкун, И.Г. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2016 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / И.Г. Шевкун, В.С. Степанов, С.В. Матюхин, И.К. Романович, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, И.П. Стамат, Т.А. Кормановская, Т.Н. Титова, В.Г. Сенникова, О.Е. Тутельян, С.И. Кувшинников, Е.В. Русановская и др. – М., 2017. – 125 с.
9. Аналитическая справка «Состояние радиационной безопасности в Российской Федерации в 1998 году» (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / под ред. П.В. Рамзаева. – СПб., 1999 г. – 21 с.
10. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации за 1999 год / под редакцией П.В. Рамзаева. – СПб., 2000 г. – 19 с.
11. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2000 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). – М., 2002. – 59 с.
12. Иванов, С.И. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2001 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / С.И. Иванов, Г.С. Перминова, А.А. Горский [и др.]. – М., 2002. – 57 с.
13. Иванов, С.И. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2002 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / С.И. Иванов, Г.С. Перминова, А.А. Горский [и др.]. – М., 2003. – 48 с.
14. Перминова, Г.С. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2003 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2004. – 48 с.
15. Перминова, Г.С. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2004 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2005. – 69 с.
16. Перминова, Г.С. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2005 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / Г.С. Перминова, А.А. Горский, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2006. – 90 с.
17. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2006 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2007. – 94 с.
18. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2007 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2008. – 98 с.
19. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2008 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2009. – 112 с.
20. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2009 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, Г.С. Перминова, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2010. – 132 с.
21. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2010 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2011. – 122 с.
22. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2011 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2012. – 142 с.
23. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2012 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, О.В. Липатова [и др.]. – М., 2013. – 130 с.
24. Горский, А.А. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2013 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.А. Горский, В.С. Степанов, С.В. Матюхин [и др.]. – М., 2014. – 132 с.
25. Попова, А.Ю. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2014 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / А.Ю. Попова, И.В. Брагина, И.Г. Шевкун [и др.]. – М., 2015. – 134 с.
26. Шевкун, И.Г. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации за 2015 год (Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации) / И.Г. Шевкун, В.С. Степанов, С.В. Матюхин [и др.]. – М., 2016. – 125 с.
27. Рамзаев, П.В. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 1999 году: справочник / П.В. Рамзаев, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков [и др.]. – СПб., 2001. – 29 с.

28. Рамзаев, П.В. Дозы ионизирующего излучения населения Российской Федерации в 2001 году: справочник / П.В. Рамзаев, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков [и др.]. – СПб., 2002. – 40 с.
29. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2002 году: справочник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Г.Я. Брук [и др.]. – СПб., 2004. – 61 с.
30. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2003 году: справочник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2004. – 59 с.
31. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2004 году: справочник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2005. – 61 с.
32. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2005 году: справочник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб., 2006. – 39 с.
33. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2006 году: справочник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2007. – 61 с.
34. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2007 году: информ. сборник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2008. – 66 с.
35. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2008 году: информ. сборник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2009. – 69 с.
36. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2009 году: информ. сборник / Н.К. Барышков, Т.А. Кормановская, С.И. Кувшинников [и др.]. – СПб., 2010. – 67 с.
37. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году: информ. сборник / Н.К. Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2011. – 62 с.
38. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2011 году: информ. сборник / Н.К. Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2012. – 63 с.
39. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2012 году: информ. сборник / Н.К. Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2013. – 67 с.
40. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2013 году: информ. сборник / В.С. Репин, Н.К. Барышков, А.А. Братилова [и др.]. – СПб., 2014. – 60 с.
41. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002 – 2015 гг.: информ. сборник / В.С. Репин, Н.К. Барышков, А.А. Братилова [и др.]. – СПб., 2015. – 40 с.
42. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2015 году: информ. сборник / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, А.А. Братилова [и др.]. – СПб., 2016. – 72 с.
43. Голиков, В.Ю. Оценка рисков медицинского облучения на основе данных радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации / В.Ю. Голиков // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 6–14.
44. Балонов, М.И. Современные уровни медицинского облучения в России / М.И. Балонов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 67–79.
45. Martin, C. J. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? Br. J. Radiol., 80, 639–647 (2007).
46. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Dose Management for Fluoroscopically-Guided Interventional Medical Procedures. NCRP Report No. 168. NCRP, Bethesda (2010).

Поступила: 22.08.2017 г.

**Романович Иван Константинович** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Тел.: 8(812)233-53-63; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

**Попова Анна Юрьевна** – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

**Онищенко Геннадий Григорьевич** – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, Москва, Россия.

**Барковский Анатолий Николаевич** – руководитель Федерального радиологического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Кормановская Татьяна Анатольевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Шевкун Ирина Геннадьевна** – кандидат медицинских наук, начальник управления санитарного надзора Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

**Для цитирования:** Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Шевкун И.Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 18-35. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35

## Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation Report 2: characteristics of the sources and exposure doses of the population of the Russian Federation

Gennadiy G. Onishchenko<sup>1</sup>, Anna Yu. Popova<sup>2</sup>, Ivan K. Romanovich<sup>3</sup>, Anatoly N. Barkovsky<sup>3</sup>, Tatyana A. Kormanovskaya<sup>3</sup>, Irina G. Shevkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>The Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

*This article presents a description of the sources of ionizing radiation and annual doses to the population as a whole for the Russian Federation and separately for the subjects, as well as for the most exposed population groups. The average individual effective annual dose of Group A personnel in 2016 was 1.2 mSv, or 6.0% of the average annual dose limit of 20 mSv. During the period from 1998 to 2005, the average annual individual doses of the personnel of Group A gradually decreased from 2.9 mSv to 1.4 mSv and then stabilized at a level of 1.2–1.4 mSv. The average per inhabitant of the Russian Federation annual effective dose due to natural sources, according to data for 1998–2016, is 3.33 mSv/year, for the Altai Republic – 8.97 mSv/year, and for some of the most exposed population groups – 3–60 and more mSv/year. Radon exposure makes up the largest fraction (59.50%) of radiation dose due to natural sources. The average per inhabitant of the Russian Federation annual effective dose due to medical exposure in 2016 was 0.51 mSv/year, and after some stabilization in 2013–2015 at a level of 0.45–0.48 mSv/year, there was a tendency to increase. The average annual effective dose of the Russian Federation citizens from all sources of ionizing radiation is 3.76 mSv/year. The highest value of this quantity in 2016 took place in the Republics of Altai (7.2 mSv), Tyva (5.7 mSv), Adygea (5.6 mSv), the Irkutsk region (5.7 mSv) and in the Jewish Autonomous Oblast (6.6 mSv). Natural sources of radiation in the Russian Federation determine 86.1% of the collective radiation dose of the population, medical exposure – 13.6%. In general, the radiation situation in the Russian Federation remains stable over the last decades and in the prevailing territory can be characterized as satisfactory, with the exception of territories affected as a result of the past radiation accidents (Chelyabinsk region, southwestern districts of the Bryansk region) and some settlements in those subjects of the Russian Federation, where exposure of significant populations due to natural sources of ionizing radiation exceeds 10 mSv / year.*

**Key words:** radiation-hygienic passport of the organization, radiation-hygienic passport of the territory, man-made sources of radiation, natural sources of exposure, medical sources of exposure, medical exposure, exposure doses, radiation survey, radiation control, concentration

### References

1. Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Shevkun I.G. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 1: characteristics of the sources and exposure doses of the population of the Russian Federation. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 7–17. (In Russian).
2. Health effects of Chernobyl: prediction and actual data 30 years after the accident. Ed.: V.K. Ivanov and A.D. Kaprin. Moscow, 2015, 450 p. (In Russian).
3. Radiological and hygienic issues of the mitigation of the Chernobyl NPP accident consequences. Ed.: G.G. Onishchenko, A. Yu. Popova. Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 2016, Vol. 1, 448 p. (In Russian).
4. Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Gromov A.V., Kaduka M.V. Substantiation of the concept of transfer to conditions of normal population activity of the settlements considered to be zones of radioactive contamination after the Chernobyl NPP accident. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol. 9, No1, pp. 6–18. (In Russian).
5. Romanovich, I. K. [et al.] Fukushima Daiichi NPP accident: Preventive measures aimed at health maintenance of the population of Russian Federation. Ed.: G.G. Onishchenko Saint-Petersburg, 2012, 336 pp. (In Russian).
6. Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Gromov A.V., Zhesko T.V., Kaduka A.N., Kaduka M.V., Kravtsova O.S., Romanovich I.K., Saprykin K.A., Stepanov V.S., Titov N.V., Yakovlev V.A. The average accumulated effective doses (1986–2016) for the population of the settlements of the Russian Federation attributed to the zones of radioactive contamination according to the Russian Federation government resolution «On the approval of the list of the settlements being in the borders of the zones of radioactive contamination due to the disaster on the Chernobyl NPP» № 1074 from 08.10.2015. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation

**Ivan K. Romanovich**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

- Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 2, pp. 57–105. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-2-57-105 (In Russian).
7. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Gorsky G.A. Russian Federation population radiation protection during the exposure from natural ionizing irradiation sources: modern state and directions for development and optimization. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(1):54-62. (In Russian).
  8. Shevkun I.G., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2016 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2017, 125 p. (In Russian).
  9. Analytical report "Radiation safety in the Russian Federation in 1998" (Radiation-hygiene passport of the Russian Federation). Ed.: P.V. Ramzaev. St. Petersburg, 1999, 21 p. (In Russian).
  10. Radiation-hygiene passport of the Russian Federation). Ed.: by P.V. Ramzaev. St. Petersburg, 2000, 19 p. (In Russian).
  11. Results of radiation-hygiene passportization for 2000 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2002, 59 p. (In Russian).
  12. Ivanov S.I., Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Ramzaev P.V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Titova T.N., Belyaev E.N., Cheburayev V.I., Stepanov V.S., Kuvshinnikov S.I., Tutelyan O.E. Results of radiation-hygiene passportization for 2001 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2002, 57 p. (In Russian).
  13. Ivanov S.I., Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Titova T.N., Belyaev E.N., Bragina I.V., Stepanov V.S., Kuvshinnikov S.I., Tutelyan O.E. Results of radiation-hygiene passportization for 2003 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2003, 48 p. (In Russian).
  14. Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N., [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2002 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2004, 48 p. (In Russian).
  15. Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N., [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2004 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2005, 69 p. (In Russian).
  16. Perminova G.S., Gorsky A.A., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovskiy A.N., Baryshkov N.K., Repin V.S., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Kuvshinnikov S.I., Tutelyan O.E., [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2005 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2006, 90 p. (In Russian).
  17. Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Kuvshinnikov S.I., Solomonova E.P., Tutelyan O.E. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2006 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2007, 94 p. (In Russian).
  18. Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Bragina I.V., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Solomonova E.P. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2007 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2008, 98 p. (In Russian).
  19. Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2008 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2009, 112 p. (In Russian).
  20. Gorsky A.A., Perminova G.S., Lipatova O.V., Stepanov V.S., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., O.S. Kravtsova, Stamat I.P., Titova T.N., Timofeeva M.A., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2009 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2010, 132 p. (In Russian).
  21. Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2010 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2011, 122 p. (In Russian).
  22. Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2011 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2012, 142 p. (In Russian).
  23. Gorsky A.A., Stepanov V.S., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2012 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2013, 130 p. (In Russian).
  24. Gorsky A.A., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Vereshchagin A.I., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2013 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2014, 132 p. (In Russian).
  25. Popova A.Yu., Bragina I.V., Shevkun I.G., Gorsky A.A., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Vorobyev B.F., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2014 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2015, 134 p. (In Russian).
  26. Shevkun I.G., Stepanov V.S., Matyukhin S.V., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Titova T.N., Sennikova V.G., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Rusanovskaya E.V. [et al.] Results of radiation-hygiene passportization for 2015 (Radiation- Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow, 2016, 125 p. (In Russian).
  27. Ramzaev P.V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Titova T.N. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 1999, Saint-Petersburg, 2001, 29 p. (In Russian).
  28. Ramzaev P.V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Titova T.N. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2002, Saint-Petersburg, 2004, 40 p. (In Russian).
  29. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2002, Saint-Petersburg, 2004, 61 p. (In Russian).
  30. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2003, Saint-Petersburg, 2004, 59 p. (In Russian).
  31. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation

- exposure doses of the population of the Russian Federation in 2004, Saint-Petersburg, 2005, 61 p. (In Russian).
32. Barkovsky A.N. [et al.] Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2005: Guide, Saint-Petersburg, 2006, 39 p. (In Russian).
  33. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Titova T.N., Tutelyan O.E. Guide: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2006, Saint-Petersburg, 2007, 61 p. (In Russian).
  34. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2007, Saint-Petersburg, 2008, 66 p. (In Russian).
  35. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2008, Saint-Petersburg, 2009, 69 p. (In Russian).
  36. Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2009, Saint-Petersburg, 2010, 67 p. (In Russian).
  37. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Medvedev A.Yu., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2010, Saint-Petersburg, 2011, 62 p. (In Russian).
  38. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Repin V.S., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2011, Saint-Petersburg, 2012, 63 p. (In Russian).
  39. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Repin V.S., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2012, Saint-Petersburg, 2013, 67 p. (In Russian).
  40. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stamat I.P., Repin L.V., Akhmatdinov R.R., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2013, Saint-Petersburg, 2014, 60 p. (In Russian).
  41. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation according to the results of the USIDC in 2002-2015, Saint-Petersburg, 2015, 40 p. (In Russian).
  42. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Stepanov V.S., Titova T.N. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2015, Saint-Petersburg, 2016, 72 p. (In Russian).
  43. Golikov V.J. Medical irradiation risk assessment based on the data of radiation-hygienic passportization in the regions of the Russian Federation. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, №4, pp.6-14. (In Russian).
  44. Balonov M.I., Golikov V.J., Zvonova I.A., Kalnitsky S.A., Repin V.S., Sarycheva S.S., Chipiga L.A. Current levels of medical exposure in Russia. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 3, pp.67-79. (In Russian).
  45. Martin, C. J. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? Br. J. Radiol., 80, 639-647 (2007).
  46. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Dose Management for Fluoroscopically-Guided Interventional Medical Procedures. NCRP Report No. 168. NCRP, Bethesda (2010).

Received: August 22, 2017

**For correspondence: Ivan K. Romanovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niir.ru)

**Anna Yu. Popova** – Doctor of Medical Science, Professor, Head, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

**Gennadiy G. Onishchenko** – Doctor of Medical Science, Professor, member of the Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Anatoly N. Barkovsky** – Head of Federal Radiological Centre, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St. Petersburg, Russia

**Tatyana A. Kormanovskaya** – Candidate of Biological Science, Senior Research Scientist, Natural sources dosimetry laboratory Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St. Petersburg, Russia

**Irina G. Shevkun** – Candidate of Medical Science, Sanitary surveillance department, the Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russia

**For citation: Onishchenko G.G., Popova A.Yu., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Shevkun I.G. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 2: characteristics of the sources and exposure doses of the population of the Russian Federation. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 18-35. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35**

## Проблемы риск-коммуникаций по вопросам радиационной безопасности: оценка информированности населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области о деятельности атомной отрасли и его представления о факторах опасности

Г.В. Архангельская<sup>1</sup>, С.А. Зеленцова<sup>1</sup>, Н.М. Вишнякова<sup>1</sup>, Е.В. Храмцов<sup>1</sup>,  
К.В. Варфоломеева<sup>1</sup>, Н.В. Соколов<sup>2</sup>, В.С. Репин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Правительство Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

*В 2016 г. в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева была разработана Программа организации информационной работы с населением по вопросам радиационной безопасности для адекватного восприятия населением риска, связанного с применением в атомной отрасли различных технологий. Одним из этапов этой Программы является проведение социологических исследований. Целью представленного в статье анализа части большого социологического исследования, проведенного в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области, является изучение информированности населения по вопросам радиационной безопасности и его отношение к деятельности по дальнейшему развитию атомной отрасли. Социологическое исследование проведено методом выборочного анкетного опроса среди взрослого населения, постоянно проживающего на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Объем исследованной выборки составил 2369 респондентов: в г. Санкт-Петербурге – 1006, в Ленинградской области – 1363, в том числе в г. Сосновый Бор – 401. Анализ полученных результатов показал, что население всех исследованных территорий оценивает экологическую обстановку как преимущественно благоприятную. Основными экологическими проблемами на всех изученных территориях жители считают сбор, вывоз, складирование, утилизацию мусора, а также загрязнение воздуха и воды. Население региона относительно слабо информировано об актуальных проектах атомной отрасли. Треть жителей региона воспринимает Ленинградскую атомную электростанцию как источник опасности. Основную опасность респонденты видят в возможности аварии на ней. Отмечается резко негативное отношение населения к строительству пунктов захоронения радиоактивных отходов в любом месте региона. По результатам исследования можно сделать вывод, что требует оптимизации выбора методов информационной работы с населением.*

**Ключевые слова:** информированность населения, восприятие риска, радиационная безопасность, Ленинградская атомная электростанция, пункт захоронения радиоактивных отходов.

### Введение

С 2016 г. в Российской Федерации началось осуществление Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года», которая предусматривает выполнение примерно 100 мероприятий, реализация которых позволит решить ряд накопившихся в атомной отрасли проблем, связанных с хранением ради-

оактивных отходов, выводом из эксплуатации ряда объектов атомной отрасли, строительством новых объектов.

В общественном сознании мероприятия, связанные с развитием и совершенствованием атомной отрасли, воспринимаются населением неоднозначно. Негативное отношение населения к строительству атомных станций, пунктов захоронения радиоактивных отходов связано с тем, что существует неосознанный страх опасности ради-

Архангельская Генриэтта Владимировна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.

Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; Тел.: (812)233-53-63. E-mail: henryark@mail.ru

ации. Значительную роль в этом сыграли Чернобыльская катастрофа и авария на АЭС «Фукусима-1» [1, 2]. Субъективные оценки радиационной опасности и радиационного риска формируются населением под влиянием разных факторов, при этом существенную, часто ведущую роль в формировании общественного мнения играют средства массовой информации (СМИ) и общественные объединения [3–5].

Наиболее сложная ситуация возникает при угрозе изменения существующей радиационной обстановки, когда официальная информация запаздывает и население начинает искать сведения о радиации в любых доступных источниках – в частности, в Интернете. Такая информация зачастую бывает недостоверной и преувеличивающей опасность события. В результате радиационно-гигиеническая ситуация оценивается неадекватно и в конечном итоге может приводить часть населения к стрессу, панике и к неправильному защитному поведению [1, 2, 6–11]. Сложной для человека является и ситуация, когда источники информации о степени радиационной опасности являются противоречивыми. В таких случаях человек с большим доверием относится к завышенной оценке опасности, в соответствии с которой он и строит модель своего поведения.

Аргументы в пользу безопасности современных ядерных технологий основаны на научных оценках производственных и экологических рисков. Однако такая аргументация не всегда вызывает понимание у экологической общественности и населения.

Общественное неприятие ядерных технологий – это лишь часть проблемы, которую можно определить как конфликт между научным и обыденным экологическим сознанием [12]. Настороженное отношение населения к новым технологиям объясняется тем, что наука вторгается в сознание человека, изменяя и разрушая старые истины и догмы. Общественное мнение отстаивает свои интересы, зачастую противоречащие интересам государства, субъектов хозяйственной деятельности, а иногда и самих людей. Протестуя против внедрения новых технологий и связанных с ними новых рисков, общество не может отказаться от использования их результатов в повседневной жизни [13, 14].

Идя навстречу требованиям времени, министерства и ведомства, потенциально опасные предприятия создают пресс-службы для взаимодействия с общественностью. В этой работе представители атомного сообщества, как правило, специалисты в области атомной науки и техники, стоят перед необходимостью информировать население о рисках для здоровья и окружающей среды, связанных с радиационным воздействием. Современное развитие общества требует не просто предоставления информации, но и умения согласовывать интересы отрасли, предприятия с интересами разных общественных групп и экологических движений. Общественная поддержка тех или иных направлений национальной политики, связанных с развитием потенциально опасных технологий и производств, является необходимым условием ее проведения в жизнь.

Для достижения согласия необходим диалог, эффективное общение, которое убирает мешающие преграды. Одной из таких преград являются разногласия между техническими экспертами, специалистами и населением по

вопросам оценки риска. В многочисленных исследованиях, проведенных за последние годы [15–20], показано, что в основе разногласий лежат различия в восприятии риска. Для населения такой термин, как «риск», непонятен и вряд ли приемлем, так как требует понимания, что такое вероятность события. Население оперирует понятиями «опасно – не опасно», «вредно – не вредно» и т.п. Учет особенностей восприятия риска населением привел к принципиальной перемене в общих подходах к процессу информирования о рисках – от информирования населения, базирующегося на представлении о неадекватном восприятии риска населением, через изучение истинных причин возникновения озабоченности и тревоги, к коммуникации как двустороннему процессу, в котором «эксперт» и «непрофессионал» информируют и обогащают позиции друг друга [14–16, 18].

Для правильного восприятия населением риска, связанного с применением в атомной отрасли той или иной технологии, нужна постоянно действующая и правильно организованная система информирования. Несмотря на колоссальный опыт и длительный период развития атомной энергетики, в настоящее время в Российской Федерации в недостаточной мере развита эффективная система информирования населения по вопросам радиационной безопасности. Информирование населения о санитарно-эпидемиологической обстановке и о мерах по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия является одной из задач, стоящих перед Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [21].

Опыт реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 и на период до 2015 года» позволяет прогнозировать возможные негативные реакции населения и СМИ в дальнейшем, что, несомненно, потребует дополнительных усилий по организации информационной работы с населением для обеспечения адекватного восприятия им информации о деятельности атомной отрасли в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года». Таким образом, необходимость корректировки подходов и дальнейшего совершенствования информационной работы с населением по вопросам радиационной безопасности (РБ) является актуальной как на федеральном, так и на региональном уровнях.

В 2016 г. в Санкт-Петербургском НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева была разработана Программа организации информационной работы с населением по вопросам радиационной безопасности [22]. Одним из этапов этой Программы является проведение социологических исследований с целью оценки уровня радиотревожности, уровня знаний и информационных потребностей населения по вопросам РБ, роли общественных объединений и СМИ в формировании общественного мнения в отношении мероприятий, проводимых в атомной отрасли.

В статье представлен материал, основанный на результатах анализа социологического исследования, проведенного в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

**Цель исследования** – изучение информированности населения по вопросам радиационной безопасности и

его отношение к деятельности по дальнейшему развитию атомной отрасли.

### Материалы и методы

Объект исследования: взрослое (18 лет и старше) население, постоянно проживающее на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Исследование проведено методом выборочного анкетного опроса (очного стандартизированного интервью с предъявлением респонденту карточек с перечнями вариантов ответа) по месту жительства. Анкета была разработана сотрудниками Института с учетом опыта предыдущих многолетних исследований [6–8, 23–25].

Отбор респондентов производился с контролем наполнения демографических квот.

Сроки проведения анкетного опроса: период с 14 по 26 октября 2016 г.

Объем исследованной выборки составил 2369 респондентов, в том числе в г. Санкт-Петербурге – 1006, в Ленинградской области – 1363, в том числе в г. Сосновый Бор – 401. Размер случайной ошибки для выборки в целом составляет не более 2,1% для доверительной вероятности 95,4%. Случайные ошибки субвыборок не превышают для г. Санкт-Петербурга 3,2%, для Ленинградской области – 2,7% для указанного значения доверительной вероятности. В городском округе Сосновый Бор, расположенном в районе нахождения основного объекта атомной отрасли региона – Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС), был опрошен 401 респондент. Для данного объема субвыборки ошибка не превысила 5% для доверительной вероятности 95,4%.

Уровень репрезентативности полученной выборки по основным социально-демографическим и социально-структурным параметрам достаточен для достижения поставленной цели исследования.

Половозрастная структура выборки представлена в таблице 1.

Таблица 1

Половозрастная структура выборки (% от общего числа респондентов)

[Table 1

The age and sex structure of the sample (% of total respondents)]

Возраст, лет [Age, year]	Пол [Sex]		В целом по выборке [In the total sample]
	Мужчины [Men]	Женщины [Women]	
18–29	13,1	11,9	25,0
30–39	9,6	10,2	19,8
40–49	8,3	8,5	16,8
50–59	6,7	8,9	15,6
60 и старше [60 and older]	8,3	14,6	22,9
В целом по выборке [In the total sample]	46,0	54,0	100,0

Практически 90% респондентов проживают в городах и поселках городского типа, т.е. являются городскими

жителями. Исследованная выборка характеризуется высоким уровнем образования. Так, подавляющее большинство респондентов (90%) имеют высшее, неполное высшее и среднее специальное образование.

### Результаты и обсуждение

#### Оценка экологической обстановки

Более половины респондентов (57%) оценили экологическую обстановку в регионе как «благоприятную и скорее благоприятную». В то же время каждый третий житель региона охарактеризовал ее как «скорее неблагоприятную», при этом доля ответов «крайне неблагоприятная» очень мала (3,7%). Наиболее значимыми, по мнению респондентов, экологическими проблемами являются свалки мусора (40,8%), загрязнение воздуха выхлопными газами (30,9%), промышленные выбросы вредных веществ в атмосферу (15,4%), загрязнение воды и водоемов (15,3%).

Практически все остальные проблемы экологического содержания не воспринимаются массовым сознанием как значимые – на каждую из них указали не более 6% опрошенных, за исключением проблемы вырубке деревьев, которую отметили 12,5% респондентов. Проблемы, связанные с радиацией и захоронением радиоактивных отходов, относятся как раз к этой категории.

Анализ полученных ответов показал, что практически не наблюдается локализации отдельных проблем. Также отмечено практически полное совпадение распределений в ответах, касающихся региона в целом и населенных пунктов, где проживают респонденты. Следовательно, респонденты не различают локальные и региональные экологические проблемы. Это может свидетельствовать о том, что формирование общественной оценки экологической ситуации происходит не на основе собственного опыта, а под воздействием СМИ, интернет-дискуссий и других информационных источников.

#### Представления о радиационной обстановке в месте проживания

Большинство респондентов не информированы о наличии участков радиоактивного загрязнения в своем населенном пункте и на прилегающей к нему территории, что, вероятно, может быть объяснено либо отсутствием информирования, либо отсутствием массового интереса и пассивной позицией большинства населения по данному вопросу.

Среди основных источников радиоактивного загрязнения опрошенные массово указали только три – это ЛАЭС (почти половина всех респондентов), пункты захоронения радиоактивных отходов и промышленность (рис. 1).

Практически большинству респондентов (98%) неизвестны такие источники, как «следы» аварии на Чернобыльской АЭС, испытаний ядерного оружия и мирных ядерных взрывов, военные объекты (в том числе неиспользуемые) и т.п. Незначительная часть опрошенных дополнительно указывала на свалки (не пункты захоронения), а также на различные природные источники излучения и их производные – гранит, бетон, радон, радоновые озера, разломы земной коры и др.



**Рис. 1.** Представления об источниках радиоактивного загрязнения на территории проживания в ответах респондентов  
**[Fig. 1.** Understanding of the sources of radioactive contamination in the territory of residence in the respondents' answers]

Анализ распределения всех упоминаний о наиболее известных источниках радиоактивного загрязнения в различных районах г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области не позволяет выявить взаимосвязь частоты упоминаний с удаленностью от фактического местоположения объектов атомной отрасли. Так, упоминания ЛАЭС как источника, расположенного рядом с местом проживания респондента, встречается в большинстве районов, в том числе и достаточно удаленных. При этом в ближайших к Сосновому Бору районах не отмечено значительного увеличения упоминаний атомной станции. Аналогично и захоронения радиоактивных отходов упоминаются в большинстве районов, в том числе почти во всех районах г. Санкт-Петербурга (где их нет).

Анализ восприятия респондентами радиационной обстановки по месту проживания позволяет констатировать относительно низкий уровень заинтересованности и информированности большей части населения по данному вопросу. Знания респондентов получены, очевидно, из популярных информационных источников (телевизионных программ, публикаций в прессе, Интернета и т.п.) и слабо локализованы.

*Оценка информированности и восприятие населением деятельности атомной отрасли  
 Отношение к строительству ЛАЭС-2 и плану строительства пункта захоронения радиоактивных отходов*

В ходе опроса исследовалось общественное мнение о двух резонансных проектах на территории региона – строительстве ЛАЭС-2 (которое на момент исследования уже находилось на стадии строительства) и проекте строительства пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) (который только обсуждался). Для сравнения респондентам были предложены еще два достаточно известных проекта, удаленных от региона опроса в пространстве и во времени (Большой адронный коллайдер на границе Швейцарии и Франции и мирные ядерные взрывы в советский период, т.е. более четверти века назад). Анализ показал примерно равную степень информированности населения о различных проектах атомной отрасли (табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что от 40 до 50% респондентов практически не знают об объектах атомной отрасли. С учетом неуверенной информированности («что-то слы-

**Информированность респондентов о проектах в атомной области (% от всей выборки)**

Таблица 2

**Awareness of respondents about nuclear projects (% of total sample)**

[Table 2]

Проекты в атомной отрасли [Nuclear projects]	Степень информированности [Awareness]		
	Знаю, слежу [Know, watch the news]	Что-то слышал [Heard something]	Ничего не знаю, затрудняюсь ответить [Do not know, difficult to answer]
Строительство ЛАЭС-2 [The construction of the Leningrad NPP-2]	16,5	37,7	45,8
Большой адронный коллайдер [The Large Hadron Collider]	8,6	45,8	45,6

Проекты в атомной отрасли [Nuclear projects]	Степень информированности [Awareness]		
	Знаю, слежу [Know, watch the news]	Что-то слышал [Heard something]	Ничего не знаю, затрудняюсь ответить [Do not know, difficult to answer]
Строительство пункта захоронения ядерных отходов в Ленинградской области [The construction of repository for nuclear waste]	10,1	41,0	48,9
Мирные ядерные взрывы в советский период [Peaceful nuclear explosions in the Soviet period]	9,0	53,5	37,5

шал»), более других оказались известны мирные ядерные взрывы, что, вероятнее всего, связано с более продолжительным периодом распространения информации о них в СМИ.

Ситуация характеризуется низким уровнем уверенной информированности («знаю, слежу за информацией»). Даже о строительстве ЛАЭС-2 информированы только 16,5% респондентов. С учетом реального объема пред-

ставленной в СМИ и Интернете информации по этому проекту [21] наблюдается низкий уровень заинтересованности населения региона в получении информации по данному информационному поводу.

Выявлены значительные различия по уровню информированности о строительстве ЛАЭС-2 и проекте строительства ПЗРО между жителями городского округа Сосновый Бор и населением остальной части региона (табл. 3).

Таблица 3

**Информированность населения о проектах атомной отрасли (% от числа респондентов в каждой из исследованных территорий)<sup>\*</sup>**

[Table 3

**Awareness about the nuclear projects (% of number of respondents in each of the studied territories) \***

	Место опроса [Territory of survey]					
	Санкт-Петербург [Saint Petersburg]		Ленинградская область (без Соснового Бора) [Leningrad region (without Sosnovy Bor)]		Сосновый Бор [Sosnovy Bor]	
Информированность населения [Awareness of population]	к строительству ЛАЭС-2 [to construction of the Leningrad NPP-2]	к проекту строительства ПЗРО [to the project of nuclear waste repository construction]	к строительству ЛАЭС-2 [to construction of the Leningrad NPP-2]	к проекту строительства ПЗРО [to the project of nuclear waste]	к строительству ЛАЭС-2 [to construction of the Leningrad NPP-2]	к проекту строительства ПЗРО [to the project of nuclear waste]
Знаю, слежу за новостями [I know, I watch the news]	8,4	8,4	7,7	7,7	57,9	57,9
Что-то слышал, но подробностей не знаю [I heard something, but I do not know the details]	34,6	34,6	39,4	39,4	41,4	41,4
Ничего не знаю об этом и затрудняюсь ответить [I know nothing about this and find it difficult to answer]	57,0	57,0	52,9	52,9	0,7	0,7

<sup>\*</sup> Уровень значимости для критерия Хи-квадрат по Пирсону  $p \leq 0,05$ .  
[\* – Significance level for the Pearson Chi-square test criterion  $p \leq 0,05$ ].

Почти 60% респондентов из Соснового Бора знают и следят за новостями по рассматриваемым проектам, практически все – хотя бы что-то слышали о них.

Среди опрошенных лиц, которые осведомлены о проектах (1210 респондентов), преобладает позитивное отношение к строительству ЛАЭС-2: соотношение положительного и отрицательного мнения составляет примерно 3:1 («Безусловно и скорее положительно» – 57%, «безусловно и скорее отрицательно» – 22%) Отношение этих же респондентов к проекту строительства ПЗРО, напротив, резко отрицательное. Так, более 85% респондентов безусловно негативно оценивают этот проект. Следует отметить, что вариант ответа «безразлично и затруднились» по поводу строительства ЛАЭС-2 выбрали 21% респондентов, а по поводу строительства ПЗРО – только 6%.

Большинство (более 60%) респондентов не испытывают беспокойства в связи с деятельностью ЛАЭС. Беспокойство по этому поводу испытывает треть респондентов, при этом сильное беспокойство испытывают только 5% жителей.

Установлено, что мнение респондентов не зависит от территории проживания и практически одинаково в г. Сосновый Бор, прилегающих и удаленных районах Ленинградской области и в г. Санкт-Петербурге.

Среди факторов, порождающих беспокойство, ведущая роль принадлежит потенциальным авариям – на это указали почти 65% от общего числа обеспокоенных респондентов (n=947) (рис. 2).

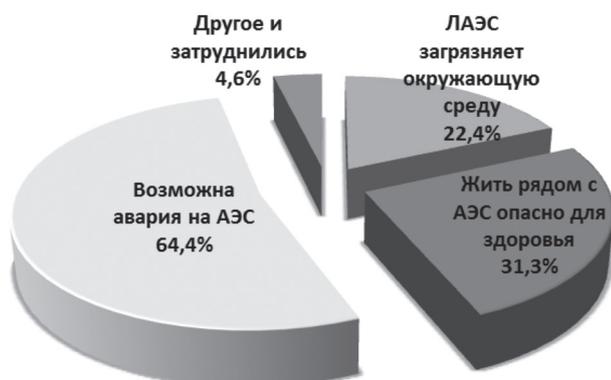


Рис. 2. Причины обеспокоенности респондентов (деятельностью ЛАЭС)

[Fig. 2. The causes of respondents' concern about the activities of the Leningrad NPP]

[Accident at nuclear power plant 64,4%]

[Other and found it difficult to answer 4,6%]

[LNPP contaminates the environment 22,4%]

[Living next to the nuclear power plant is dangerous to health 31,3%]

Треть респондентов считают, что жить рядом с атомной станцией опасно для здоровья – этот повод сильнее выражен у респондентов из Ленинградской области (около 40%). Замыкает лидирующую группу поводов для беспокойства утверждение, что ЛАЭС загрязняет окружающую среду.

У респондентов г. Сосновый Бор отмечается более высокий уровень опасений по поводу возможных аварий (84%) на фоне более низких уровней беспокойства по поводу опасности деятельности ЛАЭС для здоровья

и загрязнения окружающей среды по сравнению с ответами респондентов г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

### Заключение

Анализ полученных результатов исследований показал, что население региона (г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области) оценивает экологическую обстановку как преимущественно благоприятную. Основными экологическими проблемами как региона в целом, так и отдельных административных районов и населенных пунктов жители считают сбор, вывоз, складирование, утилизацию мусора, а также загрязнение воздуха (прежде всего выхлопами автотранспорта) и воды. Радиационные загрязнения и захоронение радиоактивных отходов не относятся к числу основных экологических проблем – в этом качестве их упоминают лишь 4–6% населения.

Однако в процессе проведения опроса среди множества различных факторов, снижающих качество жизни и благополучие среды (перечисленных в анкете), радиоактивное загрязнение как вызывающее наибольшее опасения традиционно отметили большинство респондентов. Оценка опасности этого фактора уступает только оценке опасности войны и террористических актов, сопоставима с боязнью лишиться медицинской помощи, остаться без средств к существованию и опережает все прочие факторы, упомянутые в анкете.

При этом большинство населения региона не владеет информацией о наличии на территории проживания участков радиоактивного загрязнения. В качестве общих для региона источников загрязнения в основном указывается ЛАЭС, реже – захоронения радиоактивных отходов и промышленные предприятия.

Население региона относительно слабо информировано об актуальных проектах атомной отрасли. Уверенно знают о строительстве ЛАЭС-2 16,5%, о проекте строительства пункта захоронения радиоактивных отходов в Ленинградской области – 10% респондентов. В совокупности с теми, кто «что-то слышал» об этих проектах, уровень информированности незначительно превышает 50% населения.

Треть жителей региона воспринимает ЛАЭС как источник опасности. Основную опасность ЛАЭС респонденты видят в возможности аварии на ней. Больше всего опасаются аварии жители Соснового Бора – 84%.

Таким образом, можно заключить, что население исследованного региона слабо информировано о существующей радиационной обстановке и проектах атомной отрасли. Следует отметить резко негативное отношение населения к строительству пунктов захоронения радиоактивных отходов в любом месте региона.

### Финансирование исследования

Результаты настоящего исследования получены в рамках выполнения работ по контракту № Н.4д.21. (2.2).16.1046 с Госкорпорацией «Росатом» при реализации мероприятия «Разработка методических основ и организация информационной работы с населением по вопросам радиационной безопасности в районах реализации мероприятий Программы», включенного в федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной

и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года».

### Литература

1. Романович, И.К. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович, М.И. Балонов, А.Н. Барковский [и др.]; под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. – 336 с.
2. Архангельская, Г.В. Социально-психологические аспекты защиты населения / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова, Н.М. Вишнякова; под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой // Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2016. – Т. 1. – С. 352–388.
3. Библин, А.М. Анализ СМИ, посвященный 30-летию со дня аварии на Чернобыльской АЭС / А.М. Библин; под ред. д-ра мед. наук, проф. А.Ю. Поповой // Современные проблемы эпидемиологии и гигиены: материалы VIII Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора, Москва, 1–3 ноября 2016 г. – М.: Грифон, 2016. – С. 42.
4. Библин, А.М. Публикационная активность СМИ по вопросам радиационной безопасности населения в 2016 году / А.М. Библин, Е.В. Храмцов, Р.Р. Ахматдинов [и др.]; под общ. ред. доктора мед. наук, доц. А.В. Рожко // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы радиационной медицины: от теории к практике», г. Гомель, 20–21 апреля 2017 г. – Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2017. – С. 39–40.
5. Библин, А.М. Информационное обеспечение оценки радиационных рисков в системе социально-гигиенического мониторинга / А.М. Библин, Л.В. Репин; под общ. ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, чл.-корр. РАМН Н.В. Зайцевой // Охрана здоровья населения промышленных территорий: матер. всеросс. науч.-практ. on-line-конф. молодых ученых. – Пермь: Книжный формат, 2011. – С. 54–55.
6. Архангельская, Г.В. Мониторинг социально-психологических эффектов у населения радиоактивно-загрязненных территорий / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова // Пособие для врачей. – СПб.: ГУ СПб НИИРГ, 1999. – 28 с.
7. Зыкова, И.А. Радиотревожность населения загрязненных территорий и меры по ее снижению / И.А. Зыкова, Г.В. Архангельская // Пособие для специалистов служб Роспотребнадзора. Утв. Директором ФГУН НИИРГ имени профессора П.В. Рамзаева Роспотребнадзора, 2007. – 24 с.
8. Зыкова, И.А. Социально-психологические последствия крупных радиационных аварий / И.А. Зыкова, Г.В. Архангельская, Е.В. Храмцов // Пособие для врачей. Утв. Минздрав РФ. – СПб.: ГУ СПб НИИРГ, 2002. – 32 с.
9. Bromet E.J. and Havenaar J.M.. Psychological and perceived health effects of the Chernobyl disaster: a 20-year review. *Health Physics*, 2007, v. 93, N. 5, pp. 516–521.
10. Havenaar J.M., de Wilde E.J., B.-M. Drotz-Sioberg, van der Brink W. Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. *Soc.Sci.Med.*, 2003, N 56, pp. 569–572.
11. Archangelskaya G.V. Population reaction to the radiation risk following the Chernobyl accident. In: *Proceeding of conference on «The radiological and radiation protection problems in Nordic region»*; Ed.: I. Baarly. Tromsø 21–22, November 1991.
12. Абалкина, И.Л. Экологическая ответственность. Правовые и экономические механизмы / И.Л. Абалкина. – М.: ИСКРАН, 2002. – 96 с.
13. De Blaaij G. [et al.] *Grey Literature Matters: The Role of Grey Literature as a Public Communication Tool in Risk Management Practices of Nuclear Power Plants – GL-Conference Series: Conference Proceedings*. – 2012.
14. Bert Useem and Mayer N. Zald, From pressure group to social movement: efforts to promote use of nuclear power., in: *Social movements in an organizational society*, New Brunswick, New Jersey : Transaction Publishers, 5th ed., 2009, pp. 273–288.
15. Perko T. Radiation risk perception: a discrepancy between the experts and the general population *J Environ Radioact.* 2014 Jul; 133: pp. 86–91.
16. Covello V. Risk communication, radiation, and radiological emergencies: strategies, tools, and techniques. *Health physics*, November 2011, Vol. 101, Issue 5, pp. 511–530.
17. Becker SM. Communicating risk to the public after radiological incidents. *British Med J* 335:1106 – 1107; 2007.
18. Covello VT. Risk communication and message mapping: new tool for communicating effectively in public health emergencies and disasters. *J Emergency Management*, 4:25– 40; 2006.
19. Slovic P., Fischhoff B, Lichtenstein S. Facts and fears: understanding perceived risk. In: Slovic P., ed. *The perception of risk*. London: Earthscan Publications Ltd; 2001: 137–153.
20. Ann Fisher. *Risk Communication Challenges*. *Risk analysis*, 1991, v. 1, N. 2, p. 173–179.
21. Библин, А.М. Анализ характера освещения в средствах массовой информации радиационной безопасности населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области / А.М. Библин // Радиационная гигиена. – 2017. – Т.10, № 2. – С. 16–22.
22. Репин, В.С. Актуальность научно обоснованной организации информационной работы с населением по вопросам радиационной безопасности / В.С. Репин, Н.М. Вишнякова, А.М. Библин; под ред. А.Ю. Поповой // Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: мат. Всеросс. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 336–340.
23. Архангельская, Г.В. Мнение местных жителей о последствиях мирных ядерных взрывов, проведенных на территории республики Саха (Якутия) / Г.В. Архангельская, Т.А. Васильева, С.А. Зеленцова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 4. – С. 15–21.
24. Архангельская, Г.В. Мирные ядерные взрывы в Архангельской области и отношение населения к их последствиям / Г.В. Архангельская, С.А. Зеленцова, И.А. Зыкова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 14–19.
25. Архангельская, Г.В. Отношение населения Тюменской области к последствиям проведения мирного ядерного взрыва «Тавда» / Г.В. Архангельская, С.А. Зеленцова, И.А. Зыкова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 5–10.

Поступила: 04.08.2017 г.

