

**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 индексируется в мультидисциплинарной библиографической и реферативной базе SCOPUS,
Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)

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
Сайт: www.radhyg.ru

Тираж 300 экз.

ISSN 1998-426X



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 11 № 2, 2018

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 Киазович — Центр экспериментальной биомедицины им. И. Бериташвили, PhD (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

Алехнович Александр Владимирович — ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, д.м.н., профессор (Москва, Российская Федерация)

Аклеев Александр Васильевич — ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины» Федерального медико-биологического агентства, д.м.н., профессор (Челябинск, Российская Федерация)

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 радиологии 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 Ссорен — 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)

Санжарова Наталья Ивановна — ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» Федерального агентства научных организаций, д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН (Обнинск, 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. 11 № 2, 2018

RADIATION HYGIENE

Vol. 11 № 2, 2018

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, PhD (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

Aleksandr V. Alekhovich – Russian Medical Academy of Postgraduate Education, MD, Professor (Moscow, Russian Federation)

Aleksandr V. Akleyev – Urals Research Center for Radiation Medicine of the Federal Medical-Biological Agency, MD, Professor (Chelyabinsk, Russian Federation)

Natalya I. Sanzharova – All-Russian Research Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, The Federal Agency for Scientific Organizations, Doctor of Biology, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences (Obninsk, Russian Federation)

Genrietta V. Arkhangel'skaya – 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. Vakulovskiy – 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 Juhon Sören – Professor of medical radiation physics department of Lund University (Malmo, Sweden)

Vasiliy 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)

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 11 № 2, 2018

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Ramzaev V.P., Barkovsky A.N., Gromov A.V., Ivanov S.A., Kaduka M.V.
Fukushima fallout in Sakhalin Region, Russia, part 2: ^{137}Cs and ^{134}Cs in grassland vegetation..... 7

Кадука М.В., Басалаева Л.Н., Бекашева Т.А., Иванов С.А., Салазкина Н.В., Ступина В.В., Кадука А.Н.
Содержание природных радионуклидов в минеральной природной питьевой воде Санкт-Петербурга и Ленинградской области20

Онищенко А.Д., Васильев А.В., Малиновский Г.П., Жуковский М.В.
Влияние строительных характеристик зданий на накопление радона в детских дошкольных учреждениях Свердловской области28

Рыжакова Н.К., Ставицкая К.О., Удалов А.А.
Проблемы оценки потенциальной радоноопасности участков застройки.....37

Кадука М.В., Басалаева Л.Н., Бекашева Т.А., Иванов С.А., Салазкина Н.В., Ступина В.В., Кадука А.Н.
Особенности рациона питания населения Курильских островов, влияющие на формирование дозы внутреннего облучения45

Братилова А.А., Брук Г.Я.
Влияние потребления различных пищевых продуктов на формирование доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации после аварии на Чернобыльской АЭС 53

Библин А.М., Архангельская Г.В., Зеленцова С.А., Храмов Е.В., Ахматдинов Р.Р., Соколов Н.В., Репин В.С.
Проблемы риск-коммуникации по вопросам радиационной безопасности: предпочтения населения Ленинградской и Мурманской областей в источниках получения информации ...60

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР

Стёпкин Ю.И., Кузмичев М.К., Клепиков О.В., Студеникина Е.М.
Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области за счет естественного и техногенно измененного фона..... 74

Назаров Х.М., Эрматов К.А., Саломов Дж.А., Бахронов С.М., Мирсаидов У.М.
Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан 83

ЕСКИД И РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

Историк О.А., Еремина Л.А., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Ахматдинов Р.Р.
Облучение населения Ленинградской области за счет природных источников ионизирующего излучения..... 91

CONTENTS

Vol. 11 № 2, 2018

RESEARCH ARTICLES

Ramzaev V.P., Barkovsky A.N., Gromov A.V., Ivanov S.A., Kaduka M.V.
Fukusimskie выпадения в Сахалинской области России, сообщение 2: ^{137}Cs и ^{134}Cs в луговых растениях7

Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Stupina V.V., Kaduka A.N.
Content of natural radionuclides in mineral natural drinking water of St-Petersburg and Leningrad region26

Onishchenko A.D., Vasilyev A.V., Malinovsky G.P., Zhukovsky M.V.
Influence of building features on radon accumulation in kindergartens of the Sverdlovsk region35

Ryzhakova N.K., Stavitskaya K.O., Udalov A.A.
Issues in assessment of potential radon hazard at building sites.....43

Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Stupina V.V., Kaduka A.N.
Peculiarities of Kuril Islands population food ration influencing the internal dose forming.....51

Bratilova A.A., Bruk G.Ya.
Influence of the consumption of different foodstuffs on the internal exposure dose formation in the adult population of the Russian Federation after the accident at the Chernobyl NPP58

Biblin A.M., Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Khramtsov E.V., Akhmatdinov R.R., Sokolov N.V., Repin V.S.
Risk-communication issues in radiation safety: preferences of the public in the Leningrad and Murmansk regions on the sources of information71

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE

Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V., Studenikina E.M.
Hygienic evaluation of exposure doses for the Voronezh region population nously modified background81

Nazarov Kh.M., Ermatov K.A., Salomov Dzh.A., Bahronov S.M., Mirsaidov U.M.
Assessment of potential radiation hazard of the former uranium facilities for the population of the Istiklol city of the Republic of Tadjikistan89

ISDCR AND RUSSIAN FEDERATION RADIATION-HYGIENIC PASSPORTIZATION

Istoriik O.A., Eremina L.A., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Akhmatdinov R.R.
Exposure of the public of the Leningrad region due to the natural sources of ionizing radiation97

СОДЕРЖАНИЕ

Том 11 № 2, 2018

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ
СПОРТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РФ

Сапрыкин К.А.

**О ходе подготовки учреждений Роспотребнадзора
к обеспечению радиационной безопасности при
проведении Чемпионата мира
по футболу 2018 года98**

ЮБИЛЕИ..... 105

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА
«РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» 107**

CONTENTS

Vol. 11 № 2, 2018

SAFETY PROVISION
OF MASS SPORTING EVENTS
IN RUSSIAN FEDERATION

Saprykin K.A.

**The current state of preparedness of the
Rosпотребнадzor institutions for provision
of the radiation safety for the 2018 World Football
Championship 103**

ANNIVERSARY 105

**JOURNAL OF RADIATION HYGIENE –
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS..... 107**

Fukushima fallout in Sakhalin Region, Russia, part 2: ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs in grassland vegetation

Valery P. Ramzaev, Anatoly N. Barkovsky, Alexey V. Gromov, Sergey A. Ivanov, Marina V. Kaduka

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

*Samples of vegetation (vascular plants) were collected at 14 grasslands on Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir Islands in August–September 2012. All surveyed grasslands were virgin lands with respect to Fukushima fallout. Four plots were used as pastures for cattle in 2012. About 1 kg of green vegetation (mixed grass-forb crop) was taken from each of 13 plots. Seven samples of wormwood (*Artemisia* sp.) and three samples of Kuril dwarf bamboo (*Sasa* sp.) of the same mass were collected for comparison. A density of the above ground biomass was estimated at one of the plots. Activities of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs radionuclides were determined by direct γ -ray spectrometry method using HP-germanium detectors. Inventories of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the top 20 cm layer of soil were estimated by the authors earlier for each of these 14 plots based of the soil samples analysis. Caesium-134, a marker of Fukushima fallout, was determined in 18 of 24 vegetation samples. Caesium-137 activity was quantified in all of 24 samples. The activity concentration of the radionuclides in plants (wet weight) ranged from <0.05 Bq kg⁻¹ to 1.6 Bq kg⁻¹ for ¹³⁴Cs and from 0.06 Bq kg⁻¹ to 5.8 Bq kg⁻¹ for ¹³⁷Cs. About 2/5 (median = 41%, n = 18) of the total activity of ¹³⁷Cs in plants was associated with the Fukushima accident. The soil-to-plant aggregated transfer coefficient (T_{ag}) values in mixed grass-forb crop ranged from $<0.2 \times 10^{-3}$ m² kg⁻¹ to 11×10^{-3} m² kg⁻¹ for ¹³⁴Cs and from 0.08×10^{-3} m² kg⁻¹ to 3.3×10^{-3} m² kg⁻¹ for ¹³⁷Cs. The T_{ag} values for ¹³⁴Cs were statistically significantly higher compared to the T_{ag} values for ¹³⁷Cs. The median T_{ag} for ¹³⁴Cs in mixed grass-forb crop decreased in the 2011–2012 period by a factor of about two: from 12×10^{-3} m² kg⁻¹ to 6.6×10^{-3} m² kg⁻¹. The ecological half-time, T_{eco} , of ¹³⁴Cs in the plants was approximately one year. In 2011–2012, the median T_{ag} for pre-Fukushima ¹³⁷Cs in mixed grass-forb crop was estimated as 0.12×10^{-3} m² kg⁻¹. This value is lower by a factor of 100 and 50 compared to the median values of T_{ag} that were deduced for Fukushima-derived radiocaesium in 2011 and 2012, respectively. The radiocaesium T_{ag} values for *Sasa* sp. and *Artemisia* sp. agreed with those for mixed grass-forb crop. At grasslands with the aboveground biomass density of 1 kg m⁻² and the T_{ag} of 6×10^{-3} m² kg⁻¹ for ¹³⁴Cs, the contribution of the vegetation contamination to total inventory of the radionuclide did not exceed 1%. For ¹³⁷Cs, this contribution was less than 0.1%.*

Key words: Fukushima accident, global fallout, Sakhalin Region, Kuril Islands, grassland, vegetation, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, aggregated transfer coefficient, T_{ag} .

Фукусимские выпадения в Сахалинской области России, сообщение 2: ¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs в луговых растениях

В.П. Рамзаев, А.Н. Барковский, А.В. Громов, С.А. Иванов, М.В. Кадука

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

*Образцы растительности (сосудистые растения) были собраны в августе – сентябре 2012 г. на 14 лугах островов Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир. Все обследованные луга представляли собой целинные участки в отношении фукусимских выпадений. Четыре участка использовались в качестве пастбищ для крупного рогатого скота. Около 1 кг зеленой растительности (смешанные травяные сообщества) было отобрано с каждого из 13 участков. Для сравнения на 7 участках были отобраны пробы полыни (*Artemisia* sp.) и на 3 участках – пробы курильского карликового бамбука (*Sasa* sp.) той же массы. На одном из участков была определена плотность надземной биомассы. Активность радионуклидов ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs определяли методом прямой γ -спектроскопии с использованием детекторов из особо чистого германия. Запасы ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs в верхнем 20-сантиметровом слое почвы для каждого из этих 14 участков были оценены авторами ранее на основе анализа проб почвы. Цезий-134, маркер фукусимских выпадений,*

Valery P. Ramzaev

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

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

был выявлен в 18 из 24 образцов растительности. Активность ^{137}Cs была количественно определена во всех пробах. Удельная активность радионуклидов в растениях (по влажному весу) варьировала от $<0,05 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ до $1,6 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ для ^{134}Cs и от $0,06 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ до $5,8 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ для ^{137}Cs . Около 2/5 (медиана=41%, $n=18$) от общей активности ^{137}Cs в растениях было связано с Фукусимской аварией. Значения агрегированного коэффициента переноса почва – растение (T_{ag}) в смешанных травяных сообществах (исключая *Artemisia sp.* и *Sasa sp.*) варьировали от $<0,2 \times 10^{-3}$ до $11 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ для ^{134}Cs и от $0,08 \times 10^{-3}$ до $3,3 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ для ^{137}Cs . Значения T_{ag} для ^{134}Cs были статистически значимо большими по сравнению со значениями T_{ag} для ^{137}Cs . Медианное значение T_{ag} для ^{134}Cs в травяных сообществах снизилось в период 2011–2012 гг. в 2 раза: с $12 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ до $6,6 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$. Период экологического полужизнения (T_{eco}) для «нового» радиоцезия фукусимского происхождения был равен 1 году. Медианное значение T_{ag} для дофукусимского ^{137}Cs в травяных сообществах оценивается величиной $0,12 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$. Эта цифра примерно в 100 и 50 раз меньше по сравнению с медианными значениями T_{ag} , оцененными для фукусимского радиоцезия в 2011 г. и 2012 г. соответственно. Значения T_{ag} для радиоцезия в *Sasa sp.* и *Artemisia sp.* были близки к таковым в смешанных травяных сообществах. На лугах с плотностью надземной биомассы $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ и T_{ag} , равном $6 \times 10^{-3} \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ для ^{134}Cs , вклад загрязнения растительности в общий запас радионуклида не превышал 1%. Для ^{137}Cs данный вклад составлял менее 0,1%.

Ключевые слова: Фукусимская авария, глобальные выпадения, Сахалинская область, Курильские острова, дуга, растительность, ^{134}Cs , ^{137}Cs , агрегированный коэффициент переноса, T_{ag} .

Introduction

Vegetation cover is the first barrier interacting with radionuclides which deposited from the atmosphere on the ground surface. The proportion of radioactivity initially retained by the above-ground biomass (so called interception fraction, f) may vary widely, depending on vegetation species, biomass density, habitat and weather conditions [1–4]. For example, in intensively exploited pastures with low biomass density, the interception in grasses is less than 5%, while it can reach almost 100% in dense coniferous forests and in thick lichen mats [5]. The proportion of radioactivity associated with the aerially contaminated parts and organs of plants declines with time due to weathering (e.g., the loss of radioactive material from leaf surfaces) and radionuclide translocation to those plant parts and organs that were not contaminated directly by the atmospheric deposition [2, 3]. In parallel to the cleaning and diluting processes, a secondary contamination of plants occurs due to resuspension (wind erosion and rain splash) of contaminated particles deposited on the soil surface and due to the soil-to-plant transfer of radionuclides via root uptake [2, 3]. To quantify this complex interaction between fallout radionuclides and plants, the concept of the aggregated transfer coefficient, T_{ag} , is used widely (e.g., [5, 6]). The T_{ag} ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$) is defined as the ratio of radionuclide activity concentration in plant (Bq kg^{-1}) to the radionuclide inventory (the total radionuclide activity per unit area) in soil (Bq m^{-2}). As a rule, a value of T_{ag} declines in the course of time and its dynamics can be reasonably described by single- or double-exponential models [7, 8]. Such models can be used for: 1) evaluation of current radiation exposure from fallout when direct measurement data are scarce or not available, and 2) prediction of possible radiation doses to humans in the case of accidental radioactive contamination of the environment in the future [5, 7].