**Архангельская Генриэтта Владимировна** – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д.8. E-mail: henryark@mail.ru

**Зеленцова Светлана Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Вишнякова Надежда Михайловна** – доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Храмцов Евгений Витальевич** – научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Варфоломеева Ксения Владимировна** – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Соколов Николай Викторович** – кандидат социологических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

**Репин Виктор Степанович** – доктор биологических наук, руководитель отдела здоровья Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

**Для цитирования:** Архангельская Г.В., Зеленцова С.А., Вишнякова Н.М., Храмцов Е.В., Варфоломеева К.В., Соколов Н.В., Репин В.С. Проблемы риск-коммуникаций по вопросам радиационной безопасности: оценка информированности населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области о деятельности атомной отрасли и его представления о факторах опасности // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 36-45. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-36-45

---

### **Risk-communication issues in radiation safety: evaluation of public awareness in St. Petersburg and the Leningrad Region on the activities of the nuclear industry and public understanding of the hazards**

Genrietta V. Arkhangel'skaya<sup>1</sup>, Svetlana A. Zelentsova<sup>1</sup>, Nadezhda M. Vishnyakova<sup>1</sup>, Evgeniy V. Khrantsov<sup>1</sup>, Kseniya V. Varfolomeeva<sup>1</sup>, Nikolay V. Sokolov<sup>2</sup>, Viktor S. Repin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State University, The Government of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

*In 2016, St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Professor P.V. Ramzaev developed a Program for the radiation risk communication management for the adequate perception risks associated with the use of various technologies in the nuclear industry by the public. Carrying out sociological research is one of the stages of this program. The aim of the analysis presented in the article is to study the population's awareness of radiation safety issues and its attitude to further development of the nuclear industry. The data used in this analysis is a part of a large sociological survey conducted in St. Petersburg and the Leningrad Region. The sociological research was conducted by the method of a selective questionnaire survey among the adult population permanently residing in the territory of St. Petersburg and the Leningrad Region. The volume of the sample studied was 2369 respondents: 1006 in St. Petersburg and 1363 in the Leningrad Region, including Sosnovy Bor – 401. The analysis showed that the population of all the studied territories estimates the environmental situation as being mainly favorable. The residents consider the main environmental*

---

**Genrietta V. Arkhangel'skaya**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: henryark@mail.ru

*problems in all areas studied to be a collection, removal, storage, disposal of garbage, as well as air and water pollution. The population of the region is relatively poorly informed about the current projects in the nuclear industry. One-third of the inhabitants of the region perceives the Leningrad nuclear power plant as a source of danger. Respondents see the main danger in the possibility of an accident on it. There is a sharply negative attitude of the population towards the construction of radioactive waste disposal sites anywhere in the region. According to the results of the study, it can be concluded that the population of the studied region is poorly informed about the existing radiation situation and the nuclear industry projects. It requires an optimization of the choice of methods for risk communication.*

**Key words:** *public awareness, risk perception, radiation safety, Leningrad Nuclear Power Plant, radioactive waste disposal site.*

## References

- Romanovich I.K. [et al.] The accident at the «Fukushima-1» NPP: the preventive measures organization aimed at the preservation of the Russian Federation public health. Ed.: G.G. Onishchenko. St. Petersburg., Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, 2012, 336 p. (In Russian).
- Radiological and hygienic issues of the mitigation of the Chernobyl NPP accident consequences. Ed.: G.G. Onishchenko, A.Yu. Popova. St. Petersburg., Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 2016, Vol.1, 448 p. (In Russian).
- Biblin A.M. Analysis of the mass media, devoted to 30-anniversary of the accident at the Chernobyl NPP. Modern problems of epidemiology and hygiene. Materials of the VIII all-Russian scientific-practical conference of young scientists and specialists of Rospotrebnadzor. Ed.: Dr. med. Sciences, Professor A. Yu. Popova; 1-3 November 2016, Moscow, 2016, 42 p. (In Russian).
- Biblin A.M., Khramtsov V.E., Akhmatdinov R.R., Akhmatdinov R.R., Varfolomeeva K. V. Publication activity of the media on issues of radiation safety of the population in 2016. Modern problems of radiation medicine: from theory to practice. Materials of the international scientifically-practical conference. Ed.: Dr. med. Sciences, Assoc. A.V. Rozhko; 20-21 April 2017, Gomel, Republican scientific and practical center of radiation medicine and human ecology; Gomel, RSPCRMHE, 2017, pp. 39-40. (In Russian).
- Biblin A.M., Repin L.V. Information support for the assessment of radiation risks in the system of social-hygienic monitoring. Health protection of the population of industrial territories Proceedings of the All-Russian scientific-practical on-line conference of young scientists. Ed.: Acad. RAMS G.G. Onishchenko, Corr. RAMS N.V. Zaitseva; Perm, 2011, pp. 54-55. (In Russian).
- Arkhangelskaya G.V., Zykova I.A. Monitoring of socio-psychological effects in the population in radioactively contaminated areas. Handbook for physicians. Approved. by Minzdrav RF, July 1999, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1999, 28 p. (In Russian).
- Zykova I.A., Arkhangelskaya G.V. Radioanxiety of the population of the contaminated areas and measures for its reduction. Handbook for Rospotrebnadzor specialists. Approved. by director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev of Rospotrebnadzor, 2007, 24 p. (In Russian).
- Zykova I.A., Arkhangelskaya G.V., Khramtsov E.V. Socio-psychological consequences of major radiation accidents. Handbook for physicians. Approved. by Minzdrav RF, June, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1999, 32 p. (In Russian).
- Bromet E.J. and Havenaar J.M. Psychological and perceived health effects of the Chernobyl disaster: a 20-year review. Health Physics, 2007, v. 93, N. 5, pp. 516-521.
- Havenaar J.M., de Wilde E.J., B.-M. Drotz-Sioberg, van der Brink W. Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. Soc.Sci.Med., 2003, N 56, pp. 569-572.
- Arkhangelskaya G.V. Population reaction to the radiation risk following the Chernobyl accident. In: Proceeding of conference on «The radiological and radiation protection problems in Nordic region»; Ed. I. Baarly. Tromsø 21-22, November 1991.
- Abalkina I.L. Environmental responsibility. Legal and economic mechanisms. Moscow, ISKRAN, 2002, 96 p. (In Russian).
- De Blaaij G. [et al.] Grey Literature Matters: The Role of Grey Literature as a Public Communication Tool in Risk Management Practices of Nuclear Power Plants – GL-Conference Series: Conference Proceedings, 2012.
- Bert Useem and Mayer N. Zald, From pressure group to social movement: efforts to promote use of nuclear power., in: Social movements in an organizational society, New Brunswick, New Jersey : Transaction Publishers, 5th ed., 2009, pp. 273-288.
- Perko, T. Radiation risk perception: a discrepancy between the experts and the general population J Environ Radioact. 2014 Jul; 133: pp. 86-91.
- Covello V. Risk communication, radiation, and radiological emergencies: strategies, tools, and techniques. Health physics, November 2011, Vol. 101, Issue 5, pp. 511-530.
- Becker SM. Communicating risk to the public after radiological incidents. British Med J 335:1106 – 1107; 2007.
- Covello VT. Risk communication and message mapping: new tool for communicating effectively in public health emergencies and disasters. J Emergency Management, 4:25– 40; 2006.
- Slovic P., Fischhoff B., Lichtenstein S. Facts and fears: understanding perceived risk. In: Slovic P, ed. The perception of risk. London: Earthscan Publications Ltd; 2001: 137–153.
- Ann Fisher. Risk Communication Challenges. Risk analysis, 1991, v. 1, N. 2, p. 173-179.
- Biblin A.M. Analysis of the media coverage characteristics on radiation safety issues of the Saint-Petersburg and the Leningrad region population. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene, 2017, Vol. 10, No. 2, pp. 23-30. DOI: 10.21514 / 1998-426X-2017-10-2-23-30. C. 25. (In Russian).
- Repin V.S., Vishnyakova N.M., Biblin A.M. The relevance of scientifically reasonable organization of information work with the population on issues of radiation safety. Actual issues of organization of control and supervision of physical factors Proceeding of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Ed.: A.Yu. Popova, 2017, pp. 336-340. (In Russian).
- Arkhangelskaya G.V., Vasilieva T.A., Zelentsova S.A., Medvedev A.Yu., Ramzaev V.P., Timofeeva M.A. Public attitude towards the peaceful nuclear explosions conducted in the Republic of Sakha (Yakutiya). Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2010, Vol.3, № 4, pp.15-21. (In Russian).
- Zelentsova S.A., Arkhangelskaya G.V., Zykova I.A., Khramtsov E.V., Zelentsov I.G. Public attitude to consequences of peaceful nuclear explosions in Arkhangelsk region. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2012, Vol. 5, № 2, pp. 14-19. (In Russian).
- Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Zykova I.A., Khramtsov E.V. Tyemen region public attitude to the consequences of peaceful nuclear explosion «Tavda». Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2013; 6(2):5-10. (In Russian).

Received: August 04, 2017

**For correspondence: Genrietta V. Arkhangelskaya** – Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: henryark@mail.ru)

**Svetlana A. Zelentsova** – Junior Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Nadezhda M. Vishnyakova** – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Evgeniy V. Khramtsov** – Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Kseniya V. Varfolomeeva** – Junior Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Nikolay V. Sokolov** – Candidate of Sociological Science, Assistant Professor, St. Petersburg State University, St. Petersburg, The Government of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

**Viktor S. Repin** – Doctor of Biological Science, Head, Health Department, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**For citation: Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Vishnyakova N.M., Khramtsov E.V., Varfolomeeva K.V., Sokolov N.V., Repin V.S. Risk-communication issues in radiation safety: Evaluation of public awareness in St. Petersburg and the Leningrad Region on the activities of the nuclear industry and public understanding of the hazards = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp.36-45. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-36-45**

# Проблемы риск–коммуникации при обеспечении радиационной безопасности: представление о радиации и атомной отрасли в массовом сознании по результатам социологических исследований в Санкт–Петербурге, Ленинградской и Мурманской областях

Н.В. Соколов<sup>1</sup>, А.М. Библин<sup>2</sup>, Л.В. Репин<sup>2</sup>, Л.С. Рехтина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт–Петербургский государственный университет, Правительство Российской Федерации, Санкт–Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт–Петербургский научно–исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт–Петербург, Россия

*Целью исследования является изучение массовой рефлексии проблем радиационной безопасности и функционирования атомной отрасли в современной России. Выполнен анализ информированности населения, особенностей восприятия им радиационных рисков, тенденций формирования общественной оценки крупных ядерных проектов. Данные собраны в ходе массовых опросов репрезентативных выборок населения двух регионов Северо–Запада РФ – Санкт–Петербурга и Ленинградской области (ноябрь 2016 г., 2369 респондентов) и Мурманской области (май 2017 г., 802 респондента). Результаты показывают, что радиация воспринимается обществом как одна из самых значительных угроз для жизни и здоровья. Однако общественное беспокойство не порождает массовый интерес к тематической информации. Реальный уровень знаний населения явно недостаточен ни для грамотных действий в экстремальной ситуации, ни для безопасного поведения в повседневной жизни. Общественное мнение формируется преимущественно на основе сообщений масс–медиа. В то же время установлено, что хорошо информированные в области радиационной тематики группы населения значительно чаще остальных высказываются в поддержку атомной отрасли, включая и наименее популярные проекты. Заключение: активное информирование населения по вопросам работы атомных объектов, наличия участков радиоактивного загрязнения и других источников опасности и др. объективно способствует росту репутации отрасли. Целесообразно использование социальных технологий для преодоления когнитивной и практической пассивности россиян и формирования радиационной культуры населения.*

**Ключевые слова:** радиационная безопасность, радиационная гигиена, социальная экология, социальная рискология, общественное мнение, АЭС, массовый опрос, коммуникация риска.

## Введение

Исследования, посвященные радиационной компетентности населения, общественному мнению об атомных проектах, повседневным практикам в области радиационной гигиены, сравнительно слабо представлены в публичном информационном пространстве и средствах массовой информации. Радиационная безопасность остается предметом специального, отраслевого знания. Так, согласно исследованию А.М. Библина, за три первых квартала 2016 г. с интернет–сайтов 27 крупных СМИ собрано всего 1075 материалов, часть из которых была приурочена к тридцатилетию Чернобыльской катастрофы [1]. В научной литературе исследования по радиационной безопасности представлены у медиков, физиков, психологов, юристов, социологов и т.д., но в

сравнительно меньшем объеме, чем по другим предметным областям. При этом смущает, что актуальность этой темы до сих пор часто обосновывается алармизмом и катастрофизмом. Тема радиации на данный момент сильно мифологизирована [2], и излишнее нагнетание рисков формирует позицию недоверия у читателя [2, 3]. Поэтому в оценке достоверности и актуальности материала становится значимой в первую очередь институциональная принадлежность и профессионализм в данной области автора или экспертов.

Упомянем несколько значимых материалов по теме публикации. Прежде всего, это работы сотрудников СПб НИИ радиационной гигиены по тематике информационной компетентности населения и информационной работы с ним [2, 4–7], которыми коллектив института занимается с 1986 г. Публикации, представляющие медицинские исследования

**Соколов Николай Викторович**

Санкт–Петербургский государственный университет.

**Адрес для переписки:** 191124, Россия, Санкт–Петербург, ул. Смольного, д. 1/3, 9–й подъезд; E-mail: nvsspb@yandex.ru

процессов, связанных с воздействием ионизирующего излучения, имеют и достаточное профессиональное обоснование и довольно широкую исследовательскую базу, но остаются внутри узкоспециализированного научного сегмента [8]. Социологические исследования массового сознания населения, в частности Фонда «Общественное мнение», говорят о том, что для населения слово «ядерное» уже само по себе означает «опасное» [9]. Получается замкнутый круг – массовые страхи и опасения блокируют рациональные механизмы информирования, повышают ценность «сенсационных» материалов и закрепляют некомпетентность населения, усиливая тем самым объективные риски, в том числе за счет возможности потенциально опасного поведения [10–11].

В 2016 г. Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены приступил к выполнению серии социологических опросов с целью анализа состояния массового сознания и практик населения, касающихся вопросов радиационной безопасности, а также формирования общественного мнения по поводу функционирования и развития атомной отрасли в рамках федеральной целевой программы «Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года»». В данной статье представлены основные результаты двух исследований, выполненных в ноябре 2016 г. в Санкт-Петербурге и Ленинградской области (далее – СПб/ЛО) и в мае 2017 г. в Мурманской области (далее – МО).

Ключевые задачи, решенные в ходе исследования:

1) определены место и роль радиационной тематики в общественных обсуждениях экологических проблем и угроз для жизни и здоровья;

2) диагностированы базовые установки населения в отношении ядерной энергетики, параметры рефлексии по поводу радиоактивного загрязнения территории проживания, информированность и отношение к конкретным отраслевым проектам;

3) выполнена оценка когнитивной и практической компетентности населения в вопросах радиационной безопасности.

### Методы исследования и выборочная совокупность

Сбор первичных социологических данных выполнен с помощью метода массового опроса по месту жительства. Использование методики очного стандартизированного интервью с предъявлением респонденту стимульных материалов (карточек с перечнями вариантов ответа) позволило обсуждать с респондентами достаточно сложные для неспециалистов темы. Общий объем анкеты составил 49 вопросов для СПб/ЛО и 43 вопроса для МО, включая вопросы, касающиеся социально-демографических данных опрошенных.<sup>1</sup>

Генеральная совокупность исследования в обоих регионах – взрослое (18 лет и старше) население, постоянно проживающее на территории субъекта РФ. Выборочная совокупность – стратифицированная по территориальному признаку, репрезентирующая все основные типы территориальных сегментов и населенных пунктов обследованных регионов. Отбор респондентов производился по маршрутной методике с контролем наполнения демографических квот. Общий размер выборки в СПб/ЛО  $n_1=2369$ , в МО  $n_2=802$ . Случайная ошибка выборки не превышает для СПб/ЛО  $D_1=2,1\%$ , для МО  $D_2=3,5\%$  для доверительной вероятности 95,4%. С целью детализации исследовательских индикаторов в районе расположения основного объекта атомной отрасли СПб/ЛО – Ленинградской атомной электростанции (далее – ЛАЭС) муниципальная подвыборка в городском округе Сосновый Бор была увеличена –  $n_3=401$ ,  $D_3=5\%$  для доверительной вероятности 95,4%.

### Радиационная проблематика в системе представлений населения об экологических рисках и рисках для жизни и здоровья

Концептуальная модель выполненных исследований рассматривает общественную рефлексивную по радиационной тематике как дуалистичную по своей природе. С одной стороны, это компонент экологического сегмента массового сознания – внимание к ней прямо связано с восприятием состояния окружающей среды. С другой стороны, радиация представляет значительную опасность для человека и рассматривается населением в рамках общей картины воспринимаемых рисков для жизни и здоровья. Поэтому вводная часть интервью была посвящена позиционированию мнения по радиационным проблемам относительно экологического и рискологического сегментов массового сознания.

Опросы показали, что обследованные регионы существенно различаются по характеру общественной оценки экологической обстановки. В СПб/ЛО доминирует умеренно позитивная (57%)<sup>2</sup>, а в МО – умеренно негативная (50%)<sup>3</sup> оценка. В обоих регионах отмечена значительная территориальная дифференциация общей оценки экологической обстановки, что может служить признаком влияния на нее локальных факторов. Однако анализ территориальной структуры проблемного поля экологического сознания (Вопрос: *Какие экологические проблемы Вашего населенного пункта Вы считаете главными?*) не позволил выделить специфические проблемы отдельных территорий – различается лишь совокупный объем упоминаний различных факторов. Более того, отмечено практически полное совпадение рейтингов экологических проблем регионального и местного значения – респонденты их практически не различают.

<sup>1</sup> По итогам опроса 2016 г. при подготовке исследования в Мурманской области в анкету были внесены изменения – доработана логическая схема интервью, сокращены переменные, признанные дублирующими, расширены списки вариантов ответа на некоторые вопросы.

<sup>2</sup> Измерение выполнено с помощью пятипозиционной шкалы Лайкерта, приведено значение по совокупности категорических и умеренных позитивных вариантов ответа.

<sup>3</sup> Измерение выполнено с помощью пятипозиционной шкалы Лайкерта, приведено значение по совокупности категорических и умеренных негативных вариантов ответа.

Явной доминантой массового экологического сознания обоих обследованных регионов является проблема сбора, вывоза, складирования и утилизации мусора – 41–42% в СПб/ЛО, 64% в МО. «Второй эшелон» экологических проблем – это загрязнение атмосферы токсичными и сильнопахнущими веществами, выхлопными газами; водоемов – промышленными, канализационными, сельскохозяйственными стоками; низкое качество водопроводной воды и вырубка деревьев (в среднем 12–15% в СПб/ЛО<sup>4</sup>, 20–30% в МО). Таким образом, массовое сознание проблематизирует, прежде всего, «утилитарные» явления, с которыми население сталкивается ежедневно и которые ассоциируются с дискомфортом повседневной среды, возникающем в результате функционирования объектов промышленной, транспортной, энергетической и прочей инфраструктуры. Потенциально более опасное по своим последствиям *радиационное воздействие*, как и захоронение опасных отходов, упоминались респондентами реже (4–6% в СПб/ЛО, 14–20% в МО). Следовательно, экологические проблемы интерпретируются населением не как риски и тем более риски отложенные, а как непосредственные потери качества жизни «здесь и сейчас», что особенно заметно в экологически более благополучном регионе (СПб/ЛО).

Радиационная проблематика явно находится на периферии сложившейся в массовом сознании картины экологической ситуации, что в значительной мере может объясняться отсутствием у большинства респондентов соответствующего опыта и знаний. Но и сама экология воспринимается в качестве ведущего фактора, обеспечивающего благополучие человека, далеко не всегда. Так, основную ответственность за недостаточно хорошее состояние своего здоровья (Вопрос: *Я назову несколько факторов, которые могут отрицательно влиять на состояние здоровья, а Вы расставьте их по степени актуальности лично для Вас*) жители обоих обследованных регионов возлагают на стресс и переутомление (51% – СПб/ЛО, 44% – МО). Экологические проблемы (32–34%) воспринимаются на одном уровне с вредными привычками и дефицитом медицинской помощи, опережая наследственность и уровень благосостояния.

Иная картина наблюдается в рискологическом сегменте массового сознания – в обоих обследованных регионах риск радиоактивного загрязнения относится к числу вызывающих наибольшие опасения жителей. В общем рейтинге факторов, представляющих угрозу для жизни (вопрос: *Чего из перечисленного Вы лично боитесь, а что не вызывает у Вас особых опасений в настоящее время?*), радиоактивное загрязнение занимает 4-е место по результатам опроса в СПб/ЛО (66%) и 5-е – в Мурманской области (54%)<sup>5</sup>, уступая только рискам войны, террористических актов, дефицита медицинской помощи и катастроф на транспорте. При этом угроза именно радиоактивного за-

грязнения упоминается опрошенными чаще других экологических, техногенных и медицинских рисков.

Полученные данные свидетельствуют, что рискологический сегмент общественного сознания по своему наполнению прямо противоположен экологическому – в нем доминируют абстрактные, не подкрепленные повседневным опытом страхи. Уровень рефлексии повседневных рисков явно недостаточен, а возможно, даже и занижен в результате привыкания к ним [12]. Поэтому объективно наиболее вероятные факторы неблагополучия (травматизм, вредные привычки, патогенные воздействия городской среды и т.п.) обществом если не игнорируются, то воспринимаются как второстепенные. Наиболее же распространены в массовом сознании представления о рисках, транслируемые через различные информационные каналы. В этом контексте риск радиоактивного и других загрязнений, экологических и техногенных катастроф массовое сознание «замечает» [13]. Однако природа рефлексии по поводу данных рисков не практическая, а коммуникативная, причем, вероятно, в значительной степени не критическая [14].

### Восприятие атомной отрасли и сопряженных с ней экологических проблем

Анализ базовых установок массового сознания<sup>6</sup> по отношению к ядерной энергетике показал доминирование нейтральной позиции. (Вопрос: *«Как Вы относитесь к ядерной энергетике?»*). Распределение, полученное с помощью шкалы Лайкерта, имеет выраженно нормальный характер, что в социологии общественного мнения обычно интерпретируются как признак несформированности общественной позиции. Доминирующая установка в отношении отрасли – нейтралитет и невмешательство (37%). С практической точки зрения, наблюдаемая ситуация означает отсутствие как значительных групп противников развития атомной отрасли, так и мобилизационного потенциала для формирования таких групп. При этом и социальная база поддержки проектов ядерной энергетики невелика, и потенциал мобилизации сторонников ограничен. Подтверждают компромиссный характер доминирующих установок и предпочтения в области стратегии развития ядерной энергетики (рис.).

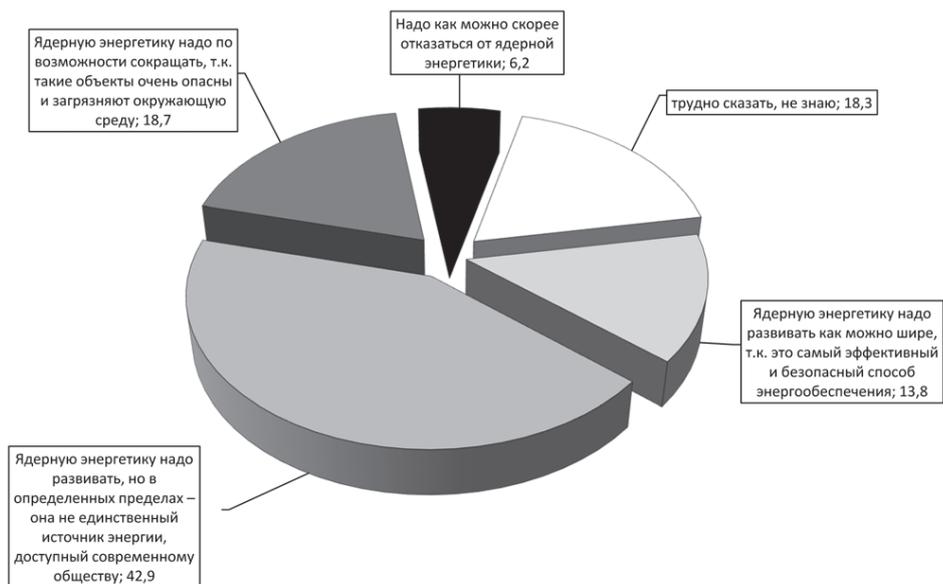
Обследованные регионы существенно различаются по уровню осведомленности населения о наличии участков радиоактивного загрязнения поблизости от места проживания.<sup>7</sup> Большинство жителей СПб/ЛО не информированы о наличии таких участков, тогда как в МО утвердительно ответили 2/3 опрошенных (табл. 1). Это отчасти характеризует объективные различия ситуации в регионах. Однако обратим внимание, как мала доля опрошенных, которые *точно знают*, что загрязненных участков поблизости от места их жительства *нет*.

<sup>4</sup> Исключение составляет загрязнение воздуха выхлопными газами, которое упоминают 31–32% жителей СПб/ЛО.

<sup>5</sup> Общий размер предъявленного респондентам списка угроз составляет для СПб/ЛО 23, для Мурманской обл. – 26. Вопрос полуоткрытый с вариантом «другое», который позволял респондентам формулировать собственные версии.

<sup>6</sup> Вопросы, касающиеся базовых установок, задавались только респондентам из МО.

<sup>7</sup> Хотя методика была рассчитана на измерение уровня и характера информированности о радиоактивном загрязнении непосредственно по месту жительства респондента, результаты опросов показывают, что значительная часть респондентов трактовали вопросы этого блока расширительно и фактически отталкивались от известных им сведений о ситуации в регионе в целом.



**Рис.** Ответы на вопрос: *Какой из перечисленных вариантов представляется Вам наиболее подходящим...?* (% опрошенных в Мурманской области)

**[Fig.** Answers to the question: *Which of the following options is most suitable for you?* (% of respondents in the Murmansk region)]

- [If possible, nuclear power should be reduced, because Such facilities are very dangerous and pollute the environment; 18.7]
- [Nuclear power needs to be developed, but within certain limits – it is not the only source of energy available to modern society; 42.9]
- [It is necessary to refuse a nuclear power as soon as possible; 6,2]
- [It is difficult to say, I do not know; 18.3]
- [Nuclear power should be developed as widely as possible, because this is the most effective and safe way of power supply; 13.8]

Таблица 1

**Информированность населения об участках, степени и источниках радиоактивного загрязнения на территории проживания (% опрошенных)**

**Public awareness about the sites, extent and sources of radioactive contamination in the territory of residence (% of respondents)**

[Table 1

Варианты ответов [Variants of answers]	Санкт-Петербург и Ленинградская область [Saint Petersburg and the Leningrad region]		Мурманская область [Murmansk region]	
	по региону в целом [For the region as a whole]	в местах наиболее частого упоминания [In the places of the most frequent mention]	по региону в целом [For the region as a whole]	в местах наиболее частого упоминания [In the places of the most frequent mention]
<i>Известно ли Вам о наличии участков радиоактивного загрязнения в Вашем населенном пункте или поблизости от него?</i> [Do you know about the presence of radioactive contamination sites in your community or nearby?]				
Знают, слышали о наличии, в том числе [Know, heard about the availability, incl.]	20,9	50–60	64,7*	80–90*
Точно знают [Know exactly]	9,2	38–40	–	
Точно знают, что нет [Precisely know that is not present]	11,9		16,7*	
Не слышали, не интересовались [Not heard, not interested]	67,2		18,5*	

Варианты ответов [Variants of answers]	Санкт-Петербург и Ленинградская область [Saint Petersburg and the Leningrad region]		Мурманская область [Murmansk region]	
	по региону в целом [For the region as a whole]	в местах наиболее частого упоминания [In the places of the most frequent mention]	по региону в целом [For the region as a whole]	в местах наиболее частого упоминания [In the places of the most frequent mention]
<i>По Вашему мнению, какова степень радиоактивного загрязнения в месте Вашего проживания?</i> [In your opinion, what is the degree of radioactive contamination in your place of residence?]				
Загрязнения нет [here is no contamination]	9,3		16,7	
Умеренное загрязнение [Moderate contamination]	43,8	До 100	51,2	80
Сильное загрязнение [Strong contamination]	17,0	50–55	10,3	30
Опасное загрязнение [Hazardous contamination]	8,3	39–42	2,5	3–6
Чрезвычайно опасное загрязнение [extra-hazardous contamination]	1,8	10–20	0,7	1–2
Затруднились ответить [It is difficult to answer]	19,8		18,5	
<i>О существовании каких из следующих источников радиоактивного загрязнения в Вашем населенном пункте и поблизости от него Вам известно?*</i> [Do you know about the existence of any of the following sources of radioactive contamination in your community and nearby?]**				
Атомная электростанция [Nuclear Power Plant]	48,9	80–85	49,5	77–82
Радиационные источники на предприятиях [Radiation sources at facilities]	13,1	60–80	14,5	30
Захоронения радиоактивных отходов [Disposals of radioactive waste]	22,8	90–100	24,3	37–46
Последствия Чернобыльской аварии [The consequences of the Chernobyl accident]	1,8	15–30	15,3	
Последствия аварии на губе Андреева [The consequences of the accident at Andreeva Bay]	–	–	6,6	15–18
Последствия аварии на АЭС «Фукусима-1» [The consequences of the accident at the Fukushima-1]			5,9	
Мирные ядерные взрывы [Peaceful nuclear explosions]	0,2		16,3	38–49
Последствия испытания атомного оружия в открытой атмосфере [The effects of tests of nuclear weapons in the open atmosphere]	0,2		9,9	
Воинские части, склады [Military units, military supply depots]	1,6	15–25	31,8	63–84
Свалки [Landfills]	0,6			
Другие источники [Other sources]	3,8		3,5	

\* Определено на основании ответов на вопрос: *Какова степень радиоактивного загрязнения в месте Вашего проживания?*

[\* Determined on the basis of answers to the question: *What is the degree of radioactive contamination in the place of your residence?*]

\*\* В СПб/ЛО вопрос задавался только знающим о наличии загрязненных участков респондентам (n<sub>СПб/ЛО</sub>=495), в МО – всем респондентам.

[\*\* In SPb/LR, the question was asked only to the respondents knowing about the presence of contaminated sites (n<sub>SPb/LO</sub>=495), in MR – to all respondents.]

Какие источники радиоактивного загрязнения известны респондентам? Правильнее поставить вопрос так: каким источникам люди склонны приписывать загрязнение окружающей среды? Жители обследованных регионов чаще всего винят в загрязнении объекты, которые *известны им лучше всего*, – Ленинградскую и Кольскую АЭС (хотя по оценке экспертов в настоящее время АЭС вносят минимальный вклад в облучение населения [15–18]), пункты захоронения радиоактивных отходов, а также промышленные объекты (см. табл. 1).

Жителям СПб/ЛО другие источники практически неизвестны, мурманчане же относительно часто указывают также на военные объекты, последствия Чернобыльской аварии и мирные ядерные взрывы советского периода. Последние все же слабо известны резидентам МО, несмотря на то, что этот проект реализовывался в их регио-

не. Еще меньше они знают о другом локальном событии – аварии на губе Андреева.

В ходе опросов исследованы информированность и отношение населения СПб/ЛО и МО к нескольким проектам атомной отрасли, выбранным в качестве индикаторных (табл. 2).

Известность большинства из них может быть охарактеризована как *умеренная* – половина или немногим менее опрошенных в регионе локализации не знают о них ничего, уровень уверенной информированности (ответы «знаю, слежу за новостями») для большинства проектов не превышает 10%. Единственное исключение – Кольская АЭС, известная большинству жителей МО.

В то же время именно уверенное знание выступает ведущим фактором формирования позитивного общественного мнения. Перекрестный анализ индикаторов информированности и отношения к конкретным проектам

Таблица 2

**Известность индикаторных проектов атомной отрасли и отношение населения к ним (% по региональным выборкам)**

[Table 2

**Familiarity of the indicator projects of the nuclear industry and the attitude of the population towards them (% for area samples)]**

Проект [Project]	Информированность [Awareness]					Отношение [Attitude]				
	Знаю, слежу за новостями [I know, I follow the news]	Что-то слышал, но подробностей не знаю [I heard something, but I do not know the details]	Ничего не знаю об этом [I do not know anything about it]	Затруднились [Difficult to say]	Безусловно положительно [Certainly positive]	Скорее положительно [Rather positively]	Безразлично [Indifferent]	Скорее отрицательно [Rather negative]	Безусловно отрицательно [Certainly negative]	Затруднились [Difficult to say]
<i>Проекты, локализованные в Санкт-Петербурге и Ленинградской области</i> [Projects localized in Saint-Petersburg and Leningrad Region]										
Строительство ЛАЭС-2 [The construction of the Leningrad NPP-2]	16,5	37,7	44,8	1	19,2	37,7	6,6	13,9	8,3	14,3
Строительство пункта захоронения ядерных отходов в ЛО [The construction of a repository for nuclear waste at LR]	10,1	41	47,9	1	1,7	6,7	1,2	20,7	64,8	4,8
<i>Проекты, локализованные в Мурманской области</i> [Projects localized in Murmansk Region]										
КАЭС [The Kola NPP]	32	52,2	11,6	4,1	13,6	27,8	9,9	10,7	3	35,1
Система обращения с накопленными радиоактивными отходами в филиале «Судоремонтный завод «Нерпа»» [The system of handling accumulated radioactive waste in branch «Shiprepairing plant «Nerpa»]	10,1	30,4	49,3	10,2	8,3	20,6	6,5	21,2	10,2	33,2
Центр по обращению с радиоактивными отходами в губе Андреева [Center for radioactive waste management at Andreeva Bay]	8,5	23,7	55,7	12,1	8,9	22,5	4,7	27,1	11,6	25,2
Утилизация атомного флота [Recycling nuclear fleet]	10,3	32,8	45,6	11,2	8,7	24,3	6,1	25,7	11	24,3

Проект [Project]		Информированность [Awareness]					Отношение [Attitude]				
		Знаю, слежу за новостями [I know, I follow the news]	Что-то слышал, но подробностей не знаю [I heard something, but I do not know the details]	Ничего не знаю об этом [I do not know anything about it]	Запутались [Difficult to say]	Безусловно положительно [Certainly positive]	Скорее положительно [Rather positively]	Безразлично [Indifferent]	Скорее отрицательно [Rather negative]	Безусловно отрицательно [Certainly negative]	Запутались [Difficult to say]
<i>Проекты, не имеющие региональной локализации [Projects that do not have regional localization]</i>											
Мирные ядерные взрывы в советский период [Peaceful nuclear explosions in the Soviet period]	СПБ/ЛО [SPB/LR]	9	53,5	35,1	2,4	–	–	–	–	–	–
	МО [MR]	11,6	37,3	40	11,1	5,9	11	5,1	29,6	24,2	24,2
Большой адронный коллайдер (СПБ/ЛО) [The Large Hadron Collider (SPB/LR)]		8,6	45,8	43,8	1,8	–	–	–	–	–	–

атомной отрасли показывает их прямую взаимосвязь – среди респондентов, декларирующих уверенное знание определенного проекта, удельный вес позитивных оценок выше, а безусловно позитивных оценок – многократно выше, чем среди тех, кто лишь что-то слышал об этом проекте. Напротив, поверхностная информированность («наслышанность») явно способствует формированию негативного (особенно – категоричного) и неопределенного отношения. Отмеченная тенденция проявляется в отношении всех индикаторных проектов, независимо от общего уровня информированности о них населения соответствующего региона и степени их актуальности на текущий момент (уровень значимости для критерия Хи-квадрат по Пирсону  $p \leq 0,01$ ). Даже жестко стигматизированный общественностью Санкт-Петербурга и Ленинградской области проект строительства пункта захоронения ядерных отходов в Сосновом Бору находит вдвое больше (14%) поддержки среди информированной о нем части жителей!

Большинство (58–60%) населения обоих обследованных регионов не испытывает беспокойства в связи с проживанием поблизости от АЭС. Потенциал общественного беспокойства по этому поводу достигает 1/3 генеральной совокупности, однако сильное беспокойство испытывают только 5–7% жителей. Уровень общественного беспокойства в связи с проживанием поблизости от АЭС не демонстрирует выраженной территориальной дифференциации. Это означает, что такое беспокойство не отражает объективные риски проживания поблизости от опасного объекта (которые явно возрастают на прилегающих к нему территориях), а категория «поблизости» интерпретируется респондентами предельно общо.

Также установлено, что уровень беспокойства не демонстрирует логически интерпретируемой связи и с уровнем информированности жителей об АЭС. Следовательно, повышая информированность населения, снизить беспокойство в связи с присутствием атомных объектов нельзя. Среди факторов, порождающих беспокойство, ведущая роль принадлежит потенциальным авариям – 64% в СПБ/ЛО, 71% в МО. Причем уровень опасений по поводу возможных аварий значительно выше у жителей населенных пунктов, непосредственно прилегающих к АЭС (84% в Сосновом Бору ЛО). Мурманчане вдвое (60%) чаще жителей СПБ/ЛО (31%) считают, что проживание рядом с атомной станцией опасно для здоровья, а замыкает лидирующую группу поводов для беспокойства утверждение, что АЭС загрязняют окружающую среду (22% – СПБ/ЛО, 44% – МО).

### Знания, навыки и практики населения

Для выявления реального уровня знаний в области радиационной безопасности респондентам были заданы два вопроса – про известные им признаки радиоактивного излучения и приборы, являющиеся источниками ионизирующего излучения. В целом, знания населения могут быть охарактеризованы как фрагментарные и неуверенные. Некоторый объем знаний, усвоенных из курсов ГО, ОБЖ, в армии и на работе, а также популярных медийных проектов, несомненно, присутствует. Однако фрагменты верного знания перемешаны с заблуждениями и плохо различаются. В результате уровень знаний населения нельзя считать операционально достаточным. Кроме того, методика массового опроса практически не позволяет проверить глубину знаний и определить, с чем свя-

зан тот или иной ответ – с не критичным усвоением транслируемых из уст в уста (а нередко и в масс-медиа) мифов или с освоением научных и научно-популярных материалов, содержащих спорные данные.

В частности, налицо смешение признаков излучения и последствий его воздействия на живые организмы. Показательно, что «нормативный» вариант ответа – *излучение нельзя обнаружить без специальных приборов* – фактически «растворился» в вариантах, вызывающих сомнение, его упомянули только 25–30% опрошенных в обследованных регионах. Характерной ошибкой в ответах о признаках радиоактивного излучения является их смешение в массовом сознании с поражающими факторами ядерного оружия. С одной стороны, это свидетельствует об ассоциации радиационной проблематики преимущественно с военной, усвоенной в курсах ГО и воинской подготовки, с другой – о незначительной глубине знаний.

Среди бытовых источников ионизирующего излучения безусловным лидером является рентгеновский аппарат – про него вспомнили 45% жителей СПб/ЛО и 66% МО. Остальные источники упоминаются гораздо реже. При этом в массовом сознании явно наблюдается смешение разных видов излучения, а также рядоположение источников, характеризующихся качественно различными параметрами излучения. Это создает предпосылки как для распространения практик небрежного отношения к потенциально опасным предметам, так и для массовых страхов по поводу всего «излучающего» [19].

В качестве индикатора развития *практического компонента* общественной рефлексии в интервью были включены вопросы о наличии навыков использования приборов для измерения радиоактивного излучения, о наличии самих приборов в домохозяйствах респондентов и практиках их применения.

Подавляющее большинство опрошенных сообщили о своем неумении пользоваться дозиметром (в ходе опроса «засчитывались» любые приборы, предназначенные для измерения радиации, независимо от того, как их называл респондент). Соответствующие навыки декларировали 24% респондентов в СПб/ЛО и 11% в МО. Еще 10–13% имеют только теоретические представления об этом. А вот дома дозиметр (или какой-либо иной аналогичный прибор) есть у очень немногих. Уверенно сообщили о наличии работоспособного прибора («да, точно есть, в рабочем состоянии») менее 3% опрошенных в СПб/ЛО и менее 1% в МО. Более 90% жителей обоих регионов уверены, что прибора для измерения радиоактивного излучения в их домохозяйстве нет. Как не вспомнить в этой связи истории про японских туристов, останавливавших когда-то экскурсионные автобусы, апеллируя к показаниям портативных дозиметров, которые они всегда и везде носили с собой.

В целом, ситуация с обеспеченностью населения дозиметрами и умением ими пользоваться выглядит как ситуация с утратившими значение навыками. Даже среди тех, кто декларирует уверенное умение измерять уровень радиации (т.е. когда-то учился этому), работоспособными приборами владеют только 15–16%. При этом выбор нормативного варианта ответа на вопрос о признаках радиоактивного излучения (*нельзя обнаружить без специальных приборов*) лишь незначительно повышает практический интерес к таким приборам и навыкам их использования.

Характерно, что среди респондентов, декларирующих уверенное знание отдельных проектов атомной отрасли (*знаю, слежу за новостями*), доля владеющих навыками измерения радиоактивного излучения выше и достигает 45% в СПб/ЛО и 30% в МО. Особенно выделяются категории респондентов, интересующихся малоизвестными проектами («Нерпа», губа Андреева и т.п.) Обеспеченность этой категории населения дозиметрами также выше и достигает целых 4–8%.

Парадоксальная, но характерная картина выявлена в Сосновом Бору: 38% жителей умеют измерять уровень радиации, но владеют дозиметрами 4% – практически неотличимо от регионального фона. Более того, даже высказанное в ответах беспокойство по поводу проживания поблизости от атомной электростанции совершенно не стимулирует население ни к освоению навыков измерения радиоактивного излучения, ни к приобретению необходимых для этого приборов. Это свидетельствует, что декларируемое беспокойство не является рациональной рефлексией рисков проживания рядом с АЭС – в противном случае собственный мониторинг радиационного фона стал бы очевидной мерой контроля ситуации, доступной практически каждому беспокоящемуся.

### Заключение

Несмотря на существенные объективные различия обследованных регионов (СПб/ЛО и МО), в них наблюдаются общие тенденции массовой рефлексии по поводу радиационной проблематики и атомной отрасли. Данная тема воспринимается населением преимущественно в рискологическом, а не экологическом контексте, что определяет преобладание дискурсивного пути формирования общественного мнения, в котором ведущая роль принадлежит СМИ, дискуссионным интернет-площадкам и аналогичным источникам. Опасным следствием этого выступает редукция общественной оценки к абстрактным представлениям, сформированным/подкрепляемым некритично усваиваемой информацией сенсационного характера, распространенными стереотипами и мифами. Характерным примером является распространенное приписывание АЭС роли ведущего источника радиоактивного загрязнения при низкой информированности об иных источниках и участках загрязнения.

Практически вывод состоит в том, что активное информирование населения о фактических источниках радиоактивного загрязнения и их воздействии на экосистему региона, о других вопросах функционирования атомной отрасли способствует формированию рационального восприятия проблематики, повышению общей компетентности жителей, развитию экологической культуры и в конечном счете – сокращению потенциала негативного восприятия безопасно функционирующих объектов и формированию общественной поддержки отраслевых проектов.

Однако сегодня когнитивная и практическая компетентность большинства населения настолько низка, что позволяет рассчитывать только на традиционное *авось*. Фактически насущной общественной задачей является целенаправленное формирование *радиационной культуры*, без которой невозможны ни эффективное противодействие радиационным угрозам, ни зарождение полноценного общественного мнения.

Литература

1. Библин, А.М. Анализ характера освещения в средствах массовой информации радиационной безопасности населения Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 23–30.
2. Архангельская, Г.В. Трудности информирования населения по вопросам радиационной безопасности / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова, С.А. Зеленцова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 42–49.
3. Яницкий, О.Н. Социология риска: ключевые идеи / О.Н. Яницкий // Мир России. – 2003. – № 1. – С. 3–35.
4. Архангельская, Г.В. Субъективные оценки радиационного риска на территориях, прилегающих к местам проведения мирных ядерных взрывов / Г.В. Архангельская, А.Л. Вайнберг, В.В. Губернаторова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 34–39.
5. Архангельская, Г.В. Проблемы информирования населения о последствиях мирных ядерных взрывов / Г.В. Архангельская, С.А. Зеленцова, И.А. Зыкова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 20–26.
6. Зыкова, И.А. Информационные потребности населения в различных радиационно-гигиенических ситуациях / Г.В. Архангельская, С.А. Зеленцова, И.А. Зыкова // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 4. – С. 11–18.
7. Зеленцова, С.А. Уровень знаний населения по основным вопросам радиационной безопасности / С.А. Зеленцова, Г.В. Архангельская, Н.М. Вишнякова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 52–61.
8. Аклеев, А.В. Биологические аспекты радиационной защиты / А.В. Аклеев // Радиация и риск. – 2010. – Т. 19, № 2. – С. 65–76.
9. Тихонов, М.Н. Системный взгляд на атомную энергетику и радиацию сквозь призму общественного сознания / М.Н. Тихонов, Э.Л. Петров, О.Э. Муратов // Экология промышленного производства. – 2004. – № 2. – С. 2–8.
10. Комарова, Г. Человек и радиация: опыт исследования аспектов жизни людей в условиях повышенной радиации / Г. Комарова // Acta Slavica Iaponica, Tomus 23 (2006). – С. 124–145.
11. Seong KM, Kwon T, Seo S, Lee D, Park S, Jin YW, et al. (2017) Perception of low dose radiation risks among radiation researchers in Korea. PLoS ONE 12(2): e0171777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171777> (дата обращения: 08.08.2017).
12. Шлыкова, Е.В. Профиль адаптационного социального самочувствия населения в условиях навязываемого риска / Е.В. Шлыкова // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – Вып. 1. – С. 114–126.
13. Miura M., Ono K., Yamauchi M., Matsuda N. Perception of radiation risk by Japanese radiation specialists evaluated as a safe dose before the Fukushima nuclear accident Health Physics Volume 110, Issue 6, 1 June 2016, Pages 558-562 DOI: 10.1097/HP.0000000000000486.
14. Turcanu C.O., El Jammal M.-H., Perko T., Baumont G., Latr E., Choffel De Witte I. Satisfaction with information about ionising radiation: A comparative study in Belgium and France Journal of Radiological Protection Volume 36, Issue 2, June 2016, Pages 122-142. DOI: 10.1088/0952-4746/36/2/S122.
15. Семенов, С.В. Ионизирующее излучение в нашей жизни / С.В. Семенов // Энергобезопасность и охрана труда. – 2009. – № 2 (26). – С. 3–12.
16. Барковский, А.Н. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г. / А.Н. Барковский, Р.Р. Ахматдинов, Н.К. Барышков // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 47–73.
17. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002 – 2015 гг. : информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб., 2015. – 40 с.
18. Репин, В.С. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2014 год / В.С. Репин [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 86–115.
19. Kanda, R. Tsuji, S., Yonehara, H. Perceived risk of nuclear power and other risks during the last 25 years in Japan Health Physics Volume 102, Issue 4, April 2012, Pages 384-390 DOI: 10.1097/HP.0b013e31823abef2.

Поступила: 08.08.2017 г.

**Соколов Николай Викторович** – кандидат социологических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного университета, Правительство Российской Федерации. **Адрес для переписки:** 191124, Россия, Санкт-Петербург, ул. Смольного, д. 1/3, 9-й подъезд; E-mail: nvsspb@yandex.ru

**Библин Артем Михайлович** – младший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Репин Леонид Викторович** – и.о. руководителя информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Рехтина Лилия Сергеевна** – Санкт-Петербургский государственный университет, Правительство Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

**Для цитирования:** Соколов Н.В., Библин А.М., Репин Л.В., Рехтина Л.С. Проблемы риск-коммуникации при обеспечении радиационной безопасности: представление о радиации и атомной отрасли в массовом сознании по результатам социологических исследований в Санкт-Петербурге, Ленинградской и Мурманской областях // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 46-56. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-46-56.

## Risk-communication issues in radiation safety: Mass consciousness about radiation and nuclear industry based on the results of a sociological research in St. Petersburg, the Leningrad region and the Murmansk region

Nikolay V. Sokolov<sup>1</sup>, Artem M. Biblin<sup>2</sup>, Leonid V. Repin<sup>2</sup>, Lyudmila S. Rekhtina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State University, The Government of the Russian Federation St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

*Goal: The study is devoted to a mass reflection of the problems of radiation safety and the functioning of the nuclear industry in the modern Russia. The analysis of the population's awareness, peculiarities of the perception of radiation risks and the tendencies in the formation of a public assessment of large nuclear projects have been carried out. Materials and Methods: The data were collected during mass surveys of representative samples of the population of two regions located in the Northwest of the Russian Federation: 1) St. Petersburg and the Leningrad region. (2369 respondents, November 2016) and 2) the Murmansk region. (802 respondents May 2017). The results show that radiation is perceived by society as one of the most significant threats to life and health. However, the public concern does not give rise to a mass interest in the thematic information. The real level of knowledge of the population is clearly insufficient for literate actions in an extreme situation, or for the safe behavior in the everyday life. Public opinion is formed mainly on the basis of mass media reports. At the same time, it has been established that groups of the population well informed in the radiation field are much more likely, than others, to support the nuclear industry, including the least popular projects. Conclusion: Therefore, active informing of the population on the issues of the operation of nuclear facilities, the presence of radioactive contamination sites and other sources of danger, etc. objectively contribute to the growth of the industry's reputation. It is advisable to use social technologies to overcome the cognitive and practical passivity of the Russian citizens and to form the population's radiation culture.*

**Key words:** radiation safety, radiation hygiene, social riskology, public opinion, nuclear power plant, mass survey, risk communication.

### References

1. Biblin A.M. Analysis of the media coverage characteristics on radiation safety issues of the Saint-Petersburg and the Leningrad region population. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*, 2017, Vol. 10, No. 2, pp. 23-30. DOI: 10.21514 / 1998-426X-2017-10-2-23-30. p. 25. (In Russian).
2. Arkhangelskaya G.V., Zykova I.A., Zelentsova S.A. The difficulties of informing the population on the issues of radiation protection. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*, 2014, Vol. 7, No. 2, pp. 42-49. (In Russian).
3. Yanitsky O.N. *Sociology of risk: key ideas*. Mir Rossii = Universe of Russia, 2003, No. 1. (In Russian).
4. Arkhangelskaya G.V., Vainberg A.L., Gubernatorova V.V., Daricheva O.A., Zelentsova S.A., Zykova I.A., Repin V.S., Khramtsov E.V. Subjective assessments of radiation risk on the territories adjacent to the places of peaceful nuclear explosions. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2009; 2(2):34-39. (In Russian).
5. Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Zykova I.A., Ramzaev V.P., Khramtsov E.V. Issues of informing the general public about consequences of peaceful nuclear explosions. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2011; 4(1):20-26. (In Russian).
6. Zykova I. A., Zelentsova S.A., Arkhangelskaya G.V. Information requirements of population in different radiation-hygienic situations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*, 2013, Vol. 6, No. 4, pp. 11-18. (In Russian).
7. Zelentsova S.A., Arkhangelskaya G.V., Vishnyakova N.M., Zykova I.A., Repin V.S. Level of knowledge among the population of radiation safety basic issues. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation hygiene*, 2015, Vol. 8, No. 4, pp. 52-61. (In Russian).
8. Akleyev A.V. Biological Aspects of Radiation Protection. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*, 2010, Vol. 19, No 2, pp. 65-76. (In Russian).
9. Tikhonov M.N., Petrov E.L., Muratov O.E. Systemic view of nuclear energy and radiation through the prism of public consciousness. *Ecologia promishlennogo proizvodstva = Ecology of industrial production*, 2004, No 2, pp. 2-8 (In Russian).
10. Komarova G. Man and radiation: a study of aspects of people's lives in conditions of high radiation. *Acta Slavica Iaponica*, Tomus 23, pp. 124-145. (In Russian).
11. Seong KM, Kwon T, Seo S, Lee D, Park S, Jin YW, et al. (2017) Perception of low dose radiation risks among radiation researchers in Korea. *PLoS ONE* 12(2): e0171777. – Available on: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171777>. Accessed: August 08, 2017).
12. Shlykova E. V. Adaptation Profile social wellbeing of the population in the conditions of imposed risk. *Izvestiya TulGU. Gumanitarnye nauki = Proceedings of the TSU. Liberal arts*, Vol. 1, Tula, 2017, pp. 114-126. (In Russian).
13. Miura M., Ono K., Yamauchi M., Matsuda N. Perception of radiation risk by Japanese radiation specialists evaluated as a safe dose before the Fukushima nuclear accident *Health*

**Nikolay V. Sokolov**

St. Petersburg State University.

**Address for correspondence:** Smolnogo str., 1/3, 9th entrance, St. Petersburg, 191124, Russia; E-mail: nvsspb@yandex.ru

- Physics Volume 110, Issue 6, 1 June 2016, Pages 558-562 DOI: 10.1097/HP.0000000000000486.
14. Turcanu C.O., El Jammal M.-H., Perko T., Baumont G., Latré E., Choffel De Witte I. Satisfaction with information about ionising radiation: A comparative study in Belgium and France Journal of Radiological Protection Volume 36, Issue 2, June 2016, Pages 122-142 DOI: 10.1088/0952-4746/36/2/S122.
  15. Semenov S.V. Ionizing radiation in our life. Energobezопасnost i okhrana truda = Energy security and occupational safety, 2009, No 2 (26), pp. 3-12. (In Russian).
  16. Barkovsky A.N., Akhmatdinov R.R., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation Citizens based on the 2015 data. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2016; 9(4):47-73. (In Russian).
  17. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P.
  - Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation according to the results of the USIDC in 2002-2015, Saint-Petersburg, 2015, 40 p. (In Russian).
  18. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of the functioning of Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation Citizens based on 2014 data. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 3, pp. 86-115. (In Russian).
  19. Kanda, R. Tsuji, S., Yonehara, H. Perceived risk of nuclear power and other risks during the last 25 years in Japan Health Physics Volume 102, Issue 4, April 2012, Pages 384-390 DOI: 10.1097/HP.0b013e31823abef2.

Received: August 08, 2017

**For correspondence: Nikolay V. Sokolov** – Candidate of Sociological Science, assistant professor, St. Petersburg State University (Smolnogo str., 1/3, 9th entrance, St. Petersburg, 191124, Russia; E-mail: nvsspb@yandex.ru)

**Artem M. Biblin** – Junior Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Leonid V. Repin** – Information Analytical Center Head, St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Lyudmila S. Rekhtina** – Sociologist, St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

**For citation: Sokolov N.V., Biblin A.M., Repin L.V., Rekhtina L.S. Risk-communication issues in radiation safety: Mass consciousness about radiation and nuclear industry based on the results of a sociological research in St. Petersburg, the Leningrad region and the Murmansk region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No 3, pp. 46-56. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-46-56.**

## Дозы облучения персонала и населения при нормальной эксплуатации пунктов захоронения радиоактивных отходов

М.В. Ведерникова<sup>1</sup>, И.А. Пронь<sup>2</sup>, М.Н. Савкин<sup>1</sup>, Н.С. Цебаковская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup> Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, Москва, Россия

*Цель работы – сравнительный анализ фактических и оцениваемых на этапе проектирования доз облучения персонала и населения при захоронении жидких радиоактивных отходов и твердых радиоактивных отходов различных классов. В рамках настоящей статьи рассматривается вариант облучения персонала и населения при нормальной эксплуатации пункта захоронения радиоактивных отходов в режиме размещения отходов. Результаты: выполнен анализ индивидуальных и коллективных доз облучения персонала при приповерхностном захоронении короткоживущих среднеактивных, низкоактивных и очень низкоактивных радиоактивных отходов во Франции, а также при приповерхностном захоронении долгоживущих радиоактивных отходов в России. Проведен анализ проектных оценок доз облучения персонала и населения для объекта приповерхностной изоляции радиоактивных отходов, планируемого к сооружению в Бельгии, а также проектируемых объектов глубинного захоронения в Великобритании и Нижнеканском массиве (Российская Федерация). Техническими и технологическими решениями удастся практически полностью исключить внутреннее облучение персонала, а дозы внешнего облучения ограничить диапазоном, характерным и для базовых ядерных технологий. Заключение: планируемые к сооружению, сооружаемые и эксплуатируемые пункты захоронения удаляемых радиоактивных отходов соответствуют действующим в России требованиям безопасности, согласующимся с международными рекомендациями. Оценено, что индивидуальные дозы облучения персонала сопоставимы с данными контроля персонала аналогичных объектов в других странах. Средние индивидуальные дозы облучения персонала при захоронении радиоактивных отходов прогнозируются на порядок ниже установленного предела дозы – 20 мЗв/год. Воздействие на население при нормальной эксплуатации практически исключено установлением санитарно-защитной зоны объекта использования атомной энергии, на которой размещена установка по захоронению отходов, и возможно только при транспортировке радиоактивных отходов по дорогам общего пользования к месту расположения пункта захоронения радиоактивных отходов.*

**Ключевые слова:** пункт захоронения радиоактивных отходов, нормальная эксплуатация, класс радиоактивных отходов, персонал, население, индивидуальная эффективная доза, коллективная эффективная доза.

### Введение

Национальной стратегией, сформулированной в «Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», Федеральным законом № 190 от 11 июля 2011 г. и постановлением Правительства России от 19.11.2012 г. № 1185 предусмотрено создание единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (ЕГС РАО). Её успешное функционирование должна обеспечить отвечающая современным международным подходам и требованиям система пунктов

захоронения РАО. В настоящее время ведется проектирование, строительство и эксплуатация таких пунктов захоронения удаляемых РАО различных классов (ПЗРО). Заказчиком проектирования, сооружения и эксплуатирующей организацией в отношении этих объектов является ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО») – российский национальный оператор по обращению с РАО, определенный решением Правительства России.

На протяжении длительного времени, вплоть до 2000-х гг., система обеспечения радиационной безопасности при обращении с РАО регулировалась санитарны-

**Ведерникова Марина Владимировна**

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

**Адрес для переписки:** 115191, Москва, ул. Б. Тульская, 52; Тел: +7(495) 955-23-29; E-mail: vmv@ibrae.ac.ru

ми нормами и правилами<sup>1</sup>. Этими документами предусматривались специальные санитарные требования для следующих основных этапов обращения с РАО: первичная сортировка, сортировка путем разделения РАО по различным категориям и группам, кондиционирование, хранение, транспортирование и захоронение. В условиях, когда подавляющие объемы (и активности) образующихся РАО размещались на длительное хранение в пределах промплощадок эксплуатирующей организации, вопрос анализа обоснованности и достаточности специальных ограничений для окончательной изоляции РАО от внешней среды оставался открытым. Сегодня, в период развертывания ЕГС РАО, разработки и утверждения федеральных норм и правил в области окончательной изоляции РАО<sup>2</sup>, эта тема приобретает особую актуальность, в том числе по причине обостренного отношения общественности к вопросам размещения ПЗРО.

Обеспечение радиационной безопасности персонала, населения и защита окружающей среды – необходимое требование при эксплуатации любого источника ионизирующего излучения. Для пунктов захоронения это требование приобретает решающее и самодостаточное значение. Они создаются именно в целях обеспечения радиационной безопасности в долгосрочной перспективе для реализации основополагающего принципа МАГАТЭ: «Нынешние и будущие население и окружающая среда должны быть защищены от радиационных рисков. При этом обращение с РАО должно быть организовано таким образом, чтобы оно не вело к созданию неоправданных проблем для будущих поколений, т. е. поколений, производящие отходы, должны изыскивать и применять рациональные и экологически приемлемые методы долгосрочного обращения с отходами» [1]. В отношении персонала, участвующего в осуществлении деятельности по захоронению отходов, это означает:

– соблюдение пределов индивидуальных доз и установление граничных доз для отдельных источников;

– учет временной структуры (распределение коллективной дозы в ближайшее время, среднесрочной и отдаленной перспективе) и величины коллективной накопленной дозы за весь период эксплуатации ПЗРО.

Имплементация международных требований при проектировании и эксплуатации установок по захоронению РАО рассматривается на регулярной основе (каждые три года) при обсуждении национальных докладов о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции по безопасности обращения с ОЯТ и РАО на Сессиях Договаривающихся сторон<sup>3</sup>.

Действующие отечественные федеральные нормы и правила, санитарные правила и нормативы также лежат в русле международных требований по обоснованию долговременной безопасности ПЗРО, но учитывают особенности обращения с РАО в прошлом [2]. Так, национальный оператор в лице ФГУП «НО РАО» должен принимать во внимание то обстоятельство, что ряд проектируемых и эксплуатируемых ПЗРО размещаются в непосредственной близости от крупных организаций атомной промышленности, на которых обращение с РАО, включая контроль и учет индивидуальных доз облучения, не всегда отвечало современным регулирующим требованиям.

Положительным следствием размещения ПЗРО в пределах санитарно-защитных зон крупных атомных комбинатов является практически полное отсутствие радиационного воздействия на население при нормальной эксплуатации ПЗРО. Исключение может составлять этап транспортирования РАО по дорогам общего назначения.

В проблеме оценки доз облучения населения и персонала можно выделить три крупных аспекта: 1) облучение в случае радиационной аварии, вызванной внешними воздействиями и нарушениями в процессе эксплуатации ПЗРО; 2) долгосрочный прогноз облучения населения после закрытия ПЗРО; 3) облучение населения и персонала при нормальной эксплуатации ПЗРО.

<sup>1</sup> Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2523-09. М.: Роспотребнадзор, 2009. [Sanitary norms and rules СП 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards NRB-99/2009 (In Russian)]. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010): СП 2.6.1.2612-10. М.: Роспотребнадзор, 2010. [Basic Sanitary Rules for Radiation Safety (OSPORB 99/2010): СП 2.6.1.2612-10. М.: Роспотребнадзор, 2010 (In Russian)]. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002): СП 2.6.6.1168-02: в ред. от 23.12.2010 № 167. М.: Минздрав России, 2002. [Sanitary rules for radioactive waste management (SPORO-02): СП 2.6.6.1168-02: red. from 23.12.2010 No 167 – М.: Minzdrav of Russian Federation, 2002 (In Russian)]. Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ). СанПиН 2.6.1.1281-03. М.: Минздрав России, 2003 [Sanitary rules for radiation safety of personnel and public during transportation of radioactive materials (substances). SanPiN 2/6/1/1281-03. Moscow: Minzdrav Russia, 2003 (In Russian)].

<sup>2</sup> Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности: НП-055-14. М.: Ростехнадзор 2014. [Radioactive waste disposal. Principles, criteria and basic safety requirements. НП-055-14, Rostekhnadzor, 2014 (In Russian)]. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности: НП 069-06 М.: Ростехнадзор 2006 [Near-surface disposal of radioactive waste. Safety requirements NP-069-06, Rostekhnadzor, 2006 (In Russian)]. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения. НП 093-14. М.: Ростехнадзор, 2014 [Acceptance criteria for disposal of radioactive waste NP-093-14, Rostekhnadzor, 2014 (In Russian)].

<sup>3</sup> Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами от 5 сентября 1997 г. Ратифицирована Российской Федерацией 4 ноября 2005 года. Собрание законодательства Российской Федерации, 2005, № 45, ст. 4587. [Joint Convention on the Safety of Spent Nuclear Fuel Management and on the Safety of the Radioactive Waste Management. 5 September 1997 (In Russian)]

В отношении первого аспекта следует отметить, что в настоящее время ФГУП «НО РАО» организованы исследования безопасности для наиболее уязвимого типа ПЗРО (полигоны глубинного захоронения ЖРО), в том числе в случае аварий, вызванных внешними воздействиями. На долгосрочный период, то есть после закрытия ПЗРО, можно уверенно предполагать, что в большинстве случаев облучение и населения, и персонала будет просто отсутствовать или быть пренебрежимо малым [3]. Однако доказательство этого должно быть исключительно предметным и адресным, а восприятие этих обстоятельств по факту всегда будет настроенным, в том числе по причине масштаба рассматриваемых диапазонов времен (до сотен тысяч и миллионов лет). Подобные долгосрочные прогнозы разрабатываются с учетом вероятных сценариев эволюции ПЗРО, физико-химического состава РАО, деградации со временем барьеров безопасности, гидро-геологических, климатических, сейсмических и других факторов в местах расположения ПЗРО [4–6].

В рамках настоящей статьи ограничимся рассмотрением третьего сценария облучения персонала и населения (нормальная эксплуатация в режиме размещения РАО) для эксплуатируемых и проектируемых ПЗРО.

**Цель исследования** – сравнительный анализ фактических и оцениваемых на этапе проектирования доз облучения персонала и населения при захоронении жидких и твердых РАО различных классов.

#### Задачи исследования

1. Подготовить краткий обзор результатов индивидуального дозиметрического контроля на установках по захоронению РАО, сконструированных и эксплуатируемых в некоторых европейских странах в соответствии с требованиями и правилами МАГАТЭ.
2. Провести сбор и анализ проспективных и ретроспективных оценок доз облучения персонала, выполняемых на этапе проектирования и эксплуатации пунктов захоронения РАО различных классов.
3. Оценить радиационное воздействие на население при нормальной эксплуатации ПЗРО в режиме размещения отходов.

#### Материалы и методы

В работе использованы следующие материалы:

- сводные оценки индивидуальных и коллективных годовых доз облучения работников при эксплуатации пунктов приповерхностного захоронения очень низкоактивных, низкоактивных и среднеактивных РАО во Франции и Бельгии;
- опубликованные сведения об оценках индивидуальных доз персонала и населения, полученных в ходе проектирования пунктов глубинного захоронения высокоактивных РАО и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в Великобритании и Канаде;
- сведения о годовых дозах облучения персонала группы А в филиалах ФГУП «НО РАО», включая филиалы «Северский», «Железнодорожный» и «Димитровградский», силами которых в настоящее время эксплуатируются пункты глубинного захоронения жидких РАО (ПГЗ ЖРО). До 2014 г. эти объекты входили в Сибирский химический комбинат, Горно-химический комбинат и Научно-исследовательский институт атомных реакторов;

- проектные материалы на строительство объекта окончательной изоляции РАО 1-го и 2-го классов (Красноярский край, Нижнеканский массив), которые содержат оценки доз облучения персонала при заданной технологии работ на поверхности и в подземной части сооружения.

Обзор методов, которые были использованы при получении проектными и эксплуатирующими организациями дозовых оценок, показал следующее.

При разработке проектов ПЗРО широко применяется программное средство MicroShield [7] для решения задач, связанных с определением мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности направленного эквивалента дозы от фотонного и нейтронного излучения на различных расстояниях от источников с учетом геометрии источника и гетерогенной (многослойной) физической защиты в соответствии с рекомендациями МКРЗ [8].

Расчеты дозы облучения персонала группы А от нефиксированного загрязнения на контейнере с РАО проводятся проектировщиками в соответствии с подходом, описанным в техническом докладе МАГАТЭ [9]. В модели учтены следующие пути воздействия: загрязнение кожи, случайное попадание внутрь организма депонированных на кожных покровах радионуклидов, вдыхание ресуспензированной активности и внешнее облучение от загрязненной поверхности контейнера и почвы.

Можно констатировать, что быстрые и относительно простые программы расчета дозовых характеристик полей фотонного и нейтронного излучения, основанные на инженерных методах расчета, в настоящее время ограничиваются задачами экспрессного прогнозирования при аварии [10]. При проектировании дорогостоящих установок по захоронению РАО используются сертифицированные в установленном порядке программные средства. Основные неопределенности результатов расчета индивидуальных годовых доз персонала связаны с допущениями о фиксированных рабочих местах относительно источника, длительностью технологических операций и интенсивностью проведения работ в течение года.

Для эксплуатируемых ПЗРО индивидуальный дозиметрический контроль персонала группы А проводится в соответствии с методическими указаниями, утвержденными ФМБА России и Госкорпорации «Росатом» [11]. Результаты контроля поступают в Единую систему контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) – форма № 1-ДОЗ.

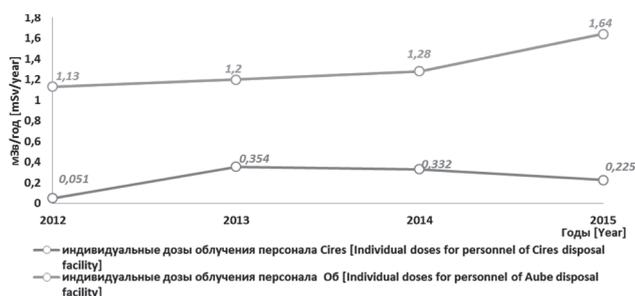
В отношении доз облучения населения как при проектировании, так и при эксплуатации ПЗРО оценки осуществляются только на основе расчетов. Невозможность проведения достоверного радиационного мониторинга за пределами площадки ПЗРО при отсутствии сбросов и выбросов не позволяет реализовать четырехэтапный процесс оценки годовой эффективной дозы, для представительного индивида рекомендованный МКРЗ [12].

#### Результаты и обсуждение

##### *Зарубежные оценки доз облучения персонала и населения при проектировании и эксплуатации ПЗРО*

В ряде стран эксплуатация пунктов окончательной изоляции РАО осуществляется уже на протяжении нескольких десятилетий. Эксплуатируемые в настоящее время ПЗРО, например во Франции, можно отнести к

объектам второго поколения; отработанные технологии успешно применяются и в других странах. В ежегодных публичных отчетах французского оператора по захоронению РАО ANDRA приводятся данные по индивидуальным и коллективным дозам персонала при приповерхностном захоронении короткоживущих низко- и среднеактивных РАО (центр Aube) [13] и очень низкоактивных РАО (Cires [14]). В 2015 г. значение максимальной годовой индивидуальной дозы работника центра Cires составило 0,225 мЗв, а коллективная доза персонала ПЗРО – 0,849 чел.-мЗв. В то же время максимальная годовая индивидуальная доза на работника центра Aube составила 1,64 мЗв, коллективная доза – 13,57 чел.- мЗв, т.е. примерно на порядок выше (рис.).



**Рис.** Сравнение наибольших индивидуальных доз облучения персонала в ПЗРО Aube и Cires (Франция)

**[Fig.]** Comparison of maximum individual doses for personnel at Aube and Cires RW disposal facilities (France)

Оценки доз облучения персонала и населения при захоронении РАО проводятся и на этапе обоснования безопасности будущего объекта. Для разработанного проекта строятся сценарии работы отдельных лиц из персонала, для которых и проводятся расчеты индивидуальных доз. Например, при эксплуатации приповерхностного ПЗРО низко- и среднеактивных РАО, планируемого к сооружению в Бельгии, ожидается, что среднее значение коллективной дозы персонала не превысит 1,9 чел.-мЗв/год, а максимальная доза облучения лиц из населения не превысит 0,3 мЗв/год [15].

Аналогичные расчеты были выполнены и для обоснования безопасности будущего пункта глубинного захоронения высокоактивных РАО (ПГЗРО) в Великобритании. С учетом того факта, что на сегодня еще окончательно не выбрано место размещения объекта, оценки проводились для трех площадок. Представленные в [16] результаты позволяют сделать вывод, что прогнозируемая доза облучения персонала в ходе выполнения работ на поверхности, связанных с захоронением РАО, составит 0,1 мЗв/год. Дозы персонала, связанные с выполнением работ в подземных секциях пункта захоронения, существенно зависят от характеристик вмещающих пород. Персонал ПГЗРО, размещенного в высокопрочных вмещающих формациях, получит более высокие дозы, чем в иных случаях. Данное обстоятельство обусловлено большими размерами самих подземных секций, следовательно, необходимостью более длительной транспортировки РАО, большей площадью поверхности самих упаковок с РАО, а также невозможностью организации дистанционного управления

загрузкой РАО. В то же время прогнозируемая максимальная годовая доза облучения и для данного варианта размещения объекта не превысит 1 мЗв/год [16].

По итогам рассмотрения зарубежного опыта отметим следующие обстоятельства. Несмотря на существенные различия в технологии обращения с РАО различного уровня удельной активности (практически без специальных средств индивидуальной защиты при обращении с РАО очень низкой активности, в основном, дистанционные технологии при обращении с РАО средней и высокой активности) повышение удельной активности РАО ведет к более высоким дозам облучения персонала ПЗРО. Техническими и технологическими решениями удается практически полностью исключить внутреннее облучение персонала, а дозы внешнего облучения ограничить диапазоном, характерным и для базовых ядерных технологий, – до нескольких мЗв в год. Технологии захоронения малолудны – годовая коллективная доза облучения персонала одного объекта, как правило, не превышает 0,015 чел.-Зв.

#### *Проектные оценки доз облучения персонала для пункта глубинного захоронения РАО*

В настоящее время начаты работы по сооружению в России подземной исследовательской лаборатории [17]. Подготовлена проектная документация на строительство объекта окончательной изоляции РАО 1-го и 2-го классов (Красноярский край, Нижнеканский массив), которая содержит оценки доз облучения персонала при заданной технологии работ на поверхности и в подземной части сооружения. Используются типовые регламенты выполнения технологических операций и расположение персонала относительно РАО на различных этапах обращения.

Выполненные проектные оценки доз облучения персонала для транспортно-технологической схемы обращения с РАО (в здании перегрузки, надшахтном здании, подземном комплексе) позволяют сделать следующие выводы:

- по всему комплексу работ эффективная коллективная доза персонала группы А (расчет на 72 чел.) не превысит 61 чел.-мЗв (с учетом гамма- и нейтронного излучения);
- распределение персонала группы А по величинам годовых индивидуальных доз составляет около 40% в диапазоне от 0 до 0,1 мЗв, около 40% в диапазоне от 0,1 до 1 мЗв и 20% с дозой свыше 1,1 мЗв;
- максимальная годовая индивидуальная доза персонала составит до 2,5 мЗв (по гамма-излучению) и с учетом нейтронного излучения не превысит 3 мЗв (специальность – стропальщик);
- в условиях нормальной эксплуатации объекта и при проектных авариях объемы активности радионуклидов в приповерхностных слоях воздуха не превысят допустимых значений для условий нормальной эксплуатации (НРБ-99/2009, приложение 1). Доза внутреннего облучения персонала при нормальной эксплуатации не вносит существенного вклада в суммарные значения индивидуальных эффективных доз и не превысит 9,4 мкЗв в год;
- разработка и внедрение дополнительных средств защиты для персонала от внешнего радиационного воздействия при проведении работ в условиях нормальной эксплуатации на ПГЗРО не требуется. В отдельных случа-

ях для защиты органов дыхания персонала от ингаляционного поступления от радиоактивной пыли необходимо использовать респираторы.

Максимальная доза облучения персонала группы Б не превысит 0,2 мЗв/год, что меньше 5 мЗв/год, регламентированных НРБ-99/2009.

В настоящее время разворачиваются работы по сооружению приповерхностных ПЗРО классов 3 и 4 (в районе ФГУП «ПО «Маяк» и АО «СХК»). Проектные оценки доз облучения персонала принципиально не отличаются от зарубежных аналогов.

*Фактические данные индивидуального дозиметрического контроля персонала пунктов захоронения*

В России функционируют три пункта глубинного захоронения жидких РАО (ПГЗ ЖРО) в глубоководных пластах-коллекторах, изолированных от водоносных горизонтов водонепроницаемыми породами. Первый объект был введен в опытную эксплуатацию на Сибирском химическом комбинате (ныне АО «СХК») в районе Северска в 1963 г. (начало промышленной эксплуатации относится к 1967 г.). С 1966 г. введены в эксплуатацию ПГЗ ЖРО в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (ныне АО «ГНЦ НИИАР») в районе Димитровграда, а в 1967 г. – на Горно-химическом комбинате (ныне ФГУП «ГХК») в районе Железногорска. Безопасность такого варианта захоронения подробно рассмотрена в работах [18, 19] и подтверждена миссиями МАГАТЭ.

Специфика данного вида захоронения состоит в необходимости обслуживания комплекса установок, расположенных в нескольких зданиях и сооружениях на площадке объекта. В комплекс входят спецсети, транспортирующие ЖРО от предприятия, в результате деятельности которого отходы образуются, нагнетательные скважины, контрольно-наблюдательные скважины, системы управления установкой и контроля процесса закачки ЖРО, вы-

соконапорные насосы и т. д. Эксплуатация таких комплексов требует круглосуточного контроля, осуществления планового ремонта оборудования и скважин закачки и наблюдения. Ремонтные работы приводят к наблюдаемому при осуществлении индивидуального дозиметрического контроля увеличениям индивидуальным и коллективным годовых доз облучения персонала.

С 2014 г. эксплуатация всех ПГЗ ЖРО осуществляется ФГУП «НО РАО». В таблице приведены сводные результаты индивидуального дозиметрического контроля персонала группы А за период с 2014 по 2016 г. Среднегодовые индивидуальные дозы облучения варьировались в диапазоне от 0,57 до 2,29 мЗв. Максимальные значения индивидуальных и коллективных доз облучения были зафиксированы в 2015 г. в Димитровградском филиале (до 7 мЗв, до 58 чел.-мЗв) у персонала, задействованного в проведении планового ремонта оборудования.

В 2015 г. был введен в эксплуатацию первый в России приповерхностный ПЗРО, относящийся к 3 и 4 классу, согласно классификации, установленной в постановлении Правительства России от 19.10.2012 г. № 1069. Объект эксплуатируется силами отделения «Новоуральское» филиала «Северский» ФГУП «НО РАО». Объект представляет собой железобетонное сооружение. В 2016 г. осуществлялся прием РАО от Уральского электрохимического комбината (АО «УЭХК»). Отходы размещаются на захоронение предварительно упакованными в невозвратные защитные контейнеры с толщиной стенок 12 см [20]. Персонал отделения «Новоуральское» подвергался радиационному облучению в минимально значимых значениях доз, не фиксируемых индивидуальными приборами дозиметрического контроля. Отделение «Новоуральское» филиала «Северский» при штатной эксплуатации не осуществляет выбросы и сбросы загрязняющих и радиоактивных веществ в окружающую среду [20].

Данные индивидуального дозиметрического контроля персонала ПГЗ ЖРО

Таблица

[Table

**Data from personal dosimetry monitoring at liquid radioactive waste disposal facilities (LRW DF)]**

Филиал ФГУП «НО РАО» [Branches]	Год [Year]								
	2014			2015			2016		
	Индивидуальная эффективная доза, мЗв [Individual effective dose, mSv]								
	мин. [min]	средн. [mean]	макс. [max]	мин. [min]	средн. [mean]	макс. [max]	мин. [min]	средн. [mean]	макс. [max]
Северский [Severskiy]	0,56	0,82	2,15	0,78	0,96	1,19	0,42	0,58	1,66
Димитровградский [Dimitrovgradskiy]	0,05	0,74	2,22	0,05	2,29	7,00	0,05	1,46	3,71
Железногорский [Zheleznogorskiy]	0,01	0,73	2,50	0,09	0,72	1,90	0,06	0,57	1,19
	Коллективная эффективная доза, чел.-мЗв [Collective effective dose, man mSv]								
Северский [Severskiy]	30,0			35,0			23,0		
Димитровградский [Dimitrovgradskiy]	18,59			57,29			38,07		
Железногорский [Zheleznogorskiy]	38,30			33,98			27,94		

### Оценки доз облучения населения

К потенциальным источникам для проектируемых в Великобритании и России ПЗРО облучения населения были отнесены авто- и железнодорожный транспорт, который перевозит упаковки с РАО и ОЯТ. В рамках исследования [16] было выдвинуто предположение о том, что местный житель будет проводить около часа в день, выгуливая собаку вблизи ограждения, установленного по периметру площадки ПЗРО. Годовая доза облучения такого референтного индивида не превысит 4 мкЗв.

Согласно разработанным в проектной документации сценариям, в период эксплуатации ПЗРО в Нижнеканском массиве на его границе доза облучения населения не превысит 17 мкЗв/год, что примерно в 60 раз ниже установленного ограничения 0,1 мЗв/год. Эта оценка исходит из предположения постоянного нахождения лица, относящегося к критической группе населения, в течение 8800 ч/год на расстоянии около 100 м от здания перегрузки контейнеров с РАО 1-го и 2-го класса. Годовая эффективная доза в этом гипотетическом случае формируется, в основном, внешним гамма-излучением.

Объекты закачки жидких РАО не оказывают значимого влияния на формирование дозовых нагрузок на население.

Во-первых, обращение РАО осуществляется на территории промплощадок, объекты находятся на значительном удалении от населенных пунктов:

– Северский – в 10–12 км от северной окраины г. Томска и на расстоянии 2,5 км к северо-западу от жилой зоны г. Северска;

– Димитровградский филиал в 6 км к юго-западу от Димитровграда;

– Железногорский – в 18 км к юго-западу от Железногорска, в 6 км от сел Большой Балчуг и Атаманова и в 15 км от посёлка Шивера.

Во-вторых, фактические выбросы радиоактивных веществ в атмосферу филиала в Северском в 2015 г. были в 31 раз ниже установленных значений предельно допустимых выбросов ( $2,7 \cdot 10^7$  Бк/год), а годовые выбросы цезия-137 и стронция-90 в 2015 и 2016 гг. филиала в Железногорске составили менее 5% от разрешенных ( $1,3 \cdot 10^7$  Бк/год) [22, 23]. В Димитровградском филиале отсутствуют стационарные источники выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, подпадающие под действие регулирующего контроля.

Ни один из ПЗЖРО не осуществляет сброс загрязняющих химических и радиационных веществ в открытую гидрографическую сеть.

Как показано выше, как проспективные, так и ретроспективные оценки доз облучения населения, проживающего в районах расположения ПЗРО, носят чрезмерно консервативный характер в сравнении с рекомендациями МКРЗ [12]. Но даже в этом случае они лежат в диапазоне существенно ниже граничной дозы, равной 0,1 мЗв в год, согласно ОСПОРБ-99/2010.

Ожидаемые значения индивидуальных эффективных доз населения, обуславливаемых транспортировкой ОЯТ из пункта временного хранения в проектируемый в Канаде пункт глубинного геологического захоронения, были рассчитаны канадским оператором по обращению с ядерными отходами (NWMO) в 2012 г. Так, при условии транспортировки 620 партий ОЯТ в год средняя доза лиц из населения,

проживающего на территориях, прилегающих к рассматриваемой автомобильной дороге, не превысит 0,03 мкЗв/год, а для индивидуумов, находящихся в транспортном средстве, движущемся спереди или сзади перевозящего ОЯТ грузовика, в течение одного часа за перевозку в месяц (например, в случае затора на дороге) не превысит 0,22 мкЗв/год [22].

Оценки индивидуальных и коллективных доз облучения населения при транспортировании РАО и ОЯТ по дорогам общего пользования также являются достаточно консервативными.

Нахождение вблизи транспортного средства или работ по разгрузке-выгрузке РАО в течение 1 ч не приведет к дозе 0,1 мЗв расчете на 1 упаковку ВАО [5].

### Заключение

В отношении планируемых к сооружению, сооружаемых и эксплуатируемых ПЗРО ФГУП «НО РАО», с учетом того факта, что объекты будут сооружаться в соответствии с действующими в России требованиями безопасности, согласующимися с международными рекомендациями, можно сделать следующие выводы:

1. Индивидуальные дозы облучения персонала будут сопоставимы с данными по профессиональному облучению работников на аналогичных объектах в других странах. При этом, как показывает практика России и других стран, средние индивидуальные дозы облучения персонала при захоронении РАО на порядок ниже установленного предела дозы – 20 мЗв/год.

2. Коллективные дозы при нормальной эксплуатации объектов также невелики, а именно более чем на порядок ниже 1 чел.-Зв на объект.

3. Воздействие на население возможно только при транспортировке РАО по дорогам общего пользования. Консервативные оценки эффективной дозы значительно ниже установленного предела дозы населения – 0,1 мЗв/год.

### Литература

- IAEA SF-1. Fundamental Safety Principles. – Vienna, 2006.
- Линге, И.И. Опыт применения международных требований по обоснованию долговременной безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов: проблемы и уроки / И.И. Линге, С.С. Уткин, А.А. Хамаза, Р.Б. Шарафутдинов // Атомная энергия. – 2016. – № 120. – С. 201–208.
- Лаверов, Н.П. Изоляция отработавших ядерных материалов: геолого-геохимические основы / Н.П. Лаверов, В.И. Величкин, Б.И. Омеляненко [и др.]. – М.: ИГЕМ РАН, ИФЗ РАН, 2008. – 280 с.
- Капырин, И.В. Концепция разработки и использования расчетного комплекса GERA для обоснования безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов / И.В. Капырин, С.С. Уткин, Ю.В. Василевский // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 2014. – Т. 4. – С. 44–54.
- Линге, И.И. Особые радиоактивные отходы / под общ. ред. И.И. Линге. — М.: САМ Полиграфист, 2015. – 240 с.
- Линге, И.И. Обращение с особыми радиоактивными отходами: прогресс практической деятельности и актуальные задачи / И.И. Линге, М.Н. Савкин, М.В. Ведерникова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 23–37.
- MicroShield Version 5.05. User's Manual. Grove Engineering. Rockville MA, 1999.
- ICRP. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP, 1996. Publication 74, Ann. ICRP 26 (3-4).

9. TECDOC-1449. Radiological aspects of non-fixed contamination of packages and conveyances. IAEA, Vienna, 2005.
10. Бакин, Р.И. Программный комплекс оперативного расчета доз фотонного излучения за защитой от источников различной геометрической формы / Р.И. Бакин, А.А. Званцев, С.И. Илупин // Известия Академии наук Энергетика. – 2013. – № 5. – С. 129–135.
11. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие положения. МУ 2.6.1.016-2000. – М., 2000.
12. ICRP. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public. – ICRP, 2006. – Publication 101a. Ann. ICRP 36 (3).
13. ANDRA. Rapport Annuel 2015 d'information sur la surete nucleaire et la radioprotection. Centre de stockage de l'Aube. ANDRA, 2015.
14. ANDRA. Rapport Annuel 2015. Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage. ANDRA, 2015.
15. ONDRAF NIRAS. Summary of the Safety Report for the Surface Repository of Category A Waste in Dessel. ONDRAF NIRAS, 2012. NIROND-TR 2012-17 E.
16. NDA. Geological Disposal, Generic Operational Safety Assessment: Volume 2 – Normal Operations Operator dose assessment. NDA, 2010. NDA Report no. NDA/RWMD/026.
17. Подземная исследовательская лаборатория в Нижне-Канском массиве: <http://www.norao.ru/about/underground/> (дата обращения: 01.08.2017).
18. Рыбальченко, А.И. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов / А.И. Рыбальченко, М.К. Пименов, П.П. Костин. – М.: ИздАТ, 1994. – 256 с.
19. Рыбальченко, А.И. 50 лет глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов – практические и научные результаты / А.И. Рыбальченко, В.М. Курочкин, Б.Г. Ершов // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2014. – № 1. – С. 86–90.
20. На Урале начал работу полигон по захоронению радиоактивных отходов: <http://www.atomic-energy.ru/news/2017/01/11/65483> (дата обращения: 01.08.2017).
21. Отчет по экологической безопасности ФГУП «НО РАО» за 2015 год: [http://norao.ru/upload/catalog\\_NORAO\\_200x200%20\(2\).pdf](http://norao.ru/upload/catalog_NORAO_200x200%20(2).pdf) (дата обращения: 01.08.2017).
22. Batters S. Generic Transportation Dose Assessment. NWMO, 2012, TR-2012-06.
23. Отчет по экологической безопасности за 2016 год филиала Железнодорожный ФГУП «НО РАО» и ФГУП «ГХК»: <http://bezrao.ru/n/1163> (дата обращения: 17.08.2017).

Поступила: 01.08.2017 г.

**Ведерникова Марина Владимировна** – кандидат технических наук, научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. **Адрес для переписки:** 115191, Москва, ул. Б. Тульская, 52; E-mail: [vmv@ibrae.ac.ru](mailto:vmv@ibrae.ac.ru)

**Пронь Игорь Александрович** – заместитель директора по эксплуатации ФГУП «Национальный оператор по обращению с РАО», Москва, Россия

**Савкин Михаил Николаевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва, Россия

**Цебаковская Надежда Сергеевна** – инженер-исследователь института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Москва, Россия

**Для цитирования:** Ведерникова М.В., Пронь И.А., Савкин М.Н., Цебаковская Н.С. Дозы облучения персонала и населения при нормальной эксплуатации пунктов захоронения радиоактивных отходов // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 57-65. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-57-65.

## Occupational and Public Exposure During Normal Operation of Radioactive Waste Disposal Facilities

Marina V. Vedernikova<sup>1</sup>, Igor A. Pron<sup>2</sup>, Mikhail N. Savkin<sup>1</sup>, Nadezhda S. Cebakovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nuclear Safety Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup> National Operator for Radioactive Waste Management, Moscow, Russia

*This paper focuses on occupational and public exposure during operation of disposal facilities receiving liquid and solid radioactive waste of various classes and provides a comparative analysis of the relevant doses:*

**Marina V. Vedernikova**

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences.

**Address for correspondence:** Bolshaya Tulsкая str., 52, Moscow, 115191, Russia; E-mail: [vmv@ibrae.ac.ru](mailto:vmv@ibrae.ac.ru)

actual and calculated at the design stage. Occupational and public exposure study presented in this paper covers normal operations of a radioactive waste disposal facility receiving waste. Results: Analysis of individual and collective occupational doses was performed based on data collected during operation of near-surface disposal facilities for short-lived intermediate-, low- and very low-level waste in France, as well as near-surface disposal facilities for long-lived waste in Russia. Further analysis of occupational and public doses calculated at the design stage was completed covering a near-surface disposal facility in Belgium and deep disposal facilities in the United Kingdom and the Nizhne-Kansk rock massive (Russia). The results show that engineering and technical solutions enable almost complete elimination of internal occupational exposure, whereas external exposure doses would fall within the range of values typical for a basic nuclear facility. Conclusion: radioactive waste disposal facilities being developed, constructed and operated meet the safety requirements effective in the Russian Federation and consistent with relevant international recommendations. It has been found that individual occupational exposure doses commensurate with those received by personnel of similar facilities abroad. Furthermore, according to the forecasts, mean individual doses for personnel during radioactive waste disposal would be an order of magnitude lower than the dose limit of 20 mSv/year. As for the public exposure, during normal operation, potential impact is virtually impossible by delaminating boundaries of a nuclear facility sanitary protection zone inside which the disposal facility is located and can be solely attributed to the use of public roads during radioactive waste transportation to the disposal facility site.

**Key words:** disposal facilities for radioactive waste, normal operation, class of radioactive waste, personnel, population, individual effective dose, collective effective dose.