From a radiological point of view, accumulation of radionuclides in vascular plants growing in grasslands (pastures and lawns) is important because such plants are the starting point for the transfer of radionuclides from the environment to human in the food chain: grass–cow–milk–man [8, 9]. In turn, cow milk is a major component of the human diet in many countries, including Russia [10]. After the Chernobyl accident, the processes of radionuclides

Введение

Растительный покров – это первый барьер, взаимодействующий с радионуклидами, выпадающими из атмосферы на поверхности земли. Доля радиоактивности, первоначально улавливаемой наземной биомассой (так называемая фракция перехвата, f), может сильно варьировать в зависимости от видов растительности, плотности биомассы, среды обитания и погодных условий [1–4]. Например, на интенсивно эксплуатируемых пастбищах с низкой плотностью биомассы перехват в травах составляет менее 5%, тогда как он может достигать почти 100% в густых хвойных лесах и в плотных лишайниках [5]. Со временем доля радиоактивности, связанной с воздушно-загрязненными частями и органами растений, снижается из-за выветривания и вымывания радиоактивного материала с их поверхности, а также переноса радионуклидов в те части и органы растений, которые не были непосредственно загрязнены атмосферными осадками [2, 3]. Параллельно с процессами очистки и разбавления происходит вторичное загрязнение растений из-за ресуспензирования (ветровой эрозии и дождевого всплеска) загрязненных частиц, осажденных на поверхность почвы, и из-за переноса радионуклидов из почвы в растения посредством корневого поступления [2, 3]. Для количественного определения этого сложного взаимодействия между радионуклидами и растениями широко используется агрегированный коэффициент переноса (T_{ag}) (см. например, [5, 6]). T_{ag} ($\text{м}^2 \text{ кг}^{-1}$) определяется как отношение удельной активности радионуклидов в растении (Бк кг^{-1}) к запасу радионуклидов (общая активность радионуклидов на единицу площади) в почве (Бк м^{-2}). Как правило, значение T_{ag} снижается с течением времени, и его динамика может быть разумно описана одно- или двухэкспоненциальными моделями [7, 8]. Такие модели являются полезными инструментами для: 1) оценки текущего воздействия радионуклидов в тех условиях, когда данные прямых измерений недоступны или ограничены; 2) прогнозирования возможных доз облучения населения в случае аварийного радиоактивного загрязнения окружающей среды в будущем [5, 7].

С радиационно-гигиенической точки зрения, накопление радионуклидов в растениях, растущих на лугах и пастбищах, представляет большой интерес,

accumulation in vegetation at grasslands in the European part of Russia were studied intensively and the T_{ag} values were well documented (e.g. [8, 11, 12]). The Asian part of Russia, where Chernobyl fallout was negligible [13], received less attention from researchers. However useful information related to the region specific accumulation of technogenic radionuclides in grassland vegetation has been obtained for certain sites of radioactive contamination, including the territories adjacent to the Mayak Production Association in the Eastern Urals [9, 14] and locations of the peaceful underground nuclear explosions in Yakutia (for a brief review see [15]).

The 2011 accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant [16–18] resulted in additional radioactive fallout in the territory of Russia, specifically, in its Far-Eastern regions [19]. Although the levels of the Fukushima fallout were comparatively low ($<0.4 \text{ kBq m}^{-2}$ for the ^{134}Cs radionuclide [20–22]), caesium radionuclides (^{137}Cs and ^{134}Cs) were determined in samples of soil, vascular plants, lichens, cow milk and wild mushrooms collected by the Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, RIRH, and the local branch of Rospotrebnadzor in the Sakhalin region during the first year after the accident [23]. The simultaneous sampling of soil and plants in the same grasslands on Sakhalin, Kunashir and Shikotan Islands allowed RIRH [20] to evaluate soil-to-plant T_{ag} values for ^{137}Cs and ^{134}Cs six–seven months after the fallout. RIRH continued the studies of the plant contamination in the Sakhalin region in 2012 with two main objectives: 1) to estimate soil-to-plant T_{ag} values for Fukushima derived and pre-Fukushima radiocaesium in the second growing season after the fallout, and 2) to evaluate the depuration rate for Fukushima derived radiocaesium in plants in the studied period of 2011–2012. This paper is focused on these two issues. It also summarizes all measurement data obtained by RIRH in 2011–2012 on the grassland vegetation contamination by ^{137}Cs and ^{134}Cs . Analysis of data on the radioactive contamination of soils at the grasslands in the Sakhalin region is presented in the first part of the study [21].

поскольку такие растения являются отправной точкой переноса радионуклидов в пищевой цепи: трава – корова – молоко – человек [8, 9]. В свою очередь, коровье молоко является основным компонентом рациона человека во многих странах, включая Россию [10]. После аварии на Чернобыльской АЭС процессы накопления радионуклидов в растительности на лугах в европейской части России интенсивно изучались, а значения T_{ag} были хорошо обоснованы экспериментальными данными (например, [8, 11, 12]). Азиатская часть России, где чернобыльские выпадения были незначительными [13], привлекла к себе меньшее внимание со стороны исследователей. Однако и здесь полезная информация, касающаяся региональных особенностей накопления техногенных радионуклидов в луговой растительности, была получена для определенных зон радиоактивного загрязнения, включая территорию, прилегающую к производственному объединению «Маяк» на Восточном Урале [9, 14], и места проведения мирных подземных ядерных взрывов в Якутии (для краткого обзора см. [15]).

Авария на атомной электростанции «Фукусима-1» в 2011 г. [16–18] привела к дополнительным радиоактивным выпадениям на территории России, в частности в ее дальневосточных регионах [19]. Хотя уровни фукусимских выпадений были сравнительно небольшими ($<0,4 \text{ kBq m}^{-2}$ для ^{134}Cs [20–22]), радионуклиды цезия (^{137}Cs и ^{134}Cs) были идентифицированы в образцах почвы, сосудистых растений, лишайников, коровьего молока и дикорастущих грибов, собранных специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева (НИИРГ) и сотрудниками Роспотребнадзора в Сахалинской области в первый год после аварии [23]. Одновременный отбор проб почвы и растений на лугах островов Сахалин, Кунашир и Шикотан позволил специалистам НИИРГ [20] оценить значения T_{ag} для ^{137}Cs и ^{134}Cs через 6–7 месяцев после первоначальных выпадений. Специалисты НИИРГ

Table 1

Activity concentrations of caesium radionuclides in vegetation, the radionuclides inventory in soil, contribution of Fukushima derived ^{137}Cs to total ^{137}Cs and aggregated soil-to-plant transfer coefficient (T_{ag}) for ^{134}Cs and total ^{137}Cs in individual samples obtained from grassland plots on the Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir islands in autumn 2012

[Таблица 1

Удельная активность радионуклидов цезия в растительности (на влажный вес), запас радионуклидов в почве, вклад фукусимского ^{137}Cs в общую активность ^{137}Cs и агрегированный коэффициент переноса (T_{ag}) почва – растение для ^{134}Cs и общего ^{137}Cs в отдельных пробах, отобранных на лугах островов Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир осенью 2012 г.]

Plot code* [Код участка*]	Date [Дата отбора]	Activity concentration in plants (Bq kg^{-1} , w.w.)** [Удельная активность в растениях (Bq kg^{-1} , в.в.)**]		Inventory in soil (Bq m^{-2}) [Запас в почве (Bq m^{-2})]		Contribution of Fukushima ^{137}Cs to total ^{137}Cs (%) [Вклад фукусимского ^{137}Cs в общий ^{137}Cs (%)]		T_{ag} ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$, $n \times 10^{-3}$)	
		^{134}Cs	^{137}Cs	^{134}Cs	^{137}Cs	Plants	Soil	^{134}Cs	^{137}Cs
<i>Mixed grass-forb crop</i> [Смешанные травяные сообщества]									
Kun-A***	25 Sep.	0.28 (12)	3.64 (1.8)	63	1640	12	6.7	4.4	2.2
Kun-B***	25 Sep.	0.13 (24)	1.09 (3.9)	59	2320	19	4.1	2.2	0.47
Kun-3***	24 Sep.	0.61 (7.5)	3.02 (2.5)	55	2820	33	3.2	11	1.1
Kun-4	24 Sep.	0.61 (8.6)	3.40 (2.6)	70	1020	29	11	8.7	3.3
Itu-1	19 Sep.	0.16 (22)	0.65 (6.8)	59	3280	40	2.8	2.7	0.20

Table 1
Окончание таблицы 1

Plot code* [Код участка*]	Date [Дата отбора]	Activity concentration in plants (Bq kg ⁻¹ , w.w.)** [Удельная активность в растениях (Бк кг ⁻¹ , в.в.)**]		Inventory in soil (Bq m ⁻²) [Запас в почве (Бк м ⁻²)]		Contribution of Fukushima ¹³⁷ Cs to total ¹³⁷ Cs (%) [Вклад фукусимского ¹³⁷ Cs в общий ¹³⁷ Cs (%)]		T _{ag} (m ² kg ⁻¹ , n × 10 ⁻³)	
		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	Plants	Soil	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
Itu-2	19 Sep.	0.15 (14)	0.84 (5.1)	62	3120	29	3.3	2.4	0.27
Itu-3***	18 Sep.	<0.05	0.12 (19)	18	1430	-	2.0	<2.8	0.08
Itu-4	18 Sep.	0.19 (12)	0.71 (4.3)	17	1240	43	2.2	11	0.57
Itu-5	20 Sep.	<0.05	0.21 (12)	7.8	1950	-	0.6	<6.4	0.11
Itu-6	20 Sep.	0.16 (21)	1.64 (3.5)	18	2120	16	1.4	8.9	0.77
Uru-1	28 Aug.	<0.05	0.062 (32)	211	551	-	61	<0.2	0.11
Uru-2	28 Aug.	<0.06	0.063 (48)	185	525	-	56	<0.3	0.12
Par-2	03 Sep.	<0.06	0.057 (49)	12	220	-	9.1	<4.2	0.26
<i>Sasa sp.</i>									
Kun-4	24 Sep.	0.48 (12)	5.82 (2.0)	70	1020	13	11	6.9	5.7
Itu-1	19 Sep.	0.31 (16)	0.71 (7.2)	59	3280	70	2.8	5.3	0.22
Itu-2	19 Sep.	0.31 (18)	1.22 (5.4)	62	3120	41	3.3	5.0	0.39
<i>Artemisia sp.</i>									
Kun-4	24 Sep.	0.51 (9.8)	2.20 (2.6)	70	1020	37	11	7.3	2.2
Itu-1	19 Sep.	0.12 (32)	0.42 (7.9)	59	3280	46	2.8	2.0	0.13
Itu-2	19 Sep.	0.24 (19)	0.80 (5.4)	62	3120	48	3.3	3.9	0.26
Itu-4	18 Sep.	0.10 (25)	0.27 (4.3)	17	1240	60	2.2	5.8	0.22
Uru-1	28 Aug.	0.21 (19)	0.40 (7.0)	211	551	83	61	1.0	0.73
Uru-2	28 Aug.	1.61 (2.8)	2.64 (1.8)	185	525	96	56	8.7	5.0
Par-1	03 Sep.	<0.05	0.56 (7.8)	4.3	3510	-	0.2	<12	0.16
<i>All vascular plants from an area of 1 m²</i> [Все сосудистые растения с площади 1 м ²]									
Itu-1	19 Sep.	1.02 (5.6)	1.79 (2.9)	59	3280	92	2.8	17	0.55

* – the code starting with “Kun”, “Itu”, “Uru” or “Par” means that the plot is located on Kunashir, Iturup, Urup or Paramushir, respectively. For the plots description, see Table 1 in [21].
 ** – counting error is given in brackets in percent (%) at one sigma level. The activity concentrations in plants, inventories in soil and T_{ag} values are given on the date of sampling.
 *** – the plot is used as a pasture.
 [* – код, начинающийся с «Kun», «Itu», «Uru» или «Par», означает, что участок расположен на Кунашире, Итурупе, Урупе или Парамушире соответственно. Описание участков приведено в таблице 1 в [21].
 ** – ошибка вычисления площади фотопика указана в скобках в процентах (%) на уровне одной сигмы. Удельная активность в растениях, запасы в почве и значения T_{ag} приведены на дату отбора проб.
 *** – участок используется для выпаса скота.]

Material and methods

Samples of vegetation (vascular plants) were collected in August–September 2012 at 14 grasslands on four Kuril Islands: Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir (see Fig. 1 in [21]). The geographic coordinates and brief description of the plots surveyed can be found in Table 1 in [21]. All surveyed grasslands were virgin lands with respect to Fukushima fallout. Four plots (Table 1) were used as pastures for cattle in 2012. Inventories of ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in the top 20 cm layer of soil were determined for each of these 14 plots based of the soil samples analysis [21].

продолжили изучение луговых растений в Сахалинской области в 2012 г. с двумя основными целями: 1) определить значения T_{ag} для фукусимского и дофукусимского радиоцезия во второй вегетационный период после выпадений; 2) оценить скорость очищения растений от радионуклидов цезия в исследуемый период 2011–2012 гг. Настоящее сообщение посвящено результатам исследований по двум обозначенным выше направлениям. Мы также приводим сводку всех результатов измерений, проведенных специалистами НИИРГ в 2011–2012 гг. с целью изучения загрязнения луговой растительности

Green vegetation (mixed grass-forb crop, GFC [20], excluding wormwood and bamboo) was collected at 13 of 14 plots (totally 13 samples, about 1 kg each). Additionally, seven samples of wormwood (*Artemisia* sp.) and three samples of Kuril dwarf bamboo (*Sasa* sp.) were collected for comparison. The plants were cut with scissors at a height about 3–5 cm from the ground. This sampling height modeled the height of grass usually eaten by cows [24].

We determined the aboveground biomass density on Iturup at plot Itu-1 where green vegetation was very rich. The plot was not used for livestock grazing. All vascular plants (including live and dry vegetation) were cut from an area of 1 m². The sample mass was 2.1 kg (wet weight, w.w.).

The vegetation samples were dried and ashed at a temperature below 450 °C to reduce the sample volume. The processed specimens were packed into the metal 250 cm³ or plastic 80 cm³ containers. Activities of caesium radionuclides were determined by direct γ -ray spectrometry method using two HP-germanium detectors and multichannel analyzers [20, 21]. The duration of counting varied from 60000 s to 240000 s. The detection limits ranged from 0.05 to 0.06 Bq kg⁻¹ (w.w.). The activity data were decay corrected to the date of sampling using half-life values of 2.062 y for ¹³⁴Cs and 30.0 y for ¹³⁷Cs [25]. Details of the calibration and measurement procedure can be found in [20, 21].

The ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs activities ratio in Fukushima fallout in the Sakhalin region was assumed to be 1.0 (as of 15 March 2011) [21, 26]. This value was used to calculate the contribution of Fukushima-borne ¹³⁷Cs to total ¹³⁷Cs in samples.

Statistical analysis included calculation of mean, median and standard deviation for the radionuclides activity concentration, contribution of Fukushima-borne ¹³⁷Cs to total ¹³⁷Cs, radionuclides inventory in soil, and T_{ag}. Correlations between the variables were estimated using Spearman's rank order correlation coefficient, R_{sp}. Statistical significance of differences between groups was checked using the non-parametric Mann–Whitney U test (non-paired samples) and sign test (paired samples). P-values of <0.05 were considered significant for the analysis.

Results and discussion

Activity concentrations of ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs (w.w.) for individual samples and summary statistics for three groups of plants (GFC, *Sasa* sp. and *Artemisia* sp.) are presented in Table 1 and Table 2, respectively. Table 2 also contains results of the statistical analysis based on the 2011 data obtained from Tables 2 and 3 in [20].

Caesium-134, a marker of Fukushima fallout, was estimated in 18 of 24 vegetation samples collected on Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir Islands in August–September 2012. Caesium-137 activity was quantified in all of these samples. The activity concentration of radionuclides in plants ranged from <0.05 Bq kg⁻¹ to 1.6 Bq kg⁻¹ for ¹³⁴Cs and from 0.06 Bq kg⁻¹ to 5.8 Bq kg⁻¹ for ¹³⁷Cs. About 2/5 of the total activity of ¹³⁷Cs in plants was associated with the Fukushima accident.

Caesium-134 was determined in eight of the total 13 GFC samples collected in 2012 (Table 1). Activity concentration of the radionuclide varied from <0.05 Bq kg⁻¹ to 0.61 Bq kg⁻¹. Caesium-137 was quantified in all samples of GFC; the activity concentration ranged from 0.06 Bq kg⁻¹ to 3.64 Bq kg⁻¹. About

радионуклидами ¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs. Анализ данных о радиоактивном загрязнении почв на лугах Сахалинской области представлен в первом сообщении [21].

Материалы и методы

Образцы растительности были собраны в августе – сентябре 2012 г. на 14 лугах четырех Курильских островов: Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир (см. рис. 1 в [21]). Географические координаты и краткое описание обследованных участков приведены в таблице 1 в [21]. Все обследованные луга представляли собой целинные участки в отношении фукусимских выпадений. Четыре участка использовались в качестве пастбищ для крупного рогатого скота (табл. 1). Запасы ¹³⁴Cs и ¹³⁷Cs в верхнем 20-сантиметровом слое почвы были определены для каждого из этих 14 участков на основе анализа образцов грунта [21].

Пробы зеленой растительности (смешанные травяные сообщества [20], исключая полынь и бамбук) были отобраны на 13 из 14 участков (всего 13 образцов массой 1 кг каждый на влажный вес (в.в.)). Кроме того, для сравнения на 7 участках были собраны пробы полыни (*Artemisia* sp.) и на 3 участках – пробы курильского карликового бамбука (*Sasa* sp.). Растения были срезаны ножницами на высоте около 3–5 см от земли. Такая высота пробоотбора моделировала высоту травы, обычно поедаемой коровами [24].

Мы определили плотность надземной биомассы на Итурупе на участке Itu-1, полностью покрытом обильной растительностью. Участок не использовался для выпаса скота. С площади 1 м² были срезаны все растения, включая живые и сухие. Масса образца составила 2,1 кг (в.в.).

Образцы растительности высушивали и озоляли при температуре ниже 450 °C для уменьшения объема пробы. Обработанные образцы были упакованы в металлические контейнеры объемом 250 см³ или пластиковые контейнеры объемом 80 см³. Активность радионуклидов цезия определяли методом прямой γ -спектроскопии с использованием двух детекторов из особо чистого германия и многоканальных анализаторов [20, 21].

Продолжительность измерения одной пробы находилась в пределах 60 000–240 000 с. Предел детектирования радионуклидов варьировал от 0,05 до 0,06 Бк кг⁻¹ (в.в.). Активность была скорректирована на дату отбора образцов с использованием значений периода полураспада 2,062 г для ¹³⁴Cs и 30,0 г для ¹³⁷Cs [25]. Подробная информация о процедуре калибровки и измерений приведена в [20, 21].

Соотношение активностей ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs в фукусимских выпадениях в Сахалинской области предполагалось равным 1,0 (по состоянию на 15 марта 2011 г.) [21, 26]. Это значение было использовано для расчета вклада фукусимского ¹³⁷Cs в общую активность ¹³⁷Cs в образцах.

Статистический анализ включал расчет средней, медианы и стандартного отклонения для удельной активности радионуклидов, вклада фукусимского ¹³⁷Cs в общую активность ¹³⁷Cs, запаса радионуклидов в почве и T_{ag}. Корреляции между переменными оценивали с использованием рангового коэффициента Спирмена (R_{sp}). Статистическую значимость различий между группами проверяли с использованием непараметрического U-теста Манна – Уитни (независимые выборки) и критерия знаков (парные образцы). Величина P<0,05 считалась значимой для анализа различий.

Table 2

Summary statistics on activity concentrations of caesium radionuclides in vegetation (wet weight), the radionuclides inventory in soil, contribution of Fukushima derived ¹³⁷Cs to total ¹³⁷Cs and aggregated soil-to-plant transfer coefficient (T_{ag}) for ¹³⁴Cs and total ¹³⁷Cs in samples obtained from grassland plots on the Sakhalin, Kunashir and Shikotan islands in September–October 2011 and on the Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir islands in August–September 2012

[Таблица 2

Сводные статистические данные об удельной активности радионуклидов цезия в растительности (на влажный вес), запасах радионуклидов в почве, вкладе фукусимского ¹³⁷Cs в общий ¹³⁷Cs и агрегированном коэффициенте переноса из почвы в растение (T_{ag}) для ¹³⁴Cs и общего ¹³⁷Cs в пробах, отобранных на лугах островов Сахалин, Кунашир и Шикотан в сентябре – октябре 2011 г., а также островов Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир в августе – сентябре 2012 г.]

Parameter [Параметр]	Activity concentration in plants (Bq kg ⁻¹ , w.w.) [Удельная активность в растениях (Бк кг ⁻¹ , в.в.)]		Inventory in soil (Bq m ⁻²) [Запас в почве (Бк м ⁻²)]		Contribution of Fukushima ¹³⁷ Cs to total ¹³⁷ Cs (%) [Вклад фукусимского ¹³⁷ Cs в общий ¹³⁷ Cs (%)]		T _{ag} (m ² kg ⁻¹ , n × 10 ⁻³)	
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	Plants	Soil	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
<i>Mixed grass-forb crop, 2011</i> [Смешанные травяные сообщества, 2011]								
Median	0.63	0.75	74	1840	77	4.0	12	0.65
Mean	1.04	2.56	63	1880	70	7.1	21	1.5
SD	1.25	4.18	39	886	30	10	29	2.0
Minimum	0.03	0.092	6.6	82	22	0.4	0.8	0.05
Maximum	4.93	18.0	119	3150	108	36	100	8.0
n	19	19	19	19	19	19	19	19
<i>Mixed grass-forb crop, 2012</i> [Смешанные травяные сообщества, 2012]								
Median	0.18	0.71	59	1640	29	3.3	6.6	0.27
Mean	0.29	1.19	64	1710	28	13	6.5	0.74
SD	0.20	1.32	64	1000	11	21	3.9	0.98
Minimum	<0.05	0.057	7.8	220	12	0.6	<0.2	0.08
Maximum	0.61	3.64	211	3280	43	61	11	3.3
n	13 (8)*	13	13	13	13 (8)*	13	13 (8)*	13
<i>Sasa sp., 2011</i>								
Median	2.68	5.18	92	2590	79	3.8	28	2.1
Mean	2.51	4.69	85	2410	66	4.7	28	2.2
SD	1.30	1.20	21	820	31	2.5	11	1.2
Minimum	0.91	2.91	53	1320	20	2.8	17	0.99
Maximum	3.78	5.50	101	3140	87	8.4	41	3.9
n	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Sasa sp., 2012</i>								
Median	0.31	1.22	62	3120	41	3.3	5.3	0.39
Mean	0.37	2.58	64	2470	41	5.7	5.7	2.1
SD	0.10	2.81	6	1260	29	4.6	1.0	3.1
Minimum	0.31	0.71	59	1020	13	2.8	5.0	0.22
Maximum	0.48	5.82	70	3280	70	11	6.9	5.7
n	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Artemisia sp., 2011</i>								
n = 1**	1.35	2.87	91	2930	56	3.7	15	0.98
<i>Artemisia sp., 2012</i>								
Median	0.23	0.56	62	1240	54	3.3	4.9	0.26
Mean	0.47	1.04	87	1890	62	20	4.8	1.2
SD	0.58	0.96	80	1350	23	27	3.0	1.8

Table 2
Окончание таблицы 2

Parameter [Параметр]	Activity concentration in plants (Bq kg ⁻¹ , w.w.) [Удельная активность в растениях (Бк кг ⁻¹ , в.в.)]		Inventory in soil (Bq m ⁻²) [Запас в почве (Бк м ⁻²)]		Contribution of Fukushima ¹³⁷ Cs to total ¹³⁷ Cs (%) [Вклад фукусимского ¹³⁷ Cs в общий ¹³⁷ Cs (%)]		T _{ag} (m ² kg ⁻¹ , n × 10 ⁻³)	
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	Plants	Soil	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
Minimum	<0.05	0.27	4.3	525	37	0.2	1.0	0.13
Maximum	1.61	2.64	211	3510	96	61	8.7	5.0
n	7 (6)*	7	7	7	7 (6)*	7	7 (6)*	7

* – number of plant samples with quantified activity of ¹³⁴Cs is shown in brackets; the calculations of median, mean and standard deviation (SD) were performed for these samples.

** – the only one sample of *Artemisia* sp. was collected in 2011.

[* – число образцов растений, в которых был количественно определен ¹³⁴Cs, показано в скобках; для этих проб были выполнены расчеты медианы, средней и стандартного отклонения (С.о.).

** – в 2011 г. была получена лишь одна проба *Artemisia* sp.]

1/3 (median = 29%, n = 8) of the total activity of ¹³⁷Cs in plants can be attributed to Fukushima fallout (Table 2). In soil, the contribution of Fukushima-derived ¹³⁷Cs to total ¹³⁷Cs was much smaller: median = 3.3%. The difference between plants and soil with respect to the proportion of Fukushima-borne ¹³⁷Cs in total ¹³⁷Cs is statistically significant (the sign test, P < 0.05, n = 8). It indicates a larger transfer of Fukushima-borne ¹³⁷Cs from soil to plant compared to that for pre-Fukushima ¹³⁷Cs. The similar results were obtained by Ramzaev et al. [20] for the soil-to-plant transfer of radiocaesium for samples collected on grasslands in the Sakhalin region in September–October 2011. For that sampling occasion, the median contributions of Fukushima-borne ¹³⁷Cs to total ¹³⁷Cs were calculated as 77% (range 22–108%) and 4% (range 0.4–36%) for plants and soil, respectively (Table 2). The presence of values exceeding 100% can be explained by uncertainty of the 604 keV (¹³⁴Cs) and 662 keV (^{137m}Ba) peak areas determination in spectra (see Table 3 in [20]) and by uncertainty of the ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs activities ratio evaluation in the regional Fukushima fallout. Although we have applied the reference ratio of 1.0, the actual ratio could differ by several percent from this value [26, 27].

A visual analysis of the scatter-plots (Fig.), demonstrating relationship between the ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs radionuclide activity concentrations in plants and the radionuclide inventories in soil, indicated that the large variability of the activity concentrations could hardly be associated only with differences in the radionuclides inventories between the plots. Correlation analysis confirmed this estimation. Although Spearman's coefficients were positive for the 2012 data (0.18 for ¹³⁴Cs and 0.48 for ¹³⁷Cs), the correlations were not statistically significant: P-value was larger than 0.05 in both cases. In 2011, the association between radiocaesium activity concentration in plants and radiocaesium inventory in soil was also positive and not significant statistically: R_{sp} = 0.31 (P > 0.05, n = 19) for ¹³⁴Cs and R_{sp} = 0.41 (P > 0.05, n = 19) for ¹³⁷Cs.

We observed about two orders of magnitude variability in the T_{ag} values for GFC: from <0.2 × 10⁻³ to 11 × 10⁻³ m² kg⁻¹ for ¹³⁴Cs and from 0.08 × 10⁻³ to 3.3 × 10⁻³ m² kg⁻¹ for ¹³⁷Cs. The T_{ag} values for ¹³⁴Cs were statistically significantly higher compared to the T_{ag} values for ¹³⁷Cs (the sign test, P < 0.05, n = 8). The

Результаты и обсуждение

Удельная активность ¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs (на исходный влажный вес пробы) для отдельных образцов представлена в таблице 1, а сводная статистика для трех групп растений (смешанные травяные сообщества (СТС), *Sasa* sp. и *Artemisia* sp.) приведена в таблице 2. Последняя также содержит результаты статистического анализа, основанного на данных 2011 г., полученных из таблиц 2 и 3 в [20].