## References

- IAEA SF-1. Fundamental Safety Principles. – Vienna, 2006.
- Linge I.I., Utkin S.S., Khamaza A.A., Sharafutdinov R.B. Atomic Experience in Applying the International Requirements for the Validation of Long-Time Safety of Radwaste Disposal Sites: Problems and Lessons. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*, 2016, Vol. 120, № 4, pp. 201-208. (In Russian).
- Laverov N.P., Velichkin V.I., Omelyanenko B.I. [et al.] Isolation of spent nuclear fuel: geological and chemical basis. IGEM RAS, Moscow, 2008. (In Russian).
- Kapyrin I.V., Utkin S.S., Vasilevsky Yu.V. Concept of the design and application of the GeRa numerical code for radioactive waste disposal safety assessment. *Atomic Science and Engineering. Series: Mathematical modeling and simulation of physical processes*, 2014, Vol. 4, pp. 44-54. (In Russian).
- Non-retrievable radioactive waste. Under the general editorship of Linge I.I., 2015, 240 p. (In Russian).
- Linge I.I., Savkin M.N., Vedernikova M.V. Management of special radioactive wastes: practical advances and current challenges. *Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol. 7, № 4, pp. 23-37. (In Russian).
- MicroShield Version 5.05. User's Manual. Grove Engineering, Rockville MA, 1999.
- ICRP. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP, 1996. Publication 74, Ann. ICRP 26 (3-4).
- TECDOC-1449. Radiological aspects of non-fixed contamination of packages and conveyances. IAEA, Vienna, 2005.
- Bakin R.I., Zvantsev A.A., Ilupin S.I., [et al.] Software system for express computation of photon radiation doses outside the shields of the sources of different geometric forms. *Izvestiya Akademii nauk Energetika = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2013, No 5, pp. 129-135 (In Russian).
- Monitoring of individual effective and equivalent doses and dose management of occupational exposure. General requirements. MU 2.6.1.016-2000, M., 2000. (In Russian).
- ICRP. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public. ICRP, 2006. Publication 101a. Ann. ICRP 36 (3).
- ANDRA. Rapport Annuel 2015 d'information sur la surete nucleaire et la radioprotection. Centre de stockage de l'Aube. ANDRA, 2015.
- ANDRA. Rapport Annuel 2015. Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage. ANDRA, 2015.
- ONDRAF NIRAS. Summary of the Safety Report for the Surface Repository of Category A Waste in Dessel. ONDRAF NIRAS, 2012. NIRON-TR 2012-17 E.
- NDA. Geological Disposal, Generic Operational Safety Assessment: Volume 2 – Normal Operations Operator dose assessment. NDA, 2010. NDA Report no. NDA/RWMD/026.
- Underground research laboratory in Nizhnekanskiy massive. – Available on: <http://www.norao.ru/about/underground/> (Accessed: August 01, 2017). (In Russian).
- Rybalchenko A.I., Pimenov M.K., Kostin P.P. [et al.] Geological disposal of liquid radioactive waste. Moscow, Izdat, 1994, 254 p. (In Russian).
- Rybalchenko A.I., Kurochkin V.M. 50 years experience of geological disposal of liquid radioactive waste: practical and scientific results. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya = Geology, engineer geology, hydrogeology, geocriology*, 2014, No 1, pp. 86-90. (In Russian).
- Polygon for radioactive waste disposal starts its operation in Ural. – Available on: <http://www.atomic-energy.ru/news/2017/01/11/65483> (Accessed: August 01, 2017). (In Russian).
- Annual report on ecological safety. FGUP "NO RAO". Moscow, 2015. – Available on: [http://norao.ru/upload/catalog\\_NORAO\\_200x200%20\(2\).pdf](http://norao.ru/upload/catalog_NORAO_200x200%20(2).pdf) (Accessed: August 01, 2017). (In Russian).
- Batters S. Generic Transportation Dose Assessment. Batters S. NWMO, 2012, TR-2012-06.
- Report on the environmental safety of Zheleznogorsk branch of «NO RWM» and «GKhK» for 2016. – Available on: <http://bezrao.ru/n/1163> (Accessed: August 01, 2017). (In Russian).

Received: August 01, 2017

**For correspondence: Marina V. Vedernikova** – C.Sc. (Tech), researcher, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (Bolshaya Tulkaya str., 52, Moscow, 115191, Russia; E-mail: vmv@ibrae.ac.ru)

**Igor A. Pron** – Deputy Director of Operations, FSUE «National operator for radioactive waste management», Moscow, Russia

**Mikhail N. Savkin** – C.Sc. (Tech), Senior researcher, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Nadezhda S. Cebakovskaya** – research engineer, Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**For citation: Vedernikova M.V., Pron I.A., Savkin M.N., Cebakovskaya N.S. Occupational and Public Exposure During Normal Operation of Radioactive Waste Disposal Facilities. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 57-65. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-57-65**

## Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг.

А.В. Водоватов, В.Ю. Голиков, С.А. Кальницкий, И.Г. Шацкий, Л.А. Чипига

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

*Референтные диагностические уровни являются одним из основных и наиболее эффективных инструментов оптимизации защиты пациентов от медицинского облучения. Для установления референтных диагностических уровней необходимо провести сбор исходной информации для оценки распределений доз облучения пациентов в выбранной дозовой величине для выбранных рентгено-радиологических исследований. Целью данной работы являлась оценка параметров распределений стандартных эффективных доз пациентов от 13 наиболее распространенных рентгенографических исследований. Материалы и методы: данные были собраны в 203 рентгеновских кабинетах в 101 медицинской организации в шести регионах Российской Федерации в период 2009–2014 гг. Был использован дифференцированный подход к сбору исходных данных для определения стандартной эффективной дозы в зависимости от технологии получения рентгеновского изображения. Эффективные дозы определялись с использованием программного обеспечения «EDEREX» (Россия). Результаты и обсуждение: результаты анализа собранных данных указывают на отсутствие значимых различий между региональными распределениями стандартных эффективных доз для большинства рентгенографических исследований, что позволяет проводить анализ общей (объединенной) выборки. Для всех 13 выбранных рентгенографических исследований отношения максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной составляют вплоть до двух порядков величины. Причинами аномально высоких стандартных эффективных доз являются выполнение рентгенографических исследований на высоких значениях экспозиции (150–600 мАс) и максимальных размерах полей облучения (до 40×40 см). Исключение значений стандартных эффективных доз ниже 5% и выше 95% перцентилей распределения позволит снизить среднюю стандартную эффективную дозу для каждого рентгенографического исследования вплоть до 30%; 75% перцентиль распределения стандартной эффективной дозы – вплоть до 15%. Для общей выборки отсутствуют достоверные различия между распределениями аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов по стандартным эффективным дозам для всех рентгенографических исследований, за исключением исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции. Выводы: все данные обстоятельства необходимо учитывать при установлении и применении региональных и национальных референтных диагностических уровней, а также при прогностической оценке эффективности проведения оптимизационных мероприятий в рентгенографии.*

**Ключевые слова:** оптимизация, эффективная доза, рентгенографические исследования, пациент.

### Введение

Основными принципами радиационной защиты пациентов от медицинского облучения являются обоснование проведения исследования и оптимизация защиты пациента. Одним из основных инструментов оптимизации защиты пациента является использование референтных диагностических уровней (РДУ) [1–3]. РДУ для выбранного исследования – установленное значение выбранной дозовой величины (произведения

дозы на площадь (ПДП), входной дозы (ВД) или эффективной дозы (ЭД)), численно равное определенному перцентилю распределения рентгеновских кабинетов по данной дозовой величине для отдельного региона или страны.

Неотъемлемым этапом установления РДУ является сбор информации, позволяющей оценить распределение СЭД в рентгеновских кабинетах (аппаратах) для выбранных РРИ. Сбор соответствующих данных

**Водоватов Александр Валерьевич**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.  
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. E-mail: vodovatoff@gmail.com

должен проводиться по единой методике в репрезентативном количестве медицинских организаций (МО).

Для характеристики дозовых нагрузок пациентов от выбранного РРИ в данном рентгеновском кабинете используется стандартная доза (СД). СД является основой для установления РДУ для выбранного РРИ как определенного перцентиля распределения рентгеновских аппаратов по СД в выбранной дозовой величине. Согласно МР 2.6.1.0066-12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения» и [2], СД – средняя доза у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70±3 кг при проведении выбранного РРИ в типовом режиме работы данного рентгеновского аппарата с типовым протоколом его выполнения. Для первого установления РДУ в Российской Федерации целесообразно ограничиться определением стандартной дозы в величине эффективной дозы (СЭД) [2].

**Цель исследования** – оценка параметров распределения СЭД в рентгеновских кабинетах при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований с использованием аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов в различных регионах Российской Федерации.

**Материалы и методы**

Для оценки уровней облучения пациентов в период 2009–2014 г. были выбраны наиболее распространенные рентгенографические исследования, вклад которых в коллективную дозу от всей рентгенографии в Российской Федерации [4], по данным формы 3-ДОЗ\* за 2014 г., составлял 75%. Их перечень представлен в таблице 1.

Параметры проведения рентгенографических исследований и эффективные дозы пациентов определяли в период с 2009 по 2014 г. в МО шести регионов Российской Федерации: г. Санкт-Петербурге, Архангельской, Белгородской, Брянской, Мурманской и Тюменской областях [5]. Информация о сроках и объемах сбора данных представлена в таблице 2.

Выбранные рентгенографические исследования

Таблица 1

[Table 1

Selected radiographic examinations]

Область исследования [Anatomic region]	Проекция <sup>1</sup> [Projection <sup>1</sup> ]	Вклад в коллективную дозу от рентгенографии, % <sup>2</sup> [Contribution to the collective dose from radiography, % <sup>2</sup> ]
Череп [Skull]	ПЗ, Б [AP, Lat]	3%
Органы грудной клетки (ОГК) [Chest]	ЗП, Б [PA, Lat]	17%
Ребра [Ribs]	ПЗ [AP]	4%
Шейный отдел позвоночника (ШОП) [Cervical spine (CS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	4%
Грудной отдел позвоночника (ГОП) [Thoracic spine (TS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	7%
Пояснично-крестцовый отдел позвоночника (ПОП) [Lumbar spine (LS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	21%
Таз [Pelvis]	ПЗ [AP]	7%
Брюшная полость (БП) [Abdomen]	ПЗ [AP]	12%

<sup>1</sup> ПЗ – передне-задняя проекция; ЗП – задне-передняя проекция; Б – боковая проекция

<sup>2</sup> По данным формы 3-ДОЗ за 2014 г.

[<sup>1</sup>AP – anterior-posterior projection; PA – postero-anterior projection. Lat – lateral projection;

<sup>2</sup>according to data from the 3-DOZ form for 2014].

\* Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ. Методические рекомендации № 0100/1659-07-26. М.: Роспотребнадзор, 2007. 23 с. [Results of the radiation-hygienic passportisation in different subjects of Russian Federation in 2014: Radiation-hygienic passport of Russian Federation. M.: Federal center of hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor, 2015. 134 p. (In Russ.)]

Таблица 2

Сроки и объемы сбора данных в регионах РФ

[Table 2]

Overall information on dose surveys in Russian Federation]

Регион [Region]	Число МО [Number of hospitals]	Число обследованных аппаратов [Number of surveyed X-ray units]						Итого [Total]
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Санкт-Петербург [St-Petersburg]	48	17	35	33	25	15	–	125
Архангельская область [Arkhangelsk region]	17	–	–	20	–	–	–	20
Белгородская область [Belgorod region]	8	–	–	–	–	–	17	17
Брянская область [Bryansk region]	9	–	–	–	12	5	–	17
Мурманская область [Murmansk region]	11	–	–	–	12	–	–	12
Тюменская область [Tumen region]	8	–	–	–	12	–	–	12
Итого [Total]	101	17	35	53	61	20	17	203

Для каждого рентгеновского аппарата была получена следующая описательная информация:

- состояние на момент сбора данных (марка аппарата, производитель, год выпуска, год капитального ремонта, тип приемника рентгеновского изображения и его характеристики, наличие клинического дозиметра);
- технические характеристики (радиационный выход, толщина полной фильтрации, характеристики отсеивающей решетки);
- параметры проведения рентгенографических исследований.

Сбор параметров проведения рентгенографических исследований осуществляли следующими способами [2, 5]:

1. Для аналоговых рентгеновских аппаратов, работающих без автоматического контроля экспозиции, данные собирали путем анкетирования персонала рентгеновского кабинета (рентген-лаборантов и врачей-рентгенологов). Для каждого вида исследований фиксировали один режим, соответствующий стандартным пациентам-нормостеникам с массой тела  $70 \pm 3$  кг [2, 8].

2. Для аналоговых и цифровых аппаратов, работающих с автоматическим контролем экспозиции, без доступа к электронной базе рентгеновских снимков и данных пациентов, данные собирали путем анкетирования персонала рентгеновских кабинетов (рентген-лаборантов и врачей-рентгенологов) и регистрации индивидуальных параметров проведения исследований для 10–20 стандартных пациентов-нормостеников или 30–50 пациентов без учета их индивидуальных антропометрических особенностей [2, 8]. В последнем случае стандартные режимы проведения исследований и стандартные значения ПДП определяли как средние значения для выборки.

3. Для цифровых рентгеновских аппаратов, работающих с автоматическим контролем экспозиции, с возмож-

ностью доступа к электронной базе данных пациентов, последние экспортировали из базы за текущий год для 50–100 пациентов без учета их индивидуальных антропометрических особенностей с предварительной анонимизацией. Стандартные режимы проведения исследований и стандартные значения ПДП определяли как средние значения для выборки.

В процессе сбора данных текущее качество рентгеновского изображения не оценивали и полагали удовлетворительным для постановки диагноза.

ЭД вычисляли для каждого пациента с использованием ПО «EDEREX» (Россия) [6] для взрослого фантома с использованием взвешивающих коэффициентов из 60 Публикации МКРЗ. Для определения эффективной дозы использовали следующие исходные данные:

- анодное напряжение на рентгеновской трубке, кВ;
- толщину и материал полной фильтрации пучка рентгеновского излучения (мм Al и/или Cu);
- значение экспозиции (мАс) и радиационный выход рентгеновского аппарата;
- произведение дозы на площадь, сГр·см<sup>2</sup>;
- расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника рентгеновского изображения, см.;
- проекция и размер поля облучения (высота и ширина поля на приемнике рентгеновского изображения), см·см.

СЭД для данного исследования в рентгеновском кабинете определялась как среднее значение из распределения ЭД пациентов или для среднего режима проведения данного исследования для аналоговых аппаратов без автоматического контроля экспозиции [2, 8].

Статистическая обработка собранных данных была выполнена с использованием программного обеспечения «Statistica 10» (Россия). Проверка гипотезы о нормальном распределении выборок проводилась с использованием

тестов Колмогорова – Смирнова (с поправкой на значимость Лиллефорса) и Шапиро – Вилка [7]. Распределения стандартных эффективных доз сравнивались с помощью однофакторного дисперсионного анализа с использованием критериев Краскелла – Воллиса и медианного теста [7]. При подтверждении различий между выборками в дальнейшем проводилось попарное сравнение выборок с использованием теста Манна – Уитни [7]. Для всех тестов различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

В качестве дополнительной характеристики выборок стандартных эффективных доз для каждого рентгенографического исследования использовалось отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной,  $O_{m/m}$ , рассчитанное с использованием следующего выражения:

$$O_{m/m} = \frac{СЭД_{\max}}{СЭД_{\min}}$$

где:

$O_{m/m}$  – отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной стандартной эффективной дозе для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок;

$СЭД_{\max}$  – максимальное значение стандартной эффективной дозы для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок;

$СЭД_{\min}$  – минимальное значение стандартной эффективной дозы для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок.

### Результаты и обсуждение

Для полученных распределений рентгеновских кабинетов по значениям СЭД для региональных выборок была выполнена проверка гипотезы о нормальном распределении выборок с целью выбора дальнейших методов статистического анализа. Результаты тестов для всех рентгенографических исследований для всех регионов свидетельствуют о явно выраженном отклонении от нормальной формы распределений ( $p < 0,05$ ). Полученные распределения лучше всего описываются логнормальной функцией. Результаты тестов подтверждают нормальность распределений логарифмов доз для всех видов исследований ( $p < 0,05$ ).

Для большинства видов исследований как медианный тест, так и однофакторный дисперсионный анализ показали отсутствие статистически значимых различий между региональными выборками, что позволило использовать для дальнейшего анализа объединенную (общую) выборку. Статистически значимые различия были выявлены для исследований органов грудной клетки в задне-передней проекции, шейного отдела позвоночника в передне-задней и боковой проекциях, грудного отдела позвоночника в передне-задней проекции в Архангельской, Брянской и Мурманской областях [5]. Данные различия предположительно обусловлены малыми размерами выборок (12–20 рентгеновских аппаратов) и наличием аномально высоких доз. Тем не менее, в дальнейшем проводили анализ общей выборки. Результаты описательной статистики для общей выборки представлены в таблице 3.

Таблица 3

Описательная статистика для общей выборки рентгеновских аппаратов

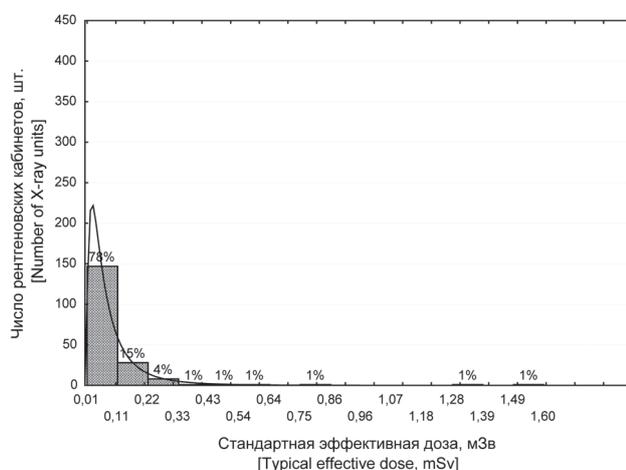
[Table 3

Descriptive statistics for the pooled sample of X-ray units]

Область исследования [Anatomic region]	Число рентгеновских аппаратов [Number of X-ray units]	Стандартная ЭД, мЗв [Typical effective dose, mSv]					$O_{m/m}$ <sup>1</sup> [R <sub>m/m</sub> ]
		Среднее [Mean]	Медиана [Median]	Минимум [Minimum]	Максимум [Maximum]	75% перцентиль [75% percentile]	
Череп ПЗ [Skull AP]	167	0,07	0,05	0,005	0,35	0,09	70
Череп Б [Skull Lat]	157	0,03	0,02	0,003	0,16	0,04	64
ОГК ЗП [Chest PA]	189	0,10	0,05	0,008	1,6	0,10	200
ОГК Б [Chest Lat]	162	0,19	0,10	0,010	4	0,18	400
Ребра ПЗ [Ribs AP]	138	0,33	0,23	0,010	1,7	0,42	170
ШОП ПЗ [CS AP]	173	0,08	0,05	0,004	0,63	0,11	158
ШОП Б [CS Lat]	159	0,06	0,04	0,005	0,32	0,07	64
ГОП ПЗ [TS AP]	163	0,39	0,22	0,024	4	0,44	167
ГОП Б [TS Lat]	155	0,29	0,19	0,015	1,9	0,34	127
ПОП ПЗ [LS AP]	172	0,66	0,45	0,077	3,7	0,86	48
ПОП Б [LS Lat]	158	0,72	0,49	0,060	6,7	0,87	112
БП ПЗ [Abdomen AP]	123	0,80	0,50	0,05	6,7	0,96	134
Таз ПЗ [Pelvis AP]	159	0,74	0,52	0,03	5,2	0,86	173

<sup>1</sup> Отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной  
[Ratio of maximum typical effective dose to minimum typical effective dose]

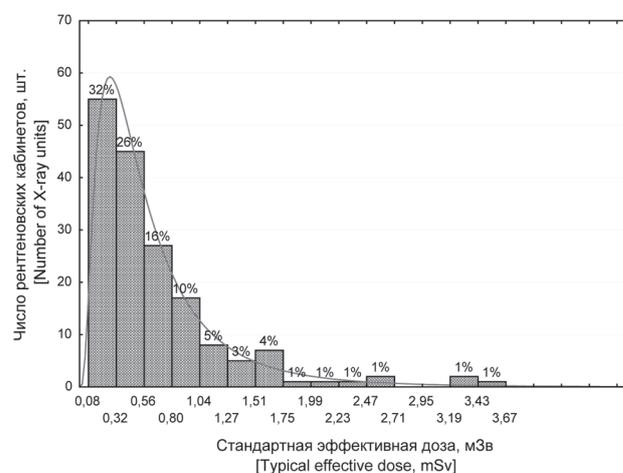
Примеры распределений рентгеновских кабинетов по СЭД для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции и исследования пояснично-крестцового



**Рис. 1.** Распределение рентгеновских аппаратов по СЭД, мЗв, для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции

**[Fig. 1.** Typical effective dose distribution for the pooled sample for the examination of chest in PA projection, mSv]

отдела позвоночника в передне-задней проекции для общей выборки представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Гистограммы представлены с логнормальной аппроксимацией.

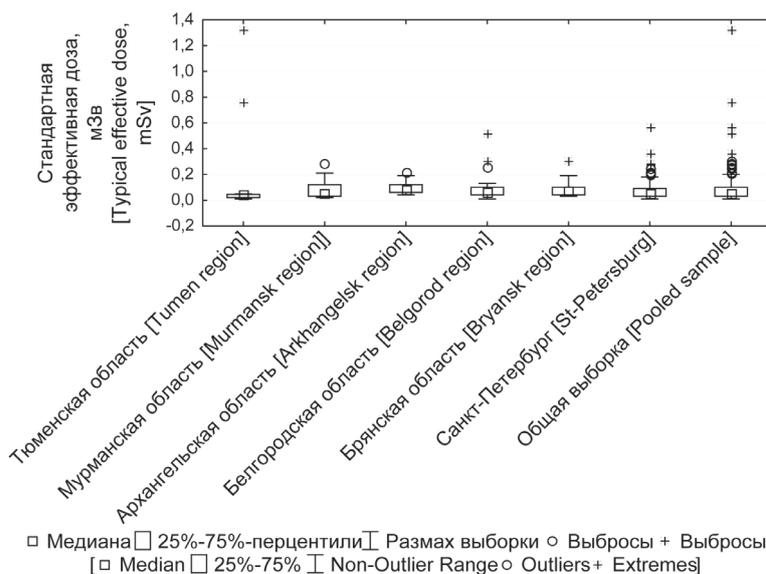


**Рис. 2.** Распределение рентгеновских аппаратов по СЭД, мЗв, для исследования пояснично-крестцового отдела позвоночника в передне-задней проекции

**[Fig. 2.** Typical effective dose distribution for the pooled sample for the examination of lumbar spine in AP projection, mSv]

Значения  $O_{m/m}$  свидетельствуют о наличии существенных (от 50 до 400 раз) различий в средних уровнях облучения пациентов для выбранных видов исследований в различных рентгеновских кабинетах. Наибольшие различия наблюдаются для исследования ОГК в прямой и боковой проекциях; наименьшие – для исследования ПОП в передней проекции. Экстремальные значения  $O_{m/m}$  обусловлены наличием устаревших рентгеновских аппаратов, техниче-

ские характеристики которых изменились с течением времени. Дополнительными причинами являются выполнение рентгенографических исследований с использованием высоких значений экспозиции (150–600 мАс) и максимальными размерами поля облучения (до 40×40 см). Пример распределений СЭД пациентов для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции с отмеченными выбросами представлен на рисунке 3.



**Рис. 3.** Распределения СЭД пациентов для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции для региональных и общей выборки

**[Fig. 3.** Typical effective dose distributions for the regional and pooled samples for the examination of chest in PA projection, mSv]

$O_{m/m}$  в 200 раз для этого исследования обусловлено наличием 12 рентгеновских аппаратов с аномально высокими дозами (выбросами). Аналогично объясняются причины разброса доз и для других видов исследований.

В таблице 4 представлены значения  $O_{m/m}$ , средние значения и 75% перцентили распределений СЭД пациентов до и после исключения из общей выборки аппаратов с СЭД менее 1% и более 99% перцентилей; менее 5% и более 95% перцентилей.

Как следует из таблицы 4, устранение 1% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами приведет к снижению  $O_{m/m}$  в полтора – два раза; 5% аппаратов – к снижению  $O_{m/m}$  в 6–12 раз по сравнению с ис-

ходной выборкой. Снижение средних значений распределений СЭД составит 3–13% и 10–29% при устранении 1% и 5% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами соответственно. При этом 75% перцентили распределений СЭД пациентов изменятся менее значительно; при устранении 5% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами снижение составит от 1% до 15%.

Рентгеновские кабинеты с аномально высокими и низкими СЭД нецелесообразно исключать из общей статистики. После проведения сбора данных и установления РДУ именно в этих кабинетах в первую очередь должно быть проведено расследование причин выбросов СЭД.

Таблица 4

**Сравнение  $O_{m/m}$ , средних значений и 75% перцентилей распределений СЭД пациентов для выбранных рентгенографических исследований до и после устранения экстремальных значений**

[Table 4

**Comparison of  $R_{m/m}$ , means and 75% percentiles of typical effective dose distributions for the selected radiographic examinations before and after removing the outliers]**

Область исследования [Anatomic region]	Общая выборка до устранения выбросов [Pooled sample before removing the outliers]			Общая выборка после устранения выбросов менее 1% и более 99% перцентилей [Pooled sample after removing the outliers lower than 1% and higher than 99% percentile]			Общая выборка после устранения выбросов менее 5% и более 95% перцентилей [Pooled sample after removing the outliers lower than 5% and higher than 95% percentile]		
	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75%-percentile]	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75% percentile]	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75% percentile]
Череп ПЗ [Skull AP]	70	0,07	0,09	62	0,07	0,09	16	0,06	0,08
Череп Б [Skull Lat]	64	0,03	0,04	54	0,03	0,04	18	0,03	0,04
ОГК ЗП [Chest PA]	200	0,10	0,10	132	0,09	0,10	21	0,08	0,09
ОГК Б [Chest Lat]	400	0,19	0,18	153	0,16	0,18	30	0,13	0,17
Ребра ПЗ [Ribs AP]	170	0,33	0,42	52	0,33	0,41	17	0,30	0,40
ШОП ПЗ [CS AP]	158	0,08	0,11	83	0,08	0,11	22	0,07	0,09
ШОП Б [CS Lat]	64	0,06	0,07	50	0,05	0,06	17	0,05	0,06
ГОП ПЗ [TS AP]	167	0,39	0,44	54	0,37	0,43	24	0,31	0,40
ГОП Б [TS Lat]	127	0,29	0,34	66	0,28	0,33	24	0,25	0,31
ПОП ПЗ [LS AP]	48	0,66	0,86	37	0,65	0,85	12	0,58	0,78
ПОП Б [LS Lat]	112	0,72	0,87	92	0,69	0,87	17	0,60	0,85
БП ПЗ [Abdomen AP]	134	0,80	0,96	53	0,76	0,95	18	0,67	0,87
Таз ПЗ [Pelvis AP]	173	0,74	0,86	75	0,72	0,85	22	0,65	0,82

<sup>1</sup>Отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной  
[Ratio of maximum typical effective dose to minimum typical effective dose]

При невозможности провести коррекцию режимов проведения рентгенографических исследований необходимо рассмотреть возможность замены рентгеновского аппарата на современный. Как следует из сравнения средних значений выборок до и после устранения выбросов, устранение причин выбросов позволит снизить среднее значение СЭД на 10–30% (см. табл. 4).

Для всех рентгенографических исследований были также проанализированы распределения СЭД с целью выявления различий между параметрами распределений для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов. Анализ проводился с использованием однофакторного дисперсионного анализа с использованием критериев Краскелла – Воллиса и медианного теста. Результаты описательной статистики распределений стандартных СЭД для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов для общей выборки представлены в таблице 5.

Достоверные различия ( $p < 0,05$ ) между распределениями СЭД для цифровых и аналоговых аппаратов для общей выборки были обнаружены только для исследо-

вания ОГК в ЗП проекции. Медианы и 75% квантили распределений стандартных ЭД для всех исследований для аналоговых аппаратов превышают аналогичные значения для цифровых аппаратов не более чем на 40% (около 20% для большинства исследований). Минимальные значения СЭД наблюдаются в равной мере как для цифровых, так и для аналоговых аппаратов. Максимальные значения СЭД для ряда исследований (брюшная полость, таз), проводимых на цифровых аппаратах, превышают таковые для аналоговых аппаратов. Таким образом, можно сделать вывод о незначительном влиянии технологии получения изображения (выполнения рентгенографического исследования на цифровом или аналоговом оборудовании) на СЭД пациентов в указанный период времени в обследованных МО.

### Заключение

В работе проведен сбор исходных данных и определены значения СЭД при выполнении наиболее распространенных рентгенографических исследований у взрос-

Таблица 5

**Результаты анализа стандартных эффективных доз для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов для общей выборки**

[Table 5]

**Comparison of typical effective dose distributions for analogue and digital X-ray units]**

Область исследования [Anatomic region]	Число аппаратов [Number of X-ray units]		Среднее [Mean]		Медиана [Median]		Минимум [Minimum]		Максимум [Maximim]	
	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]
Череп ПЗ [Skull AP]	48	119	0,07	0,07	0,05	0,06	0,01	0,01	0,34	0,35
Череп Б [Skull Lat]	45	112	0,03	0,03	0,02	0,02	0,003	0,003	0,15	0,16
ОГК ЗП [Chest PA]	56	133	0,08	0,11	0,05	0,06	0,01	0,01	0,52	1,60
ОГК Б [Chest Lat]	50	112	0,15	0,21	0,07	0,11	0,02	0,01	1,53	4,02
Ребра ПЗ [Ribs AP]	42	96	0,29	0,35	0,23	0,23	0,03	0,01	1,35	1,74
ШОП ПЗ [CS AP]	53	120	0,08	0,08	0,05	0,05	0,01	0,004	0,63	0,33
ШОП Б [CS Lat]	46	113	0,05	0,06	0,03	0,04	0,01	0,01	0,32	0,30
ГОП ПЗ [TS AP]	48	115	0,36	0,40	0,17	0,25	0,02	0,04	4,00	2,01
ГОП Б [TS Lat]	44	111	0,26	0,30	0,16	0,20	0,03	0,02	1,31	1,89
ПОП ПЗ [LS AP]	52	120	0,69	0,65	0,42	0,48	0,11	0,08	3,67	3,28
ПОП Б [LS Lat]	48	110	0,71	0,72	0,49	0,49	0,06	0,07	6,42	6,71
БП ПЗ [Abdomen AP]	35	88	0,88	0,77	0,38	0,52	0,05	0,09	6,71	4,48
Таз ПЗ [Pelvis AP]	49	110	0,72	0,75	0,46	0,55	0,06	0,03	5,19	3,74

Ц – цифровые рентгеновские аппараты; А – аналоговые рентгеновские аппараты.

[D – digital X-ray units; A – analogue X-ray units].

лых пациентов в шести регионах Российской Федерации. Собранные данные позволили определить эффективные дозы у пациентов с учетом параметров проведения рентгенографических исследований и физико-технических параметров аппаратуры. Использование единого подхода к определению эффективных доз пациентов обеспечивает их репрезентативность и достоверность.

Анализ региональных распределений рентгеновских аппаратов по значениям СЭД свидетельствует о их явно выраженном отклонении от нормальной формы распределения. Распределения лучше всего описываются лог-нормальной функцией. Сравнение региональных выборок показало отсутствие значимых различий в параметрах распределения СЭД между регионами для большинства исследований.

Для выбранных рентгенографических исследований отношения максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной составляют вплоть до двух порядков величины. Устранение значений СЭД ниже 5% и выше 95% перцентилей распределения позволит снизить среднюю СЭД вплоть до 30%; 75% перцентиль распределения СЭД – вплоть до 15%.

Анализ общей выборки показал, что в настоящее время отсутствуют значимые различия между значениями СЭД для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов для всех выбранных рентгенографических исследований.

Данные обстоятельства необходимо учитывать при установлении и применении региональных и национальных РДУ, а также при прогностической оценке эффективности проведения оптимизационных мероприятий в рентгенографии.

## Литература

1. Вишнякова, Н.М. Методические аспекты установления референтных диагностических уровней облучения взрослых пациентов при рентгенологических исследованиях / Н.М. Вишнякова [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2010. – № 1 (29). – С. 96–102.
2. Водоватов, А.В. Практическая реализации концепции референтных диагностических уровней (РДУ) для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований / А.В. Водоватов // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, №1. – С. 47–55.
3. ICRP, 201x. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 1XX Ann. ICRP 4X(X-X). [http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation\(011116\).pdf](http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation(011116).pdf) (дата обращения: 04.08.2017).
4. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002–2015 гг.: информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб.: НИИРГ, 2015. – 40 с.
5. Vodovatov A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. [et. al.] Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. Rad. Prot. Dosim, 2017, Vol. 173, № 1-3, pp. 223-232.
6. Голиков, В.Ю. Оценка эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков [и др.] // Сборник научных трудов «Радиационная гигиена». – СПб., 2003. – С. 75–88.
7. Петри, А. Наглядная медицинская статистика / А. Петри, К. Сэбин; перевод с англ., под ред. В.П. Леонова. – 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 168 с.
8. Водоватов, А.В. Новый подход к определению стандартного пациента для оптимизации защиты пациентов от медицинского облучения / А.В. Водоватов, И.Г. Камышанская, А.А. Дроздов // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 104–116.

Поступила: 08.08.2017 г.

**Водоватов Александр Валерьевич** – научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vodovatoff@gmail.com

**Голиков Владислав Юрьевич** – старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Кальницкий Сергей Анатольевич** – ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Шацкий Илья Геннадьевич** – научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Чипига Лариса Александровна** – инженер-исследователь Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Для цитирования: Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А., Шацкий И.Г., Чипига Л.А. Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг. // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 66–75. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75**

## Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014

Alexandr V. Vodovатов, Vladislav Yu. Golikov, Sergey A. Kalnitsky, Ilya G. Shatsky, Larisa A. Chipiga

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

*Diagnostic reference levels are the main and the most effective tools of optimization of the radiation protection of patients from medical exposure. Diagnostic reference levels should be established based on the results of dedicated dose surveys, allowing evaluating typical patient dose distributions in a selected dose quantity for the selected X-ray examinations. The aim of the current study was to assess the distributions of typical effective doses in representative Russian regions. Materials and methods: Typical patient effective doses for the 13 most common radiographic X-ray examinations were collected in 203 X-ray rooms in 101 hospitals in six regions of Russian Federation in 2009–2014. A differentiated approach was used for the estimation of the typical effective doses depending on the image acquisition technology. Effective doses were estimated using «EDEREX» (Russia) computational software. Results and discussion: Results of the dose data analysis indicate the lack of significant differences between the distributions of the typical effective doses between the selected regions, allowing merging the regional samples and further evaluating the pooled (joint) sample. A significant ratio of maximum to minimum (up to two orders of magnitude) due to a presence of X-ray units with abnormally high and low typical effective doses was observed for all 13 selected X-ray examinations. Abnormally high typical effective doses can be explained by performing the examinations using high values of tube current-time product (150–600 mAs) on a maximum field size (up to 40 cm). Removal of the typical effective doses below 5%-percentile and above 95%-percentile of typical effective dose distributions for all examinations would result in a reduction of a mean effective dose by up to 30% and reduction of a 75%-percentile of the distributions by up to 15%. No significant differences between the distributions of TED for analogue and digital X-ray units were observed for the pooled sample for selected examinations except for the examination of the chest in posterior-anterior projection. Conclusions: These results should be considered in the process of establishing and implementing DRLs as well as in the cost-benefit analysis of the optimization in radiography.*

**Key words:** optimization, effective dose, radiography, patient.

### References

- Vishnyakova N.M. [et al.] Methodical aspects of establishment of diagnostic reference levels for radiography for adult patients. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-meditsinskoy akademii* = News of Russian Military Medical Academy, 2010, № 1 (29), pp. 96–102. (In Russian).
- Vodovатов A. V. Practical implementation of diagnostic reference levels (DRLs) concept for the common radiographic examinations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2017, Vol. 10, № 1, pp. 47–55. (In Russian).
- ICRP, 201x. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 1XX Ann. ICRP 4X(X-X). – Available on: [http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation\(011116\).pdf](http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation(011116).pdf) (Accessed: 04.08.2017).
- Repin V.S. [et al.] Doses to the public of Russian Federation based on the ESKID results in 2002–2015. *Informatsionnyy sbornik = Information bulletin*. St-Petersburg, 2015, 40 p. (In Russian).
- Vodovатов A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. [et. al.] Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. *Rad. Prot. Dosim*, 2017, Vol. 173, № 1–3, pp. 223–232.
- Golikov V.Yu. [et al.] Assessment of effective doses of patients from diagnostic X-ray examinations. *Proceedings «Radiation Hygiene»*. St-Petersburg, 2003, pp. 75–88. (In Russian).
- Petrie A., Sabin C. *Medical Statistics at a Glance*. Moscow, GEOTAR-Media, 2010, 168 p. (In Russian).
- Vodovатов A.V., Kamysanskaya I.G., Drozdov A.A. New approach for the determination of the standard patient to be used for optimization of the medical exposure protection. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol.7, No 4, pp. 104–116. (In Russian).

Received: August 08, 2017

**For correspondence: Aleksandr V. Vodovатов** – Research scientist, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, St. Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com)

**Alexandr V. Vodovатов**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com

**Vladislav Yu. Golikov** – Senior Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Sergey A. Kalnitsky** – Leading Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Ilya G. Shatsky** – Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Larisa A. Chipiga** – Engineer researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**For citation: Vodovatov A.V., Golikov V.Yu., Kalnitsky S.A., Shatsky I.G., Chipiga L.A. Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 66-75. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75**

## Анализ подходов к формированию контрольной группы в радоновых эпидемиологических исследованиях по типу случай – контроль

А.Д. Онищенко, А.Н. Вараксин, М.В. Жуковский

Институт промышленной экологии Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

*Цель: изучить влияние метода подбора контрольной группы в радоновом исследовании случай – контроль, а также влияние дополнительных аддитивных или мультипликативных факторов риска на результаты исследования. Материалы и методы: моделирование масштабного радонового эпидемиологического исследования по типу случай – контроль. Изучение влияния представительности величины подгруппы сравнения на результаты расчета отношения шансов возникновения радиационно-индуцированного рака легкого. Анализ различных вариантов стандартизации контрольной группы на корректность оценки зависимости доза – эффект. Разработка методов выявления факторов риска, влияющих на возникновение рака легкого, и определения механизма их влияния (аддитивный или мультипликативный). Результаты: показано, что недостаточная представительность подгруппы сравнения, используемой при расчете отношения шансов, может существенно исказить оценки зависимости доза – эффект. При наличии факторов (пол, курение и т. д.), коррелирующих как с заболеваемостью раком легкого, так и с объемной активностью радона (конфаундеров), необходима полная стандартизация по таким конфаундерам. Мультипликативные факторы риска, не являющиеся конфаундерами, не требуют дополнительной стандартизации при подборе контрольной группы. Расчет отношения шансов для различных факторов риска в подгруппах, различающихся уровнями спонтанной онкологической заболеваемости, позволяет выявить значимость данного фактора для возникновения рака легкого, и установить преимущественный механизм действия данного фактора (мультипликативный или аддитивный). Выводы: при проведении радонового исследования по типу случай – контроль необходимо выявление факторов риска, коррелирующих как с заболеваемостью раком легкого, так и с объемной активностью радона, оценка механизма действия данных факторов и полная стандартизация контрольной группы по ним.*

**Ключевые слова:** радон, рак легкого, эпидемиология, исследования случай – контроль.

### Введение

Оценки риска при облучении радоном показали, что от 10 до 14% случаев рака легкого обусловлены облучением населения дочерними продуктами распада радона в жилищах [1–3]. В связи с этим Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала, что радон является второй после курения причиной возникновения рака легкого [2]. Важно, что сделанные оценки риска базируются не на косвенных данных или данных лабораторных исследований, а на результатах, полученных при проведении эпидемиологических исследований. На начальных этапах радоновых исследований это были данные по заболеваемости шахтеров, работавших преимущественно на урановых шахтах [3–6]. Позднее были проведены многочисленные исследования по связи рака легкого с облучением радоном в жилищах, результаты которых были проанализированы в трех объединенных исследованиях по

Европе [7], США и Канаде [8] и Китаю [9]. Исследования по связи рака легкого с облучением радоном в жилищах [7–9] были выполнены по типу случай – контроль.

Количественная оценка связи между воздействием фактора риска и развитием болезни в исследовании типа случай – контроль производится путем определения отношения шансов (ОШ или OR – odds ratio), которое обычно, при малой распространенности заболевания, по величине очень близко к относительному риску. При этом весь диапазон ОА радона разбивается на интервалы, и для каждого из них рассчитывается отношение шансов (относительно начального интервала). При изучении эффекта воздействия радона учитывается, что нет таких членов популяции, которые не подвергались бы облучению при ингаляционном поступлении ДПР радона, ОШ рассчитывается относительно некоторого наименьшего (первого) диапазона воздействия.

**Онищенко Александра Дмитриевна**

Институт промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук.

**Адрес для переписки:** 620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 20. E-mail: onischenko@ecko.uran.ru

В методе случай – контроль отношение шансов определяется как шанс наличия воздействия в основной группе, деленный на шанс наличия воздействия в контрольной группе [10]. Значения ОШ от 0 до 1 соответствуют снижению риска заболевания при воздействии фактора, более 1 – его увеличению, ОШ, равное 1, означает отсутствие эффекта. Расчет ОШ производится по формуле:

$$\text{ОШ} = \frac{A}{B} / \frac{C}{D} \quad (1)$$

где А – число членов основной группы, подвергшихся воздействию; В – число членов основной группы, не подвергшихся воздействию; С – число членов контрольной группы, подвергшихся воздействию; D – число членов контрольной группы, не подвергшихся воздействию. 90% доверительные интервалы для значения ОШ рассчитываются по формуле [11]:

$$\text{ОШ}_{\min, \max} = \exp \left[ \ln(\text{ОШ}) \pm 1,64 \cdot \sqrt{\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D}} \right], \quad (2)$$

Зависимость ОШ от ОА радона представляется в виде

$$\text{ОШ}(C_{Rn}) = 1 + \beta_{\text{ОР}} \times (C_{Rn} - C_{Rn1}), \quad (3)$$

где  $C_{Rn}$  – значение ОА радона в анализируемой группе;  $C_{Rn1}$  – ОА радона в первой группе (группе сравнения) с минимальным значением ОА радона (группы В и D).

При измерении ОА радона в жилищах и оценке индивидуальной экспозиции возникают неопределенности, обусловленные рядом причин: погрешностью методов измерения, вариабельностью ОА радона во времени, неопределенностью длительности пребывания индивида в жилище, где проводятся измерения, облучением индивида в других местах его пребывания и др. Оценка влияния погрешностей на результаты эпидемиологических исследований по связи рака легкого с облучением радоном в жилищах была сделана в работах [12, 13].

Ни в одном из объединенных исследований [7, 8] либо исследованиях, вошедших в объединенные анализы, не были подробно проанализированы возможные неопределенности оценки ОШ, обусловленные произвольностью выбора количества диапазонов разбиения анализируемой выборки по ОА радона и границ этих диапазонов. Обычно весь диапазон ОА радона разбивался на 4–6 поддиапазонов с увеличением каждого последующего поддиапазона примерно вдвое по сравнению с предыдущим [7, 8].

Правильный подбор контрольной группы является необходимым условием для получения адекватного результата при проведении исследований случай – контроль [14]. Разнообразие коррелированных или некоррелированных факторов риска, потенциально способных повлиять на возникновение рака легкого, не всегда позволяет полностью стандартизовать группы случай и контроль. Выявление наиболее значимых факторов, по которым стандартизация является принципиально важной, а также влияние неполной стандартизации контрольной группы на результаты анализа представляется важной и не до конца решенной задачей. Также недостаточно изученным является вопрос о том, влияет ли отличие в механизме действия фактора риска (аддитивный или мультипликативный характер действия фактора) на результаты оценки зависимости ОШ от ОА радона.

Как можно заметить, на корректность анализа эпидемиологических данных, полученных при исследованиях случай – контроль, может влиять целый ряд факторов. При этом часть факторов может существенно исказить результаты анализа даже в таком идеальном случае, когда уровни радиационного воздействия известны в точности, без влияния дополнительных случайных погрешностей.

**Цель исследования** – изучить влияние метода подбора контрольной группы в радоновом исследовании случай – контроль, а также влияние дополнительных аддитивных или мультипликативных факторов риска на результаты исследования.