Цезий-134, маркер фукусимских выпадений, был количественно определен в 18 из 24 образцов растительности, собранных на островах Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир в августе – сентябре 2012 г. Активность ¹³⁷Cs была определена во всех пробах. Удельная активность радионуклидов в растениях варьировала от <0,05 Бк кг⁻¹ до 1,6 Бк кг⁻¹ для ¹³⁴Cs и от 0,06 Бк кг⁻¹ до 5,8 Бк кг⁻¹ для ¹³⁷Cs. В среднем приблизительно 2/5 общей активности ¹³⁷Cs в растениях было связано с аварией на АЭС «Фукусима-1».

Цезий-134 был выявлен в 8 из 13 образцов СТС, собранных в 2012 г. (см. табл. 1). Удельная активность радионуклида варьировала от <0,05 Бк кг⁻¹ до 0,61 Бк кг⁻¹. Цезий-137 был найден во всех образцах СТС; удельная активность находилась в диапазоне 0,06–3,64 Бк кг⁻¹. Около 1/3 (медиана = 29%, n=8) общей активности ¹³⁷Cs в растениях было обусловлено фукусимскими выпадениями (см. табл. 2). В почве вклад фукусимского ¹³⁷Cs в общую активность ¹³⁷Cs был намного меньше: медиана = 3,3%. Разница между растениями и почвой в отношении доли фукусимского ¹³⁷Cs в общей активности ¹³⁷Cs является статистически значимой (критерий знаков, P<0,05; n=8). Это указывает на более высокий коэффициент переноса фукусимского ¹³⁷Cs из почвы в растения по сравнению с таковым для дофукусимского ¹³⁷Cs. Аналогичный вывод был сделан Ramzaev et al. [20] в отношении переноса радиоцезия из почвы в растения для проб, собранных на лугах Сахалинской области в сентябре – октябре 2011 г. Для этого времени пробоотбора медианные значения вклада фукусимского ¹³⁷Cs в общий запас ¹³⁷Cs составили 77% (диапазон 22–108%) и 4% (диапазон 0,4–36%) для растений и почвы соответственно (см. табл. 2). Наличие значений, превышающих 100%, может быть объяснено

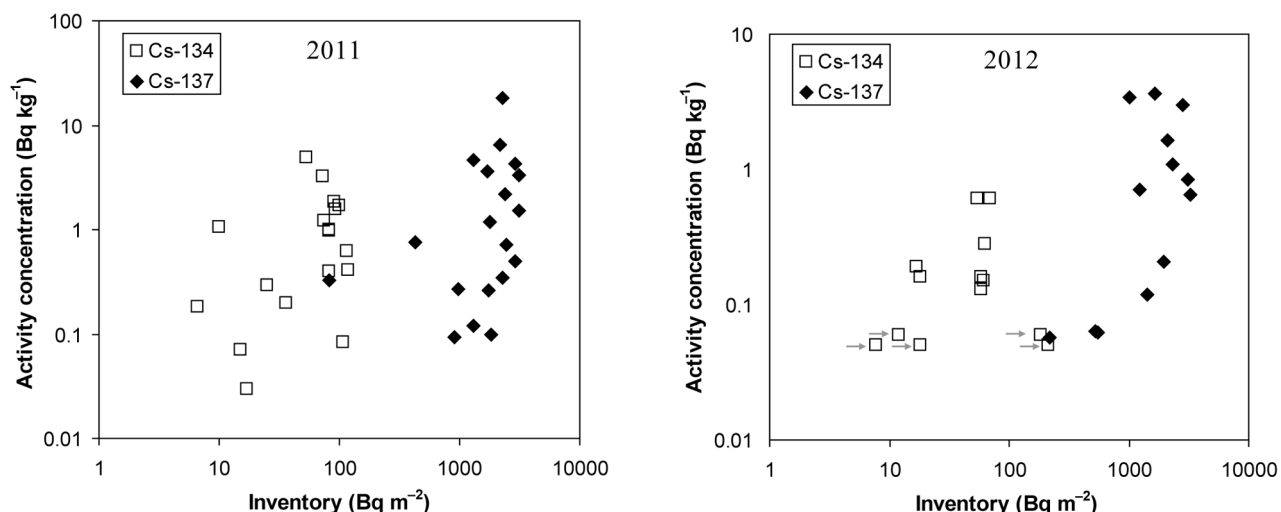


Fig. Relationship between activity concentration of caesium radionuclides in mixed grass-forb crop and inventory of the radionuclides in soil at grassland plots surveyed in Sakhalin Region in 2011 y (n = 19) and in 2012 y (n = 13). Arrows in the right panel indicate detection limits for those samples of vegetation (n = 5) where activity of ¹³⁴Cs was not quantified

[Рис. Соотношение между удельной активностью (activity concentration) радионуклидов цезия в смешанных травяных сообществах и запасом (inventory) радионуклидов в почве на лугах, обследованных в Сахалинской области в 2011 г. (n = 19) и 2012 г. (n = 13). Стрелки на правой панели указывают пределы детектирования для тех проб растительности (n=5), где активность ¹³⁴Cs не была определена количественно]

Soil-to-grass T_{ag} values (dry weight) for the accident-derived radiocaesium and global ¹³⁷Cs

Table 3

[Таблица 3

Значения T_{ag} почва – трава (на сухой вес) для радионуклидов цезия, связанного с глобальными выпадениями и радиационными авариями]

Author [Автор]	Region of Russia [Регион России]	Main source [Основной источник]	Time after deposition (year) [Время после выпадений (годы)]	T _{ag} (m ² kg ⁻¹ , n × 10 ⁻³)
This study [Данная работа]	Far East	Fukushima accident	0.55	84 (48)*
This study [Данная работа]	Far East	Fukushima accident	1.55	25 (26)*
This study [Данная работа]	Far East	Global fallout	~50	2.8 (0.5)*
Kaduka and Shutov [8] [Кадука и Шутов [8]]	European part	Chernobyl accident	0.55	190**
Kaduka and Shutov [8] [Кадука и Шутов [8]]	European part	Chernobyl accident	1.55	95**
Kaduka and Shutov [8] [Кадука и Шутов [8]]	European part	Global fallout	~40	1.2**
Ramzaev et al. [29]	European part	Chernobyl accident	16	0.5–5.2
Ramzaev et al. [15]	Eastern Siberia	Accidental nuclear explosion "Kraton-3"	23–24	2.0

* – the first figure is a mean value; a median value is given in bracket. Dry weight conversion has been carried out assuming 25% dry matter in grass [2].

** – the value was calculated by using the regression equation and numerical values presented by Kaduka and Shutov in Table 1.4.3.2 [8] for dry grass.

[* – первое число – это среднее значение; медианное значение дано в скобках. Пересчет на сухой вес был проведен исходя из 25% содержания сухого вещества в траве [2];

** – величину T_{ag} рассчитывали с использованием уравнения регрессии и числовых значений, приведенных М.В. Кадукой и В.Н. Шутовым в таблице 1.4.3.2 [8] для сухой травы.]

similar differences between two caesium radioisotopes with respect to T_{ag} values were estimated by Ramzaev et al. [20] in the Sakhalin region in 2011. The median T_{ag} for ^{134}Cs decreased in the 2011–2012 period with a factor of about two: from $12 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ to $6.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. The difference was statistically significant (the Mann–Whitney test, $P < 0.05$; $n_1 = 19$, $n_2 = 8$). Hence, the ecological half-time, T_{eco} [5, 28], of ^{134}Cs in the plants was approximately one year. The median T_{ag} for ^{137}Cs also declined during this time period with a factor of about two: from $0.65 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ to $0.27 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. But the difference between two sampling occasions for ^{137}Cs is not statistically significant (the Mann–Whitney test, $P > 0.05$; $n_1 = 19$, $n_2 = 13$).

Soil-to-plant transfer of radiocaesium radionuclides for *Sasa* sp. and *Artemisia* sp. did not differ significantly from those for mixed grass-forb crop (the Mann–Whitney test, $P > 0.05$). There were no differences as well between *Sasa* sp. and *Artemisia* sp. (the Mann–Whitney test, $P > 0.05$). The median T_{ag} for ^{134}Cs in bamboo decreased in the 2011–2012 period from $28 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ to $5.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, i.e. with a factor of about five ($T_{eco} = 0.4$ year). The reduction is statistically significant (the Mann–Whitney test, $P < 0.05$; $n_1 = 4$, $n_2 = 3$). The same tendency can be observed for wormwood (Table 2), but the number of observations (1) in 2011 was not enough to perform any statistical evaluation. The median T_{ag} for ^{137}Cs in bamboo also decreased in the 2011–2012 period from $2.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ to $0.39 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$; the difference between two years was not statistically significant (the Mann–Whitney test, $P > 0.05$; $n_1 = 4$, $n_2 = 3$).

The ^{137}Cs T_{ag} values were calculated for a mixture of Fukushima-derived ^{137}Cs and pre-Fukushima ^{137}Cs . One can assume that T_{ag} values for Fukushima-derived ^{137}Cs are equal to those for Fukushima-derived ^{134}Cs . To derive soil-to-plant T_{ag} value for pre-Fukushima ^{137}Cs , the following equation can be used:

$$T_{ag-PreF137Cs} = \frac{C_{Tot137Cs} - C_{F137Cs}}{A_{Tot137Cs} - A_{F137Cs}}, \quad (1)$$

where $T_{ag-PreF137Cs}$ is soil-to-plant aggregated transfer coefficient for pre-Fukushima ^{137}Cs ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$); $C_{Tot137Cs}$ is activity concentration of total ^{137}Cs in plants (Bq kg^{-1}); C_{F137Cs} is activity concentration of Fukushima-derived ^{137}Cs in plants (Bq kg^{-1}); $A_{Tot137Cs}$ is inventory of total ^{137}Cs in soil (Bq m^{-2}); A_{F137Cs} is inventory of Fukushima-derived ^{137}Cs in soil (Bq m^{-2}).

Using Eq. (1), the $T_{ag-PreF137Cs}$ values have been calculated for those samples where the ^{134}Cs activity was quantified in 2011–2012. The mean and median (in brackets) T_{ag} for pre-Fukushima ^{137}Cs in mixed grass-forb crop ($n = 27$), bamboo ($n = 7$) and wormwood ($n = 7$) can be estimated as 0.71 (0.12) $\times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, 0.80 (0.43) $\times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ and 0.44 (0.32) $\times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, respectively. These figures are one–two orders of magnitude lower compared to the mean and median values of T_{ag} for Fukushima-derived radiocaesium (Table 2). The relatively high soil-to-plant transfer coefficients for the “new” radiocaesium can be explained by presence of the major part (range 45–100% [21]) of Fukushima-derived radionuclides inventory in the top 1-cm layer of soil. This location of the recently deposited radionuclides may promote secondary contamination of plants via the resuspension mechanism. From the other hand, the low uptake of pre-Fukushima radiocaesium by plants may be attributed to: 1) fixation of the radionuclides

неопределенностью вычисления площадей пиков 604 кэВ (^{134}Cs) и 662 кэВ (^{137m}Ba) в спектрах (см. табл. 3 в [20]), а также неопределенностью оценки отношения активностей $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ в региональных фукусимских выпадениях. Мы использовали референтное отношение, равное 1,0; фактическое соотношение могло отличаться от этой величины в пределах нескольких процентов [26, 27].

Визуальный анализ рисунка, демонстрирующего взаимосвязь между удельной активностью радионуклидов в СТС и запасом радионуклидов в почве (рис.), показывает, что большая изменчивость удельной активности вряд ли может быть связана только с различиями в запасах радионуклидов на участках. Корреляционный анализ подтвердил это предположение. Хотя коэффициенты Спирмена были положительными для проб, отобранных в 2012 г. (0,18 для ^{134}Cs и 0,48 для ^{137}Cs), корреляция не была статистически значимой: значение R было больше 0,05 в обоих случаях. В 2011 г. связь между удельной активностью радиоцезия в растениях и запасами радиоцезия в почве была также положительной и статистически незначимой: $R_{sp} = 0,31$ ($P > 0,05$, $n = 19$) для ^{134}Cs и $R_{sp} = 0,41$ ($P > 0,05$, $n = 19$) для ^{137}Cs .

Значения T_{ag} для СТС варьировались в пределах двух порядков величины: от $<0,2 \times 10^{-3}$ до $11 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ для ^{134}Cs и от $0,08 \times 10^{-3}$ до $3,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ для ^{137}Cs . Значения T_{ag} для ^{134}Cs было статистически значимо большим по сравнению со значениями T_{ag} для ^{137}Cs (критерий знаков, $P < 0,05$; $n = 8$). Аналогичные различия между двумя радиоизотопами цезия по отношению к значениям T_{ag} были найдены Ramzaev et al. [20] в Сахалинской области в 2011 г. Медианная величина T_{ag} для ^{134}Cs уменьшилась в период 2011–2012 гг. в два раза: с $12 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ до $6,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. Разница между значениями T_{ag} , полученными для проб, отобранных в 2011 г., и проб, отобранных в 2012 г., была статистически значимой (тест Манна – Уитни, $P < 0,05$; $n_1 = 19$, $n_2 = 8$). Следовательно, экологический период полуочищения – T_{eco} [5, 28] для ^{134}Cs в растениях был равен приблизительно 1 году. Медианная величина T_{ag} для ^{137}Cs также уменьшилась за это время примерно в 2 раза: с $0,65 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ до $0,27 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. Но разница между 2011 г. и 2012 г. для ^{137}Cs не является статистически значимой (тест Манна – Уитни, $P > 0,05$; $n_1 = 19$, $n_2 = 13$).

Перенос радионуклидов радиоцезия из почвы в растение для *Sasa* sp. и *Artemisia* sp. существенно не отличался от такового для СТС (тест Манна–Уитни, $P > 0,05$). Также не было различий между *Sasa* sp. и *Artemisia* sp. (тест Манна – Уитни, $P > 0,05$). Медианное значение T_{ag} для ^{134}Cs в бамбуке уменьшилось в период 2011–2012 гг. с $28 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ до $5,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, то есть в 5 раз ($T_{eco} = 0,4$ года). Снижение является статистически значимым (тест Манна – Уитни, $P < 0,05$; $n_1 = 4$, $n_2 = 3$). Та же тенденция наблюдается и для полыни (см. табл. 2), но количество наблюдений (1) в 2011 г. было недостаточным для использования какого-либо статистического теста. Медианное значение T_{ag} для ^{137}Cs в бамбуке также уменьшилось в 2011–2012 гг. с $2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ до $0,39 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. Но разница между двумя годами не была статистически значимой (тест Манна – Уитни, $P > 0,05$; $n_1 = 4$, $n_2 = 3$).

Значения T_{ag} для ^{137}Cs были рассчитаны в отношении смеси фукусимского ^{137}Cs и дофукусимского ^{137}Cs . Мы допускаем, что значения T_{ag} для фукусимского ^{137}Cs равны значениям T_{ag} для фукусимского ^{134}Cs . Чтобы оценить коэффициент переноса из почвы в растение для

on soil minerals or/and humus, and 2) migration of some proportion of the “aged” radiocaesium deeply down the soil profile, below the rooting zone [2, 20].

The T_{ag} values determined in this study for “fresh” Fukushima-derived ^{134}Cs in 2011 (0.55 y after the accident) and 2012 (1.55 y after the accident) are about 2.5–4 times lower than the values that can be deduced for “fresh” Chernobyl-derived radiocaesium using the equation derived by Kaduka and Shutov [8] for the European part of Russia (Table 3). One of the possible explanations for the difference between two contamination events is the fact that the deposition of Chernobyl-derived radiocaesium occurred directly on the new grass cover in the beginning of the growing season (April–May 1986), while Fukushima-derived radiocaesium fell to ground covered with the remnants of last year’s plants or with snow [20, 23]. Therefore, it is quite possible that plants in mixed grass-forb crop on the grasslands in Sakhalin Region were contaminated in 2011 mainly via resuspension or/and the root pathway, rather than through the primary aerial pathway. In the remote period after deposition (>15 y), T_{ag} values for ^{137}Cs did not differ greatly between areas surveyed in this work and in works of some other authors (Table 3).

It is interesting to estimate the proportion of radiocaesium contained in the vegetation cover. The estimation can be done directly for plot Itu-1 where biomass density was 2.1 kg m^{-2} . The activity concentration (w.w.) of ^{134}Cs and ^{137}Cs in the sample of vegetation (a grass-forb crop with an admixture of dwarf bamboo) was 1.02 Bq kg^{-1} and 1.79 Bq kg^{-1} , respectively (Table 1). The inventory of the radionuclides in soil was estimated as 59 Bq m^{-2} and 3280 Bq m^{-2} (Table 1). Hence, the ^{134}Cs contamination in the vegetation biomass (2.1 Bq m^{-2}) added approximately 3.6% to the ^{134}Cs inventory in soil. For ^{137}Cs , this contribution was minor: only 0.1%. It should be noted that these estimations were made for the plot with the large biomass density (2.1 kg m^{-2}) and high value of T_{ag} for ^{134}Cs ($17 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$). In more common conditions for plots with the biomass density of about 1 kg m^{-2} and the average T_{ag} of $6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ for ^{134}Cs , the contribution of the vegetation contamination to total inventory of the radionuclide at the grasslands did not exceed 1% in September 2012. In September–October 2011, the aboveground biomass on average contained not more than 2–3% of total inventory of Fukushima-derived radiocaesium at grasslands in the Sakhalin region, although the values up to 15% were reported for certain sites [20].

Conclusions

Caesium-134, a marker of Fukushima fallout, was estimated in 18 of 24 vegetation samples (vascular plants) collected on Kunashir, Iturup, Urup and Paramushir Islands in August–September 2012. Caesium-137 activity was quantified in all of these samples. The activity concentration of radionuclides in plants (on wet weight) ranged from $<0.05 \text{ Bq kg}^{-1}$ to 1.6 Bq kg^{-1} for ^{134}Cs and from 0.06 Bq kg^{-1} to 5.8 Bq kg^{-1} for ^{137}Cs . About 2/5 of the total activity of ^{137}Cs in plants was associated with the Fukushima accident.

About two orders of magnitude variability of the soil-to-plant T_{ag} values was observed in mixed grass-forb crop: from $<0.2 \times 10^{-3}$ to $11 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ for ^{134}Cs and from 0.08×10^{-3} to $3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ for ^{137}Cs . The T_{ag} values for ^{134}Cs were statistically significantly higher compared to the T_{ag} values for ^{137}Cs . The median T_{ag} for ^{134}Cs declined in the period 2011–2012

дофукусимского ^{137}Cs , можно использовать следующее уравнение:

$$T_{ag-PreF137Cs} = \frac{C_{Tot137Cs} - C_{F137Cs}}{A_{Tot137Cs} - A_{F137Cs}}, \quad (1)$$

где $T_{ag-PreF137Cs}$ – агрегированный коэффициент переноса почва-растение для дофукусимского ^{137}Cs ($\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$); $C_{Tot137Cs}$ – удельная активность общего ^{137}Cs в растениях (Bk kg^{-1}); C_{F137Cs} – удельная активность фукусимского ^{137}Cs в растениях (Bk kg^{-1}); $A_{Tot137Cs}$ – запас общего ^{137}Cs в почве (Bk m^2); A_{F137Cs} – запас фукусимского ^{137}Cs в почве (Bk m^2).

Используя уравнение (1), значения $T_{ag-PreF137Cs}$ были рассчитаны для тех проб, в которых в 2011–2012 гг. был выявлен ^{134}Cs . Среднее значение и медианное значение (приведено в скобках) T_{ag} дофукусимского ^{137}Cs для СТС ($n = 27$), бамбука ($n = 7$) и полыни ($n = 7$) могут быть оценены как $0,71 (0,12) \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, $0,80 (0,43) \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ и $0,44 (0,32) \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ соответственно. Эти цифры на 1–2 порядка величины меньше значений T_{ag} фукусимского радиоцезия (см. табл. 2). Относительно высокий коэффициент переноса «нового» радиоцезия из почвы в растение может быть объяснен присутствием большей части (диапазон 45–100% [21]) запаса фукусимских радионуклидов в верхнем 1-сантиметровом слое почвы. Такая глубина залегания основного запаса свежеевыпавших радионуклидов в почве может способствовать вторичному загрязнению растений посредством ресуспензирования. С другой стороны, низкое поступление дофукусимского ^{137}Cs в растения может быть связано с фиксацией радионуклида на почвенных минералах и/или гумусе и с миграцией некоторой доли «старого» радиоцезия глубоко вниз по профилю почвы, ниже зоны распространения корней растений [2, 20].

Значения T_{ag} , определенные в этом исследовании для «свежего» фукусимского ^{134}Cs в 2011 г. (0,55 года после аварии) и в 2012 г. (1,55 года после аварии), оказались примерно в 2,5–4 раза ниже значений, которые могут быть рассчитаны для «свежего» чернобыльского радиоцезия с использованием уравнения, выведенного М.В. Кадукой и В.Н. Шутовым [8] для европейской части России (табл. 3). Одним из возможных объяснений этой разницы между двумя аварийными событиями является то обстоятельство, что выпадение чернобыльского радиоцезия происходило непосредственно на новый травяной покров в начале вегетационного периода (апрель – май 1986 г.), а фукусимский радиоцезий выпал до начала вегетационного периода (март 2011 г.) на землю, покрытую остатками прошлогодних растений или снегом [20, 23]. Поэтому вполне возможно, что многие растения в смешанных травяных сообществах на лугопастбищных угодьях Сахалинской области были загрязнены в 2011 г. главным образом за счет ресуспензирования и/или корневого пути, а не за счет первичного осаждения радиоактивных веществ из атмосферы. В отдаленный период после выпадений (>15 лет) значения T_{ag} для ^{137}Cs не сильно различались между регионами, обследованными в нашей работе и в работах некоторых других авторов (см. табл. 3).

Интересно было оценить долю радиоцезия, содержащуюся в растительном покрове. Эта оценка была выполнена непосредственно для участка Itu-1, где плотность биомассы составила $2,1 \text{ kg m}^{-2}$. Удельная активность ^{134}Cs и ^{137}Cs в образце растительности (смешанное травяное сообщество с

with a factor of about two: from $12 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ to $6.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. The ecological half-time, T_{eco} of ^{134}Cs in mixed grass-forb crop was approximately one year.

In 2011–2012, the median T_{ag} for pre-Fukushima ^{137}Cs in mixed grass-forb crop can be estimated as $0.12 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$. This value is lower by a factor of 100 and 50 than the median values of T_{ag} that were deduced for Fukushima-derived radio-caesium in 2011 and 2012, respectively.

The radiocaesium soil-to-plant T_{ag} values and their time-dependant dynamics for dwarf bamboo (*Sasa* sp.) and wormwood (*Artemisia* sp.) were in reasonable agreement with those for mixed grass-forb crop.

At grasslands with the aboveground biomass density of 1 kg m^{-2} and the T_{ag} value of $6 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ for ^{134}Cs , the contribution of the aboveground part of plants to total inventory of the radionuclide did not exceed 1% in September 2012. For ^{137}Cs , this contribution was less than 0.1%.

Acknowledgments

The authors thank T.V. Romanova, L.Yu. Tkalenko, G.N. Romadanova and M.V. Puzanov (Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being on Sakhalin Region) for help with collection of plant samples. The authors also wish to express their appreciation to two reviewers for constructive comments.

примесью карликового бамбука) равнялась $1,02 \text{ Бк кг}^{-1}$ и $1,79 \text{ Бк кг}^{-1}$ соответственно (см. табл. 1). Запасы радионуклидов в почве оценивались как 59 Бк м^{-2} и 3280 Бк м^{-2} (см. табл. 1). Следовательно, ^{134}Cs , присутствовавший в надземной растительной биомассе ($\sim 2,1 \text{ Бк м}^{-2}$), добавлял около 3,6% к запасу ^{134}Cs в почве. Для ^{137}Cs этот вклад был намного меньше: всего 0,1%. Следует отметить, что эти оценки сделаны для участка с большой плотностью биомассы ($2,1 \text{ кг м}^{-2}$) и высоким значением T_{ag} для ^{134}Cs ($17 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$). Для более распространенных условий на участках с плотностью биомассы около 1 кг м^{-2} и средним T_{ag} $6 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ для ^{134}Cs вклад загрязнения растительности в общий запас радионуклида на лугах в сентябре 2012 г. не превышал 1%. В сентябре – октябре 2011 г. надземная биомасса в среднем вносила не более 2–3% в общий запас фукусимского радиоцезия на лугах Сахалинской области, хотя для некоторых участков сообщалось и о более высоких значениях – до 15% [20].

Заключение

Цезий-134, маркер фукусимских выпадений, был количественно определен в 18 из 24 образцов растительности (сосудистых растений), собранных на островах Кунашир, Итуруп, Уруп и Парамушир в августе–сентябре 2012 г. Активность ^{137}Cs была определена во всех пробах. Удельная активность радионуклидов в растениях (на исходный влажный вес) варьировала от $<0,05 \text{ Бк кг}^{-1}$ до $1,6 \text{ Бк кг}^{-1}$ для ^{134}Cs и от $0,06 \text{ Бк кг}^{-1}$ до $5,8 \text{ Бк кг}^{-1}$ для ^{137}Cs . Около 2/5 общей активности ^{137}Cs в растениях было связано с аварией на АЭС «Фукусима-1».

В 2012 г. значения агрегированного коэффициента переноса (T_{ag}) в смешанных травяных сообществах (СТС) варьировали в пределах двух порядков величины: от $<0,2 \times 10^{-3}$ до $11 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ для ^{134}Cs и от $0,08 \times 10^{-3}$ до $3,3 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ для ^{137}Cs . Значения T_{ag} для ^{134}Cs были статистически значимо большими по сравнению со значениями T_{ag} для ^{137}Cs . Медианная величина T_{ag} для ^{134}Cs уменьшилась в период 2011–2012 гг. в 2 раза: от $12 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ до $6,6 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$. Экологический период полуочищения (T_{eco}) для ^{134}Cs в растениях был равен приблизительно 1 году.

Для периода 2011–2012 гг. медианный T_{ag} для дофукусимского ^{137}Cs в смешанных травяных сообществах (СТС) был оценен величиной $0,12 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$. Эта цифра примерно в 100 и 50 раз меньше по сравнению с медианными значениями T_{ag} , оцененными для фукусимского радиоцезия в 2011 г. и 2012 г. соответственно.

Значения T_{ag} для карликового бамбука (*Sasa* sp.) и полыни (*Artemisia* sp.) находились в разумном согласии с таковыми для смешанных травяных сообществ.

В сентябре 2012 г. на лугах с плотностью надземной биомассы 1 кг м^{-2} и значением T_{ag} , равном для ^{134}Cs $6 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$, вклад надземной части растений в общий запас радионуклида не превышал 1%. Для ^{137}Cs этот вклад составлял менее 0,1%.

Авторы выражают благодарность Т.В. Романовой, Л.Ю. Ткаленко, Г.Н. Ромадановой и М.В. Пузанову (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Сахалинской области) за помощь в сборе проб растений.

Авторы также признательны двум рецензентам за конструктивные комментарии.