### Задачи исследования

1. Моделировать заболеваемость раком легкого в популяции, подверженной воздействию радона, а также дополнительных канцерогенных факторов риска.
2. Обосновать необходимый объем группы сравнения.
3. Проанализировать влияние различных типов стандартизации контрольной группы при наличии дополнительных факторов риска на оценку зависимости доза – эффект.
4. Разработать подходы к определению механизмов действия факторов риска (аддитивный или мультипликативный)

### Материалы и методы

Моделирование возникновения рака легкого в популяции, на которую воздействуют такие факторы как радон и курение, подробно описано в работе [13]. Вероятность возникновения рака легкого при наличии дополнительных факторов риска рассчитывалась как

$$P(t, \text{smoking}, Rn, F_i) = \lambda_0 \cdot RR_{sm} (1 + OA_{Rn} \cdot ERR_{Rn}) \cdot F_m + F_a, \quad (4)$$

где  $\lambda_0(t)$  – спонтанная частота возникновения рака легкого в возрасте  $t$  у некурящих;  $RR_{sm}$  – относительный риск возникновения рака легкого за счет курения для различных категорий (табл. 1); распределение курящих среди мужчин и женщин задано согласно [7];  $ERR_{Rn}$  – дополнительный относительный риск возникновения рака легкого при воздействии радона;  $OA_{Rn}$  – объемная активность радона, воздействующая на заданного индивидуума;  $F_m$  – фактор риска, действующий по мультипликативному механизму;  $F_a$  – фактор риска, действующий по аддитивному механизму (вероятность возникновения заболевания, обусловленного данным фактором, не зависит от  $\lambda_0(t)$ ). При отсутствии дополнительных факторов риска значение коэффициента  $F_m$  принималось равным единице. Соответственно, фактор  $F_a$  при отсутствии риска принимался равным нулю.

При помощи генератора случайных чисел разыгрывалось число, равномерно распределенное на интервале от 0 до 1. Если выполнялось условие  $RANDOM P(t, \text{smoking}, Rn, F_i)$ , то считалось, что заболевание раком легкого реализовано и рассматриваемый объект относился к группе случай (основная группа).

При установлении величины дополнительного относительного риска возникновения рака легкого при облучении радоном  $ERR_{Rn}$  было использовано два подхода. В первом подходе для всех возрастов воздействия и достигнутых возрастов использовался постоянный коэффициент дополнительного относительного риска, равный

0,16 на 100 Бк/м<sup>3</sup> [7]. Во втором подходе в качестве модели радиационного риска использовалась модель, разработанная в [6] на основании анализа эпидемиологических данных по францужско-чешской когорте шахтеров урановых рудников. Особенностью данной модели является наличие зависимости относительного риска как от возраста на момент радиационного воздействия, так и от времени, прошедшего с момента облучения. Для большей согласованности данной модели с результатами объединенного эпидемиологического исследования [7] коэффициент пропорциональности данной модели был нормирован так, чтобы при пожизненном равномерном радиационном воздействии коэффициент дополнительного относительного риска также был равен 0,16 на 100 Бк/м<sup>3</sup> [15].

Таблица 1  
Относительный риск возникновения рака легкого в зависимости от интенсивности курения [7]

[Table 1  
The relative risk of lung cancer, depending on the intensity of smoking [7]]

Интенсивность курения [Smoking intensity]	Мужчины [Males]	Женщины [Females]
Никогда не курившие (некурящие) [Non smokers]	1,0	1,0
Курят в настоящее время [Smokers] :		
< 15 сигарет в день (курящие 1) [< 15 cigarettes/day (smokers 1)]	13,2	5,8
15–24 сигареты в день (курящие 2) [15–24 cigarettes/day (smokers 2)]	25,8	11,4
≥ 25 сигарет в день (курящие 3) [≥ 25 cigarettes/day (smokers 3)]	39,5	17,4
Бросившие курить: [Ex-smokers]:		
< 10 лет (бросившие 1) [ex-smokers 1]	20,8	5,5
≥ 10 лет (бросившие 2) [ex-smokers 2]	5,0	1,3
Курящие от случая к случаю, курящие только трубки или сигары (другие) [Smokers on a case-by-case basis, smoking only tubes or cigars (others)]	8,3	1,5

Достаточно высокий относительный риск для лиц, недавно бросивших курить, может объясняться тем, что причиной прекращения курения послужило наступившее ухудшение здоровья. [A comparatively high relative risk for people who recently quit smoking can be explained by the fact that the cause of cessation of smoking was the deterioration of health].

В ряде исследований было показано, что наблюдается корреляция между уровнями радона в жилищах и фактом курения его обитателей. В среднем ОА радона в домах у курящих ниже, чем у некурящих [7, 16, 17]. Данный факт может быть объяснен как более частым проветриванием помещений, так и различиями в социальном статусе людей, поскольку известно, что процент курящих среди лиц, занимающих более высокие позиции в обществе, ниже. В связи с этим было сгенерировано два типа выборок:

– с отсутствием корреляции между курением и ОА радона;

– с уменьшением сгенерированного значения ОА радона в среднем на 10% для курящих членов моделируемой популяции.

Расчет отношения шансов для различных вариантов разбиений диапазона по ОА радона на поддиапазоны производился при помощи специализированной программы, разработанной в Институте промышленной экологии УрО РАН [12, 18]. Взвешивающие коэффициенты при расчетах могли быть приняты, исходя из количества членов основной группы или суммарного количества членов основной и контрольной групп в каждом диапазоне разбиения.

Оценка неопределенности коэффициента наклона зависимости ОШ от ОА радона в ситуациях, когда отношение шансов в каждом из поддиапазонов разбиения имеет собственный несимметричный доверительный интервал, является нетривиальной задачей. Для ее решения был использован численный метод: методом Монте-Карло генерировался набор отношений шансов для всех интервалов разбиения с учетом их неопределенностей и закона распределения, затем вычислялся коэффициент наклона. Всего проводилось не менее 1000 итераций. По результатам расчетов для всех итераций рассчитывались доверительные интервалы для коэффициента наклона зависимости доза – эффект.

## Результаты и обсуждение

1. Влияние объема подгруппы сравнения на результаты исследований случай – контроль

Для проверки влияния поддиапазонов разбиения по ОА радона на оценку зависимости ОШ от ОА радона были попарно проанализированы выборки, сгенерированные по одним и тем же критериям (здесь и далее приводится нумерация выборок, изначально принятая при моделировании.):

– возрастно-зависимая модель относительного риска при отсутствии корреляции между курением и ОА (выборки М-10 и М-11);

– возрастно-зависимая модель относительного риска с отрицательной корреляцией (–10%) между курением и ОА радона (выборки М-8 и М-8а);

Контрольная группа для каждой выборки была стандартизована по полу, возрасту и статусу курения с основной группой (подбор копия – пара). Объем каждой из выборок составил около 7900 случаев и 15 800 контролей, что соответствует объединенному европейскому исследованию [7]. Значение среднего геометрического (СГ) ОА радона в выборках составляло 49 Бк/м<sup>3</sup>, стандартного геометрического отклонения (СГО) – 2,95. Для данных выборок были рассчитаны зависимости ОШ от ОА радона для различных вариантов разбиения диапазонов ОА радона:

– одинаковое количество членов основной группы в каждом из интервалов;

– одинаковое суммарное количество членов основной и контрольной групп в каждом из интервалов;

– ручное разбиение интервалов экспозиции, исходя из некоторой экспертной оценки анализируемых данных.

Количество интервалов автоматического разбиения выбиралось от 3 до 8. В результате были получены следующие значения (табл. 2).

Таблица 2

Расчет зависимости ОШ от ОА радона (коэффициент  $\beta_{OR}$  в уравнении 3) для различных вариантов автоматического разбиения выборок

[Table 2

Calculation of the dependence of odds ratio on radon concentration (coefficient  $\beta_{OR}$  in equation 3) for various variants of automatic division of samples]

Количество интервалов [Number of intervals]	Способ разбиения [Method of division]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> [ $\beta_{OR}$ , per 100 Bq/m <sup>3</sup> ]				
		Выборка М-8 [Sample M-8]	Выборка М-8а [Sample M-8а]	Выборка М-10 [Sample M-10]	Выборка М-11 [Sample M-11]	
3	Одинаковое количество членов основной группы [The same number of members of the case group]	0,13	0,10	0,14	0,15	
4		0,14	0,11	0,14	0,14	
5		0,16	0,11	0,12	0,15	
6		0,18	0,12	0,11	0,13	
7		0,16	0,12	0,11	0,13	
8		0,17	0,13	0,11	0,14	
3		Одинаковое количество членов основной и контрольной групп [The same number of members of the case and control group]	0,13	0,093	0,13	0,14
4			0,14	0,11	0,14	0,14
5	0,16		0,11	0,13	0,14	
6	0,16		0,12	0,11	0,14	
7	0,15		0,13	0,10	0,14	
8	0,17		0,13	0,11	0,14	
	Среднее $\pm$ 95% ДИ [Average $\pm$ 95% CI]		0,15 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,03	0,14 $\pm$ 0,01

Из приведенных данных видно, что средние значения коэффициентов наклона  $\beta_{OR}$  в ряде случаев не соответствуют начально заданному значению 0,16 на 100 Бк/м<sup>3</sup> даже с учетом доверительных интервалов. Несмотря на то, что выборки генерировались абсолютно идентично и объем выборок весьма значителен, различия в средних зависимостях ОШ от ОА радона, приведенные в таблице 2, являются в половине случаев статистически значимыми.

Детальный анализ наблюдаемой зависимости выявил ряд принципиально важных фактов. При автоматическом разбиении общей выборки в первой подгруппе (подгруппа сравнения) верхнее значение ОА радона лежит в интервале от 36 Бк/м<sup>3</sup> при разбиении на 3 группы до 15 Бк/м<sup>3</sup> при разбиении на 8 групп. Несмотря на то, что в каждой из подгрупп находится значительное количество членов как основной, так и контрольной группы, возникла необходимость проверки представительности подгруппы сравнения.

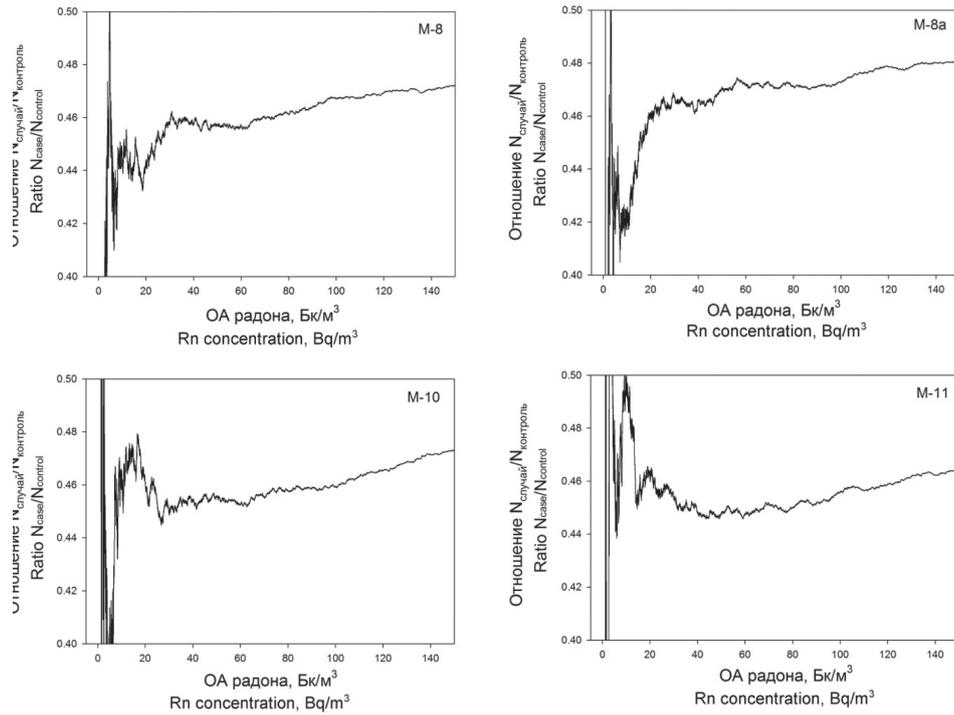
Для этого была построена зависимость отношения количества случаев к количеству контролей в подгруппе сравнения  $N_{случай}/N_{контроль}$  («шанса» или отношения В/D в уравнении 1) от верхней границы по ОА радона для данной подгруппы. Результаты приведены на рисунке 1. Из приведенных данных видно, что отношение  $N_{случай}/N_{контроль}$  при относительно небольших изменениях значения верхней границы по ОА радона в подгруппе сравнения может заметно изменяться. Относительно устойчивое увеличение отношения  $N_{случай}/N_{контроль}$  начинается проявляться при значениях ОА радона, превышающих 40–50 Бк/м<sup>3</sup>. Более

наглядно это проявляется при анализе производной от «шанса» по ОА радона (рис. 2).

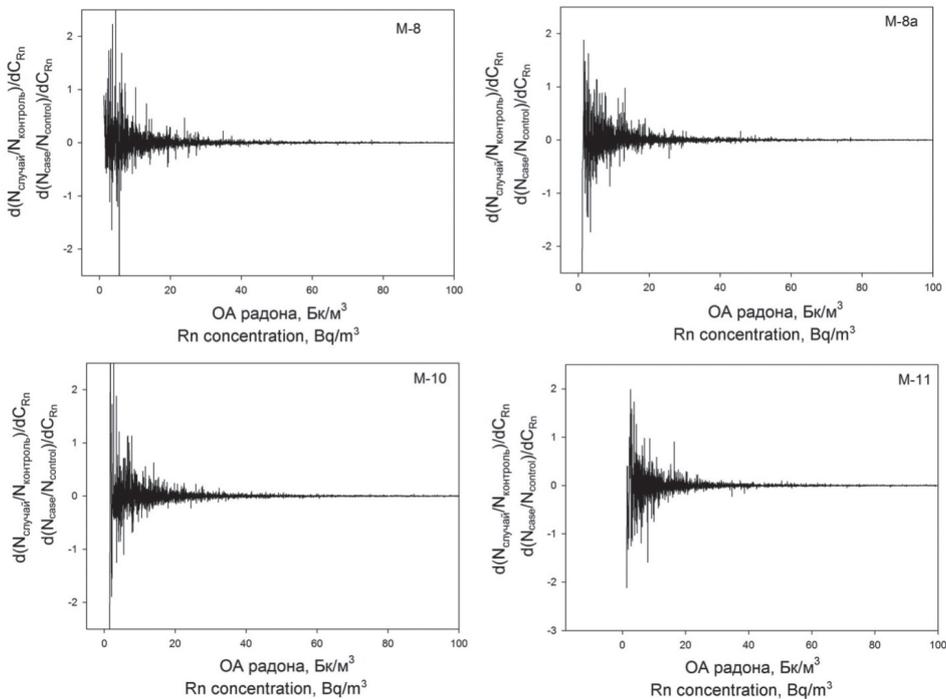
Был сделан вывод, что при автоматическом разбиении основной выборки величина подгруппы сравнения не являлась достаточно представительной. Резкие и непрогнозируемые изменения отношения  $N_{случай}/N_{контроль}$  в подгруппе сравнения при незначительном изменении ее границ по ОА радона являются причиной различных значений коэффициента  $\beta_{OR}$  при недостаточном размере данной подгруппы (см. табл. 2). Как следствие, расчет зависимости ОШ от ОА радона для каждой из рассматриваемых выборокотягощен неопределенностью, обусловленной неверной оценкой значения «шанса» для подгруппы сравнения. Исходя из данных, приведенных на рисунках 1 и 2, было принято, что для рассматриваемых выборок представительность отношения В/D может быть обеспечена только при значении границы по ОА радона для подгруппы сравнения не менее 40–50 Бк/м<sup>3</sup>.

Для оценки корректности данного предположения были проведены расчеты  $\beta_{OR}$  для ручного разбиения выборки на подгруппы: 0–40; 40–80; 80–150; 150–300; 300–600; >600 Бк/м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов представлены в таблице 3. Полученные данные демонстрируют, что выбранный вариант разбиения «стандартной» выборки позволяет получить начально заданное значение  $\beta_{OR}$  (0,16 на 100 Бк/м<sup>3</sup>). Отметим, что в указанные границы подгруппы сравнения (40–50 Бк/м<sup>3</sup>) попадает около 40% объема общей выборки. В то же время в объединенном европейском исследовании [7] объем подгруппы сравнения составлял 7,9% для группы случай и 10,4% для группы контроль.



**Рис. 1.** Отношение количества случаев к количеству контролей в подгруппе сравнения в зависимости от верхней границы по ОА радона для данной подгруппы  
**[Fig. 1.** The ratio of the number of cases to the number of controls in the comparison subgroup, depending on the upper limit for radon concentration for a given subgroup]



**Рис. 2.** Производная от «шанса» по ОА радона в зависимости от верхней границы по ОА радона для подгруппы сравнения  
**[Fig. 2.** The derivative by radon concentration of the “chance” as a function of the upper limit for radon concentration for the comparison subgroup]

Таблица 3  
**Расчет зависимости ОШ от ОА радона при ручном разбиении выборок (в скобках указаны 90% доверительные интервалы)**  
 [Table 3]

**Calculation of the dependence of odds ratio on radon concentration in manual sample division (90% confidence intervals are indicated in brackets)]**

Показатель [Index]	Выборка М-8 [Sample M-8]	Выборка М-8а [Sample M-8а]	Выборка М-10 [Sample M-10]	Выборка М-11 [Sample M-11]
$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> [ $\beta_{OR}$ , per 100 Вq/m <sup>3</sup> ]	0,17 (0,16–0,19)	0,14 (0,13–0,16)	0,15 (0,14–0,16)	0,16 (0,15–0,17)

Дополнительно был проведен подобный анализ для выборок, имеющих различные средние уровни ОА радона. Для этого были сформированы выборки с различными уровнями среднего геометрического значения (СГ) ОА радона и значением геометрического стандартного отклонения 2,95. Объемы выборок соответствовали 7750–9570 объектам в группе случай и 15 500–19 100 объектам в группе контроль в зависимости от СГ ОА радона.

Анализ приведенных данных показал, что для выборок со значениями СГ ОА радона 25–35 Бк/м<sup>3</sup> верхняя граница подгруппы сравнения по ОА радона может быть установлена на уровне 0,8×СГ. При дальнейшем увеличении СГ выборки адекватные результаты оценки зависимости ОШ от ОА радона были получены при значении верхней границы группы сравнения по ОА радона, не превышающей 40 Бк/м<sup>3</sup>.

**2. Влияние подбора контрольной группы на зависимость ОШ от ОА радона**

При эпидемиологических исследованиях ошибку в интерпретации результатов анализа может внести недостаточно корректно подобранная контрольная группа. Для оценки влияния данного фактора при имитационном моделировании были рассмотрены четыре различных варианта подбора контрольных групп:

- контрольная группа соответствует распределению по полу, возрасту и статусу курения в общей популяции, подвергшейся воздействию радона (популяционный контроль);

- контрольная группа выровнена с основной группой по полу, остальные факторы (возраст и курение) не стандартизованы и соответствуют распределению в общей популяции (стандартизация по полу);

- контрольная группа выровнена с основной группой по полу и возрасту, статус по курению не выравнивался (стандартизация по полу и возрасту);

- для каждого члена основной группы подобраны пары, в точности соответствующие по полу, возрасту, статусу курения и дополнительным факторам риска (стандартизация типа копия – пара).

Для того чтобы в дальнейшем различать разные влияющие воздействия, введем следующие определения:

- фактор риска – особенности организма или воздействие, увеличивающее вероятность возникновения рака легкого (по мультипликативному или аддитивному закону), но не оказывающее статистически значимого влияния на величину ОА радона;

- конфаундер – воздействие, одновременно влияющее как на вероятность возникновения рака легкого, так и на величину ОА радона [14].

В нашем случае возраст является фактором риска, а курение, коррелирующее как с заболеваемостью раком легкого, так и с уровнями ОА радона, является типичным конфаундером. Пол формально не является конфаундером, но он настолько тесно связан как с частотой курения, так и с уровнями относительного риска для одинаковых категорий курильщиков, что его целесообразно рассматривать как некий суррогат конфаундера.

Для изучения влияния размеров выборки, способа подбора контрольной группы и средних уровней ОА радона в выборке на результаты эпидемиологического исследования анализ отношения шансов проводился для исходно сгенерированных значений ОА радона, не искаженных неопределенностями измерений.

Анализ зависимости ОШ от ОА радона как для модели постоянного риска, так и для модели возраст-зависимого риска позволил выявить важную закономерность. При отсутствии корреляции между статусом курильщика и ОА радона для различных вариантов подбора контрольной группы (популяционный контроль, стандартизация по полу, стандартизация по полу и возрасту, подбор копия – пара) различия в значениях параметра  $\beta_{OR}$  были статистически незначимыми (табл. 4).

Таблица 4  
**Зависимость ОШ от ОА радона при отсутствии корреляции между статусом курильщика и ОА радона (указаны 90% доверительные интервалы)**

[Table 4]

**Dependence of odds ratio on radon concentration in the absence of correlation between smoker status and radon concentration (90% confidence intervals are indicated)]**

Вид стандартизации [Type of standardization]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> , [ $\beta_{OR}$ , per 100 Вq/m <sup>3</sup> ]		
	Выборка М-1 [Sample M-1]	Выборка М-10 [Sample M-10]	Выборка М-11 [Sample M-11]
Популяционный контроль [Population control]	0,17 (0,16–0,18)	0,16 (0,15–0,16)	0,17 (0,16–0,18)
Стандартизация по полу [Standardization by sex]	0,17 (0,16–0,18)	0,16 (0,15–0,17)	0,16 (0,15–0,17)

Окончание таблицы 4

Вид стандартизации [Type of standardization]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> , [ $\beta_{OR}$ , per 100 Bq/m <sup>3</sup> ]		
	Выборка М-1 [Sample M-1]	Выборка М-10 [Sample M-10]	Выборка М-11 [Sample M-11]
Стандартизация по полу и возрасту [Standardization by sex and age]	0,18 (0,17–0,19)	0,14 (0,13–0,16)	0,17 (0,16–0,18)
Стандартизация копия – пара [Standardization of copy – pair]	0,17 (0,16–0,18)	0,15 (0,14–0,16)	0,16 (0,15–0,17)

Данный результат является вполне закономерным. Поскольку на исходные значения ОА радона не оказывают влияния никакие дополнительные факторы, то распределение ОА радона в контрольных группах не зависит от типа стандартизации контрольной группы. По сути это означает, что при отсутствии корреляции между ОА радона в жилищах и факторов, влияющих на заболеваемость раком легкого (пол, возраст, курение), мы не должны наблюдать изменений в наклоне зависимости доза – эффект при любом способе подбора контрольной группы. Это обусловлено тем, что выборка значений ОА радона в контрольной группе является выборочной совокупностью, полученной случайным образом из общей генеральной совокупности.

Необходимо учитывать, что действие таких факторов риска, как пол, возраст или курение, в явном или опосредованном виде является мультипликативным. Так, например, от возраста зависит спонтанная частота возникновения рака легкого  $\lambda_d(t)$ , входящая как сомножитель в выражение (4) для расчета вероятности возникновения радиационно-индуцированного рака легкого. То же самое относится и к коэффициенту относительного риска возникновения рака легкого за счет курения  $RR_{sm}$ .

В связи с этим продемонстрируем более подробно влияние факторов риска, действующих по мультипликативному механизму, на результаты расчета ОШ. В случае отсутствия дополнительных факторов риска можно записать следующее выражение для расчета ОШ в *i*-м поддиапазоне:

$$ОШ_i = \left( \frac{N_i^{case}}{N_1^{case}} \right) / \left( \frac{N_i^{cont}}{N_1^{cont}} \right) = \left( \frac{N_{i,spont}^{case} + N_{i,rad}^{case}}{N_{1,spont}^{case}} \right) / \left( \frac{N_i^{cont}}{N_1^{cont}} \right), \quad (5)$$

где индексы *case* и *cont* обозначают группы случай и контроль, а индексы *spont* и *rad* обозначают, соответственно, спонтанно возникшие и радиационно-индуцированные случаи рака легкого. Для простоты примем, что для первой подгруппы разбиения выборки по ОА радона наличием радиационно-индуцированных случаев рака можно пренебречь и  $N_{1,rad}^{case} = 0$ . При воздействии фактора риска, не коррелирующего с ОА радона, как спонтанная, так и радиационно-индуцированная заболеваемость увеличиваются в одинаковое количество раз  $F_m$ . Поэтому в такое же количество раз понадобится увеличить и контрольную группу, однако относительное распределение количества членов контрольной группы по подгруппам разбиения выборки по ОА радона останется неизменным. В таком случае можно будет записать

$$ОШ_i = \left( \frac{N_i^{case} \cdot F_m}{N_1^{case} \cdot F_m} \right) / \left( \frac{N_i^{cont} \cdot F_m}{N_1^{cont} \cdot F_m} \right) = \left( \frac{N_i^{case}}{N_1^{case}} \right) / \left( \frac{N_i^{cont}}{N_1^{cont}} \right), \quad (6)$$

Как можно видеть, наличие фактора риска, действующего по мультипликативному механизму и не коррелирующего с ОА радона, не приводит к изменению оценки ОШ. Таким образом, может быть сделан вывод, что в выборке, где отсутствует корреляция между факторами риска и ОА радона (т. е. при отсутствии конфаундеров), отсутствуют и статистически значимые различия между коэффициентами наклона ОШ от ОА радона, рассчитанными для различных способов подбора контрольной группы.

Иная ситуация наблюдается в случае, когда в соответствии с данными [7, 16, 17] было принято, что в жилищах курящих ОА радона в среднем на 10% ниже, чем в аналогичных жилищах у некурящих. В данном случае курение из фактора риска превращается в конфаундер. Анализ проводился для рассмотренных ранее выборок, сгенерированных для возраст-зависимой модели относительного риска. При анализе было обнаружено, что величина  $\beta_{OR}$  зависит от вида стандартизации контрольной группы (табл. 5). Как видно из таблицы 5, чем полнее сделана стандартизация контрольной группы, тем полученный в результате наклон зависимости ОШ от ОА радона ближе к начально заданному при моделировании значению  $\beta_{OR} = 0,16$  на 100 Бк/м<sup>3</sup>.

Таблица 5

**Зависимость ОШ от ОА радона при наличии отрицательной (среднее снижение ОА радона на 10%) корреляции между курением и ОА радона в жилище (в скобках указаны 90% доверительные интервалы)**

[Table 5

**Dependence of odds ratio on radon concentration in the presence of negative (an average reduction of radon concentration by 10%) correlation between smoking and radon concentration in the dwelling (90% confidence intervals are indicated in parentheses)]**

Вид стандартизации [Type of standardization]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> , [ $\beta_{OR}$ , per 100 Bq/m <sup>3</sup> ]	
	Выборка М-8 [Sample M-8]	Выборка М-8а [Sample M-8а]
Популяционный контроль [Population control]	0,11 (0,10–0,13)	0,10 (0,09–0,11)
Стандартизация по полу [Standardization by sex]	0,11 (0,10–0,12)	0,12 (0,11–0,13)
Стандартизация по полу и возрасту [Standardization by sex and age]	0,11 (0,10–0,12)	0,10 (0,09–0,11)
Стандартизация копия – пара [Standardization of copy-pair]	0,17 (0,16–0,19)	0,15 (0,13–0,16)

Рассмотрим, может ли дополнительный фактор риска, действующий по мультипликативному механизму, сказаться на результатах моделирования зависимости ОШ от ОА радона при наличии корреляции ОА радона с

другими факторами риска. Для этого воспользуемся выборкой, в которой на популяцию влиял сильный мультипликативный фактор  $F_m$ , увеличивающий вероятность возникновения рака легкого при наличии данного фактора в 8 раз. Встречаемость фактора была задана равной 10%, корреляция с ОА радона отсутствовала. Для описания канцерогенного действия радона была использована модель переменного относительного риска. Было принято, что в домах курильщиков ОА радона в среднем, при прочих равных условиях, на 10% ниже, чем в домах у некурящих. Для выборки были подобраны три типа контрольной группы:

- популяционный контроль;
- контроль по полу, возрасту и курению;
- копия – пара (включая фактор  $F_m$ ).

После того как выборка была стандартизована по основным конфаундерам – полу и курению, полученное значение ОШ стало близко к исходно заданному значению (табл. 6).

Таблица 6

**Зависимость ОШ от ОА радона при наличии дополнительного мультипликативно действующего фактора риска  $F_m = 8$**

[Table 6]

**The dependence of odds ratio on radon concentration in the presence of the additional multiplicatively acting risk factor  $F_m = 8$**

Вид стандартизации [Type of standardization]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> (90% ДИ), [ $\beta_{OR}$ , per 100 Bq/m <sup>3</sup> (90% CI)]
Популяционный контроль [Population control]	0,11 (0,10–0,13)
Стандартизация по полу, возрасту и курению [Standardization by sex, age and smoking]	0,16 (0,15–0,17)
Стандартизация копия – пара, включая фактор $F_m$ [Standardization of the copy – pair, including the $F_m$ factor]	0,16 (0,15–0,17)

В результате проделанного анализа можно сделать вывод, что при наличии факторов (пол, курение и т. д.), коррелирующих как с заболеваемостью раком легкого, так и с ОА радона (конфаундеров), необходима полная стандартизация по таким конфаундерам. Популяционный контроль и контроль, стандартизованный только по полу и возрасту, приводит к недооценке значения ОШ.

Наличие подобного эффекта приводит к необходимости, во-первых, выявлять такие конфаундеры, во-вторых, оценить силу их влияния и, в-третьих, разработать методы учета их влияния. Решение данных задач может являться темой отдельного исследования.

Рассмотрим теперь влияние фактора риска, не коррелирующего с ОА радона и действующего по аддитивному механизму. В результате его воздействия во всех подгруппах по ОА радона появятся дополнительные случаи возникновения рака легкого, не имеющие корреляции ни со спонтанно возникшими случаями рака, ни с ради-

ационно-индуцированными. Дополнительная заболеваемость при воздействии фактора, действующего по аддитивному механизму, будет независима от ОА радона. Для подвыборки с каким-то заданным диапазоном ОА радона количество спонтанных случаев возникновения рака и количество случаев, обусловленных действием такого фактора, будет пропорционально общему количеству членов популяции, проживающей в жилищах с заданным диапазоном ОА радона. Следовательно, между количеством спонтанных раков и раков, связанных с действием аддитивного фактора, должна существовать прямая пропорциональность с коэффициентом  $k_{add}$ .

Как и в случае действия фактора, действующего по мультипликативному механизму, относительное распределение контрольной группы по ОА радона остается неизменным. Выражение для ОШ может быть представлено как:

$$ОШ_i = \left( \frac{N_{i,spont}^{case} \cdot (1 + k_{add}) + N_{i,rad}^{case}}{N_{1,spont}^{case} \cdot (1 + k_{add})} \right) / \left( \frac{N_i^{cont}}{N_1^{cont}} \right), \quad (7)$$

Из анализа уравнения (7) видно, что знаменатель от-

ношения  $\left( \frac{N_{i,spont}^{case} \cdot (1 + k_{add}) + N_{i,rad}^{case}}{N_{1,spont}^{case} \cdot (1 + k_{add})} \right)$  в результате аддитив-

но действующего фактора риска увеличивается больше, чем числитель. В этом случае значение  $ОШ_i$  будет меньше, чем при отсутствии фактора, действующего по аддитивному механизму.

Влияние фактора риска ( $F_a$ -фактора), аддитивно увеличивающего абсолютную годовую заболеваемость раком легкого на 0,005 год<sup>-1</sup>, было проанализировано так же, как и рассмотренного выше фактора  $F_m$ . Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Зависимость ОШ от ОА радона при наличии дополнительного аддитивно действующего фактора риска  $F_a = 0,005$**

[Table 7]

**Dependence of odds ratio on radon concentration in the presence of the additional additively acting risk factor  $F_a = 0.005$**

Вид стандартизации [Type of standardization]	$\beta_{OR}$ , на 100 Бк/м <sup>3</sup> (90% ДИ), [ $\beta_{OR}$ , per 100 Bq/m <sup>3</sup> (90% CI)]
Популяционный контроль [Population control]	0,07 (0,05–0,08)
Стандартизация по полу, возрасту и курению [Standardization by sex, age and smoking]	0,11 (0,10–0,13)
Стандартизация копия – пара, включая фактор $F_m$ [Standardization of the copy – pair, including the $F_m$ factor]	0,11 (0,10–0,12)

Видно, что при наличии фактора риска, действующего по аддитивному механизму, даже полная стандартизация по всем факторам не приводит к получению исходно заданного коэффициента дополнительного относительного риска  $\beta_{OR} = 0,16$  на 100 Бк/м<sup>3</sup>.

3. Выявление факторов риска, влияющих на возникновение рака легкого, и определение механизма их воздействия

При подборе контрольной группы в эпидемиологическом исследовании очень важно выяснить, какие факторы риска оказывают влияние на вероятность возникновения заболевания. Впоследствии по этим факторам или по части из них необходима стандартизация контрольной группы относительно основной группы для максимально точного определения зависимости ОШ от ОА радона. На начальном этапе после формирования группы больных подбор контрольной группы еще не сделан, но, как правило, имеется возможность сравнения параметров распределения группы «случай» со стати-

стикой по населению в целом (фактически – популяционным контролем).

Рассмотрим данную процедуру более детально на различных выборках. Для начала рассмотрим простые случаи, когда, кроме пола, возраста и курения, остальные факторы не влияют на заболеваемость раком легкого. Также ограничимся выборками, в которых у курящих наблюдается снижение ОА радона на ~10% по сравнению с некурящими.

Распределение по полу между группой «случай» и популяцией демонстрирует значимость такого фактора, как пол, на вероятность возникновения рака легкого (табл. 8).

Аналогичным образом могут быть представлены распределения для такого фактора риска, как возраст (табл. 9). Распределение между группами курящих в ос-

Таблица 8

**Распределение по полу в группах больных раком легкого и популяции в целом**

[Table 8

**Distribution by sex in groups of patients with lung cancer and the population as a whole]**

Пол [Sex]	Группа больных [Case group]		Популяционная выборка [Population sample]	
	Количество [Number]	%	Количество [Number]	%
Модель постоянного относительного риска [Model of constant relative risk]				
Мужчины [Males]	6110	79,8	7657	50,0
Женщины [Females]	1547	20,2	7657	50,0
Модель переменного относительного риска [The model of variable relative risk]				
Мужчины [Males]	6382	80,4	7938	50,0
Женщины [Females]	1556	19,6	7938	50,0

Таблица 9

**Распределение по возрасту в группах больных раком легкого и популяции в целом**

[Table 9

**Distribution by age in groups of patients with lung cancer and the population as a whole]**

Возраст, лет [Age, years]	Группа больных [Case group]		Популяционная выборка [Population sample]	
	Количество [Number]	%	Количество [Number]	%
Модель постоянного относительного риска [Model of constant relative risk]				
40 <a≤ 50	1133	14,8	6933	45,3
50 <a≤ 60	2092	27,3	4735	30,9
60 <a≤ 70	2181	28,5	2492	16,3
70 <a≤ 80	1434	18,7	889	5,8
80 <a≤ 90	586	7,6	213	1,4
90 <a≤ 100	194	2,5	48	0,3
100 <a≤ 110	34	0,44	4	0,03
Модель переменного относительного риска [The model of variable relative risk]				
Возраст, лет [Age, years]	Группа больных [Case group]		Популяционная выборка [Population sample]	
	Количество [Number]	%	Количество [Number]	%
40 <a≤ 50	1263	15,9	7139	45,0
50 <a≤ 60	2154	27,1	5075	32,0

Возраст, лет [Age, years]	Модель переменного относительного риска [The model of variable relative risk]			
	Группа больных [Case group]		Популяционная выборка [Population sample]	
	Количество [Number]	%	Количество [Number]	%
60 < a ≤ 70	2268	28,6	2539	16,0
70 < a ≤ 80	1437	18,1	842	5,3
80 < a ≤ 90	602	7,6	217	1,4
90 < a ≤ 100	165	2,1	58	0,36
100 < a ≤ 110	42	0,53	4	0,03
110 < a ≤ 120	7	0,09	2	0,01

новой группе и популяции в целом также демонстрирует очевидное влияние данного фактора на заболеваемость, но не приводится в силу очевидности. Необходимо отметить, что представленные в таблице 9 различия в распределении между мужчинами и женщинами в основной группе и популяции в целом обусловлены, в основном, фактором курения и, в частности, меньшей долей курящих женщин по сравнению с мужчинами. Свою роль играет и то, что даже для одинакового статуса по курению относительный риск для женщин ниже, чем для мужчин [7]. Данный эффект может быть обусловлен тем, что женщины используют более «легкие» сигареты с лучшим качеством фильтра и делают не столь глубокие затяжки, как курящие мужчины. Не исключено и влияние более высокой устойчивости женского организма в воздействию различного рода негативных факторов.

Более сложным может оказаться выявление редко встречающихся факторов, имеющих при этом относительно небольшое влияние на заболеваемость раком легкого. Выявить значимость такого фактора риска будет возможно лишь в том случае, когда обусловленное им увеличение заболеваемости превысит пуассоновскую погрешность, соответствующую численности основной группы

$$N_{pop} \cdot n_F \cdot P_F \geq 1,96 \sqrt{N_{case}}, \quad (8)$$

где  $N_{pop}$  – размер популяции, из которой набрана основная группа («случай»);  $N_{case}$  – размер основной группы;  $n_F$  – встречаемость рассматриваемого фактора;  $P_F$  – абсолютная вероятность возникновения рака легкого при наличии рассматриваемого фактора.

Еще одной важной задачей является определение доминирующего механизма действия того или иного фактора риска – аддитивный или мультипликативный. На основании определения механизма воздействия фактора впоследствии может быть разработана методика внесения поправок на его влияние.

Для определения мультипликативного или аддитивного характера действия того или иного фактора риска предлагается разбить общую выборку «случай» и популяционную выборку на подвыборки, в которых спонтанная частота возникновения онкологических заболеваний будет заведомо различна. В первую очередь такое разбиение

целесообразно проводить по возрасту, полу и статусу курения.

Рассмотрим особенности проявления мультипликативно и аддитивно действующих факторов риска на примере двух выборок, в которых использовалась модель переменного относительного риска иницирования рака легкого под действием радона. Для каждой из выборок, кроме типовых факторов риска, влияющих на заболеваемость раком легкого (пол, возраст, курение, облучение радоном), был введен мощный фактор, влияющий на заболеваемость раком легкого. В первом случае это был фактор, мультипликативно увеличивающий вероятность возникновения рака легкого в 8 раз ( $F_m$ -фактор). Во втором случае это был фактор, аддитивно увеличивающий абсолютную заболеваемость раком легкого на  $0,005 \text{ год}^{-1}$  ( $F_a$ -фактор). Встречаемость обоих факторов была задана равной 10%, корреляция с объемной активностью радона отсутствовала.

Влияние этих факторов увеличило заболеваемость раком легкого в моделируемых популяциях. При наличии фактора  $F_m$  выборка «случай» составила 13 396 человек, при наличии фактора  $F_a$  – 11 932 человека. Напомним, что для типовой выборки без воздействия дополнительных факторов риска размер группы «случай» составил 7900 человек.

Для каждого из рассматриваемых факторов были рассчитаны отношения шансов в различных подгруппах основной выборки. Результаты представлены в таблицах 10–13.

Как можно заметить, вне зависимости от разбиения основной выборки на подвыборки, для фактора  $F_m$  наблюдается практически постоянное значение ОШ, соответствующее, в пределах погрешности, изначально заданному значению относительного риска 8,0. Для фактора  $F_a$  наблюдаемое значение ОШ статистически значимо зависит от подвыборки, для которой рассчитана данная величина. Максимальные значения ОШ наблюдаются для подгрупп с минимальными значениями спонтанной заболеваемости раком легкого (женщины, некурящие члены популяции, люди среднего возраста), и наоборот, минимальные значения ОШ характерны для подвыборок с высоким уровнем спонтанной заболеваемости (мужчины, курящие, пожилые люди).

Таблица 10

Расчет ОШ для влияния фактора  $F_m$  при разбиении основной выборки по статусу курения

[Table 10]

The calculation of the odds ratio for the influence of the factor  $F_m$  when the main sample is divided according to the status of smoking]

Подвыборка по статусу курения [Sampling by smoking status]	Мужчины [Males]		Женщины [Females]	
	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]
Курящие 1 [Smokers 1]	7,8	6,7–9,0	10,2	8,0–13,1
Курящие 2 [Smokers 2]	8,7	7,1–10,5	7,1	4,7–10,5
Курящие 3 [Smokers 3]	8,5	7,0–10,2	8,6	5,8–12,7
Бросившие 1 [Ex-smokers 1]	8,8	7,2–10,8	10,5	7,2–15,4
Бросившие 2 [Ex-smokers 2]	10,4	7,2–15,2	13,4	7,7–23,1
Некурящие [Non smokers]	6,9	5,5–8,6	8,2	7,0–9,5
Другие [Other]	6,9	5,0–9,4	6,3	3,8–10,5
Все курящие [All smokers]	8,3	7,7–9,0	9,3	8,1–10,7
Группа в целом [All group]	8,2	7,6–8,7	8,7	7,9–9,5

Таблица 11

Расчет ОШ для влияния фактора  $F_m$  при разбиении основной выборки по возрасту

[Table 11]

The calculation of the odds ratio for the influence of the factor  $F_m$  when the main sample is divided according to the age]

Подвыборка по возрасту [Sampling by age]	Мужчины [Males]		Женщины [Females]	
	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]
40–60 лет [40–60 years]	8,3	7,6–9,0	8,3	7,2–9,6
> 60 лет [> 60 years]	8,0	7,0–9,2	9,5	8,2–11,0

Таблица 12

Расчет ОШ для влияния фактора  $F_a$  при разбиении основной выборки по статусу курения

[Table 12]

The calculation of the odds ratio for the influence of the factor  $F_a$  when the main sample is divided according to the status of smoking]

Подвыборка по статусу курения [Sampling by smoking status]	Мужчины [Males]		Женщины [Females]	
	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]
Курящие 1 [Smokers 1]	3,2	2,7–3,8	6,8	5,3–8,7
Курящие 2 [Smokers 2]	2,2	1,8–2,8	6,2	3,7–10,5
Курящие 3 [Smokers 3]	2,2	1,7–2,7	3,1	1,8–5,4
Бросившие 1 [Ex-smokers 1]	2,5	2,0–3,1	6,0	4,2–8,7

Подвыборка по статусу курения [Sampling by smoking status]	Мужчины [Males]		Женщины [Females]	
	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]
Бросившие 2 [Ex-smokers 2]	10,4	7,1–15,3	22,2	14,3–34,5
Некурящие [Non smokers]	44,0	36,4–53,1	34,9	30,5–39,9
Другие [Other]	5,4	3,7–7,8	20,9	13,2–33,1
Все курящие [All smokers]	2,7	2,5–3,0	6,5	5,6–7,5
Группа в целом [All group]	4,0	3,7–4,3	14,3	13,1–15,7

Расчет ОШ для влияния фактора  $F_a$  при различном разбиении основной выборки по возрасту

Таблица 13

The calculation of the odds ratio for the influence of the factor  $F_a$  when the main sample is divided according to the age

[Table 13]

Подвыборка по возрасту [Sampling by age]	Мужчины [Males]		Женщины [Females]	
	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]	ОШ [OR]	95% ДИ [95% CI]
40–60 лет [40–60 years]	6,0	5,5–6,6	28,3	25,0–32,0
> 60 лет [> 60 years]	2,5	2,1–2,9	6,6	5,7–7,7

### Заключение

По результатам данной работы можно сделать следующие выводы:

1. В исследовании случай – контроль критерием представительности подгруппы сравнения является отсутствие значимого изменения отношения шансов при малых вариациях ее границ по ОА радона.

2. Факторы риска, действующие по мультипликативному механизму и не являющиеся конфаундерами, не требуют дополнительной стандартизации при подборе контрольной группы.

3. Наличие факторов риска, действующих по аддитивному механизму, приводит к занижению оценки ОШ даже при полной стандартизации контрольной группы.

4. При наличии факторов (пол, курение и т. д.), коррелирующих как с заболеваемостью раком легкого, так и с ОА радона (конфаундеров), необходима полная стандартизация по таким конфаундерам. Популяционный контроль и контроль, стандартизованный только по полу и возрасту, приводит к недооценке значения ОШ.

5. Расчет ОШ в подгруппах, различающихся уровнями спонтанной онкологической заболеваемости, для различных потенциальных факторов риска позволяет не только выявить значимость данного фактора для возникновения рака легкого, но и установить преимущественный механизм действия данного фактора (мультипликативный или аддитивный).