References

- Pröhl, G., Hoffman, F.O. Radionuclide interception and loss processes in vegetation. In: Modelling of Radionuclide Interception and Loss Processes in Vegetation and of Transfer in Semi-natural Ecosystems. Second Report of the VAMP Terrestrial Working Group. IAEA-TECDOC-857. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 1996, pp. 9–47. – Available on: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_857_prn.pdf > (accessed 21.04.2018).
- IAEA – International Atomic Energy Agency. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA-TECDOC-1616. – IAEA, Vienna, 2009.
- IAEA – International Atomic Energy Agency. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Technical Report Series, Report No. 472. – IAEA, Vienna, 2010.
- Isaksson, M., Rääf, C. Environmental Radioactivity and Emergency Preparedness. – CRC Press, 2017, 614 pp.
- Howard, B.J., Johanson, K., Linsley, G.S., Hove, K., Pröhl, G., Horyna, J. Transfer of radionuclides by terrestrial food products from semi-natural ecosystems to humans. In: Modelling of Radionuclide Interception and Loss Processes in Vegetation and of Transfer in Semi-natural Ecosystems. Second Report of the VAMP Terrestrial Working Group. IAEA-TECDOC-857. – International Atomic Energy Agency, Vienna, 1996, pp. 49–79. – Available on: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/27/047/27047400.pdf > (accessed 21.04.2018).
- Toal, M.E., Copplestone, D., Johnson, M.S., Jackson, D., Jones, S.R. Quantifying Cs-137 aggregated transfer coefficients in a semi-natural woodland ecosystem adjacent to a nuclear reprocessing facility. *J. Environ. Radioact.*, 2002, Vol. 63, No. 1, pp. 85–103.
- Golikov, V., Logacheva, I., Bruk, G., Shutov, V., Balonov, M., Strand, P., Borghuis, S., Howard, B., Wright, S. Modelling of long-term behavior of caesium and strontium radionuclides in the Arctic environment and human exposure. *J. Environ. Radioact.*, 2004, Vol. 74, No. 1–3, pp. 159–169.
- Kaduka, M.V., Shutov, V.N. Dynamics of cesium radionuclides content in foodstuff. In: Onishchenko, G.G. and Popova, A.Yu. (Eds.), Radiological and Hygienic Issues of the Mitigation of the Chernobyl NPP Accident Consequences, Vol. 1. – RIRH after Prof. P.V. Ramzaev, St.-Petersburg, 2016, pp. 143–160 (in Russian).
- Shilov, V.P. Experimental studies of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr transfer to cow milk in an area of radioactive contamination. In: Migunov, V.I., Trapeznikov, A.V., Vovk, S.M. (Eds.), Issues in Radioecology and the Nearby Disciplines, Volume 5. – KIET “Technocentr”, Ekaterinburg, 2004, pp. 3–8 (in Russian).
- Travnikova, I.G., Bruk, G.Ya., Shutov, V.N., Bazyukin, A.B. A formation of the internal exposure of the rural inhabitants of the Bryansk region in Russia after the Chernobyl accident (part 1). *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2013, Vol. 6, No. 2, pp. 11–20. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/81/97> > (accessed 11.02.2018) (in Russian).
- Sanzharova, N.I., Fesenko, S.V., Kotik, V.A., Spiridonov, S.I. Behaviour of radionuclides in meadows and efficiency of countermeasures. *Radiat. Protect. Dosim.*, 1996, Vol. 64, No. 1–2, pp. 43–48.
- Shutov, V.N., Kaduka, M.V., Bruk, G.Ya., Basyukin, A.B., Basalaeva, L.N. Dynamics of radioactive contamination of agricultural food products and natural foodstuffs after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2008, Vol. 1, No. 3, pp. 25–30. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/447/454> > (accessed 25.04.2018) (in Russian).
- Izrael, Yu.A., Imshennik, E.V., Kvasnikova, E.V., Nazarov, I.M., Stukin, E.D. Radioactive contamination of Russia by global fallout from nuclear tests and by Chernobyl deposition. Map on the 90th of XX century. In: Izrael, Yu.A. (Ed.), Radioactivity after Nuclear Explosions and Accidents. Proceedings of International Conference. Moscow, 24–26 April 2000, Vol. 1. – Hydrometeoizdat, St.-Petersburg, 2000, pp. 138–145 (in Russian).
- Martushova, L.N., Martushov, V.V., Teplakov, I.G., Bazylev, V.V., Shilov, V.P. Estimation of radioactive contamination of the forest products in the Techa river basin. In: Migunov, V.I., Trapeznikov, A.V., Vovk, S.M. (Eds.), Issues in Radioecology and the Nearby Disciplines, Volume 5. – KIET “Technocentr”, Ekaterinburg, 2004, pp. 9–20 (in Russian).
- Ramzaev, V., Mishin, A., Golikov, V., Argunova, T., Ushnitski, V., Zhuravskaya, A., Sobakin, P., Brown, J., Strand, P. Radioecological studies at the Kraton-3 underground nuclear explosion site in 1978–2007: a review. *J. Environ. Radioact.*, 2009, Vol. 100, pp. 1092–1099.
- 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, No. 2, pp. 5–12. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/186/203> > (accessed 11.02.2018) (in Russian).
- UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2013 Report, Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami. – United Nations, New York, 2014.
- IAEA – International Atomic Energy Agency. The Fukushima Daiichi Accident. Technical volume 4/5. Radiological Consequences. – IAEA, Vienna, 2015.
- Onishchenko, G.G., Romanovich, I.K., Barkovsky, A.N., Bruk, G.Ya., Gorsky, A.A., Kaduka, M.V., Konstantinov, Yu.O., Mishin, A.S., Ramzaev, V.P., Repin, V.S., Shutov, V.N., Gromov, A.V., Goncharova, Yu.N., Yakovlev, V.A. Accident 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, No. 2, pp. 13–22. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/187/204> > (accessed 11.02.2018) (in Russian).
- Ramzaev, V., Barkovsky, A., Goncharova, Yu., Gromov, A., Kaduka, M., Romanovich, I. Radiocesium fallout at the grasslands on Sakhalin, Kunashir and Shikotan Islands due to the Fukushima accident: the radioactive contamination of soil and plants in 2011. *J. Environ. Radioact.*, 2013, Vol. 118, pp. 128–142.
- Ramzaev, V.P., Barkovsky, A.N., Gromov, A.V., Ivanov, S.A., Kaduka, M.V. Fukushima fallout in Sakhalin Region, Russia, part 1: ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs in grassland soils. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 1, pp. 25–42. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/536/554> > (accessed 24.04.2018).
- Mikhailovskaya, L.N., Molchanova, I.V., Pozolotina, V.N., Zhuravlev, Yu.N., Timofeeva, Ya.O., Burdukovsky, M.L. Radioactive contamination of the soil–plant cover at certain locations of Primorsky Krai, Sakhalin Island and Kamchatka Peninsula: Assessment of the Fukushima fallout. *J. Environ. Radioact.*, 2017, Vol. 172, pp. 1–9.
- Romanovich, I.K., Balonov, M.I., Barkovsky, A.N., Nikitin, A.I. The Accident at the “Fukushima-1” NPP: Prophylactic Countermeasures for Health Safety of the Population of the Russian Federation. Ed.: G.G. Onishchenko. – Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev», Saint-Petersburg, 2012, 336 pp. (in Russian).
- IAEA – International Atomic Energy Agency. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. A Guidebook. Technical Report Series, Report No. 295. – IAEA, Vienna, 1989.

25. ICRP – International Commission on Radiological Protection. Radionuclide Transformations. Energy and Intensity of Emissions. ICRP Publication 38. – Pergamon Press, Oxford–Frankfurt, 1983.
26. Ramzaev, V., Barkovsky, A., Gromov, A., Ivanov, S., Kaduka, M. Epiphytic fruticose lichens as biomonitors for retrospective evaluation of the $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio in Fukushima fallout. *J. Environ. Radioact.*, 2014, Vol. 138, pp. 177–185.
27. Kobayashi, S., Shinomiya, T., Ishikawa, T., Imaseki, H., Iwaoka, K., Kitamura, H., Kodaira, S., Kobayashi, K., Oikawa, M., Miyaushiro, N., Takashima, Y., Uchihori, Y. Low $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ratio anomaly in the north-northwest direction from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station. *J. Environ. Radioact.*, 2017, Vol. 178–179, pp. 84–94.
28. Ramzaev, V.P., Barkovsky, A.N., Gromov, A.V., Ivanov, S.A., Kaduka, M.V. Temporal variations of ^7Be , ^{40}K , ^{134}Cs and ^{137}Cs in epiphytic lichens (genus *Usnea*) at the Sakhalin and Kunashir islands after the Fukushima accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2016, Vol. 9, No. 3, pp. 14–27. – Available on: <http://www.radhyg.ru/jour/article/view/376> > (accessed 11.02.2018).
29. Ramzaev, V., Andersson, K.G., Barkovsky, A., Fogh, C.L., Mishine, A., Roed, J. Long-term stability of decontamination effect in recreational areas near the town Novozybkov, Bryansk Region, Russia. *J. Environ. Radioact.*, 2006, Vol. 85, pp. 280–298.

Received: April 24, 2018

Valery P. Ramzaev – PhD, leading 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.

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

Anatoly N. Barkovsky – Head of the Federal radiological center of the St-Petersburg Institute of Radiation Hygiene after P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St-Petersburg, Russia

Alexey V. Gromov – the Head of the Laboratory on the Emergency Response, 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. Ivanov – 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

Marina V. Kaduka – PhD, the Head of the Laboratory of Radiochemistry, 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: Ramzaev V.P., Barkovsky A.N., Gromov A.V., Ivanov S.A., Kaduka M.V. Fukushima fallout in Sakhalin Region, Russia, part 2: ^{137}Cs and ^{134}Cs in grassland vegetation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 7-19. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-7-19.

Содержание природных радионуклидов в минеральной природной питьевой воде Санкт-Петербурга и Ленинградской области

М.В. Кадука¹, Л.Н. Басалаева¹, Т.А. Бекашева¹, С.А. Иванов¹, Н.В. Салазкина¹, В.В. Ступина¹,
А.Н. Кадука²

¹Санкт-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

²Санкт-Петербургский противотуберкулезный диспансер № 3, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования – определение радиационных показателей минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, потребляемой населением г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Объектом исследования в данной работе является бутилированная минеральная природная питьевая вода, реализуемая в торговой сети г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, и минеральная природная питьевая вода, отобранная из скважин г. Санкт-Петербурга. Данные о величинах удельной активности радионуклидов в изучаемых источниках были получены в результате радиохимического анализа с последующим радиометрическим или спектрометрическим измерением счетных образцов. В период с 1999 г. по декабрь 2017 г. был осуществлен анализ 107 проб минеральной природной питьевой воды. В отобранных пробах воды были определены в разных комбинациях величины удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности ²²⁶Ra, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²³⁸U, ²³⁴U, ⁴⁰K, ²²²Rn, а также рассчитан показатель соответствия воды требованиям радиационной безопасности: сумма отношений удельных активностей выделенных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства. Превышение критерия соответствия воды требованиям радиационной безопасности по удельной суммарной альфа-активности было обнаружено для 87% исследованных проб воды, по удельной суммарной бета-активности – для 18% проб. Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности зафиксировано для 40% исследованных проб. В 24% исследованных проб воды было обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ²²⁶Ra, в 24% – по содержанию ²²⁸Ra, в 3,5% проб – по содержанию ²²⁴Ra. Превышений величин уровней вмешательства для ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²³⁸U, ²³⁴U и ²²²Rn в исследованных пробах выявлено не было. Основной вклад в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства и, соответственно, в дозу облучения населения г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области за счет потребления минеральной питьевой воды вносят ²²⁶Ra, ²²⁸Ra и ²²²Rn, суммарный вклад которых в данную величину составляет более 90%.

Ключевые слова: минеральная природная питьевая вода, природные радионуклиды, радиохимический анализ, уровни вмешательства, условие соответствия воды требованиям радиационной безопасности.

Введение

В Российской Федерации к минеральным природным питьевым водам принято относить подземные воды, добытые из водоносных горизонтов или комплексов, защищенных от антропогенного воздействия, сохраняющих естественный химический состав, и относящиеся к пищевым продуктам, а при наличии по-

вышенного содержания биологически активных компонентов и повышенной минерализации – оказывающие лечебно-профилактическое действие [1]. К минеральным природным водам не относятся смеси подземных вод разных гидрохимических типов, из водоносных горизонтов с разными условиями формирования их гидрохимических типов¹.

¹ ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия». М.: Стандартинформ, 2011. 46 с. [GOST R 54316-2011 «Drinking mineral natural waters. General technical specifications». Moscow, Standartinform, 2011, 46 p.]

Кадука Марина Валерьевна

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

Адрес для переписки: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: kaduka@mail.ru

По своему назначению минеральные природные воды подразделяются на столовые, лечебно-столовые и лечебные. К минеральным столовым водам относятся минеральные природные воды с минерализацией до 1 г/дм³ включительно; к минеральным лечебно-столовым водам относятся воды с минерализацией от 1 до 10 г/дм³ включительно или с меньшей минерализацией при наличии в них биологически активных компонентов. К минеральным лечебным водам относятся минеральные природные воды с минерализацией от 10 до 15 г/дм³; реже при наличии в минеральной природной воде биологически активных компонентов в качестве лечебных могут использоваться минеральные воды с меньшей минерализацией [1].

Основным отличием минеральных природных столовых и лечебно-столовых вод от лечебных вод является то, что лечебные воды принимаются строго по назначению (под наблюдением) врача и в ограниченном количестве. Минеральные столовые и лечебно-столовые воды поступают в свободную продажу. Для лечебных и лечебно-столовых минеральных природных вод маркировка потребительской тары должна содержать сведения о медицинских показаниях¹.

В отличие от воды источников питьевого водоснабжения населения, смесей минеральных природных вод и искусственно минерализованных вод, минеральные природные питьевые воды поступают в свободное обращение в своем первоначальном виде без корректировки их состава и свойств¹ [1–3]. К тому же минеральные природные столовые и лечебно-столовые воды обычно характеризуются повышенной минерализацией, так что их годовое потребление для питья и приготовления пищи значительно ниже стандартного водопотребления взрослого населения.

Одно из основных требований к минеральным природным водам заключается в том, что они не должны подвергаться вмешательству по отношению к их составу и свойствам. Природная минеральная вода отличается от обычной питьевой воды, во-первых, своим природным составом, характеризующимся содержанием минеральных соединений, ионизированными элементами и другими составляющими, а также некоторыми визуально наблюдаемыми свойствами, во-вторых, своей первоначальной чистотой [1, 3]. Причем обе эти характеристики и свойства не подлежат никаким изменениям и искусственному вмешательству, поскольку вода эта поступает из-под земли и не подвергается риску загрязнения. Состав, температура и другие основные характеристики природной минеральной воды должны оставаться стабильными в пределах естественных диапазонов флуктуации. Они, в частности, не должны меняться в зависимости от изменения дебита источника или скважины [1].

Цель исследования – определение радиационных показателей минеральной природной воды, потребляемой населением г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

¹ Методические рекомендации МР 2.6.1.0064-12 «Радиационный контроль питьевой воды методами радиохимического анализа». 63 с. [Methodical Recommendations MR 2.6.1.0064-12 «Radiation control of the drinking water using radiochemical analysis methodic». Moscow, Rospotrebnadzor, 63 p.]