### Литература

1. UNSCEAR, 2009. United Scientific Committee on the Effects of Atomic radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2006 Report: Annexe E: Source-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. New York: United Nations. 2009, pp. 195–334.
2. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization, 2009, 108 p.
3. NRC, 1998. Committee on Health Risks of Exposure to Radon. Board on Radiation Effects Research. Health effects of exposure to radon. BEIR VI report. National Academy Press, Washington, D.C., National Research Council.
4. Lubin J.H., Boice J.D., Edling J.C. [et al.] Radon and Lung Cancer Risk: A Joint Analysis of 11 Underground Miners Studies. Publication № 94–3644. US National Institutes of Health, Bethesda, MD.
5. Grosche B., Kreuzer M., Kreisheimer M. [et al.] Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946–1998. British J. of Cancer, 2006, Vol. 95, pp. 1280–1287.
6. Tomasek L., Rogel A., Tirmarache M. [et al.] Lung Cancer in French and Czech Uranium Miners: Radon-Associated Risk at Low Exposure Rates and Modifying Effects of Time since Exposure and Age at Exposure. Radiation Research, 2008, Vol. 169, № 2, pp.125–137.
7. Darby S., Hill D., Auvinen A. [et al.] Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ, 2005, Vol. 330(7485), pp. 223–227.
8. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. [et al.] Residential Radon and Risk of Lung Cancer: A Combined Analysis of 7 North American Case-Control Studies. Epidemiology, 2005, Vol. 16, pp. 137–145.

9. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D. [et al.] Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int. J. Cancer*, 2004, Vol. 109, pp. 132–137.
10. Флетчер, Р. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины: пер. с англ. / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. – М.: Медиасфера, 1998. – 352 с.
11. Schechtman E. Odds ratio, Relative Risk, Absolute Risk Reduction, and the Number Needed to Treat – Which of These Should We Use? *Value in health*, 2002, Vol. 5, pp. 430–435.
12. Zhukovsky M., Onishchenko A., Varaksin A. [et al.] The Influence of Radon Measurement Errors on the Uncertainties of Epidemiological Case-Control Studies. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2011, Vol. 145 (2–3), pp. 243–247.
13. Онищенко, А.Д. Роль искажающих факторов в радоновом эпидемиологическом исследовании / А.Д. Онищенко, М.В. Жуковский // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10. № 1. – С. 65–75.
14. Beglehole R., Bonila R., Kjellstrom T. *Basic epidemiology* (2-nd edition). Geneva, WHO, 2006, 212 p.
15. Zhukovsky M., Yarmoshenko I. Radon Exposure and Dose Calculation: Problems of Choice. *Proc. Third Intern. Conf. on Radiation and Applications in Various Fields of Research*, June 8–12, 2015, Budva, Montenegro, pp. 343–348.
16. Cohen B.S. Variation of radon levels in U.S. homes correlated with house characteristics, location, and socioeconomic factors. *Health Phys*, 1991, Vol. 60, № 5, pp. 631–642.
17. Zunic Z.S., Yarmoshenko I.V., Birovljev A. [et al.] Radon survey in the high natural radiation region of Niska Banja, Serbia. *J. of Environ. Radioactivity*, 2007, Vol. 92, pp. 165–174.
18. Васильев, А. В. Программа для эпидемиологических исследований случай–контроль с использованием метода Монте–Карло / А. В. Васильев, М. В. Жуковский, А. Д. Онищенко // Роспатент. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 20111618525 от 31.10.2011.

Поступила: 31.05.2017 г.

**Онищенко Александра Дмитриевна** – научный сотрудник Института промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук. **Адрес для переписки:** 620990, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 20; E-mail: onishchenko@ecko.uran.ru

**Вараксин Анатолий Николаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

**Жуковский Михаил Владимирович** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, директор Института промышленной экологии Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

**Для цитирования:** Онищенко А.Д., Вараксин А.Н., Жуковский М.В. Анализ подходов к формированию контрольной группы в радоновых эпидемиологических исследованиях по типу случай – контроль // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 76-89. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-76-89.

## Analysis of approaches to the formation of a control group in radon epidemiological case-control studies

Aleksandra D. Onishchenko, Anatoly N. Varaksin, Mikhail V. Zhukovsky

Institute of Industrial Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Objectives: Studying the influence of the method of selecting a control group in the radon case-control study on assessment of dose-effect dependence. Study the effect of additional additive or multiplicative risk factors on the results of the study. Materials and Methods: Simulation of a large-scale radon epidemiological case-control study. Analyzing of the influence of the representative value of the comparison subgroup on the results of calculating the odds ratio of the incidence of radiation-induced lung cancer. Analysis of different variants of standardization of the control group on the correctness of the dose-effect dependence. Development of methods for identifying risk factors that affect the incidence of lung cancer and determining the mechanism of their influence (additive or multiplicative). Results: It is shown that the insufficient representativeness of the comparison subgroup used in calculating the odds ratio can significantly distort the estimates of dose-*

**Aleksandra D. Onishchenko**

Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

**Address for correspondence:** Sofia Kovalevskaya Str., 20, Ekaterinburg, 620990, Russia; E-mail: onishchenko@ecko.uran.ru

*effect dependence. In the presence of factors (sex, smoking, etc.), correlating both with the incidence of lung cancer and of radon concentration, complete standardization of such factors is necessary. Multiplicative risk factors without such correlation do not require additional standardization in the selection of a control group. Calculation of the odds ratio for various risk factors in subgroups differing in the levels of spontaneous cancer incidence allows to determine the significance of this factor for the incidence of lung cancer, and to establish the preferential mechanism of the influence of this factor (multiplicative or additive). Conclusions. When carrying out the radon case-control study, it is necessary to identify risk factors that correlate both with the incidence of lung cancer, and with the radon concentration, to assess the mechanism of action of these factors and to made the complete standardization of the control group for them.*

**Key words:** radon, lung cancer, epidemiology, case-control studies.

## References

1. UNSCEAR, 2009. United Scientific Committee on the Effects of Atomic radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2006 Report: Annexe E: Source-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. New York: United Nations. 2009, pp. 195–334.
2. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization, 2009, 108 p.
3. NRC, 1998. Committee on Health Risks of Exposure to Radon. Board on Radiation Effects Research. Health effects of exposure to radon. BEIR VI report. National Academy Press, Washington, D.C., National Research Council.
4. Lubin J.H., Boice J.D., Edling J.C. [et al.] Radon and Lung Cancer Risk: A Joint Analysis of 11 Underground Miners Studies. Publication № 94–3644. US National Institutes of Health, Bethesda, MD.
5. Grosche B., Kreuzer M., Kreisheimer M. [et al.] Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946–1998. British J. of Cancer, 2006, Vol. 95, pp. 1280–1287.
6. Tomasek L., Rogel A., Tirmarche M. [et al.] Lung Cancer in French and Czech Uranium Miners: Radon-Associated Risk at Low Exposure Rates and Modifying Effects of Time since Exposure and Age at Exposure. Radiation Research, 2008, Vol. 169, № 2, pp.125–137.
7. Darby S., Hill D., Auvinen A. [et al.] Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. BMJ, 2005, Vol. 330(7485), pp. 223–227.
8. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M. [et al.] Residential Radon and Risk of Lung Cancer: A Combined Analysis of 7 North American Case-Control Studies. Epidemiology, 2005, Vol. 16, pp. 137–145.
9. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D. [et al.] Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. Int. J. Cancer, 2004, Vol. 109, pp. 132–137.
10. Fletcher R., Fletcher S., Wagner E. Clinical Epidemiology. Basics of Evidence-Based Medicine. Moscow, Media sphere, 1998, 352 p. (In Russian)
11. Schechtman E. Odds ratio, Relative Risk, Absolute Risk Reduction, and the Number Needed to Treat – Which of These Should We Use? Value in health, 2002, Vol. 5, pp. 430–435.
12. Zhukovsky M., Onishchenko A., Varaksin A. [et al.] The Influence of Radon Measurement Errors on the Uncertainties of Epidemiological Case-Control Studies. Radiat. Prot. Dosimetry, 2011, Vol. 145 (2–3), pp. 243–247.
13. Onishchenko A.D., Zhukovsky M.V. The role of confounding factors in a radon epidemiological study. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 1, pp. 65–75. (In Russian).
14. Beglehole R., Bonila R., Kjellstrom T. Basic epidemiology (2nd edition). Geneva, WHO, 2006, 212 p.
15. Zhukovsky M., Yarmoshenko I. Radon Exposure and Dose Calculation: Problems of Choice. Proc. Third Intern. Conf. on Radiation and Applications in Various Fields of Research, June 8–12, 2015, Budva, Montenegro, pp. 343–348.
16. Cohen B.S. Variation of radon levels in U.S. homes correlated with house characteristics, location, and socioeconomic factors. Health Phys, 1991, Vol. 60, № 5, pp. 631–642.
17. Zunic Z.S., Yarmoshenko I. V., Birovljev A. [et al.] Radon survey in the high natural radiation region of Niska Banja, Serbia. J. of Environ. Radioactivity, 2007, Vol. 92, pp. 165–174.
18. Vasilyev A.V., Zhukovsky M.V., Onishchenko A.D. Program for case-control epidemiological studies using the Monte Carlo method. Rospatent. Certificate of state registration of the computer program № 2011618525 of 31.10.2011. (In Russian)

Received: May 31, 2017

**For correspondence: Aleksandra D. Onishchenko** – Researcher, Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Sofia Kovalevskaya str., 20, Ekaterinburg, 620990, Russia; Email: onishchenko@ecko.uran.ru)

**Anatoly N. Varaksin** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Mikhail V. Zhukovsky** – Doctor of Technical Science, Professor, Director, Chief Researcher, Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**For citation: Onishchenko A.D, Varaksin A.N., Zhukovsky M.V. Analysis of approaches to the formation of a control group in radon epidemiological case-control studies. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No 3, pp. 76–89. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-76-89.**

## Научное обоснование подходов к организации и проведению радиационного обследования реабилитированных радиационных объектов

И.К. Романович

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 научному обоснованию подходов к организации заключительного радиационного обследования объектов, имеющих радиоактивное загрязнение, после их реабилитации. Выполнен анализ научных публикаций о предшествующем опыте реабилитации загрязненных радионуклидами объектов, организации и проведению радиационного обследования до начала дезактивации, в процессе ее выполнения и по завершении. Изучен опыт реабилитации пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева в Северо-Западном регионе России, мест проведения мирных ядерных взрывов, экспериментальных ядерных энергетических установок, радиохимической лаборатории, металлургических заводов, не являющихся радиационными объектами. Установлено, что, кроме поверхностного загрязнения почвы, на площадках выводимых из эксплуатации радиационных объектов имеются участки радиоактивного загрязнения со значительным, до 15 м, заглублением по профилю. Указанные локальные участки с глубинным загрязнением грунта являются стойкими загрязнителями подземных вод. Опыт радиационного обследования мест проведения мирных ядерных взрывов свидетельствует о выносе радионуклидов из полостей, образованных с применением ядерных взрывных технологий в мирных целях, на земную поверхность. На основе анализа состава радионуклидов, выявленных на радиационных объектах, подвергшихся дезактивации, предложен оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих контролю при радиационном обследовании реабилитированных объектов. Оптимизированный перечень включает 14 радионуклидов с периодами полураспада более 3 лет.*

**Ключевые слова:** радиационный объект, радиоактивное загрязнение, радиационное обследование, радиационный контроль, реабилитация, дезактивация, удельная активность, дозы облучения.

### Введение

Завершающим этапом существования любого радиационного объекта является этап снятия с эксплуатации. Принятие решения о дальнейшем использовании территории выведенного из эксплуатации радиационного объекта после ее реабилитации принимается в зависимости от уровня остаточного радиоактивного загрязнения. В публикациях [1, 2] нами были обоснованы и представлены критерии радиационной безопасности с учетом направлений планируемого использования объектов и участков территорий, реабилитированных после загрязнения радионуклидами в результате радиационных инцидентов и аварий, а также прошлой деятельности предприятий ядерной и неядерных отраслей промышленности.

Предложены варианты направлений возможного использования реабилитированных объектов:

– неограниченное использование по радиационному фактору, предполагающее постоянное проживание насе-

ления с возможностью сельскохозяйственного использования земли;

– ограниченное использование с постоянным проживанием населения на реабилитированной территории и/или объекте с запретом на сельскохозяйственное использование земли;

– ограниченное использование только в производственных условиях;

– ограниченное по времени использование с максимальным пребыванием на объекте не более 1 месяца в году, в том числе использование с целью рекреации (туризма).

Предложены дозовый критерий радиационной безопасности реабилитированных объектов и участков территорий (доза дополнительного техногенного облучения критической группы населения не должна превышать 0,3 мЗв/год) и численные значения контрольных уровней по мощности AMBIENTНОЙ дозы гамма-излучения, остаточной удельной активности техногенных радионуклидов в стро-

**Романович Иван Константинович**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.  
Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; Тел.: (812)233-53-63. E-mail: I.Romanovich@niir.ru

ительных конструкциях, почве и других объектах внешней среды, снимаемому радиоактивному загрязнению поверхности, с которыми может контактировать население.

Однако радиационная безопасность населения, использующего реабилитированные объекты и участки территорий, зависит не только от качества проведения дезактивационных работ, но в значительной мере определяется объективностью и полнотой заключительного радиационного обследования, на основании которого определяется разрешенный вид использования указанных объектов и участков территории.

Данные заключительного радиационного обследования должны в каждом конкретном случае обладать достаточным уровнем достоверности при всех неопределенностях, которые зачастую связаны с отсутствием данных об истории эксплуатации радиационного объекта, имевших место радиационных авариях и инцидентах, о скрытых подземных сооружениях и захоронениях радиоактивных отходов на площадке.

К выводу из эксплуатации и реабилитации в ближайшие годы в соответствии с Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) запланировано значительное число самых разнообразных радиационных объектов [3–7]:

- экспериментальные и исследовательские ядерные энергетические установки;
- надводные корабли и подводные лодки с ядерными энергетическими установками, плавучие и береговые базы их технического обслуживания;
- предприятия по добыче и производству ядерного топлива, хранению и переработке отработавшего ядерного топлива;
- предприятия по переработке, хранению и захоронению радиоактивных отходов;
- предприятия и площадки по производству и испытанию ядерного оружия;
- предприятия неядерных отраслей промышленности, на которых используются источники ионизирующего излучения и радиоактивные вещества;
- другие предприятия и учреждения, на которых произошли аварии с источниками ионизирующего излучения.

#### **Изучение и анализ предшествующего опыта реабилитации, организации и методов радиационного обследования и контроля радиационных объектов**

Для научного обоснования подходов к организации и проведению радиационного обследования реабилитированных объектов и участков территории, которые были загрязнены техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности, нами был изучен и проанализирован предшествующий опыт реабилитации указанных выше объектов, а также имеющиеся нормативно-методические документы в данной области.

Одним из наиболее показательных практических опытов реабилитации радиационных объектов является реабилитация пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева в Северо-Западном регионе России [8–16]. В 1960-е гг. на побережье Баренцева моря были созданы береговые технические базы Военно-морского фло-

та, обеспечивавшие эксплуатацию атомных подводных лодок. Одна из таких технических баз была развернута в губе Андреева Кольского залива. На данной технической базе осуществлялся прием и хранение свежего и отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), твердых и жидких радиоактивных отходов (РАО). С 1985 г. функционирование технической базы по прямому назначению прекращено, и она переименована в пункт временного хранения (ПВХ) СевРАО. Данный ПВХ является самым крупным объектом, на территории которого хранятся исторически накопленные в ходе деятельности ВМФ ОЯТ и РАО. В непосредственной близости к ПВХ расположены пос. Нерпичье (1,8 км), пос. Большая Лопатка (2,4 км) и населенный пункт ЗАТО г. Заозерск (8 км) с населением около 13 000 человек [9–11]. В 2004 г., уже в период производства реабилитационных мероприятий на ПВХ, специалистами Федерального медико-биологического агентства (ФМБА) был сделан вывод о недостаточности имеющихся данных о радиационно-гигиенической обстановке на ПВХ и прилегающей территории для оценки реальных доз облучения населения [9–11]. Сотрудниками ФМБЦ им. А.И. Бурназяна на протяжении 2005–2013 гг. на основе исследовательского радиационно-гигиенического мониторинга было проведено комплексное динамическое наблюдение с контролем параметров радиационно-гигиенической обстановки в районе расположения радиационного объекта [8–14]. На основе плана по реабилитации территории и имеющихся уже результатов радиационного контроля на начальном этапе радиационного обследования ПВХ были выбраны и согласованы точки радиационно-гигиенического мониторинга. В зависимости от основных параметров радиационной обстановки, радионуклидного состава загрязнений определен объем исследований. В связи с тем, что в зону радиоактивного загрязнения вошли как часть суши, так и береговая полоса залива, в перечень исследуемых проб внешней среды были включены почва и наземная растительность, пищевые продукты местного происхождения (ягоды и грибы), вода из наблюдательных скважин и ручьев, вода из источников питьевого водоснабжения, донные отложения, водоросли и морская вода. В процессе радиационного обследования было установлено, что, кроме поверхностного загрязнения почвы, на территории ПВХ имеются локальные участки радиоактивного загрязнения со значительным заглублением активности. Загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  на уровне 2 и более МБк/кг наблюдалось на глубине до 5,6 м,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в концентрациях 6–50 кБк/кг – на глубинах 6,5–15,6 м. Указанные локальные участки с глубинным загрязнением грунта являлись стойкими загрязнителями подземных вод, приводящими к загрязнению береговой полосы залива. Так, содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах почвы и растительности, отобранных в устье бывшего ручья, достигали 470 кБк/кг. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях береговой полосы ПВХ составляла 100 Бк/кг, в районе бывшего ручья – 36 Бк/кг.

Следовательно, на радиационных объектах, где длительное время осуществлялось обращение с ОЯТ и высокоактивными РАО, происходит локальное радиоактивное загрязнение почвы на большие глубины (более 15 м), что в дальнейшем является источником загрязнения подземных вод и распространения радионуклидов за пределы радиационного объекта.

В настоящее время остается не решенной проблема ликвидации последствий массового затопления в арктических морях РАО и объектов с ОЯТ, а также затонувших атомных подводных лодок [17]. В связи с возрастающей экономической ролью Арктики проблемы экологической безопасности региона приобретают все большее значение. В настоящее время рассматриваются направления и способы реабилитации морских акваторий.

В нашей стране имеется опыт реабилитации радиоактивного загрязнения акватории [18–25]. В 1991 г. в акватории Ладожского озера был осуществлен подъем радиоактивно загрязненного опытового судна, на котором в 1953–1954 гг. производились испытания радиологического оружия. К началу проведения работ по подъему опытовое судно находилось на грунте в полузатопленном состоянии на глубине 4,5–6 м. Внутренние помещения судна содержали около 2000 м<sup>3</sup> загрязненной радионуклидами воды и ила, смешанных с нефтепродуктами. В месте стоянки судна и на расстоянии до 500 м от него было выявлено повышенное содержания <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs и <sup>239,240</sup>Pu в пробах воды, донных отложений и водорослей. Некоторые лица из населения, несмотря на запрет, посещали судно для отдыха и рыболовства, и доза их облучения могла достигать 0,5 мЗв/год. Судоподъемные работы включали: завод понтонов, герметизацию подводной части корпуса, откачку жидких РАО из судна в спецтанкеры, подъем судна и постановку его в транспортный плавучий док, переработку и отверждение жидких РАО, сброс очищенных вод в акваторию Ладожского озера. Проведенная переработка жидких РАО и тщательный радиационный контроль всех технологических процессов судоподъема не допустили гигиенически значимого ухудшения радиационной обстановки в бассейне Ладожского озера. Повышение уровня радиоактивности воды во время проведения работ по подъему опытового судна было обусловлено, в основном, перемешиванием и подъемом загрязненных донных отложений. Таким образом, из акватории Ладожского озера, основного источника питьевого водоснабжения г. Санкт-Петербурга (Ленинграда), был удален радиоактивно загрязненный объект, источник поступления радионуклидов с рыбой и питьевой водой для жителей многомиллионного мегаполиса.

При проведении работ по подъему в акватории Ладожского озера радиоактивно загрязненного судна были установлены основные закономерности распределения радионуклидов в средах: вода – донные отложения – водоросли, а также радиус распространения радиоактивных загрязнений для каждой из исследованных сред.

Значительные успехи в последнее десятилетие достигнуты в реабилитации мест проведения мирных ядерных взрывов (МЯВ) [6, 26–31].

На территории России с 1965 по 1988 г. в народнохозяйственных целях было произведено 80 МЯВ, два из которых являлись аварийными, два – с запланированным и один с постоянным нерегулируемым выносом радиоактивности на поверхность земли [6].

По состоянию на 2008 г., МЯВ характеризовались как бесхозные радиационные объекты, вызывавшие значительное беспокойство местного населения. Данные о радиационной обстановке на указанных объектах были неполные и противоречивые. Специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института

радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева проведены исследования по изучению радиационной обстановки в местах проведения МЯВ, оценены возможные дозы облучения местного населения, разработаны предложения по обеспечению радиационной безопасности [6, 26–31].

В результате радиационных обследований мест проведения МЯВ практически на каждом из них были выявлены особенности, влияющие как на радиационную обстановку района их размещения, так и на формирование доз облучения населения. Так, на объектах «Днепр-1, 2» (Мурманская область), где были произведены два взрыва с целью дробления рудного тела, из штолен вытекают ручейки с высоким содержанием трития. Данный район входит в популярную туристическую зону, и туристы употребляли для питья воду из ручейков, считая эту воду родниковой. На данном объекте проведены временные реабилитационные мероприятия, заключающиеся в разбавлении вытекающей из штолен воды. Для этого русло речки Рисйок было перенаправлено к штольням, и образован пруд-смеситель [6, 26–31].

На объекте «Тавда» (Тюменская область) в результате проведения МЯВ с целью создания подземных емкостей имело место предположение о загрязнении тритием подземных вод, используемых для водоснабжения населения, в том числе и г. Тюмень. Планом радиационного обследования места проведения МЯВ «Тавда» были определены и согласованы с Управлением Роспотребнадзора по Тюменской области точки отбора проб подземных и открытых источников водоснабжения на всем протяжении от точки проведения МЯВ «Тавда» до г. Тюмень. Повышенных уровней трития в подземных и открытых источниках водоснабжения и питьевой воде выявлено не было.

В результате проведенных специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева исследований установлено, что источниками существующего дополнительного внутреннего техногенного облучения населения, обусловленного влиянием МЯВ, могут быть загрязненные радионуклидами:

- природные пищевые продукты (грибы, ягоды, рыба и др.), собранные на радиоактивно загрязненной территории в месте проведения МЯВ, и сельскохозяйственная продукция, произведенная на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ;

- питьевая вода.

Основными долгоживущими техногенными радионуклидами, которые при выходе на поверхность или в водоносные горизонты могут давать вклад в дозу внешнего и внутреннего облучения, являются: <sup>3</sup>H, <sup>60</sup>Co, <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs, <sup>241</sup>Am, изотопы урана и плутония.

На территории охранной зоны (ОЗ) вокруг МЯВ проводится радиационный контроль (РК). На основании результатов РК дается оценка дозы техногенного облучения критической группы населения. РК проводится на территории ОЗ, в контрольных точках и в населенных пунктах, находящихся в радиусе до 30 км от места проведения МЯВ.

Основными целями РК являются оценка текущей радиационной обстановки на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ, наблюдение за динамикой радиационной обстановки и оценка доз облучения критической группы населения.

Выбор критической группы осуществляется из населения, проживающего в ближайшем населенном пункте, с учетом местоположения и специфики территории ОЗ для каждого МЯВ отдельно, но не далее 30 км. При выборе критической группы устанавливаются:

- максимальное время пребывания человека вблизи территории ОЗ;
- масса потребленных природных (дикорастущих) пищевых продуктов;
- объем воды, потребляемой из источников питьевого водоснабжения.

Оценка дозы облучения критической группы населения выполняется с использованием результатов РК территориальными органами, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Результатами работ по обследованию МЯВ стали разработанные специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.6.1.2622-10 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии» и СанПиН 2.6.1.2819-10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях». В соответствии с данными правилами доза дополнительно техногенного облучения критической группы населения за счет МЯВ не должна превышать 0,3 мЗв/год.

В соответствии с СанПиН 2.6.1.2819-10 РосРАО уже проведены реабилитационные мероприятия на объекте «Глобус-1» (Ивановская область).

Опыт радиационного обследования мест проведения МЯВ свидетельствует, что вынос радионуклидов из полостей, образованных с применением ядерных взрывных технологий в мирных целях, и их распространение на значительные расстояния возможны по глубоким водоносным горизонтам, а также наземными ручейками и реками [6, 26–31].

В этой связи обязательным требованием обеспечения радиационной безопасности на объектах МЯВ является включение в перечень радиационного контроля всех основных параметров, определяющих радиационную обстановку, а именно:

- измерение мощности дозы гамма-излучения на территории объектов, в ОЗ и на прилегающей территории;
- измерение уровней поверхностного загрязнения радиоактивными веществами оборудования, транспортных средств;
- определение уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды (почва, растительность, вода поверхностных водоемов) в ОЗ и на прилегающей территории;
- определение содержания техногенных радионуклидов в воде водоотводящих каналов;
- определение содержания техногенных радионуклидов в грунтовых водах;
- определение содержания техногенных радионуклидов в воде водоносных горизонтов.

Для контроля за миграцией радионуклидов из места проведения МЯВ в почву и водоносные горизонты на их

территории и в ОЗ создают наблюдательные скважины. Выбор конструкции, глубины и места расположения наблюдательных скважин должен проводиться в соответствии с гидрогеологическими условиями района расположения объекта МЯВ и прогнозными расчетами миграции радионуклидов при возможных выбросах. Скважины должны располагаться по направлению возможного перемещения радионуклидов, чтобы постоянно контролировать миграцию радионуклидов из полости и мест временного хранения радиоактивных отходов и своевременно предупредить возникновение нештатных ситуаций, которые могут привести к радиоактивному загрязнению грунтовых вод.

Вывод из эксплуатации экспериментальных и исследовательских ядерных реакторов имеет свои особенности [32–36]:

1) чрезвычайно высокие уровни гамма-излучения от корпуса реактора, внутриреакторного оборудования и материалов;

2) скопление за длительный период эксплуатации больших количеств высокорadioактивных РАО и ОЯТ, хранящихся в подреакторных или надреакторных помещениях;

3) наведенная активность в окружающих реактор средах и материалах, в том числе зданий и сооружений, что качественно отличает радиоактивное загрязнение стен зданий и сооружений реакторных помещений от стен зданий и сооружений других радиационных объектов, в которых оно определяется поверхностным загрязнением и адсорбцией радионуклидов материалами стен;

4) присутствие в загрязненных или активированных материалах практически всех осколочных радионуклидов ядерного деления и продуктов активации химических элементов, входящих в состав инженерных конструкций реактора и защитных сооружений, со средним и длительным периодом полураспада.

Учет перечисленных в третьем и четвертом пунктах особенностей имеет очень важное значение при радиационном обследовании зданий и сооружений после реабилитации площадок с ядерными энергетическими установками. При определении остаточной активности материала стен зданий и сооружений необходимо их исследование на полную толщину, а также определение удельной активности каждого радионуклида и суммарной их активности, учет их вклада в дозу облучения, что при наличии значительного числа радионуклидов представляется непростой задачей.

Отдельно необходимо остановиться на выводе из эксплуатации радиационных объектов, загрязненных техногенными альфа-излучающими радионуклидами. В 2014–2015 гг. был выведен из эксплуатации и дезактивирован корпус «Б» Акционерного общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ») [37]. В корпусе «Б», шестиэтажном здании общей площадью помещений 7469 м<sup>2</sup>, построенном в 1945 г., выполнялись лабораторные, опытно-промышленные, стендовые и экспериментальные работы с ураном, плутонием, америцием, стронцием, цезием, включая работы с радиоактивными веществами в открытом виде I и II класса. К началу дезактивационных работ радиоактивное загрязнение поверхностей помещений и

оборудования значительно превышало допустимые уровни. В части помещений радионуклиды проникли вглубь стен и строительных конструкций. До начала дезактивационных работ была разработана программа радиационного обследования помещений здания и технологического оборудования с установлением контрольных уровней радиоактивного загрязнения, которым должны соответствовать стены и строительные конструкции здания и технологического оборудования после реабилитации.

Контрольные уровни снимаемого радиоактивного загрязнения по поверхностной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов после проведения дезактивационных работ были установлены на уровне 0,04 и 0,4 Бк/см<sup>2</sup>, в соответствии с требованиями пункта 3.11.2. ОСПОРБ-99/2010. Контрольный уровень мощности AMBIENTного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения за счет техногенных радионуклидов был установлен на уровне 0,06 мкЗв/ч. Данный уровень МАЭД выбран в соответствии с требованиями пункта 3.3.1. ОСПОРБ-99/2010, определяющего данную величину для целей проектирования защиты от внешнего излучения для категории облучаемых лиц «население», и он не имеет отношения к установлению контрольного уровня МАЭД, для целей реабилитации. Предельная остаточная активность техногенных альфа-излучающих радионуклидов в пробах строительных конструкций на глубине 0–5 см была установлена на уровне 400 Бк/кг. Данное значение в 4 раза превышает значение, установленное ОСПОРБ-99/2010 (приложение 3), для изотопов плутония и америция (100 Бк/кг), при котором допускается неограниченное использование твердых материалов. Следует отметить, что и в данном случае применение нормативов, предназначенных для неограниченного использования материалов, установленных приложением 3 ОСПОРБ-99/2010 для нормирования остаточной активности материалов стен и конструкций, не вполне оправдано с точки зрения дальнейшего использования этих помещений для пребывания там населения. Данный опыт уникален и тем, что процесс дезактивации сопровождали специалисты Акционерного общества «Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности Ростехнадзора» (АО ФЦЯРБ) и федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.А. Бурназяна), принимавшие непосредственное участие в радиационном обследовании и радиационном контроле здания, оборудования и отходов, образовавшихся в процессе дезактивации, а в дальнейшем проводивших экспертизу на соответствие реабилитированного здания требованиям санитарных правил и норм.

Кроме вывода из эксплуатации предприятий ядерного топливного цикла, в настоящее время проводится реабилитация и других радиационных объектов, а также предприятий, которые не являлись радиационными объектами, однако на их территории произошли аварии с источниками ионизирующего излучения. Так, в 1989 г. в результате несанкционированного поступления источника <sup>137</sup>Cs в плавильную печь на Подольском заводе цветных металлов были загрязнены отдельные цеха и территория завода [38, 39]. Подольский завод цветных металлов расположен в непосредственной близости от городского по-

селения Львовский Подольского района Московской области (≈ 1 км), в густонаселенном промышленном районе, с точки зрения гидрографии – в верхней левобережной части водосбора р. Петрицы (притоке р. Москвы).

В 1989–2001 гг. МосНПО «Радон» выполнил на Подольском заводе цветных металлов неотложную дезактивацию с удалением с территории завода среднеактивных РАО. По данным радиационного обследования, проведенного в 2007–2008 гг., на территории завода находилось около 18,5 тыс. м<sup>3</sup> радиоактивно загрязненных отходов. Примерно 100–150 м<sup>3</sup> из них отнесено к среднеактивным РАО, а около 7 тыс. м<sup>3</sup> – к низкоактивным РАО. Глубина проникновения <sup>137</sup>Cs в грунты к 2008 г. составила около 1 м [38–39]. Данные отходы до 2016 г. оставались на специально выделенных площадках на территории завода. В 2016 г. с территории завода были удалены РАО, однако остались отходы с содержанием радионуклидов ниже МЗУА, но выше значений, приведенных в приложении 3 ОСПОРБ-99/2010, так называемые ОНАО. ОНАО на территории завода разместили в специально построенном хранилище.

В апреле 2013 г. на Электростальском заводе тяжелого машиностроения (г. Электросталь, Московская область) при переплавке металлолома также был расплавлен радионуклидный источник <sup>137</sup>Cs. Это привело к загрязнению значительной части территории завода и его цехов, а также локально части города Электросталь [40].

Общая площадь загрязнения, ограниченная изолинией в 0,6 мкЗв/ч на территории ОАО «ЗЭТМ», составляла не менее 7500 м<sup>2</sup>. До настоящего времени площадка завода не дезактивирована, РАО временно складированы на радиоактивно загрязненном участке территории завода.

Особенностью радиационных аварий на Подольском заводе цветных металлов и Электростальском заводе тяжелого машиностроения является то, что данные предприятия не являлись радиационными объектами и для них не было предусмотрено санитарно-защитной зоны, спецканализации, места их расположения не выбирались с учетом местной гидрологии и других особых условий размещения радиационных объектов. Следовательно, кроме радиоактивного загрязнения территории завода со временем происходит радиоактивное загрязнение ливневой канализации, очистных сооружений и мест сброса очищенной воды. Эти обстоятельства также необходимо учитывать при реабилитации таких объектов и при радиационном обследовании реабилитированных площадок.

И, конечно же, нельзя не учитывать опыт реабилитации и радиационного обследования территорий Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ПО «Маяк», Чернобыльской АЭС [41–43], аварийному реагированию в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» [44–46].

#### **Обоснование перечня радионуклидов, подлежащих контролю при заключительном радиационном обследовании реабилитированных радиационных объектов**

При радиационном обследовании реабилитированных радиационных объектов очень важным является вопрос о перечне радионуклидов, которые подлежат контролю в обязательном порядке. В приложении 2 к НРБ-99/2009 представлены значения дозовых коэффициентов, преде-

лов годового поступления с воздухом и пищей и допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе для 402 отдельных радионуклидов для критических групп населения, и в приложении 3 – значения дозовых коэффициентов при поступлении радионуклидов в организм взрослых с водой для 197 отдельных радионуклидов.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 08.07.2015 г. № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» в перечень раздела I «Для атмосферного воздуха» включено 93, в раздел II «Для водных объектов» – 80, в раздел III «Для почв» – 4 радиоактивных изотопа в элементной форме и в виде соединений. В число 4 радионуклидов, включенных в перечень, в

отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны почвы, вошли  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

И.И. Линге и др. [47] предложили оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих государственному регулированию в сфере охраны окружающей среды (для атмосферного воздуха, воды и почвы) (табл. 1).

Анализ материалов предшествующего опыта реабилитации радиационных объектов свидетельствует о том, что данные объекты задолго до принятия решения об их реабилитации приостановили свою практическую деятельность. В этой связи на всех объектах, включая ядерные энергетические установки, бассейны выдержки отработавшего ядерного топлива, радиохимические комбинаты и т.д., будут отсутствовать короткоживущие

Таблица 1

**Оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих государственному регулированию в сфере охраны окружающей среды (для атмосферного воздуха, воды и почвы) [47]**

[Table 1

**Optimized list of radionuclides subject to state regulation in the field of environmental protection (for atmospheric air, water and soil) [47]]**

Изотоп [Isotope]	Название элемента [Element]	Изотоп [Isotope]	Название элемента [Element]
H-3	Водород (триций) [Hydrogen (Tritium)]	Sb-125	Сурьма [Antimony]
C-14	Углерод [Carbon]	I-131	Йод [Iodine]
Na-22	Натрий [Sodium]	Cs-134	Цезий [Cesium]
Na-24	Натрий [Sodium]	Cs-137*	Цезий [Cesium]
P-32	Фосфор [Phosphorus]	Ba-140	Барий [Barium]
Mn-54	Марганец [Manganese]	La-140	Лантан [Lanthanum]
Fe-55	Железо [Iron]	Ce-141	Церий [Cerium]
Co-60	Кобальт [Cobalt]	Ce-144	Церий [Cerium]
Zn-65	Цинк [Zinc]	Ra-226 *	Радий [Radium]
Sr-89	Стронций [Strontium]	Th-232 *	Торий [Thorium]
Sr-90*	Стронций [Strontium]	U-234*	Уран [Uranium]
Nb-95	Ниобий [Niobium]	U-238	Уран [Uranium]
Zr-95	Цирконий [Zirconium]	Pu-239 *	Плутоний [Plutonium]
Ru-103	Рутений [Ruthenium]	Pu-240 *	Плутоний [Plutonium]
Ru-106	Рутений [Ruthenium]	Am-241 *	Америций [Americium]
Ag-110m	Серебро [Silver]		

\* – с продуктами их распада.  
[with decay products].

радионуклиды, образующиеся при ядерной реакции деления. А те короткоживущие радионуклиды, которые образуются при распаде радионуклидов со средними (от 3 до 30 лет) и длительными (более 30 лет) периодами полураспада учитываются в цепочке распада при идентификации основного радионуклида. В НРБ-99/2009 материнские радионуклиды приведены в условиях их равновесия с дочерними: к примеру, при идентификации радия-226 учитываются Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-

210, Bi-210, Po-210, а U-природного – Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210.

Таким образом, исключив из списка, представленного в таблице 1, короткоживущие радионуклиды, получим оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих контролю при радиационном обследовании реабилитированных радиационных объектов (табл. 2).

Таблица 2

**Предлагаемый оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих контролю при заключительном радиационном обследовании реабилитированных радиационных объектов**

[Table 2]

**The proposed optimized list of radionuclides to be monitored in the final radiation survey at rehabilitated sites**

Изотоп [Isotope]	Название элемента [Element]	Изотоп [Isotope]	Название элемента [Element]
H-3	Водород (третий) [Hydrogen (Tritium)]	Ra-226 *	Радий [Radium]
C-14	Углерод [Carbon]	Th-232 *	Торий [Thorium]
Fe-55	Железо [Iron]	U-234*	Уран [Uranium]
Co-60	Кобальт [Cobalt]	U-238* (природный) [(natural)]	Уран [Uranium]
Sr-90*	Стронций [Strontium]	Pu-239 *	Плутоний [Plutonium]
Sb-125	Сурьма [Antimony]	Pu-240 *	Плутоний [Plutonium]
Cs-137*	Цезий [Cesium]	Am-241 *	Америций [Americium]

\* – с продуктами их распада.  
[with decay products].

### **Общие требования к организации и проведению радиационного обследования и оценки соответствия реабилитированных радиационных объектов установленным критериям**

Общие рекомендации по радиационному обследованию и процедуре освобождения из-под радиационного контроля площадок реабилитированных радиационных объектов даны в серии Норм МАГАТЭ, Руководство № WS-G-5.1 [48]. Важными положениями указанного руководства являются:

- наличие в национальных нормативно-методических документах правового положения, предусматривающего проведение регулирующим органом рассмотрения и утверждения плана реабилитации, разработанного оператором, несущим ответственность за осуществление проекта по реабилитации;

- необходимость участия регулирующего органа в ходе осуществления мониторинга площадки для оценки эффективности дезактивационных работ с целью обеспечения соответствия реабилитируемого объекта критериям конечного состояния;

- для определения уровня загрязнения и обеспечения соблюдения требований по обеспечению радиационной защиты и охране окружающей среды регулирующему органу в ходе проведения дезактивационных работ необходимо на регулярной основе вести мониторинг и обследование окрестностей реабилитируемого объекта.

Общие требования к аппаратуре и организации контроля радиационной обстановки на предприятиях Минатома России установлены МУ 2.6.1.14-2001. 2.6.1. «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль радиационной обстановки. Общие требования» (утв. Федеральным управлением «Медбиоэкстрем» при Минздраве России 26.03.2001 г., Минатомом 29.11.2000 г., Главным государственным санитарным врачом РФ 09.12.2000 г. Для обеспечения единства методических подходов и полноты обеспечения радиационной безопасности в данных методических указаниях даются основные требования к организации и объему контроля при нормальной и аварийной ситуации, а также технические требования к аппаратуре контроля радиационной обстановки. Основными из них являются:

– при работе с техногенными источниками ионизирующего излучения для объекта соответствующей категории по потенциальной опасности радиационной обстановки должен быть предусмотрен конкретный объем контроля радиационной обстановки: перечень видов контроля, типов радиометрической и дозиметрической аппаратуры, точек измерения и периодичности контроля;

– контроль радиационной обстановки должен охватывать производственные помещения, территорию организации, санитарно-защитную зону и зону наблюдения;

– общие требования к объему контроля радиационной обстановки для организации устанавливаются на этапе проектирования по согласованию с органами государственного надзора за радиационной безопасностью;

– в проектной документации радиационных объектов должны быть определены квоты на облучение населения при нормальной работе объекта.

Кроме того, радиационный контроль различных объектов внешней среды, технологических и биологических объектов, включая человека, должен отвечать определенным требованиям, основные из которых [49]:

– получение признаваемых результатов;

– наличие нормативов;

– наличие критериев оценки соответствия результатов радиационного контроля установленным нормативам и способов их применения.

Признаваемость результатов радиационного контроля характеризуется прослеживаемостью измерений, т.е. возможностью сопоставления результатов измерений с эталоном соответствующей величины через непрерывную цепь сличений и достоверностью измерений, подтверждаемой корректной оценкой суммарной неопределенности результатов измерений.

Проведение радиационного контроля в соответствии с методическими рекомендациями «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при проведении дезактивационных работ по ликвидации локального радиоактивного загрязнения (территорий, жилых, общественных и производственных объектов)», утвержденными 27.05.2005 г. заместителем руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, подразделяется на два этапа. Подготовительный этап включает:

– получение «паспортных данных» участка радиоактивного загрязнения, разработка ситуационного плана (схемы) территории в масштабе;

– анализ радиационной обстановки для данной территории с целью оценки возможной радиационной опасности;

– подготовка рабочей карты (схемы) территории с обозначением профилей или маршрутных линий, привязанных к ориентирам местности, для проведения пешеходной и/или автомобильной гамма-съемки, точек отбора проб грунта для гамма-спектрометрии.

Второй этап – это детальный радиационный контроль участка радиоактивного загрязнения, включающий:

– измерение МАЭД внешнего гамма-излучения;

– определение глубины залегания радиоактивных загрязнений путем шпурения (бурения), измерения МАЭД гамма-излучения и взятия проб для спектрометрических и радиометрических измерений удельной активности.

В результате изучения и анализа требований международных рекомендаций и национальных нормативно-методических документов по радиационному обследованию радиоактивно загрязненных участков территории, зданий и сооружений нами определены основные контролируемые радиационные параметры:

– годовая эффективная и эквивалентная дозы;

– поступление и содержание радионуклидов в организме;

– объемная или удельная активность радионуклидов в почве, воздухе, воде, продуктах питания и др.;

– радиоактивное загрязнение кожных покровов, одежды, рабочих поверхностей и т. д.;

– доза и мощность дозы внешнего гамма-излучения;

– плотность потока частиц и фотонов.

### Заключение

Одним из наиболее показательных практических опытов реабилитации радиационных объектов является реабилитация пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева в Северо-Западном регионе России. В процессе радиационного обследования данного объекта было установлено, что, кроме поверхностного загрязнения почвы, на его территории имеются локальные участки радиоактивного загрязнения со значительным заглублением активности. Загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  на уровне 2 и более МБк/кг наблюдалось на глубине до 5,6 м,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в концентрациях 6–50 кБк/кг – на глубинах 6,5–15,6 м. Указанные локальные участки с глубинным загрязнением грунта являлись стойкими загрязнителями подземных вод, приводящих к загрязнению береговой полосы залива.

В результате проведенных специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева исследований мест проведения мирных ядерных взрывов установлено, что основными долгоживущими техногенными радионуклидами, которые при выходе на поверхность или в водоносные горизонты могут давать вклад в дозу внешнего и внутреннего облучения населения, являются:  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , изотопы урана и плутония.

Проведенный анализ перечней радионуклидов, выявленных на различных объектах, подвергшихся дезактивации, позволил предложить оптимизированный перечень радионуклидов, подлежащих контролю при заключительном радиационном обследовании реабилитированных радиационных объектов. Оптимизированный перечень включает 14 радионуклидов с периодами полураспада более 3 лет.

На основе результатов представленного анализа опыта ранее проведенных реабилитационных мероприятий на различных объектах, загрязненных радионуклидами в результате радиационных аварий и предшествующей деятельности, изучения требований нормативно-методических документов и рекомендаций по организации и проведению радиационного обследования объектов и участков территорий, сформированы основные требования к проведению заключительного радиационного обследования реабилитированных объектов. Такое обследование направлено на решение следующих основных задач:

– достоверное определение соответствия или несоответствия реабилитированного радиационного объекта установленным критериям реабилитации с учетом планируемого его использования в дальнейшем;

– определение, при необходимости, дополнительных требований по реабилитации данного объекта;

– решение вопроса о необходимости и объеме радиационного контроля реабилитированного объекта в процессе его дальнейшей эксплуатации;

– уточнение набора ограничений при дальнейшей эксплуатации реабилитированного объекта.

Как видно из вышеприведенного анализа ранее выполненных работ по реабилитации различных объектов, успешное решение этих задач возможно только в том случае, если заключительному радиационному обследованию предшествовали следующие предварительные мероприятия и исследования:

– получение, анализ и систематизация информации о характере деятельности, имевших место радиационных авариях и инцидентах, наличии захоронений РАО на территории реабилитируемого объекта и существующей радиационной обстановке до начала работ по его реабилитации;

– определение границ влияния реабилитируемого объекта;

– проведение начального радиационного контроля реабилитируемого объекта до начала работ по его реабилитации;

– разработка проекта реабилитации радиационного объекта и программы текущего радиационного контроля в процессе реабилитации;

– согласование регулирующими органами проекта реабилитации радиационного объекта и программы текущего радиационного контроля в процессе реабилитации;

– проведение текущего радиационного контроля на всех этапах выполнения работ по реабилитации;

– составление плана заключительного радиационного обследования с учетом результатов начального и текущего радиационного контроля.