Материалы и методы

Объектами в данной работе являются бутилированная природная минеральная питьевая вода, реализуемая в торговой сети г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, и природная минеральная питьевая вода, отобранная из скважин г. Санкт-Петербурга. Данные о величинах удельной активности радионуклидов в изучаемых источниках были получены в результате радиохимического анализа отобранных из них проб воды по методике, разработанной в институте² [4].

В соответствии с методикой² [4], при приготовлении счетных образцов для измерения удельной суммарной альфа- и бета-активности воды выпаривают 1 л воды до сухого остатка с добавлением H₂SO₄ с последующим прокаливанием в муфельной печи при температуре 300–400°C в течение 1 ч. Удельную суммарную альфа- и бета-активность приготовленного счетного образца измеряют на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 не ранее 3 ч и не позднее 10 ч после последнего прокалывания (для исключения влияния ²²²Rn и ДПП). На следующий день процедуру прокалывания осадка и измерения удельной суммарной альфа- и бета-активности можно повторить для контроля.

Для определения удельной активности природных радионуклидов из аликвоты пробы массой 10 кг путем радиохимического анализа приготавливают счетные образцы, содержащие отдельные радионуклиды. Активность каждого радионуклида определяют с помощью альфа-бета-радиометра или альфа-спектрометра, предварительно отградуированных в единицах активности.

Методика определения удельных активностей природных радионуклидов в воде предусматривает концентрирование пробы воды (выпаривание 10 кг до 1 кг). Из полученного концентрата пробы проводят соосаждение изотопов радия с носителем (хлористый барий) серной кислотой в форме BaSO₄, который является счетным образцом для измерения активности ²²⁶Ra и ²²⁴Ra.

Активность ²²⁸Ra определяют по активности дочернего ²²⁸Ac, который осаждают с носителем (хлористый лантан) в виде La(OH)₃ безугольным аммиаком. После последующего прокалывания полученный La₂O₃(²²⁸Ac) служит счетным образцом для измерения активности ²²⁸Ac(²²⁸Ra).

Радиоактивные изотопы полония, висмута, свинца, урана и тория соосаждают с гидроокисью железа с последующим их селективным выделением и определением активности:

– ²¹⁰Po и ²¹⁰Pb электролитически на никелевом диске, который является счетным образцом;

– ²³⁸U (при отсутствии необходимости определения в пробе активности ²³⁴U) по дочернему ²³⁴Th, выделенному на носителе (хлористый иттрий) в виде оксалата, при прокалывании которого получают счетный образец Y₂O₃(²³⁴Th) для измерения активности определяемого радионуклида;

– ²³⁸U, ²³⁴U, ²²⁸Th, ²³⁰Th, ²³²Th с применением альфа-спектрометра. В этом случае для определения химического выхода урана и тория в качестве изотопных индикаторов используют стандартные растворы ²³²U и ²³⁴Th.

Активность ^{40}K определяют радиометрически на основе измерений слоя половинного ослабления его бета-излучения.

Для контроля неизбежных в процессе анализа потерь изотопов в исследуемую пробу на первом этапе ее обработки для каждого радионуклида добавляют известное количество носителя, в качестве которого используют солянокислые соли соответствующих элементов. Отношение количества носителя, определенного на выходе, к количеству носителя, добавленного в пробу, дает величину химического выхода (т.е. полноту выделения) для каждого радионуклида.

Удельную активность радона определяли по методике выполнения измерений, разработанной в институте [5].

Результаты и обсуждение

В период с 1999 г. по декабрь 2017 г. (включительно) был осуществлен анализ 107 проб природной минеральной питьевой воды (из артезианских скважин и бутилированной), произведенной в г. Санкт-Петербурге и на территории Ленинградской области. Из проанализированных проб 74 относятся к категории минеральных природных питьевых столовых вод и 33 пробы – к категории минеральных природных питьевых лечебно-столовых вод. Минеральная питьевая вода данных категорий свободно поступает в продажу населению через торговую сеть и, в отличие от минеральной природной лечебной воды, которая принимается в ограниченном количестве по медицинским показаниям в санаторно-курортных

учреждениях в соответствии с предписанием медицинского персонала, может потенциально потребляться для питья и приготовления пищи в тех же объемах, что и питьевая вода. В отобранных пробах воды были определены в разных комбинациях величины удельной суммарной альфа- и бета-активности (A_α и A_β) и удельной активности природных радионуклидов ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U , ^{40}K , ^{222}Rn , а также рассчитан показатель соответствия воды требованиям радиационной безопасности: $\Sigma(A_i/УВ)$. Максимальная неопределенность измерения показателей не превышала 50%. Полученные величины удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности природных радионуклидов для проб воды, относящейся к категории минеральных природных питьевых столовых или лечебно-столовых вод, свободно поступающих в продажу населению, представлены в таблице 1.

Минерализация проанализированных проб минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды составляла от 0,092 до 4,8 г/л при среднем значении 0,96 г/л. Было обнаружено превышение критерия соответствия воды требованиям радиационной безопасности по A_α для 87% проб воды. Для 18% проб было обнаружено превышение по A_β . При этом для 22% проб воды превышение критерия предварительной оценки соответствия воды требованиям радиационной безопасности по A_β обусловлено присутствием бета-излучающего радионуклида ^{40}K , содержание которого в воде не нормируется, а в 78% случаев – присутствием ^{226}Ra в диапазоне 0,23–2,0 Бк/кг (уровень вмешательства составляет 0,20 Бк/кг).

Таблица 1

Удельная суммарная активность радионуклидов (альфа-активность A_α , бета-активность A_β) и удельная активность радионуклидов в пробах минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, Бк/кг

[Table 1

Gross specific activity (gross-alpha A_α , gross-beta A_β) and specific activity of radionuclides in the samples of mineral natural drinking table and medical-table water, Bk/kg]

Определяемый показатель [Defined index]	Число проб [Number of samples]	Среднее значение [Mean value]	Диапазон значений [Range of the values (min–max)]	Гигиенический критерий (КУ, УВ)* [Hygienic criteria (control level, guidance level)]
A_α	100	0,65	0,08–6,2	0,2
A_β	99	0,64	0,08–4,2	1,0
^{226}Ra	75	0,38	0,009–3,7	0,49
^{224}Ra	59	0,14	0,002–3,4	2,1
^{228}Ra	74	0,24	0,012–2,0	0,20
^{210}Pb	73	0,004	0,001–0,011	0,20
^{210}Po	73	0,002	0,001–0,007	0,11
^{238}U	74	0,026	0,002–0,55	3,0
^{234}U	21	0,063	0,002–0,60	2,8
^{222}Rn	24	11	2,6–30	60
^{40}K	7	1,1	0,22–2,1	–
$\Sigma(A_i/УВ)$	72	1,9	0,26–11	1,0

* – приведены значения КУ в соответствии с пунктом 5.3.5 НРБ-99/2009 и УВ в соответствии с Приложением 2а НРБ-99/2009³ [The control levels are provided according to paragraph 5.3.5; guidance levels – according to the Annex 2a of the Radiation Safety Standard NRB-99/2009³].

³ СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009 [Sanitary Rules and Norms 2.6.1.2523-09 “Radiation Safety Standard NRB-99/2009”]

Следует отметить, что из-за высокой степени минерализации минеральной воды корректное определение величины удельной суммарной альфа-активности является затруднительным. Для проб минеральной воды практически во всех случаях можно рекомендовать определение удельных активностей основных дозообразующих радионуклидов.

Обнаружение в воде превышения приведенных в пункте 5.3.5 НРБ-99/2009³ значений удельной суммарной альфа- и/или бета-активности не означает, что такая вода не соответствует требованиям радиационной безопасности. В этих случаях необходимо провести расширенный анализ воды с определением значений удельных активностей основных дозообразующих радионуклидов и расчет величины суммы отношений измеренных значений удельной активности радионуклидов в воде (A_i) к соответствующим уровням вмешательства ($УВ_i$). При совместном присутствии в питьевой воде нескольких радионуклидов, как природных, так и техногенных (в районах техногенного загрязнения), в соответствии с НРБ-99/2009, должно выполняться условие: $\sum(A_i/УВ_i) \leq 1,0$ (условие 1). Если данное условие соблюдается, то годовая эффективная доза внутреннего облучения населения от потребления питьевой воды не превысит 0,1 мЗв за год [6]. В таком случае вода соответствует требованиям радиационной безопасности и может быть использована в качестве питьевой без ограничения по радиационному фактору.

Из представленных в таблице 1 данных следует, что средние величины удельной активности природных радионуклидов, за исключением ^{228}Ra , в пробах минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды не превышают установленные для них $УВ_i$. При этом среднее значение величины $\sum(A_i/УВ_i)$ практически в 2 раза превышает условие соответствия питьевой воды требованиям радиационной безопасности. Превышение указанного условия было обнаружено для 40% проб минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Данная ситуация обусловлена, в основном, присутствием в природной воде ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{224}Ra и ^{222}Rn [7–9]. В 24% исследованных проб минеральной воды было обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{226}Ra . В 24% исследованных проб минеральной воды зафиксировано превышение уровня вмешательства по содержанию

^{228}Ra . В 3,5% проб обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{224}Ra . Превышений величин $УВ_i$ для ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что удельная активность природных радионуклидов в природной минеральной столовой и лечебно-столовой воде г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области варьирует в широком диапазоне. Наибольшее различие между минимальными и максимальными значениями удельной активности характерно для изотопов радия – в исследованных пробах удельная активность ^{226}Ra различается в 410 раз, ^{228}Ra – в 164 раза, ^{224}Ra – в 1700 раз. Для ^{210}Pb эта разница составляет около 10, для ^{210}Po равна 7. Для ^{238}U разница между минимальными и максимальными значениями удельной активности составляет около 280 раз, для ^{234}U – 300 раз, для ^{222}Rn – около порядка величины. Такое разнообразие радионуклидного состава подтверждает необходимость радиохимического исследования минеральной природной воды для осуществления корректного радиационного контроля и гигиенической оценки по показателям радиационной безопасности.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что превышение величины критерия предварительной оценки качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по A_α характерно для 87% исследованных проб минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Результаты исследований показали, что при $A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг ни для одной из исследованных проб не было нарушено условие (1). Соответственно, дозы внутреннего облучения населения за счет потребления такой воды не превысят рекомендованный международными нормативными документами референтный дозовый уровень 0,1 мЗв/год [6] даже для гипотетического случая потребления для питья и приготовления пищи исключительно минеральной питьевой воды.

Диапазоны значений суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства при различных величинах удельной суммарной альфа-активности минеральной питьевой воды г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области приведены в таблице 2.

Таблица 2

Диапазоны значений суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства при различных величинах удельной суммарной альфа-активности

[Table 2

Range of values of the sum of ratios of natural radionuclides specific activities to the corresponding guidance levels for the different values of gross alpha-activity]

Значение величины A_α , Бк/кг [Gross alpha-activity value, Bk/kg]	% случаев превышений условия $\sum(A_i/УВ_i) \leq 1,0$ [% of cases of exceedances for the condition $\sum(A_i/УВ_i) \leq 1,0$]	Диапазон $\sum(A_i/УВ_i)$ [Range of $\sum(A_i/УВ_i)$]
$A_\alpha \leq 0,1$	0	0,28–0,30
$0,1 < A_\alpha \leq 0,2$	0	0,28–0,81
$0,2 < A_\alpha \leq 0,3$	4,5	0,26–1,2
$0,3 < A_\alpha \leq 0,4$	8,7	0,42–1,2
$0,4 < A_\alpha \leq 0,5$	25	0,64–1,5
$0,5 < A_\alpha \leq 1,0$	83	0,95–6,6
$1,0 < A_\alpha \leq 6,2^*$	100	1,3–11

* – максимальное измеренное значение удельной суммарной альфа-активности в исследованных пробах [Maximum measured value of gross alpha-activity in the analyzed samples].

При $A_{\alpha} > 1,0$ Бк/кг следует ожидать, что условие (1) может быть нарушено практически для всех проб минеральной питьевой воды.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что основной вклад в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства и, соответственно, в дозу облучения населения г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области за счет потребления минеральной питьевой воды вносят ^{226}Ra , ^{228}Ra и ^{222}Rn , суммарный вклад которых в данную величину составляет более 90%.

Распределение вкладов природных радионуклидов в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства для природной минеральной питьевой воды г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области представлено на рисунке 1.

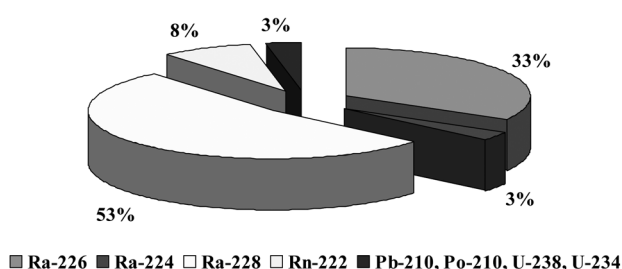


Рис. 1. Распределение вкладов природных радионуклидов в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства [Fig. 1. Contribution of natural radionuclides to the value of sum of the ratios of natural radionuclides specific activity to the corresponding intervention levels]

Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности (условие 1) было обнаружено для 40% проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Данные по количеству превышений величин гигиенических критериев оценки соответствия минеральной питьевой воды по-

казателям радиационной безопасности для исследованных проб, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, представлены в таблице 3.

Из представленных в таблице 3 данных видно, что основной вклад в число превышений величин $УВ_1$, а значит, условия (1), вносят два природных радионуклида: ^{226}Ra и ^{228}Ra . Незначительная часть превышений критериев соответствия минеральной питьевой воды требованиям радиационной безопасности обусловлена присутствием в воде ^{224}Ra . Превышений уровней вмешательства по содержанию ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Присутствие в минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воде, поступающей в свободную реализацию на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, изотопов радия (^{226}Ra и ^{228}Ra) обуславливает 98% превышений величин гигиенических критериев оценки соответствия питьевой воды показателям радиационной безопасности. В то же время не исключены случаи превышения величины $УВ_1$, обусловленные присутствием в воде ^{224}Ra .