Проведение заключительного радиационного обследования включает следующие этапы:

– измерения и исследования, предусмотренные составленной программой;

– анализ полученных данных с учетом установленных критериев реабилитации и планируемого характера дальнейшего использования реабилитируемого объекта;

– подготовка заключения по результатам проведенного заключительного радиационного обследования с учетом результатов текущего радиационного контроля.

Ключевым моментом для выявления всех локальных радиоактивных загрязнений, не соответствующих установленным критериям реабилитации, является обязательное участие организации, проводящей заключительное радиационное обследование, во всех предварительных этапах работ по реабилитации.

## Литература

1. Романович, И.К. Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности: Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации / И.К. Романович, И.П. Стамат, Н.И. Санжарова, А.В. Панов // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 6–15.

2. Романович, И.К. Направления использования реабилитированных радиационных объектов / И.К. Романович // Актуальные проблемы медико-санитарного обеспечения деятельности объектов морской техники, предприятий с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также экологического благополучия территорий, обслуживаемых Федеральным медико-биологическим агентством: мат. IV Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 50-летию ФГУП НИИПММ, Санкт-Петербург, 28–29 июня 2017 г. – СПб., 2017. – С. 250–254.

3. Крюков, О.В. Итоги реализации ФЦП ЯРБ 2008-2015 и задачи на будущее / О.В. Крюков, А.А. Абрамов; под общ. ред. Л.А. Большова // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. мат. юбил. X Российской науч. конф., Москва, Обнинск, 22–25 сентября 2015 г. – М.: ООО «САМ Полиграфист», 2015. – С. 24–35.

4. Большов, Л.А. Практика и задачи научного обеспечения работ по ядерному наследию / Л.А. Большов, И.И. Линге, А.А. Саркисов, С.С. Уткин // Атомная энергия. – 2016. – Т. 120, № 4. – С. 201–207.

5. Горлинский, Ю.Е. Уроки разработки стратегии экологической реабилитации объекта радиационного наследия / Ю.Е. Горлинский, В.А. Кутыков, О.А. Никольский // Атомная энергия. – 2009. – Т. 107, № 6. – С. 334–342.

6. Романович, И.К. Актуальные задачи радиационной гигиены в свете итогов ФЦП ЯРБ / И.К. Романович; под общ. ред. Л.А. Большова // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. мат. юбил. X Российской науч. конф., Москва, Обнинск, 22–25 сентября 2015 г. – М.: ООО «САМ Полиграфист», 2015. – С. 94–110.

7. Беляев, М.В. ФГУП «РОСПАО»: Проекты реабилитации / М.В. Беляев // Безопасность окружающей среды. – 2010, № 3. – С. 45–52.

8. Sneve M.K., Kiselev M., Kochetkov O. Regulatory improvements related to the radiation and environmental protection during remediation of the nuclear legacy sites in North West Russia. Final report of work completed by FMBA and NRPA in 2007. Str lever Rapport 2008:8. ster s: Norwegian Radiation Protection Authority 2008. Spr k: engelsk. 183 p.

9. Шандала, Н.К. Регулирующий надзор и оценка радиационной обстановки в районах размещения бывших военных технических баз / Н.К. Шандала, С.М. Киселев, А.В. Титов [и др.] // Гигиена и Санитария. – 2013. – № 3. – С. 15–19.

10. Шандала, Н.К. 10-летний опыт регулирования радиационной безопасности при реабилитации объектов СЗЦ «СевРАО» / Н.К. Шандала, С.М. Киселев, А.В. Симаков [и др.] // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. тез. док. 10-й юбил. Российской науч. конф. – 2015. – С. 163–164.

11. Шандала, Н.К. Радиационно-гигиенический мониторинг в районе размещения пункта временного хранения отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов в губе Андреева / Н.К. Шандала, А.А. Филимонова, Е.С. Щелканова [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2014. – Т. 59, № 2. – С. 5–11.

12. Сивинцев, Ю.В. Количественные критерии реабилитации территории береговых технических баз ВМФ / Ю.В. Сивинцев, В.Л. Высоцкий, Р.И. Калинин [и др.] // Атомная энергия. – 2006. – Т. 101, № 1. – С. 35–49.

13. Ильин, Л.А. Состояние и перспективы мониторинга радиационно-гигиенической обстановки в районах АЭС / Л.А. Ильин, Н.К. Шандала, М.Н. Савкин [и др.] // Бюллетень по атомной энергии. – 2004. – № 5. – С. 66–71.

14. Ильин, Л.А. Состояние и перспективы мониторинга радиационно-гигиенической обстановки в районах АЭС / Л.А. Ильин, Н.К. Шандала, М.Н. Савкин [и др.] // Бюллетень по атомной энергии. – 2004. – № 4. – С. 56–62.

15. Shandala N.K., Sneve M.K., Smith G.M., Kiselev M.F., Kochetkov O.A., Savkin M.N. [et al.] Regulatory supervision for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian Northwest. J. Radiol. Prot. 2008; 28(4):453-65.

16. Shandala N.K., Titov A.V., Sneve M.K., Smith G.M., Novikova N.Y., Romanov V.V. [et al.] Radiological criteria for remediation of sites for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian Northwest. *J. Radiol. Prot.* 2008; 28(4):479-97.
17. Саркисов, А.А. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей / А.А. Саркисов, Ю.В. Сивинцев, В.Л. Высоцкий, В.С. Никитин // Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М., 2015. – 699 с.
18. Романович, И.К. Гигиеническая характеристика радиационной обстановки на акватории Ладожского озера при подъеме радиоактивно загрязненного опытового судна «Кит» / И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 6–13.
19. Терешкин, В. «Грязная бомба» Ленинграда: Операция «Кит» на Ладоге» / Виктор Терешкин. [http://bellona.ru/2015/04/09/kit\\_na\\_ladoge-2/#bio-58527](http://bellona.ru/2015/04/09/kit_na_ladoge-2/#bio-58527) (дата обращения: 19.07.2016).
20. Медников, В. Одиссея опасного «Кита» / Виктор Медников // Тайны истории. – 2014. – № 28. <http://info.cake.dn.ua/odisseye-opasnogo-kita> (дата обращения: 19.07.2016).
21. Объект 230 ВМФ // Красная звезда. – 2014, 1 апр. (№ 33(11598)); 2 апр. (№ 34 (11599)).
22. Тарасов, О. Чёрная быль Ладоги / О. Тарасов // Ленинградская правда. – 1991. – 10 апр. № 83 (23125). – с. 3; 11 апр. № 84 (23126). – С. 3; 12 апр. № 85 (23127). – С. 3.
23. Агапов, А.М. Радиоактивное загрязнение водной системы река Нева – Ладожское озеро / А.М. Агапов [и др.] // Радиохимия. – 2003. – Т. 45, № 4. – С. 370–374
24. Захарченко, М.П. Радиация, экология, здоровье / М.П. Захарченко [и др.]. – СПб.: Гуманистика, 2003. – 336 с.
25. Ткаченко, А.В. Радиационное обследование островов Хейнясенмаа в 2012 году / А.В. Ткаченко, В.Ю. Цветков. <http://www.ipkecol.ru/index.php/ekoinfo/publikatsii/radiatsionnoe-obsledovanie-ostrovov.html>. (дата обращения: 16.06.2016).
26. Тимофеева, М.А. О внесении данных о радиационно-гигиенической обстановке в местах проведения мирных ядерных взрывов в радиационно-гигиенический паспорт территории субъекта Российской Федерации / М.А. Тимофеева, А.Н. Барковский, А.Ю. Медведев [и др.] // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 51–54.
27. Рамзаев, В.П. Радиационно-гигиенический мониторинг в местах применения ядерно-взрывных технологий в мирных целях и расчет доз облучения критических групп населения / В.П. Рамзаев, А.Ю. Медведев, В.С. Репин [и др.] // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 33–39.
28. Рамзаев, В.П. Мирные ядерные взрывы: проблемы и пути обеспечения радиационной безопасности населения / В.П. Рамзаев, В.С. Репин, Е.В. Храмцов // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 27–33.
29. Рамзаев, В.П. О влиянии подземных ядерных взрывов «Кратон-3» и «Кристалл» на радиационно-гигиеническую обстановку в близлежащих населенных пунктах / В.П. Рамзаев, И.Г. Травникова, Л.Н. Басалаева [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 2. – С. 14–19.
30. Романович, И.К. Обоснование радиационной безопасности длительного хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерновзрывной технологии / И.К. Романович, С.Л. Спешилов, М.К. Теплов // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 16–23.
31. Храмцов, Е.В. Объективное и субъективное в оценке опасности последствий мирных ядерных взрывов на примере объекта «Днепр» / Е.В. Храмцов, К.В. Варфоломеева, С.А. Зеленцова [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 35–44.
32. Иванов, О.П. Обеспечение безопасности при работах по выводу из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ в НИЦ «Курчатовский институт» / О.П. Иванов, В.И. Колядин, А.В. Лемус [и др.]; под общ. ред. Л.А.Большова // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. мат. юбил. X Российской науч. конф., Москва, Обнинск, 22–25 сентября 2015 г. – М.: ООО «САМ Полиграфист», 2015. – С. 58–68.
33. Структура и содержание отчета по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования для вывода из эксплуатации блока атомной станции РБ-081-13 // Ядерная и радиационная безопасность. – 2014. – № 2 (72). – С. 13–26.
34. Енговатов, И.А. Комплексное инженерное и радиационное обследование в проблеме вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС / И.А. Енговатов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 1. – С. 125–132.
35. Хвостова, М.С. Некоторые аспекты вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС / М.С. Хвостова // Электрические станции. – 2011. – № 10. – С. 2–9.
36. Хвостова, М.С. Инженерно-экологические особенности вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС, расположенных на территории Российской Федерации / М.С. Хвостова // Энергоснабжение и водоподготовка. – 2011. – № 5. – С. 5–8.
37. Ермаков, А.И. Радиационно-гигиенические подходы при выводе из эксплуатации объектов, загрязненных техногенными альфа-излучателями / А.И. Ермаков, С.В. Семеновых, И.П. Коренков [и др.] // АНРИ. – 2015. – № 4. – С. 58–64.
38. Волков, В.Г. Радиационное обследование радиоактивных объектов Кирово-Чепецкого химического комбината / В.Г. Волков, А.Г. Волкович, О.П. Иванов [и др.] // Атомная энергия. – 2009. – Т. 107. – № 2. – С. 75–81.
39. Волков, В.Г. Подготовка объектов Подольского завода цветных металлов к реабилитации / В.Г. Волков, А.Г. Волкович, А.С. Данилович [и др.] // Атомная энергия. – 2010. – Т. 109, вып. 2. – С. 89–94.
40. Романович, И.К. Радиационная обстановка на Электростальском заводе тяжелого машиностроения и прилегающей территории г. Электросталь, связанная с расплавлением радионуклидного источника / И.К. Романович, Г.Я. Брук, А.В. Громов, В.П. Рамзаев // Актуальные вопросы радиационной гигиены: сб. тез. конф. – СПб, 2014. – С. 165–167.
41. Романович, И.К. Особенности оценки текущих доз облучения детей, проживающих на радиоактивно загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС территориях / И.К. Романович, А.В. Громов, Г.Я. Брук, В.В. Кучумов // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 38–44.
42. Барковский, А.Н. Разработка радиационно-гигиенических критериев и требований по обеспечению процедуры перехода населенных пунктов от условий радиационной аварии к условиям нормальной жизнедеятельности населения / А.Н. Барковский, Г.Я. Брук, И.К. Романович // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 4. – С. 14–17.
43. Брук, Г.Я. Радиационно-гигиенические критерии и требования по обеспечению процедуры перехода населенных пунктов, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Г.Я. Брук, А.Н. Барковский, И.К. Романович // Санитарный врач. – 2013. – № 1. – С. 50–52.
44. Романович, И.К. Авария на АЭС «Фукусима – 1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович, М.И. Балонов, А.Н. Барковский, А.И. Никитин [и др.]; под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко. – СПб: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. – 336 с.
45. Онищенко, Г.Г. Авария на АЭС «Фукусима-1»: первые итоги аварийного реагирования. Сообщение 1: Общие сведения об аварии и радиационной обстановке / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, М.И. Балонов [и др.] // Радиационная гигиена. – СПб. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 5–12.

46. Онищенко, Г.Г. Авария на АЭС «Фукусима-1»: первые итоги аварийного реагирования. Сообщение 2: Действия органов Роспотребнадзора по радиационной защите населения Российской Федерации на ранней стадии аварии / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, А.Н. Барковский [и др.] // Радиационная гигиена. – СПб. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 13–22.
47. Линге, И.И. О радиационном контроле радионуклидов для целей государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды / И.И. Линге, С.В. Панченко, М.М. Горелов // АНРИ. – 2017, № 1. – С. 12–19.
48. Серия Норм МАГАТЭ по безопасности «Освобождение площадок от регулирующего контроля после завершения практической деятельности». Руководство № WS-G-5.1. – Вена, 2008. – 42 с.
49. Григорьев, Е.И. Критерии соответствия в радиационном контроле / Е.И. Григорьев, В.П. Ярына, Е.А. Иванов, А.С. Коротков, И.В. Пырков // АНРИ. – 2011. – № 1. – С. 2–6.

Поступила: 08.08.2017 г.

**Романович Иван Константинович** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. Тел.: 8(812)233-53-63; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

**Для цитирования: Романович И.К. Научное обоснование подходов к организации и проведению радиационного обследования реабилитированных радиационных объектов // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 90-102. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-90-102**

## Scientific substantiation of approaches to organization and conducting radiation surveys at the rehabilitated radiation sites

Ivan K. Romanovich

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

*The article is concerned with the scientific justification of approaches to the organization of the final radiation survey of facilities having radioactive contamination, after their rehabilitation. Scientific publications on the previous experience in rehabilitation of facilities contaminated with radionuclides, the organization and conducting a radiation survey before the start of the decontamination, during its implementation and after its completion were analyzed. The experience in the rehabilitation of the site for the temporary storage of spent fuel and radioactive waste in Andreeva Bay in the North-West region of Russia, the locations of peaceful nuclear explosions, experimental nuclear power plants, a radiochemical laboratory, and metallurgical plants, that do not belong to radiation facilities, has been studied. It has been established that, besides the surface contamination of the soil, areas of radioactive contamination on sites of decommissioned radiation facilities with significant depth up to 15 m along the profile are available. These local zones with depth soil contamination are persistent contaminants of the groundwater. The experience in the radiation survey of the peaceful nuclear explosions sites shows the removal of radionuclides from cavities, formed with the use of nuclear explosive technologies for peaceful purposes, on the earth's surface. An optimized list of radionuclides to be monitored during the radiological survey of rehabilitated facilities was proposed based on the analysis of the composition of radionuclides detected at radiation sites subjected to decontamination. The optimized list includes 14 radionuclides with the half-lives of more than three years.*

**Key words:** radiation facility, radioactive contamination, radiation survey, radiation control, rehabilitation, radiological decontamination, volume activity, exposure dose.

**Ivan K. Romanovich**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

## References

- Romanovich I.K., Stamat I.P., Sanzharova N.I., Panov A.V. Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2016, Vol. 9, № 4, pp. 6-15. (In Russian)
- Romanovich I.K. Directions for use of rehabilitated radiation objects. Actual problems of health service support of activities of marine facilities, enterprises with harmful and (or) hazardous workplace factors, and ecological well-being of territories under surveillance of the Federal Medical and Biological Agency. Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50 anniversary of the FSUE RI IMM; 2017 June 28-29, Saint Petersburg, 2017, pp. 250-254. (In Russian).
- Kryukov O.V., Abramov A.A. Results of the implementation of FTP NRS 2008-2015 and challenges for the future. Radiation protection and radiation safety in nuclear technology: Proceedings of the anniversary X All-Russian scientific and practical conference. Ed.: Bolshov L.A.; 2015 September 22-25, Moscow, Obninsk: LLC «SAM poligrafist», 2015, pp. 24-35. (In Russian).
- Bolshov L.A., Linge I.I., Sarkisov A.A., Utkin S.S. Practice and Problems of Scientific Support for Nuclear Legacy Work. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*, 2016, Vol. 120, № 4, pp. 252-258. (In Russian).
- Gorlinsky Yu.E., Kutkov V.A., Nikolsky O.A. Lessons from the development of a strategy for eco-rehabilitation of a radiation-legacy object. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*, 2009, Vol. 107, № 6, pp. 406-413. (In Russian).
- Romanovich I.K. Actual problems of radiation hygiene in the light of the outcomes of the FTP NRS. Radiation protection and radiation safety in nuclear technology: Proceedings of the anniversary X All-Russian scientific and practical conference. Ed.: Bolshov L.A.; 22-25 September 2015, Moscow, Obninsk: LLC «SAM poligrafist», 2015, pp. 94-110. (In Russian).
- Belyaev M.V. FSUE RosRAO: remediation projects. *Bezopasnost okruzhayushchey sredy = Environmental safety*, 2010, № 3, pp. 45-52. (In Russian).
- Sneve M. K., Kiselev M., Kochetkov O. Regulatory improvements related to the radiation and environmental protection during remediation of the nuclear legacy sites in North West Russia. Final report of work completed by FMBA and NRPA in 2007. *Str levernRapport 2008:8. ster s: Norwegian Radiation Protection Authority 2008. Spr k: engelsk*. 183 p.
- Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V., Seregin V.A. [et al.] Regulatory supervision and assessment of the radiological situation in the areas of location of former military technical bases. *Gigiena i Sanitariya = Hygiene and sanitation*, 2013, № 3, pp. 15-19. (In Russian).
- Shandala N.K., Kiselev S.M., Simakov A.V., Abramov Yu.V. [et al.] 10-year experience in regulating radiation safety in the rehabilitation of SevRAO facilities. Radiation protection and radiation safety in nuclear technology: Proceedings of the anniversary X All-Russian scientific and practical conference. Ed.: Bolshov L.A.; 22-25 September 2015, Moscow, Obninsk: LLC «SAM poligrafist», 2015, pp. 163-164. (In Russian).
- Shandala N.K., Filimonova A.A., Shchelkanova E.S., Sneve M.K. [et al.] Radiation Survey at Andreeva Bay Sites of Temporary Storage of the Spent Nuclear Fuel and Radioactive Waste. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*, 2014, Vol. 59, № 2, pp. 5-12. (In Russian).
- Sivintsev Yu.V., Vysotsky V.L., Kalinin R.I., Aden V.G., Vasilyev A.P. Quantitative criteria for rehabilitation of the territory of shore servicing bases of the naval fleet. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*, 2006, Vol. 101, № 1, pp. 494-505. (In Russian).
- Ilyin L.A., Shandala N.K., Savkin M.N. [et al.] Status and prospects for monitoring radiation and hygienic situation in the areas of nuclear power plants. *Byulleten po atomnoy energii = Bulletin of atomic energy*, 2004, № 5, pp. 66-71. (In Russian).
- Ilyin L.A., Shandala N.K., Savkin M.N. [et al.] Status and prospects for monitoring radiation and hygienic situation in the areas of nuclear power plants. *Byulleten po atomnoy energii = Bulletin of atomic energy*, 2004, № 4, pp. 56-62. (In Russian).
- Shandala N.K., Sneve M.K., Smith G.M., Kiselev M.F., Kochetkov O.A., Savkin M.N. [et al.] Regulatory supervision of sites for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian Northwest. *J. Radiol. Prot.*, 2008; 28(4):453-65.
- Shandala N.K., Titov A.V., Sneve M.K., Smith G.M., Novikova N.Y., Romanov V.V. et al. Radiological criteria for remediation of sites for spent fuel and radioactive waste storage in the Russian Northwest. *J. Radiol. Prot.*, 2008; 28(4):479-97.
- Sarkisov A. A., Sivintsev Yu. V., Vysotsky V. L., Nikitin V. S. The atomic heritage of the Cold War on the bottom of the Arctic. Radioecological and technical and economic problems of radiation rehabilitation of the seas. Institut problem bezopasnogo razvitiya atomnoy energetiki RAN = Nuclear Safety Institute (IBRAE) RAS, Moscow, 2015, 699 p. (In Russian).
- Romanovich I.K. Hygienic characteristics of radiation situation in the water area of The Ladoga Lake during salvaging of the radioactively contaminated experimental vessel «KIT». *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2016; 9(3):6-13. (In Russian).
- Tereshkin V. «Dirty bomb» of Leningrad: Operation «Kit» on Ladoga ». – Available from: [http://bellona.ru/2015/04/09/kit\\_na\\_ladoge-2/#bio-58527](http://bellona.ru/2015/04/09/kit_na_ladoge-2/#bio-58527) (Accessed: July 19, 2016). (In Russian).
- Mednikov V. Odyssey of the dangerous «Kit». *Tayny istorii = Secrets of history*, 2014, No. 28. – Available from: <http://info.cake.dn.ua/odissey-a-opasnogo-kita> (Accessed: July 19, 2016). (In Russian).
- The object 230 of the Navy. *Krasnaya zvezda = Red star*, 2014, Apr 1. (No. 33(11598); 2 Apr. (No. 34 (11599)). (In Russian).
- Tarasov O. The Black story of Ladoga. *Leningradskaya pravda*, 1991, 10 apr. No. 83 (23125). – from. 3; 11 Apr. No. 84 (23126). – from. 3; 12 Apr. No. 85 (23127). – from. 3. (In Russian).
- Agapov A.M., Belenky M.I., Gavrilov V.M., Gritchenko Z.G., Ivanova L.M. [et al.] Radioactive Contamination of the Neva River-Lake Ladoga Aquatic System. *Radiokhimiya = Radiochemistry*, 2003, Vol.45, No 4, pp. 370-374. (In Russian).
- Zakharchenko M.P., Khavinson V.Kh., Onikienko S.B., Novozhilov G.N. Radiation, ecology, health. Saint-Petersburg, Gumanistika, 2003, 336 p. (In Russian).
- Tkachenko A.V., Tsvetkov V.Yu. A radiation survey of the Kheinyasenmaa Islands in 2012. – Available from: <http://www.ipkecol.ru/index.php/ekoinfo/publikatsii/radiatsionnoe-obsledovanieostrovov.html>. (Accessed:16.06.2016) (In Russian).
- Timofeeva M.A., Barkovsky A.N., Medvedev A.Yu., Ramzaev V.P., Repin V.S. On including the data relevant to peaceful nuclear explosions in the radiation hygiene passport of a territorial subject of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2010; 3(3):51-54. (In Russian).
- Ramzaev V.P., Medvedev A.Yu., Repin V.S., Timofeeva M.A., Khrantsov E.V. Radiation monitoring the industrial nuclear explosion sites and evaluation of the doses to the critical groups of population. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2010; 3(1):33-39. (In Russian).
- Ramzaev V.P., Repin V.S., Khrantsov E.V. Peaceful underground nuclear explosions: current issues on radiation safety for general public. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2009;2(2):27-33. (In Russian).
- Ramzaev V.P., Travnikova I.G., Basalaeva L.N., Bruk G.Y., Golikov V.Y., Mishin A.S., Brown J.E., Strand P. On influence of the underground nuclear explosions Crystal and Kraton-3 on radiological situation in the nearest settlements.

- Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2008; 1(2):14-19. (In Russian).
30. Romanovich I.K., Speshilov S.L., Teplov M.K. Radiation safety justification for the long-term storage of gas condensate in the underground reservoirs formed by the nuclear explosion technology. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2010; 3(2):16-23. (In Russian).
  31. Khramtsov E.V., Varfolomeeva K.V., Zelentsova S.A., Arkhangel'skaya G.V., Repin V.S., Vishnyakova N.M. Objective and subjective in an assessment of the danger of the consequences of peaceful nuclear explosions on the example of facility «Dnepr». Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2015; 8(1):35-44. (In Russian).
  32. Ivanov O.P., Kolyadin V.I., Lemus A.V., Muzrukova V.D. [et al.] Ensuring safety during decommissioning of research reactors MR and RFT in NRC «Kurchatov Institute». Radiation protection and radiation safety in nuclear technology: Proceedings of the anniversary X All-Russian scientific and practical conference. Ed.: Bolshov L.A.; 22-25 September 2015, Moscow, Obninsk: LLC «SAM poligrafist», 2015, pp. 58-68. (In Russian).
  33. The structure and content of the report on results of comprehensive engineering and radiation survey for decommissioning of NPP power unit. RB-081-13. Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost = Nuclear and Radiation Safety, 2014, № 2 (72), p. 13-26. (In Russian).
  34. Engovatov I.A. Comprehensive engineering and radiation surveys in decommissioning of nuclear power plants. Vestnik MGSU, 2013, № 1, pp. 125-132. (In Russian).
  35. Khvostova M.S. Some aspects of power units decommissioning of the nuclear power plants. Elektricheskii stantsii = Electrical Power Stations, 2011, № 10, pp. 2-9. (In Russian).
  36. Khvostova M.S. Engineering-ecological characteristics of the decommissioning of nuclear power units, located on the territory of the Russian Federation. Energosnabzhenie i vodo-podgotovka = Power supply and water treatment, 2011, № 5, pp. 5-8. (In Russian).
  37. Ermakov A.I., Semenovych S.V., Korenkov I.P., Lashchenova T.N., Mayzik A.B. Radiation and Sanitary Approach for Decommissioning Facilities Contaminated by Man-Made Alpha-Emitters. ANRI, 2015, № 4, pp. 58-64. (In Russian).
  38. Volkov V.G., Volkovich A.G., Ivanov O.P., Pavlenko V.I., Potapov V.N., Semenov S.G., Chesnokov A.V., Arustamov A.E., Veselov E.I., Vasendin D.R. Radiation survey of radioactive objects at the Kirovo-Chepetsk chemical combine. Atomnaya energiya = Atomic Energy, 2009, Vol. 107, № 2, pp. 75-81. (In Russian).
  39. Volkov V.G., Volkovich A.G., Danilovich A.S., Lemus A.V., Koltyshev S.M. [et al.] Preparation of objects at the Podolsk nonferrous metals works for rehabilitation. Atomnaya energiya = Atomic Energy 2010, Vol. 109, № 2, pp. 89-94. (In Russian).
  40. Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Gromov A.V., Ramzaev V.P. Radiation situation at the Elektrostal plant of heavy engineering and the adjacent territory of Elektrostal, associated with the melting of a radionuclide source. Actual issues of radiation hygiene Proceedings of conference. Saint-Petersburg, 2014, pp. 165-167. (In Russian).
  41. Romanovich I.K., Gromov A.V., Bruk G.Ya., Kuchumov V.V. Peculiarities of current dose assessment for children living in the territories radioactively contaminated due to the Chernobyl accident. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, Saint-Petersburg, 2011, Vol. 4, № 1, pp. 38-44. (In Russian).
  42. Barkovsky A.N., Bruk G.Ya., Romanovich I.K. Development of radiation-hygienic criteria and demands for providing the process of settlements transfer from radiation accident conditions to the conditions of population normal vital activity. Zdorovye naseleniya i sreda obitaniya = Health of the population and habitat, 2011, No 4 (217), pp. 14-17. (In Russian).
  43. Bruk G.Ya., Barkovsky A.N., Romanovich I.K. Radiation-hygienic criteria and requirements for providing the procedure of transition of human settlements affected by the accident at Chernobyl NPP. Sanitarnyy vrach = Sanitary doctor, №1, 2013, pp. 50-52. (In Russian).
  44. Romanovich I.K. [et al.] The accident at the «Fukushima-1» NPP: the preventive measures organization aimed at the preservation of the Russian Federation public health. Ed.: G.G. Onishchenko; St. Petersburg, Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, 2012, 336 p. (In Russian).
  45. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Balonov M.I., Barkovsky A.N., Gorsky A.A. Accident at «Fukushima-1» NPP: first results of emergency response. Report 1: general information about the accident and radiation situation. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2011, Vol. 4, № 2, pp. 5-12. (In Russian).
  46. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Bruk G.Y., Golikov V.Y., Gorsky A.A., Kaduka M.V., Konstantinov Y.O., Mishin A.S., Ramzaev V.P., Repin V.S., Shutov V.N., Gromov A.V., Goncharova Y.N., Yakovlev V.A. A ccident at «Fukushima-1» NPP: first results of emergency response. Report 2: activities of the ROSPOTREBNADZOR AUTHORITIES for the radiation protection of the Russian Federation population on the early stage of accident. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2011, Vol. 4, № 2. pp. 13-22. (In Russian).
  47. Linge I.I., Panchenko S.V., Gorelov M.M. Radiation Monitoring for the Purposes of Public Regulation in the Field of Environmental Protection. ANRI, 2017, № 1, pp. 12-19. (In Russian).
  48. IAEA Safety Standards Series. The release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices. Safety guide № WS-G-5.1. Vienna, 2008, 42 p. (In Russian).
  49. Grigoryev E.I., Yaryna V.P., Ivanov E.A., Korotkov A.S., Pyrkov I.V. Criteria of Conformity in Radiation Control. ANRI, 2011, № 1, pp. 2-6. (In Russian).

Received: August 08, 2017

**For correspondence: Ivan K. Romanovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru)

**For citation: Romanovich I.K. Scientific substantiation of approaches to organization and conducting radiation surveys at the rehabilitated radiation sites. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 90-102. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-90-102**

## Радиационная обстановка на территориях Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС

Г.Я. Брук<sup>1</sup>, А.Б. Базюкин<sup>1</sup>, А.А. Братилова<sup>1</sup>, О.А. Историк<sup>2</sup>, Л.А. Еремина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области

*Авария на Чернобыльской АЭС была самой масштабной из радиационных катастроф в мире. Она привела к радиоактивному загрязнению 14 регионов Российской Федерации. К зоне радиоактивного загрязнения с плотностью более 1,0 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs в 1991 г. было отнесено 4540 населенных пунктов. По состоянию на 2016 г. к зоне радиоактивного загрязнения в Российской Федерации по постановлению Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 г. № 1074 «Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» отнесено 3855 населенных пунктов с населением более 1,5 млн человек. В соответствии с этим постановлением, в Ленинградской области 29 населенных пунктов отнесены к зонам радиоактивного загрязнения. В настоящей статье описывается динамика изменения радиационной обстановки и ее современное состояние на территориях Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Приведены данные о динамике содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пищевых продуктах местного происхождения, результаты расчетов текущих средних годовых эффективных доз, используемых для целей зонирования населенных пунктов, и фактически полученных населением средних годовых эффективных доз облучения, начиная с 1986 г. По результатам лабораторных исследований с 1987 г. превышений допустимых уровней по содержанию цезия-137 в сельскохозяйственной продукции и продовольственном сырье местного производства не выявлено, в дикорастущей продукции (грибах) периодически обнаруживались превышения допустимых уровней по цезию-137. Случаев превышения допустимых уровней по содержанию стронция-90 в пищевых продуктах, воде питьевой и воде из открытых водоемов не регистрировалось за весь период наблюдений, определяемая активность находилась на уровне в десятки и сотни раз меньше допустимых уровней. Консервативно оцениваемые средние годовые эффективные дозы облучения, используемые для целей зонирования населенных пунктов, в 2016 г. у жителей населенных пунктов Ленинградской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, не превышают 0,090 мЗв/год. Фактически полученные населением в 2016 г. средние годовые эффективные дозы облучения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС не превышают 0,082 мЗв/год. Таким образом, по результатам мониторинга радиационной обстановки, ситуация, связанная с воздействием источников ионизирующего излучения в Ленинградской области, образовавшихся вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в настоящее время характеризуется как безопасная.*

**Ключевые слова:** авария на Чернобыльской АЭС, население, критическая группа населения, внешнее облучение, внутреннее облучение, доза облучения, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr.

### Введение

Авария на Чернобыльской АЭС (далее – ЧАЭС) в 1986 г. привела к радиоактивному загрязнению значительных территорий европейской части Российской Федерации и сопредельных государств. В настоящее время в зонах радиоактивного загрязнения Российской Федерации на-

ходится 3855 населенных пунктов (далее – НП), где проживают более 1,5 млн человек [1].

Наиболее интенсивно загрязнена Брянская область: так, в Красногорском районе до сих пор есть населенные пункты с загрязнением почвы цезием-137 более 40 Ки/км<sup>2</sup>. Значительно пострадали также Тульская, Калужская и

### Брук Геннадий Яковлевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: gen-bruk@yandex.ru

Орловская области. Кроме этих четырех областей, еще в 10 субъектах Российской Федерации, в том числе в Ленинградской области, имеются населенные пункты, расположенные в зонах радиоактивного загрязнения.

В соответствии с Законом Российской Федерации от 15 мая 1991 г. № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», уровни защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных территориях определяются отнесением НП к той или иной зоне, в зависимости от величины поверхностного загрязнения почвы цезием-137 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 ее расчета включали коэффициент запаса, определяя величину, предназначенную сугубо для целей зонирования, как верхний 90% квантиль распределения значений СГЭД у жителей НП, определенной для условий проживания и хозяйственной деятельности «без активных мер радиационной защиты» (СГЭД<sub>90</sub>).

Все расчеты СГЭД<sub>90</sub> проводятся согласно действующим методическим указаниям МУ 2.6.1.784-99, МУ 2.6.1.1101-02, МУ 2.6.1.2319-08 и МУ 2.6.1.3154-13 [2–5].

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% [2].

В отличие от СГЭД<sub>90</sub>, при оценке средних накопленных эффективных доз (СНЭД) используются алгоритмы, благодаря которым определяются фактические дозы. Расчеты СНЭД проводятся согласно действующим методическим указаниям МУ 2.6.1.579-96, МУ 2.6.1.1114-02, 2.6.1.2004-05 и МУ 2.6.1.3153-13 [6–9].

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).

Результаты, полученные в проведенных ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева исследованиях, позволили установить закономерности формирования доз облучения населения, проживающего в НП, расположенных на территориях с разными уровнями поверхностного загрязнения почвы цезием-137. Благодаря этому появилась возможность оценивать дозы облучения населения не только в обследованных НП, но и во всех НП, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения [10].

В статье приведены данные о динамике содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пищевых продуктах местного происхождения и результаты расчетов текущих СГЭД<sub>90</sub> у жителей НП Ленинградской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие аварии на ЧАЭС, а также фактически полученных населением средних годовых эффективных доз облучения (СГЭД<sub>факт</sub>), начиная с 1986 г.

**Цель исследования** – оценка последствий радиационного загрязнения территории Ленинградской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

### Материалы и методы

Оценка динамики изменения радиационной обстановки и ее современного состояния на территориях Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, выполнена на основании данных радиологической лаборатории испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» и испытательной лаборатории ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева.

Определение цезия-137 и стронция-90 в исследуемых образцах пищевых продуктов проводили в радиологической лаборатории испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» и в испытательной лаборатории ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева радиометрическим, гамма-бета-спектрометрическим и радиохимическим методами исследований.

Расчеты СГЭД<sub>90</sub> и СГЭД<sub>факт</sub> выполнены сотрудниками ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева на основе анализа всей собранной информации, включая имеющиеся архивные материалы.

### Результаты и обсуждение

Основными показателями для оценки динамики изменения радиационной обстановки и ее современного состояния на территории Ленинградской области вследствие аварии на ЧАЭС были выбраны данные о содержании <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пищевых продуктах местного происхождения за период 1986–2016 гг., текущие дозы облучения населения СГЭД<sub>90</sub> и СГЭД<sub>факт</sub> за период 1986–2016 гг.

Проанализированы и обобщены данные 889 измерений проб основных дозообразующих пищевых продуктов (молоко, картофель, грибы), отобранных за период 1986–2016 гг. в НП двух районов Ленинградской области, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

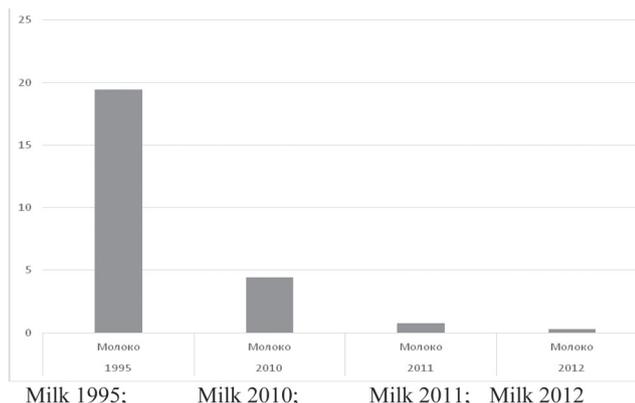
По результатам лабораторных исследований с 1987 г. превышений допустимых уровней (ДУ) по содержанию цезия-137 в пищевых продуктах и продовольственном сырье местного производства не выявлено, в дикорастущей продукции (грибах) периодически обнаруживались превышения нормативов по цезию-137.

Случаев превышения ДУ стронция-90 в пищевых продуктах, воде питьевой и воде из открытых водоемов не регистрировалось, определяемая активность находится на уровне в десятки и сотни раз меньше допустимых уровней.

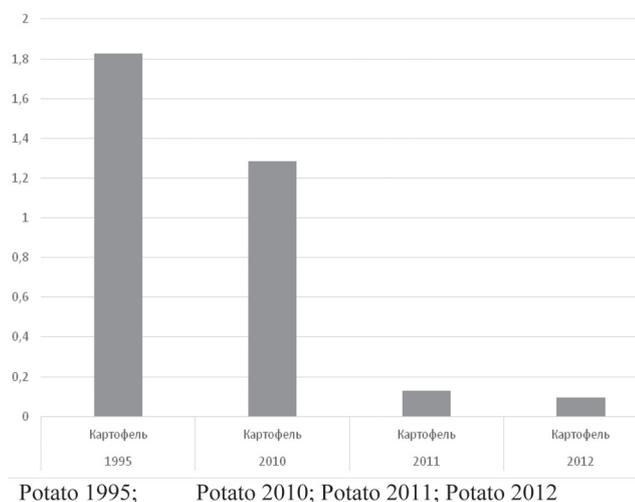
Результаты исследований проб молока, картофеля и грибов в разные годы после аварии на ЧАЭС иллюстрируются рисунками 1–3.

К сожалению, на исследование в разные годы отбирали разные виды грибов. Этим объясняется отсутствие какой-либо закономерности в динамике изменения средней удельной активности <sup>137</sup>Cs в пробах грибов.

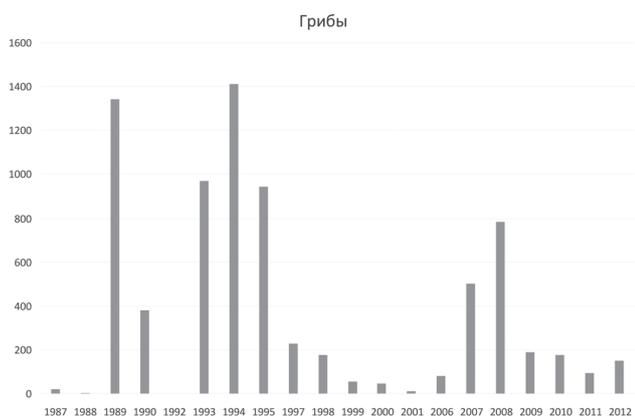
В таблице 1 в качестве примера приведены результаты измерений удельной активности <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в 24 пробах пищевых продуктов, отобранных специалистами ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева в населенных пунктах Ленинградской области в 2010 г.



**Рис. 1.** Средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs в пробах молока в разные годы после аварии на ЧАЭС, Бк/кг (85 проб)  
**[Fig. 1.** Average concentration of <sup>137</sup>Cs in milk samples in different years after the Chernobyl accident, Bq/kg (85 samples)]



**Рис. 2.** Средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs в пробах картофеля в разные годы после аварии на ЧАЭС, Бк/кг (70 проб)  
**[Fig. 2.** Average concentration of <sup>137</sup>Cs in potato samples in different years after the Chernobyl accident, Bq/kg (70 samples)]



**Рис. 3.** Средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs в пробах грибов свежесобранных (на сырой вес) в разные годы после аварии на ЧАЭС, Бк/кг (202 пробы)  
**[Fig. 3.** Average concentration of <sup>137</sup>Cs in samples of freshly harvested mushrooms (wet weight) in different years after the Chernobyl accident, Bq/kg (202 samples)]

Таблица 1  
**Средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пробах пищевых продуктов, отобранных в населенных пунктах Ленинградской области в 2010 г., Бк/кг**

*[Table 1*  
**The average concentration of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in samples of food products collected in settlements of the Leningrad region in 2010, Bq / kg]**

НП [Settlement]	Продукт [Food product]	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Волна [Volna]	Картофель [Potato]	0,35	0,05
Волна [Volna]	Молоко коровье [Cow milk]	0,23	0,10
Голубовицы [Golubovitsy]	Картофель [Potato]	0,26	0,02
Гомонтово [Gomontovo]	Картофель [Potato]	0,28	0,03
Кайкино [Kaykino]	Картофель [Potato]	0,25	0,02
Красная Мыза [Krasnaya Myza]	Картофель [Potato]	0,35	0,03
Лелино [Lelino]	Картофель [Potato]	0,39	0,05
Малое Руддилово [Maloe Ruddilovo]	Грибы [Mushrooms]	4,8	0,11
Малое Руддилово [Maloe Ruddilovo]	Картофель [Potato]	0,24	0,06
Малое Руддилово [Maloe Ruddilovo]	Молоко коровье [Cow milk]	0,33	0,04
Малое Тешково [Maloe Teshkovo]	Картофель [Potato]	2,07	0,04
Монастырьки [Monastyrki]	Грибы [Mushrooms]	170	0,44
Монастырьки [Monastyrki]	Картофель [Potato]	2,09	0,05
Монастырьки [Monastyrki]	Молоко коровье [Cow milk]	0,52	0,08
Сельцо [Seltso]	Грибы [Mushrooms]	330	1,2
Сельцо [Seltso]	Картофель [Potato]	0,20	0,03
Синковицы [Sinkovitsy]	Картофель [Potato]	1,1	0,04
Систа [Sista]	Картофель [Potato]	0,27	0,07
Слободка [Slobodka]	Картофель [Potato]	0,22	0,04
Старые Бегуницы [Starye Begunitsy]	Картофель [Potato]	0,30	0,03
Старые Смолеговицы [Starye Smolegovitsy]	Картофель [Potato]	0,28	0,04
Томарово [Tomarovo]	Картофель [Potato]	0,25	0,02

Стандартная ошибка среднего для всех проб составила около 25%  
 [The standard error of the mean for all samples was about 25%].

В качестве исходных данных для проведения расчетов СГЭД<sub>90</sub> были использованы:

- результаты измерений удельной активности <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в пробах молока, картофеля и грибов местного происхождения;
- данные о группах и типах почв, преобладающих в населенных пунктах (НП) или общественных хозяйствах;
- данные о структуре жилого фонда в НП;
- официальные данные Росгидромета за 01.01.2016 г. о плотности загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в НП.

Для тех НП, где количество проанализированных проб не отвечало требованиям МУ или содержание радионуклидов в этих пробах было настолько мало, что чувствительность измерительной аппаратуры оказывалась недостаточной для получения достоверных результатов, удельную активность радионуклидов в молоке, картофеле и грибах оценивали в соответствии

с МУ, по данным о преобладающих группах и типах почв с использованием численных значений коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в указанные пищевые продукты.

В таблице 2 приведены средние годовые эффективные дозы облучения (СГЭД<sub>90</sub>) в 2016 г. жителей 29 населенных пунктов Ленинградской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации от 8 октября 2015 г. № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». Максимальное расчетное значение 0,090 мЗв/год было получено для д. Лужицы Кингисеппского района. Для сравнения: в селе Заборье Красногорского района Брянской области величина СГЭД<sub>90</sub> в 2016 г. составляет 5,9 мЗв/год.

Таблица 2

**Средние годовые эффективные дозы облучения (СГЭД<sub>90</sub>) в 2016 г. жителей населенных пунктов Ленинградской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации от 8 октября 2015 г. № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»**

[Table 2

**Average annual effective radiation doses (AAED<sub>90</sub>) of residents of settlements in the Leningrad Region, referred to radioactive contamination zones by the Government Directive No 1074 dated October 8, 2015 "On Approval of the List of settlements located within the boundaries of the zones of radioactive contamination from the Chernobyl disaster", 2016]**

№ п/п	Сельское поселение [Rural settlement]	НП [Settlement]	$\sigma_{137}(2016 \text{ г.})^*$ , Ки/км <sup>2</sup> [ $\sigma_{137}(2016 \text{ year})^*$ , Ci/km <sup>2</sup> ]	СГЭД <sub>90</sub> (внешнее), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (external) mSv/year]	СГЭД <sub>90</sub> (внутреннее), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (internal) mSv/year]	СГЭД <sub>90</sub> (сумма), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (total) mSv/year]
Волосовский район						
1	Бегуницкое [Begunitskoe]	Бегуницы [Begunitsy]	0,9	0,042	0,024	0,066
2	Бегуницкое [Begunitskoe]	Большое Тешково [Bolshoe Teshkovo]	0,8	0,037	0,022	0,059
3	Бегуницкое [Begunitskoe]	Ивановское [Ivanovskoe]	0,9	0,042	0,024	0,066
4	Бегуницкое [Begunitskoe]	Марково [Markovo]	1,2	0,056	0,030	0,086
5	Бегуницкое [Begunitskoe]	Рукулицы [Rukulitsy]	0,7	0,033	0,020	0,053
6	Большеврудское [Bolshevrudskoe]	Большая Вруда [Bolshaya Vruda]	0,6	0,028	0,016	0,044
7	Изварское [Izvarskoe]	Чёрное [Chernoje]	0,6	0,028	0,016	0,044
Кингисеппский район						
8	Фалилеевское [Falileevskoe]	Домашово [Domashovo]	0,6	0,028	0,022	0,050
9	Фалилеевское [Falileevskoe]	Кайболово [Kaybolovo]	0,9	0,042	0,029	0,071
10	Фалилеевское [Falileevskoe]	Ратчино [Ratchino]	0,9	0,042	0,029	0,071
11	Котельское [Kotelskoe]	Великино [Velikino]	0,8	0,037	0,025	0,062
12	Котельское [Kotelskoe]	Велькота [Velkota]	0,6	0,028	0,020	0,048

№ п/п	Сельское поселение [Rural settlement]	НП [Settlement]	$\sigma_{137}$ (2016 г.)*, Ки/км <sup>2</sup> [ $\sigma_{137}$ (2016 year)*, Ci/km <sup>2</sup> ]	СГЭД <sub>90</sub> (внешнее), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (external) mSv/year]	СГЭД <sub>90</sub> (внутреннее), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (internal) mSv/year]	СГЭД <sub>90</sub> (сумма), мЗв/год [AAED <sub>90</sub> (total) mSv/year]
13	Котельское [Kotelskoe]	Войносолово [Voynosolovo]	0,6	0,028	0,020	0,048
14	Котельское [Kotelskoe]	Караваево [Karavaevo]	0,8	0,037	0,025	0,062
15	Котельское [Kotelskoe]	Котлы [Kotly]	0,6	0,028	0,020	0,048
16	Котельское [Kotelskoe]	Маттия [Mattiya]	0,6	0,028	0,020	0,048
17	Котельское [Kotelskoe]	Нарядово [Naryadovo]	0,6	0,028	0,020	0,048
18	Котельское [Kotelskoe]	Неппово [Neppovo]	0,7	0,033	0,023	0,056
19	Котельское [Kotelskoe]	Раннолово [Rannolovo]	0,6	0,028	0,020	0,048
20	Котельское [Kotelskoe]	Ряттель [Ryattel]	0,8	0,037	0,025	0,062
21	Котельское [Kotelskoe]	Тарайка [Tarayka]	0,8	0,037	0,025	0,062
22	Котельское [Kotelskoe]	Тютицы [Tyutitsy]	0,7	0,033	0,023	0,056
23	Котельское [Kotelskoe]	Удосолово [Udosolovo ]	0,8	0,037	0,025	0,062
24	Котельское [Kotelskoe]	Ундово [Undovo]	0,6	0,028	0,020	0,048
25	Нежновское [Nezhnovskoe]	Нежново [Nezhново]	0,7	0,033	0,029	0,062
26	Усть-Лужское [Ust-Luzhskoe]	Гакково [Gakkovo]	0,8	0,037	0,053	0,090
27	Усть-Лужское [Ust-Luzhskoe]	Кирьямо [Kiryamо]	0,6	0,028	0,044	0,072
28	Усть-Лужское [Ust-Luzhskoe]	Лужицы [Luzhitsy]	0,8	0,037	0,053	0,090
29	Усть-Лужское [Ust-Luzhskoe]	Усть-Луга [Ust-Luga]	0,7	0,033	0,048	0,081

\*  $\sigma_{137}$ (2016 г.) – поверхностная активность <sup>137</sup>Cs в почве на 01.01.2016 г. (по данным Росгидромета) [ $\sigma_{137}$ (2016) – surface contamination density of <sup>137</sup>Cs in soil as of 01.01.2016 (according to Roshydromet)].

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, Калужской и Ленинградской областях, с преобладанием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, вклад внутреннего облучения в суммарную дозу облучения достигает 50% и более. Напротив, в субъектах Российской Федерации

(например, в Орловской и Тульской областях), где высока доля плодородных почв (черноземов), вклад внутреннего облучения в суммарную дозу в подавляющем большинстве НП составляет не более 15% [11].

В таблице 3 приведены результаты оценки фактически полученных населением Ленинградской области средних годовых эффективных доз облучения (СГЭД<sub>факт</sub>) в разные годы после аварии на ЧАЭС.

Таблица 3

**Результаты оценки фактически полученных населением средних годовых эффективных доз облучения (СГЭД<sub>факт</sub>) в разные годы после аварии на ЧАЭС**

[Table 3]

**The results of an estimate of the actual average annual effective radiation doses received by the population (AAED<sub>act</sub>) in different years after the accident at the Chernobyl NPP**

Администрация (сельсовет) [Administration (rural council)]	НП [Settlement]	$\sigma_{137}(1986 \text{ г.})^*$ , Ки/км <sup>2</sup> [ $\sigma_{137}(1986$ year) <sup>*</sup> , Ci/km <sup>2</sup> ]	СГЭД <sub>факт</sub> (1986), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (1986), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (1997), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (1997), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (2007), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (2007), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (2016), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (2016), mSv/year]
Волосовский район						
Бегуницкий [Begunitskiy]	Бегуницы [Begunitsy]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Бегуницкий [Begunitskiy]	Бегуницы [Begunitsy]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Бегуницкий [Begunitskiy]	Большое Тешково [Bolshoe Teshkovo]	1,51	5,43	0,102	0,069	0,053
Бегуницкий [Begunitskiy]	Ивановская [Ivanovskaya]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Бегуницкий [Begunitskiy]	Марково [Markovo]	2,33	8,36	0,157	0,107	0,082
Бегуницкий [Begunitskiy]	Ругулицы [Rugulitsy]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Врудский [Vrudskiy]	Большая Вруда [Bolshaya Vruda]	1,36	4,87	0,091	0,062	0,048
Изварский [Izvarskiy]	Черное [Chernoe]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Кингисеппский район						
Кайболовский [Kaybolovskiy]	Домашово [Domashovo]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Кайболовский [Kaybolovskiy]	Кайболово [Kaybolovo]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Кайболовский [Kaybolovskiy]	Ратчино [Ratchino]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Котельский [Kotelskiy]	Великино [Velikino]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Котельский [Kotelskiy]	Велькота [Velkota]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Котельский [Kotelskiy]	Войносолово [Voynosolovo]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Котельский [Kotelskiy]	Караваево [Karavaevo]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Котельский [Kotelskiy]	Котлы [Kotly]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Котельский [Kotelskiy]	Маттия [Mattiya]	1,36	4,87	0,091	0,062	0,048
Котельский [Kotelskiy]	Нарядово [Naryadovo]	1,36	4,87	0,091	0,062	0,048
Котельский [Kotelskiy]	Неппово [Neppovo]	1,36	4,87	0,091	0,062	0,048
Котельский [Kotelskiy]	Роннолово [Ronnoolovo]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Котельский [Kotelskiy]	Ряттель [Ryattel]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054

Администрация (сельсовет) [Administration (rural council)]	НП [Settlement]	$\sigma_{137}$ (1986 г.)*, Ки/км <sup>2</sup> [ $\sigma_{137}$ (1986 year)*, Ci/km <sup>2</sup> ]	СГЭД <sub>факт</sub> (1986), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (1986), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (1997), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (1997), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (2007), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (2007), mSv/year]	СГЭД <sub>факт</sub> (2016), мЗв/год [AAED <sub>act</sub> (2016), mSv/year]
Котельский [Kotelskiy]	Тарайка [Tarayka]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Котельский [Kotelskiy]	Тютицы [Tyutitsy]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Котельский [Kotelskiy]	Удосолово [Udosolovo]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Котельский [Kotelskiy]	Ундово [Undovo]	1,16	4,18	0,078	0,053	0,041
Усть-Лужский [Ust-Luzhskiy]	Гаково [Gakovo]	1,75	6,27	0,118	0,080	0,061
Усть-Лужский [Ust-Luzhskiy]	Кирьямо [Kiryamo]	1,18	4,25	0,080	0,054	0,041
Усть-Лужский [Ust-Luzhskiy]	Лужицы [Luzhitsy]	1,55	5,57	0,104	0,071	0,054
Усть-Лужский [Ust-Luzhskiy]	Усть-Луга [Ust-Luga]	1,45	5,22	0,098	0,067	0,051
Нежновский [Nezhnovskiy]	Нежново [Nezhново]	1,36	4,87	0,091	0,062	0,048

\*  $\sigma_{137}$ (1986 г.) – поверхностная активность <sup>137</sup>Cs в почве на момент начала радиоактивных выпадений (по данным Росгидромета) [ $\sigma_{137}$ (1986) – surface concentration of <sup>137</sup>Cs in soil at the beginning of the radioactive fallouts (according to Roshydromet)].

### Заключение

По результатам лабораторных исследований, с 1987 г. превышений допустимых уровней по содержанию цезия-137 в сельскохозяйственной продукции и продовольственном сырье местного производства не выявлено, в дикорастущей продукции (грибах) периодически обнаруживались превышения допустимых уровней по цезию-137.

Случаев превышения допустимых уровней по содержанию стронция-90 в пищевых продуктах, воде питьевой и воде из открытых водоемов не регистрировалось за весь период наблюдений, определяемая активность находилась на уровне в десятки и сотни раз меньше допустимых уровней.

Консервативно оцениваемые средние годовые эффективные дозы облучения, используемые для целей зонирования населенных пунктов, в 2016 г. у жителей населенных пунктов Ленинградской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, не превышают 0,090 мЗв/год. Фактически полученные населением в 2016 г. средние годовые эффективные дозы облучения вследствие аварии на ЧАЭС не превышают 0,082 мЗв/год.

Таким образом, по результатам мониторинга радиационной обстановки, ситуация, связанная с воздействием источников ионизирующего излучения в Ленинградской области, образовавшихся вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, в настоящее время характеризуется как безопасная.

### Литература

1. Романович, И.К. Критерии и требования по обеспечению перехода населенных пунктов, отнесенных в результа-

те аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения / И.К. Романович, Г.Я. Брук, А.Н. Барковский [и др.] // Научно-практический рецензируемый журнал «Медико-биологические проблемы жизнедеятельности». – 2016. – № 1 (15). – С. 43–53.

2. Методические указания МУ 2.6.1.784-99 «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения». – М.: Минздрав России, 1999.
3. Методические указания МУ 2.6.1.1101-02 «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (Дополнение № 1 к МУ 2.6.1.784-99)». – М.: Минздрав России, 2002.
4. Методические указания МУ 2.6.1.2319-08 «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (Дополнение № 2 к МУ 2.6.1.784-99)». – М., 2008.
5. Методические указания МУ 2.6.1.3154-13 «Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения (Изменения № 3 к МУ 2.6.1.784-99)». – М.: Роспотребнадзор, 2013.
6. Методические указания МУ 2.6.1.579-96 «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». – М.: Минздрав России, 1996. – 33 с.
7. Методические указания МУ 2.6.1.1114-02 «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 (Дополнение № 1 к МУ 2.6.1.579-96)». – М.: Минздрав России, 2002. – 8 с.
8. Методические указания МУ 2.6.1.2004-05 «Реконструкция средней (индивидуализированной) накопленной эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (Дополнение 2 к МУ 2.6.1.579-96)». – М., 2005. – 15 с.
9. Методические указания МУ 2.6.1.3153-13 «Реконструкция средней накопленной эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (Изменения № 3 к МУ 2.6.1.579-96)». – М., 2014. – 7 с.
10. Брук, Г.Я. Облучение населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС и Основные направления дальнейшей работы на предстоящий период / Г.Я. Брук, А.Б. Базюкин, А.Н. Барковский [и др.] // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 72–83.
11. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. - СПб.: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2016. - Т. 1. - 448 с.

Поступила: 15.08.2017 г.

**Брук Геннадий Яковлевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией внутреннего облучения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: gen-bruk@yandex.ru

**Базюкин Анатолий Борисович** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории внутреннего облучения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Братилова Анжелика Анатольевна** – научный сотрудник лаборатории внутреннего облучения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

**Историк Ольга Александровна** – руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

**Еремина Людмила Алексеевна** – заместитель начальника отдела санитарного надзора Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

**Для цитирования:** Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Братилова А.А., Историк О.А., Еремина Л.А. Радиационная обстановка на территориях Ленинградской области, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 103-112. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-103-112

## Radiation situation on the territories of the Leningrad Region affected by the Chernobyl accident

Gennadiy Ya. Bruk<sup>1</sup>, Anatoliy B. Bazyukin<sup>1</sup>, Anzhelika A. Bratilova<sup>1</sup>, Olga A. Istorik<sup>2</sup>, Lyudmila A. Eremina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Leningrad Region

**Gennadiy Ya. Bruk**

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

**Address for correspondence:** Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: gen-bruk@yandex.ru

*The accident at the Chernobyl nuclear power plant was the largest nuclear accident in the world. It led to radioactive contamination of 14 regions of the Russian Federation. In 1991, 4540 settlements were attributable to areas with levels of soil contamination by  $^{137}\text{Cs}$  of more than 1.0 Ci/km<sup>2</sup>. As of 2016, 3855 settlements with the population of more than 1,5 million people are carried to a zone of radioactive contamination according to the Government Directive No 1074 dated October 8, 2015 «On Approval of the List of settlements located within the boundaries of the zones of radioactive contamination from the Chernobyl disaster». In accordance with this Directive, in the Leningrad region 29 settlements were classified as zones of radioactive contamination. This article describes the dynamics of changes in the radiation situation and its current state in the territories of the Leningrad Region affected by the Chernobyl accident. The paper presents the dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  contents in food products of local origin, the results of calculations of the current average annual effective doses used for the purposes of settlements' zoning, and the average annual effective radiation doses actually received by the population, dating back to 1986. According to the results of laboratory studies, since 1987, there have been no exceedances of the permissible levels for  $^{137}\text{Cs}$  in agricultural products and food raw materials of local origin. However in the wild products (mushrooms) excesses of the permissible levels for  $^{137}\text{Cs}$  have been periodically detected. The cases of exceeding the permissible levels for the content of strontium-90 in food, drinking water and water from open water bodies were not recorded for the entire observation period; the determined activity was at the level of tens and hundreds of times less than the permissible levels. In 2016, conservatively estimated average annual effective doses of exposure used for the purposes of settlements' zoning, of residents of settlements in the Leningrad region, referred to the zones of radioactive contamination, do not exceed 0.090 mSv / year. The average annual dose actually received by the population in 2016, does not exceed 0.082 mSv / year. Thus, based on the results of the radiation monitoring, the situation associated with the impact of ionizing radiation sources in the Leningrad Region, formed as a result of the Chernobyl accident, currently is characterized as safe.*

**Key words:** Chernobyl NPP accident, population, critical group of the population, external exposure, internal exposure, radiation dose,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ .

## References

- Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Gromov A.V. 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. «Medical and Biological Problems of Life Activity». Scientific and Practical Journal, 2016, № 1 (15), pp. 43-53. (In Russian).
- Methodical guidelines. MG 2.6.1.784-99, 1999. The zoning of the Russian Federation settlements subject to radioactive pollution due to Chernobyl NPP accident by criterion of population radiation annual dose, Moscow, Minzdrav of the Russian Federation, 1999. (In Russian).
- Methodical guidelines. MG 2.6.1.1101-02. The zoning of the Russian Federation settlements subject to radioactive pollution due to Chernobyl NPP accident by criterion of population radiation annual dose (Addendum No. 1 to MG 2.6.1.784-99). Moscow, Minzdrav of the Russian Federation, 2002. (In Russian).
- Methodical guidelines. MG 2.6.1. 2319-08. The zoning of the Russian Federation settlements subject to radioactive pollution due to Chernobyl NPP accident by criterion of population radiation annual dose (Addendum No. 2 to MG 2.6.1.784-99). Moscow, 2008. (In Russian).
- Methodical guidelines. MG 2.6.1. 3154-13. The zoning of the Russian Federation settlements subject to radioactive pollution due to Chernobyl NPP accident by criterion of population radiation annual dose (Addendum No. 3 to MG 2.6.1.784-99). Rospotrebnadzor, 2013. (In Russian).
- Methodological guidelines. MG 2.6.1.579-96. The reconstruction of population average accumulated in 1986 – 1995 effective exposure dose in radioactively contaminated Russian settlements after 1986 Chernobyl NPP accident. Moscow, Minzdrav of Russia, 1996, 33 p. (In Russian).
- Methodological guidelines. MG 2.6.1.1114-02. The reconstruction of population average accumulated in 1986 – 2001 effective exposure dose in radioactively contaminated Russian settlements after 1986 Chernobyl NPP accident (Addendum No. 1 to MG 2.6.1.579-96). Moscow, Minzdrav of Russia, 2002, 8 p. (In Russian).
- Methodological guidelines. MG 2.6.1.2004-05. The reconstruction of population average (individualized) accumulated effective exposure dose in radioactively contaminated Russian Federation settlements after 1986 Chernobyl NPP accident (Addendum No. 2 to MG 2.6.1.579-96). Moscow, 2005, 15 p. (In Russian).
- Methodological guidelines. MG 2.6.1.3153-13. The reconstruction of population average accumulated effective exposure dose in radioactively contaminated Russian Federation settlements after 1986 Chernobyl NPP accident (Addendum No. 3 to MG 2.6.1.579-96). Moscow, 2014, 7 p. (In Russian).
- Bruk G.Ja., Bazykin A.B., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Goncharova Yu.N., Gromov A.V., Jesko T.V., Ivanov S.A., Kaduka M.V., Kravtsova O.S., Kuchumov V.V., Romanovich I.K., Saprykin K.A., Titov N.V., Travnikova I.G., Yakovlev V.A. The exposure for populations of the Russian Federation due to the chernobyl accident and main directions of further work in the coming period. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol. 7, № 4, pp. 72-83. (In Russian).
- Radiological and hygienic issues of the mitigation of the Chernobyl NPP accident consequences. Ed.: G.G. Onishchenko, A. Yu. Popova. St. Petersburg., Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 2016, Vol.1, 448 p. (In Russian).

Received: August 15, 2017

**For correspondence: Gennadiy Ya. Bruk** – Candidate of Technical Science, Senior Researcher, Head of the Internal Exposure Laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, St.-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: gen-bruk@yandex.ru)

**Anatoliy B. Bazyukin** – Candidate of Biological Science, Lead Researcher, Internal Exposure Laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Anzhelika A. Bratilova** – Researcher, Internal Exposure Laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

**Olga A. Istorik** – Head, the Leningrad region Department of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg, Russia

**Lyudmila A. Eremina**– Deputy Chief, Sanytary Survivalence Department, the Leningrad region Department of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg, Russia

**For citation: Bruk G.Ya., Bazyukin A.B, Bratilova A.A., Istorik O.A., Eremina L.A. Radiation situation on the territories of the Leningrad Region affected by the Chernobyl accident. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 103-112. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-103-112**

## Кафедре радиационной гигиены Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования – 60 лет

27 октября 2017 г. исполняется 60 лет со дня основания кафедры радиационной гигиены Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования. Кафедра радиационной гигиены Центрального института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения СССР была основана в 1957 г. по инициативе и при непосредственном участии вице-президента Академии медицинских наук СССР, главного гигиениста Вооруженных сил СССР, одного из основоположников военной и радиационной гигиены, Героя Социалистического труда, лауреата Государственной премии, генерал-майора медицинской службы Федора Григорьевича Кроткова, который возглавлял её до 1976 г. С 1976 по 2005 г. кафедрой руководил ученик Ф.Г. Кроткова доктор медицинских наук, профессор Владимир Яковлевич Голиков, один из ярчайших радиационных гигиенистов нашей страны. С 2005 по 2017 г. кафедрой заведовал доктор медицинских наук, профессор Сергей Иванович Иванов, имеющий богатый опыт в области профилактической медицины и радиационной гигиены. В настоящее время заведующим кафедрой является доктор медицинских наук, профессор Александр Владимирович Алехнович.

Большой вклад в становление и развитие кафедры в разные годы внесли профессор В.А. Анкудинов, А.П. Воротынцев, Ю.Н. Касаткин, И.П. Коренков, Р.В. Ставицкий, А.А. Моисеев, А.В. Терман, Н.А. Фёдоров, Д.А. Шустов, В.Н. Летов, Н.Н. Котов, доценты Н.Н., Хвостов, С.Я. Гроздненский, Н.Н. Заболоцкий, К.П. Кедров, Л.В. Новикова, В.А. Куличков, Ю.М. Коваленко и многие другие.

Основная задача кафедры – повышение квалификации специалистов профилактических и клинических специальностей по вопросам радиационной гигиены и радиационной безопасности. За 60 лет существования на кафедре прошли обучение более 3 тысяч санитарных врачей, физиков-экспертов, химиков-лаборантов, помощников санитарных врачей и около 12 тысяч специалистов клинического профиля. В разные годы ординатуру при кафедре радиационной гигиены закончили 12 человек, аспирантуру – 18. На кафедре проходили обучение специалисты из Украины, Беларуси, Молдавии, Грузии, Узбекистана, Киргизии, Болгарии, Франции, Чехословакии, Монголии, Кубы, Кореи и других стран.

Основными научными направлениями работы кафедры являются: гигиеническое нормирование радиационного фактора, ограничение облучения от природных источников ионизирующего излучения, радиационная безопасность населения при медицинском облучении, облучении техногенными источниками ионизирующего излучения, аварийном облучении. За последние 10 лет при участии профессорско-преподавательского состава было разработано и утверждено Главным государствен-

ным санитарным врачом Российской Федерации 8 санитарных правил, 4 методических указания, подготовлены 16 учебно-методических пособий, 2 монографии и 1 руководство.

Кафедра принимает участие в отраслевых и государственных программах: «Последипломное образование медицинских кадров», Федеральная целевая программа «Ядерная и радиационная безопасность России» подпрограмма «Разработка федеральных норм и правил по ядерной и радиационной безопасности (санитарно-гигиенические аспекты)», Федеральная целевая программа «Преодоление последствий радиационных аварий».

Под руководством доктора медицинских наук профессора В.Я. Голикова в 1999 г. на базе кафедры был создан Испытательный лабораторный центр радиационного качества, аккредитованный в Системе аккредитации испытательных лабораторий (центров) государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации. За годы работы проведено более 7,5 тысяч испытаний изделий медицинского и промышленного назначения, образцов строительных материалов, объектов окружающей среды. Выполнялась работа по индивидуальному дозиметрическому контролю персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (порядка 40 тысяч испытаний), а также определению и анализу лучевых нагрузок пациентов.

В настоящее время кафедра радиационной гигиены готовится к новому этапу подготовки врачей в системе непрерывного профессионального образования, включая аккредитацию специалистов. На кафедре трудятся доктор технических наук профессор Л.В. Владимиров, кандидат медицинских наук доцент Н.А. Аكوпова, кандидат медицинских наук доцент Е.П. Ермолина, кандидат физико-математических наук доцент С.В. Логинова, кандидат биологических наук доцент В.А. Перцов, кандидат биологических наук старший преподаватель Л.А. Бакулина, доцент С.Е. Охрименко, преподаватель Ю.В. Дружинина.

Сегодня коллектив кафедры радиационной гигиены ставит перед собой задачу дальнейшего совершенствования профессиональных компетенций специалистов санитарно-эпидемиологической службы, повышения эффективности научных исследований, оказания практической помощи учреждениям Роспотребнадзора.

В честь 60-летия кафедры 23–24 ноября 2017 г. планируется проведение научно-практической конференции «Радиационная гигиена и радиационная безопасность государства: история, современное состояние и перспективы развития».

*Коллектив кафедры радиационной гигиены  
Российской медицинской академии  
непрерывного профессионального образования*

## Правила для авторов журнала «Радиационная гигиена»

Научно-практический журнал «Радиационная гигиена» был основан в 2008 г. Журнал представляет собой издание научно-теоретической и практической ориентации, направленное на публикацию оригинальных исследований, экспериментальных, теоретических статей, обзоров, кратких сообщений, дискуссионных статей, отчетов о конференциях, рецензий на работы по актуальным вопросам радиационной гигиены, писем в редакцию, хроники событий научной жизни. Тематика журнала включает актуальные вопросы и достижения в области радиационной гигиены и санитарного надзора за радиационной безопасностью.

Полные тексты электронных версий статей представлены на сайтах Научной электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) и официальном сайте журнала «Радиационная гигиена» [www.radhyg.ru](http://www.radhyg.ru).

Журнал «Радиационная гигиена» входит в перечень российских рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Работы для опубликования в журнале должны быть представлены в соответствии с данными требованиями:

1. Материалы, представляемые в статье, не должны быть ранее опубликованными в других печатных изданиях. Авторам следует информировать редакцию журнала о том, что какие-то части этих материалов уже опубликованы и могут рассматриваться как дублирующие. В таких случаях в новой статье должны быть ссылки на предыдущие работы. Копии таких материалов прилагаются к рукописи, чтобы редакция имела возможность принять решение, как поступить в данной ситуации. Не допускается направление статей, которые уже напечатаны в других изданиях или представлены для печати в другие издательства.

2. Редакция имеет право вести переговоры с авторами по уточнению, изменению, сокращению рукописи.

3. Редакция оставляет за собой право сокращать и редактировать представленные работы. Все статьи, поступающие в редакцию журнала, проходят рецензирование в соответствии с требованиями ВАК.

4. Статья должна сопровождаться официальным направлением учреждения, в котором выполнена данная работа. В официальном направлении должны быть перечислены фамилии всех авторов и указано название работы. Должно быть экспертное заключение об отсутствии ограничений на публикацию материала в открытой печати и виза научного руководителя на первой странице статьи. Статья должна быть подписана всеми авторами.

5. Рукописи авторам не возвращаются.

6. **Рукописи, оформленные не в соответствии с правилами, к публикации не допускаются.**

7. Объем обзорных статей не должен превышать 20 страниц машинописного текста. Оригинальных исследований, исторических статей – 15 страниц, исторических и дискуссионных статей – 10, отчетов о конференциях, кратких сообщений и заметок из практики – 5 страниц.

8. Текст статьи печатается на одной стороне листа формата А4 шрифтом Times New Roman кеглем 14, с межстрочным интервалом 1,5. Ориентация книжная (портрет) с полями слева – 2,5 см, сверху – 2 см, справа – 1,5 см, снизу – 2 см. Нумерация страниц – сверху в центре, первая страница без номера. Формат документа при отправке в редакцию – .doc или .docx.

9. Статьи следует присылать в редакцию в электронном виде по адресу: [journal@niirg.ru](mailto:journal@niirg.ru) в формате MS Word с приложением сканированных копий направительного письма и

первой страницы статьи с подписью всех авторов статьи в формате pdf. Печатный экземпляр рукописи, подписанный авторами, и оригинал направительного письма отсылается по почте в адрес редакции.

10. **Титульный лист** должен содержать:

– название статьи (оно должно быть кратким и информативным, не допускается использование сокращений и аббревиатур, а также торговых (коммерческих) названий приборов, медицинской аппаратуры и т.п.);

– фамилию и инициалы автора(ов);

– наименование учреждений, в которых работают авторы с указанием ведомственной принадлежности (Роспотребнадзор, Минздрав России, РАМН и т.п.), город, страна (префиксы учреждений, указывающие на форму собственности, статус организации (ГУ ВПО, ФГБУ, ФБУН и т.д.) не указываются);

– рядом с фамилией автора(ов) и названием учреждения цифрами в верхнем регистре обозначается, в каком учреждении работает каждый из авторов. Если все авторы работают в одном учреждении, указывать место работы каждого автора отдельно не нужно;

– вся информация предоставляется на русском и английском языках. Фамилии авторов нужно транслитерировать по системе BGN (Board of Geographic Names), представленной на сайте [www.translit.ru](http://www.translit.ru). **Указывается официально принятый английский вариант наименования организаций!**

11. На отдельном листе указываются сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью) на русском языке и в транслитерации, ученая степень, ученое звание, должность в учреждении/учреждениях, рабочий адрес с почтовым индексом, рабочий телефон и адрес электронной почты всех авторов. Сокращения не допускаются.

12. После титульного листа размещается резюме статьи на русском и английском языках (объемом не менее 250 слов каждая). Резюме к оригинальной научной статье должно иметь следующую структуру: цель, материалы и методы, результаты, заключение. Все пишется сплошным текстом, без выделения абзацев. Для остальных статей (обзор, лекция, дискуссия) резюме должно включать краткое изложение основной концепции статьи, по сути краткое изложение самой статьи. **Резюме не должно содержать аббревиатур и сокращений, кроме общепринятых в мировой научной литературе.** Резюме является независимым от статьи источником информации для размещения в различных научных базах данных. **Обращаем особое внимание на качество английской версии резюме!** Оно будет опубликовано отдельно от основного текста статьи и должно быть понятным без ссылки на саму публикацию. В конце приводятся **ключевые слова или словосочетания на русском и английском языках** (не более 12) в порядке значимости. **Ключевые слова также не должны содержать аббревиатур и сокращений.**

13. Текст оригинального научного исследования должен состоять из введения и выделяемых заголовками разделов: «Введение», «Цель исследования», «Задачи исследования», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы» или «Заключение», «Литература».

В разделе «Материалы и методы» должны быть четко описаны методы и объекты исследования, источники и вид ионизирующего излучения, дозы, мощность дозы, условия облучения и т.д.

В разделе «Материалы и методы» должны быть четко описаны методы и объекты исследования, источники и вид ионизирующего излучения, дозы, мощность дозы, условия облучения и т.д.

14. Если в статье имеется описание наблюдений на человеке, не используйте фамилии, инициалы больных или номера историй болезней, особенно на рисунках или фотографиях. При изложении экспериментов на животных укажите, соответствовало ли содержание и использование лабораторных животных правилам, принятым в учреждении, рекомендациям национального совета по исследованиям, национальным законам.

15. Все радиационные единицы следует приводить в международной системе единиц измерения (СИ) (см.: ГОСТ – 8.417 – 81 ГСИ. Единицы физических величин»; В.И. Иванов В.П. Машкович, Э.М. Центр. Международная система единиц (СИ) в атомной науке и технике: Справочное руководство. М.: Энергоиздат, 1981. 200 с.). Все результаты измерений, приводимых в статье, должны быть выражены только в системе СИ.

16. При описании методики исследования можно ограничиться указанием на существо применяемого метода со ссылкой на источник заимствования, в случае модификации – указать, в чем конкретно она заключается. Оригинальный метод должен быть описан полностью.

17. При первом упоминании терминов, неоднократно используемых в статье (однако не в заголовке статьи и не в резюме), необходимо давать их полное наименование и сокращение в скобках, в последующем применять только сокращение, однако их применение должно быть сведено к минимуму. Сокращение проводится по ключевым буквам слов в русском написании, например: источник ионизирующего излучения (ИИИ) и т. д. Тип приборов, установок следует вводить на языке оригинала, в кавычках; с указанием (в скобках) страны-производителя. Например: использовали спектрофотометр «СФ-16» (Россия), спектрофлуориметр фирмы «Hitachi» (Япония). Малоупотребительные и узкоспециальные термины также должны быть расшифрованы.

18. Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст сразу после ссылки на нее.

19. Иллюстрации должны быть четкие, контрастные. Цифровые версии иллюстраций должны быть сохранены в отдельных файлах в формате Tiff, с разрешением 300 dpi и последовательно пронумерованы. Подписи должны быть размещены в основном тексте. Перед каждым рисунком, диаграммой или таблицей в тексте обязательно должна быть ссылка. В подписях к микрофотографиям, электронным микрофотографиям обязательно следует указывать метод окраски и обозначать масштабный отрезок. Диаграммы должны быть представлены в исходных файлах. Рисунки (диаграммы, графики) должны иметь подпись всех осей с указанием единиц измерения СИ. Легенда выносится за пределы рисунка.

**20. Необходимо оформлять подписи к рисункам и таблицам, тексты внутри них на русском и на английском языках.**

21. **Библиографические ссылки** в тексте должны даваться цифрами в квадратных скобках в соответствии со списком литературы в конце статьи.

**Пример: В тексте:** Общий список справочников по терминологии, охватывающий время не позднее середины XX века, даёт работа библиографа И.М. Кауфмана [59].

Если авторы не указаны, в отсылке указывают название документа, при необходимости указывают год издания, страницы.

Сведения в отсылке разделяют точкой и запятой.

**Нумеруйте ссылки последовательно, в порядке их первого упоминания в тексте (не по алфавиту)!** Для оригинальных научных статей – не менее 15–20 источников, для лекций и обзоров – не более 60 источников, для других статей – не более 15 источников.

22. К статье прилагаются на отдельном листе **два списка литературы.**

23. **В первом списке литературы (Литература)** библиографическое описание литературных источников должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления».

**Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.**

24. **В списке литературы не следует указывать постановления, законы, санитарные нормы и правила, другие нормативно-методические документы.** Указания на них следует размещать в сносках или внутритекстовых ссылках. Сноски и внутритекстовые ссылки следует представить и на английском языке, написав после английского описания язык текста (In Russ.).

Примеры внутритекстовых ссылок:

.....согласно Норм радиационной безопасности (НРБ 99/2009): (СанПиН 2.6.1.2523 – 09) [перевод на английский язык (In Russ.)] . Или ....согласно ГОСТ Р 517721-2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования [перевод на английский язык (In Russ.)].

#### ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК Литература (выравнивание по левому краю)

##### **Книги и брошюры:**

*Один – три автора:*

Сергеев, И.В. Лучевая диагностика в России / И.В. Сергеев, Т.П. Смирнова, М.Н. Исаков. – СПб.: НИИРГ, 2007. – 123 с.

*Пять и более авторов:*

Сергеев, И.В. Лучевая диагностика в России : учеб. пособие для вузов / И.В. Сергеев [и др.]. – СПб.: Норма, 2007. – 123 с.

##### **Многотомные издания или на часть книги:**

Пивинский, Ю.Е. Общие вопросы технологии / Ю.Е. Пивинский // Неформальные огнеупоры. – М., 2003. – Т. 1, кн. 1. – С. 430–447.

*Глава или раздел из книги:*

Зайчик, А.Ш. Основы общей патофизиологии / А.Ш. Зайчик, Л.П. Чурилов // Основы общей патологии: учеб. пособие для студентов медвузов. – СПб.: ЭЛБИ, 1999. – Ч. 1., гл. 2. – С. 124–169.

##### **Книги на английском языке:**

Jenkins PF. Making sense of the chest x-ray: a hands-on guide. New York: Oxford University Press; c 2005. 194 p.

Iverson C, Flanagan A, Fontanarosa PB, et al. American Medical Association manual of style. 9th ed. Baltimore (MD): Williams & Wilkins; c 1998. 660 p.

##### **Глава или раздел из книги на английском языке:**

Riffenburgh RH. Statistics in medicine. 2nd ed. Amsterdam (Netherlands): Elsevier Academic Press; c 2006. Chapter 24, Regression and correlation methods; p. 447–86.

Ettinger SJ, Feldman EC. Textbook of veterinary medicine: diseases of the dog and cat. 6th ed. St. Louis (MO): Elsevier Saunders; c2005. Section 7, Dietary considerations of systemic problems; p. 553–98.

##### **Статьи из журнала, сборника:**

*Из журнала:*

Стамат, И.П. К обоснованию нормативов по содержанию природных радионуклидов в облицовочных изделиях и материалах / И.П. Стамат, Д.И. Стамат // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 46–52.

*Из журнала на английском языке:*

Axelsson, O. Indoor radon exposure and active and passive smoking relation to the occurrence of lung cancer / O. Axelsson [et al.] // Scand. J. Work, Environ and Health. – 1988. – Vol. 14, N 5. – P. 286–292.

Petitti DB, Crooks VC, Buckwalter JG, Chiu V. Blood pressure levels before dementia. Arch Neurol. 2005 Jan; 62(1):112-6.

Rastan S, Hough T, Kierman A, et al. Towards a mutant map of the mouse--new models of neurological, behavioural, deafness, bone, renal and blood disorders. Genetica. 2004 Sep;122(1):47-9.

*Из сборника конференций (тезисы):*

Кушинников, С.И. Проблемы достоверности оценки среднегодовой ЭРОА радона при радиационно-гигиеническом обследовании помещений / С.И. Кушинников, А.А. Цапалов // Сборник докладов и тезисов научно-практической конференции «Актуальные вопросы обеспечения радиационной безопасности на территории Российской Федерации», Москва, 25-26 октября 2007 г. – М., 2007. – С. 50-51.

*Из сборника конференций (тезисы) на английском языке:*

Arendt T. Alzheimer's disease as a disorder of dynamic brain self-organization. In: van Pelt J, Kamermans M, Levelt CN, van Ooyen A, Ramakers GJ, Roelfsema PR, editors. Development, dynamics, and pathology of neuronal networks: from molecules to functional circuits. Proceedings of the 23rd International Summer School of Brain Research; 2003 Aug 25-29; Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam, the Netherlands. Amsterdam (Netherlands): Elsevier; 2005. P. 355-78.

Rice AS, Farquhar-Smith WP, Bridges D, Brooks JW. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, editors. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17-22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c 2003. P. 437-68.

**Ссылки на Интернет-ресурсы:**

Официальный сайт Медицинского радиологического научно-го центра РАМН (МРНЦ РАМН): <http://www.mrrc.obninsk.gi/> (дата обращения: 19.02.2010 г.).

Complementary/Integrative Medicine [Internet]. Houston: University of Texas, M. D. Anderson Cancer Center; c2007 [cited 2007 Feb 21]. Available from: <http://www.mdanderson.org/departments/CIMER/>.

Hooper JF. Psychiatry & the Law: Forensic Psychiatric Resource Page [Internet]. Tuscaloosa (AL): University of Alabama, Department of Psychiatry and Neurology; 1999 Jan 1 [updated 2006 Jul 8; cited 2007 Feb 23]. Available from: <http://bama.ua.edu/~jhooper/>.

Polgreen PM, Diekema DJ, Vandenberg J, Wiblin RT, Chen Y, David S, Rasmus D, Gerds N, Ross A, Katz L, Herwaldt LA. Risk factors for groin wound infection after femoral artery catheterization: a case-control study. Infect Control Hosp Epidemiol [Internet]. 2006 Jan [cited 2007 Jan 5];27(1):34-7. Available from: <http://www.journals.uchicago.edu/ICHE/journal/issues/v27n1/2004069/2004069.web.pdf>

Richardson ML. Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging [Internet]. Version 2.0. Seattle (WA): University of Washington School of Medicine; c2000 [revised 2001 Oct 1; cited 2006 Nov 1]. Available from: <http://www.rad.washington.edu/mskbook/index.html>

**Статьи, принятые к печати:**

Горский, Г.А. О необходимости радиационного обследования зданий после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции / Г.А. Горский, А.В. Еремин, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – Деп. 10.02.2010 г.

**Патенты:**

Пат. № 2268031 Российская Федерация, МПК А61Н23.00. Способ коррекции отдаленных последствий радиационного воздействия в малых дозах / Карамуллин М.А., Шутко А.Н., Сосюкин А.Е. и др.; опубл. 20.01.2006, БИ № 02.

**Патенты на английском языке:**

Cho ST, inventor; Hospira, Inc., assignee. Microneedles for minimally invasive drug delivery. United States patent US 6,980,855. 2005 Dec 27.

Poole I, Bissell AJ, inventors; Voxar Limited, assignee. Classifying voxels in a medical image. United Kingdom patent GB 2 416 944. 2006 Feb 8. 39 p.

**Из газеты:**

Фомин, Н.Ф. Выдающийся ученый, педагог, воспитатель / Н.Ф. Фомин, Ф.А. Иванович, Е.И. Веселов // Воен. врач. – 1996. – № 8 (1332). – С. 5.

Фомин, Н.Ф. Выдающийся ученый, педагог, воспитатель / Н.Ф. Фомин, Ф.А. Иванович, Е.И. Веселов // Воен. врач. – 1996. – 5 сент.

**Диссертация и автореферат диссертации:**

Фенухин, В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона : дис... канд. полит. наук: защищена 22.01.02 : утв. 15.07.02. / Фенухин В.И. – М., 2002. – 215 с. – 04200201565.

Кадука, М.В. Роль грибов в формировании дозы внутреннего облучения населения после аварии на Чернобыльской АЭС : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Кадука М.В. – Обнинск, 2001. – 23 с.

**Диссертация и автореферат диссертации на английском языке:**

Jones DL. The role of physical activity on the need for revision total knee arthroplasty in individuals with osteoarthritis of the knee [dissertation]. [Pittsburgh (PA)]: University of Pittsburgh; 2001. 436 p.

Roguskie JM. The role of Pseudomonas aeruginosa 1244 pilin glycan in virulence [master's thesis].

23. **Второй список литературы (References)** полностью соответствует первому списку литературы. При этом в библиографических источниках на русском языке фамилии и инициалы авторов, а также название журнала и издания должны быть транслитерированы. Название работы (если требуется) переводится на английский язык и/или транслитерировается. Иностраные библиографические источники из первого списка полностью повторяются во втором списке. Более подробно правила представления литературных источников во втором списке представлены ниже.

**Примеры:**

**Книги** (фамилия и инициалы автора транслитерируются, название, место издания и название издательства переводится на английский язык)

Lobzin Yu.V., Uskov A.N., Yushchuk N.D. Ixodes tick-borne borreliosis (etiology, epidemiology, clinical manifestations, diagnosis, treatment and prevention): Guidelines for Physicians. Moscow; 2007 (in Russian).

**Из журналов** (фамилия и инициалы автора транслитерируются, название статьи не приводится, название журнала транслитерируется)

Kondrashin A.V. Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni. 2012; 3: 61-3 (in Russian).

**Диссертация** (фамилия и инициалы автора транслитерируются, название диссертации транслитерируется, дается перевод названия на английский язык, выходные данные транслитерируются)

Popov A.F. Tropicheskaya malyariya u neimmunnykh lits (diagnostika, patogenez, lecheniye, profilaktika) [Tropical malaria in non-immune individuals (diagnosis, pathogenesis, treatment, prevention)] [dissertation]. Moscow (Russia): Sechenov Moscow Medical Academy; 2000. 236 p (in Russian).

**Патенты** (фамилия и инициалы авторов, название транслитерируются)

Bazhenov A.N., Ilyushina L.V., Plesovskaya I.V., inventors; Bazhenov AN, Ilyushina LV, Plesovskaya IV, assignee. Metodika lecheniia pri revmatoidnom artrite. Russian Federation patent RU 2268734; 2006 Jan 27 (in Russian).

**Из сборника конференций** (тезисы) (фамилия и инициалы автора транслитерируются, название тезисов транслитерируется и дается перевод названия на английский язык, выходные данные конференции транслитерируются и дается перевод названия на английский язык)

Kiryushenkova VV, Kiryushenkova SV, Khramov MM, et al. Mikrobiologicheskii monitoring vzbuditeley ostrykh kishhechnykh infektsiy u vzroslykh g. Smolenska [Microbiological monitoring of pathogens of acute intestinal infections in adults in Smolensk]. In: Materialy mezhdunarodnogo Yevro-aziatskogo kongressa po infektsionnym boleznyam [International Euro-Asian Congress on Infectious Diseases]. Vol. 1. Vitebsk; 2008. P. 53. (in Russian).

Boetsch G. Le temps du malheur: les representations artistiques de l'epidemie. [Tragic times: artistic representations of the epidemic]. In: Guerci A, editor. La cura delle malattie:

itinerari storici [Treating illnesses: historical routes]. 3rd Colloquio Europeo di Etnofarmacologia; 1st Conferenza Internazionale di Antropologia e Storia della Salute e delle Malattie [3rd European Colloquium on Ethnopharmacology; 1st International Conference on Anthropology and History of Health and Disease]; 1996 May 29-Jun 2; Genoa, Italy. Genoa (Italy): Erga Edizione; 1998. P. 22-32. (in French).

**Ответственность за правильность изложения библиографических данных возлагается на автора.**

**Все статьи печатаются в журнале бесплатно.**

Статьи направляются по адресу: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8, ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева». Редакция журнала «Радиационная гигиена» и по e-mail: journal@niirg.ru.

Справки по телефону: (812) 233-42-83 и (812) 233-50-16 (редакция журнала «Радиационная гигиена»). Факс: (812) 233-53-63, 233-42-83.