Выводы

1. Превышение величины критерия предварительной оценки качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по A_{α} характерно для 87% исследованных проб минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

2. Суммарная активность радионуклидов в природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воде, поступающей в свободную реализацию на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, в подавляющем большинстве случаев определяется изотопами радия: ^{226}Ra (33%) и ^{228}Ra (53%), а также присутствием в воде ^{222}Rn (8%).

3. Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности было обнаружено для 40% проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

4. В 24% исследованных проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды было

Таблица 3

Радиационные показатели минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области

[Table 3

Radiation indexes of mineral drinking table and medical-table water, distributed in St-Petersburg and Leningrad region]

Радионуклид, показатель [Radionuclide, index]	% от числа проб [Proportion of samples, %]	
	Критерии соответствия не превышены [The index of conformance is not exceeded]	Критерии соответствия превышены [The index of conformance is exceeded]
^{226}Ra	76	24
^{228}Ra	76	24
^{224}Ra	97	3,5
$^{210}\text{Pb}, ^{210}\text{Po}, ^{238}\text{U}, ^{234}\text{U}, ^{222}\text{Rn}$	100	0
$\Sigma(A_i/УВ_i)$	60	40

обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{226}Ra , в 24% – по содержанию ^{228}Ra , в 3,5% проб – по содержанию ^{224}Ra .

5. Превышений величин U_{I} для ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{238}U , ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Литература

1. Стамат, И.П. О нормировании показателей радиационной безопасности минеральных природных вод / И.П. Стамат, В.В. Ступина // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 30–36.
2. Директива Европейского парламента и Совета от 18 июня 2009 г. по добыче и размещению в торговой сети природных минеральных вод. 2009/54/ЕС. – Комиссия ЕС, 2009. – 14 с.
3. Стамат, И.П. Обоснование подходов к нормированию показателей радиационной безопасности питьевой воды, расфасованной в емкости / И.П. Стамат, И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 6–17.
4. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{230}Th , ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr и суммарной удельной активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов в воде с применением альфа-бета радиометра и альфа-спектрометра. Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1212/07 от 26 октября 2007 г. – 42 с.
5. Методика выполнения измерений. Удельная активность радона-222 в воде. Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1058/07 от 18.10.2007 г. – 13 с.
6. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1: 4th ed. ISBN 978 92 4 154815 1. Geneva, 2011, pp. 203–217.
7. Кадука, М.В. Оценка доз облучения населения Северо-Западного региона России за счет потребления питьевой воды / М.В. Кадука, Н.С. Швыдко, В.Н. Шутов, Л.Н. Басалаева, Ю.Н. Гончарова, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 23–27.
8. Кадука, М.В. Радиационные показатели минеральной воды в Санкт-Петербурге / М.В. Кадука, Л.Н. Басалаева, Ю.Н. Гончарова, Н.В. Салазкина, Н.С. Швыдко, А.Н. Кадука // сб. тез. конф. VII Съезд по радиационным исследованиям 21–24 октября 2014 г. – М., 2014. – 375 с.
9. Кадука, М.В. Гигиеническая диагностика радиационных показателей минеральной воды Санкт-Петербурга и Ленинградской области в современных условиях / М.В. Кадука, Л.Н. Басалаева, Т.А. Бекяшева, С.А. Иванов, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука; под общ. ред. д.м.н., проф. М.П. Захарченко // Сб. матер. 13-й Евразийской науч. конф. Донозология-2017 на тему «Проблемы гигиенической донозологической диагностики и первичной профилактики заболеваний в современных условиях», Санкт-Петербург, 14–15 декабря 2017 г. – СПб.: Крисмас+, 2017. – С. 239–242.

Поступила: 06.02.2018 г.

Кадука Марина Валерьевна – заведующая радиохимической лабораторией 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, дом 8; E-mail: kaduka@mail.ru

Басалаева Лариса Николаевна – старший научный сотрудник радиохимической лаборатории 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

Бекяшева Тамара Анатольевна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Иванов Сергей Анатольевич – младший научный сотрудник радиохимической лаборатории 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

Салазкина Нина Викторовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Ступина Вероника Вячеславовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Кадука Александра Николаевна – врач-фтизиатр участковый Санкт-Петербургского противотуберкулезного диспансера № 3, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Кадука М.В., Басалаева Л.Н., Бекяшева Т.А., Иванов С.А., Салазкина Н.В., Ступина В.В., Кадука А.Н. Содержание природных радионуклидов в минеральной природной питьевой воде Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 20–27. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-20-27

Content of natural radionuclides in mineral natural drinking water of St-Petersburg and Leningrad region

Marina V. Kaduka¹, Larisa N. Basalaeva¹, Tamara A. Bekyasheva¹, Sergey A. Ivanov¹, Nina V. Salazkina¹, Veronika V. Stupina¹, Aleksandra N. Kaduka²

¹Saint-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

²Saint-Petersburg Tuberculosis Treatment Center №3, Saint-Petersburg, Russia

The aim of the study was to estimate the radiation characteristics of the mineral natural drinking table and medical-table water, consumed by the population of St-Petersburg and Leningrad region. This study was focused on the bottled natural mineral drinking water, available in St-Petersburg and Leningrad region market, as well as on the natural mineral drinking water sampled from the St-Petersburg groundwater supplies. Data on the levels of radionuclides specific activities in the sources under investigation was obtained using radiochemical analysis with the subsequent radiometric or spectrometric measurement of the counting samples. 107 samples of mineral natural drinking water were analyzed during the period from 1999 till the December of 2017. Assessment included estimation in different combinations of the levels of gross alpha- and beta activities, specific activities of ²²⁶Ra, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²³⁸U, ²³⁴U, ⁴⁰K and ²²²Rn, as well as the estimation of the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety. The mentioned index is the sum of the ratios of the specific activities of the individual radionuclides to the corresponding guidance levels. Exceedance of the index of conformance for the gross alpha-activity was detected for 87% of analyzed water samples; for the gross beta-activity – for 18% of the samples. Exceedance of the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety was detected for 40% of the analyzed samples. Exceeding of the guidance level of radionuclide in drinking water was found: in 24% water samples for ²²⁶Ra concentration, in 24% – for ²²⁸Ra concentration, in 3,5% – for ²²⁴Ra concentration. An exceedance of the guidance levels for ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²³⁸U, ²³⁴U, ⁴⁰K and ²²²Rn in analyzed samples was not detected. The main contribution to the sum of the ratios of the specific activities of the natural radionuclides to the corresponding guidance levels and, correspondently to the exposure dose to the population of St-Petersburg and Leningrad region from the consumption of the mineral drinking water give ²²⁶Ra, ²²⁸Ra and ²²²Rn the total contribution of which to the mentioned value exceeds 90%.

Key words: mineral natural drinking water; natural radionuclides; radiochemical analysis; guidance levels, the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety.

References

1. Stamat I.P., Stupina V.V. On standardization of radiation protection indexes of natural mineral waters. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2014;7(2):30-36 (In Russian).
2. Directive 2009/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the exploitation and marketing of natural mineral waters. European commission, 2009, 14 p. (In Russian).
3. Stamat I.P., Romanovich I.K. Justification of approaches to the rationing radiation safety indicators for packaged drinking water. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2017;10(1):6-17. (In Russian).
4. Procedure of measurements of the specific activities of ²³⁸U, ²³⁴U, ²³²Th, ²³⁰Th, ²²⁸Th, ²²⁸Ra, ²²⁶Ra, ²²⁴Ra, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ⁴⁰K, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr radionuclides and gross specific activity of alpha, beta-emitting radionuclides in water using alpha-beta radiometer and alpha-spectrometer. Certificate of FGUP «D.I. Mendeleev Institute for Metrology» № 1212/07 from 26.10.2007, 42 p. (In Russian).
5. Procedure of measurements of radon-222 specific activity in water. Certificate of FGUP «D.I. Mendeleev Institute for Metrology» № 1058/07 from 18.10.2007, 13 p. (In Russian).
6. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1: 4th ed. ISBN 978 92 4 154815 1. Geneva, 2011, pp. 203-217.
7. Kaduka M.V., Shvydko N.S., Shutov V.N., Basalaeva L.N., Goncharova Yu.N., Salazkina N.V., Kaduka A.N. Estimation of the population exposure doses from drinking-water consumption for the inhabitants of North-Eastern area of Russia. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2010;3(1):23-27 (In Russian).
8. Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Goncharova Yu.N., Salazkina N.V., Shvydko N.S., Kaduka A.N. Radiation indicators of the mineral water in St-Petersburg. Proceedings of VII meeting on the radiation research, 21-24 October 2014, Moscow, 375 p. (In Russian).
9. Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Kaduka A.N. Hygienic characteristics of the radiation indicators of the mineral water in St-Petersburg and Leningrad region in modern conditions. Proceedings of the 13th Eurasian scientific conference Prenozology – 2017 «Problems of hygienic prenosological diagnostics and primordial prevention of the diseases in modern conditions» 14-15 December 2017. Ed. by Prof. Zakharchenko M.P. St-Petersburg, Krismas+, 2017, pp. 239-242 (In Russian).

Received: February 06, 2018

Marina V. Kaduka

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

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

For correspondence: Marina V. Kaduka – Head of radiochemical 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, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kaduka@mail.ru)

Larisa N. Basalaeva – Senior scientist, radiochemical 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

Tamara A. Bekyasheva – Leading engineer-researcher, radiochemical 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

Sergey A. Ivanov – Junior scientist, radiochemical 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

Nina V. Salazkina – Leading engineer-researcher, radiochemical 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

Veronika V. Stupina – Leading engineer-researcher, radiochemical 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

Aleksandra N. Kaduka – Phthisiatritian, St-Petersburg Tuberculosis Treatment Center № 3, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Stupina V.V., Kaduka A.N. Content of natural radionuclides in mineral drinking water of St-Petersburg and Leningrad region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 20-27. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-20-27

Влияние строительных характеристик зданий на накопление радона в детских дошкольных учреждениях Свердловской области

А.Д. Онищенко, А.В. Васильев, Г.П. Малиновский, М.В. Жуковский

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Цель. Изучить уровни накопления радона в детских дошкольных учреждениях Свердловской области. Определить связь объемной активности радона с характеристиками зданий. Сделать подробный анализ поступления и накопления радона в детском дошкольном учреждении, в котором были обнаружены уровни эквивалентной равновесной объемной активности радона, превышающие санитарные нормативы. Материалы и методы. В работе использовались интегрирующие трековые радиометры радона РЭИ-4 на базе детектора из материала LR-115. Радиометры радона устанавливались в игровых комнатах и комнатах для дневного сна. В каждом детском дошкольном учреждении обследовалось не менее 3 комнат. Измерения проводились 2 раза в год: в теплый и холодный сезоны. Длительность экспонирования радиометров составляла 2–3 месяца в каждый сезон. Для измерений в детском дошкольном учреждении с высоким уровнем объемной активности радона дополнительно использовался радон-монитор AlphaGUARD. Результаты: показано, что распределение среднегодовых значений объемной активности радона в помещениях детских дошкольных учреждений Свердловской области может быть описано логнормальным распределением со средним арифметическим 60 Бк/м^3 , средним геометрическим 44 Бк/м^3 и стандартным геометрическим отклонением 2,23. Обнаружено статистически значимое различие в средних значениях объемной активности радона в подгруппах зданий, построенных в разные периоды времени. Для помещений детских дошкольных учреждений, построенных в 1950–1969 гг., среднее значение объемной активности радона составило 85 Бк/м^3 , а для зданий, построенных в 1970–1989 гг. — 54 Бк/м^3 . При сравнении подгрупп помещений с различными типами остекления окон (для зданий всех годов постройки, первые этажи) было получено, что в помещениях с пластиковыми стеклопакетами объемная активность радона в среднем почти в 2 раза выше. Показано, что для детских дошкольных учреждений, в одном из помещений которого было измерено среднегодовое значение объемной активности радона 620 Бк/м^3 , при соблюдении должного режима проветривания данного помещения средние значения объемной активности радона в период пребывания детей не превышают 120 Бк/м^3 . Выводы. Факторами, влияющими на накопление радона в атмосфере детских дошкольных учреждений, являются тип строительных материалов, связанный в том числе с различными периодами строительства зданий, и тип остекления окон. При обнаружении в детских учреждениях значений эквивалентной равновесной объемной активности радона, близких к санитарным нормативам, целесообразно проведение дополнительного исследования суточных вариаций радона, так как в период активной эксплуатации помещений (в будни в рабочее время) уровни радона могут быть значительно ниже.

Ключевые слова: радон, детские дошкольные учреждения, трековые детекторы, суточные вариации.

Введение

Исследование уровней накопления радона в детских дошкольных учреждениях (ДДУ) представляет интерес по целому ряду причин:

1. Интерес к обследованию радиационной обстановки в ДДУ, включая уровни воздействия радона и его дочерних продуктов распада (ДПР), достаточно высок [1–5] и зачастую поддерживается местными органами администрации и санитарно-эпидемиологического надзора.

В связи с этим возможность проведения исследований в помещениях ДДУ является более доступной, чем проведение измерений в жилищах, выбранных случайным образом.

2. Традиционно считается, что радиационное воздействие в детском возрасте представляет большую опасность, чем облучение в зрелые годы, хотя для воздействия радона и его ДПР это предположение не столь очевидно [6].

Онищенко Александра Дмитриевна

Институт промышленной экологии УрО РАН

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

3. Однотипные строительные характеристики зданий, в которых расположены ДДУ, а также четко регламентированный режим содержания помещений (обязательные 3–5 проветриваний в день, график работы ДДУ).

Все это позволяет не только получить информацию о радиационном воздействии радона и его ДПР на детей и сотрудников ДДУ, но и выявить закономерности в поступлении и накоплении радона в помещениях, а также связи этих процессов со строительными характеристиками зданий.

Цель исследования – определить среднегодовые значения объемной активности (ОА) радона в представительной выборке ДДУ Свердловской области и выявить основные факторы, влияющие на накопление радона в обследуемых помещениях.

Задачи исследования

1. Провести полносезонные измерения ОА радона в ДДУ, расположенных в различных районах Свердловской области.

2. Определить параметры распределения среднегодовых значений ОА радона в ДДУ Свердловской области (средние значения, ожидаемая доля учреждений с уровнями радона, превышающими санитарные нормативы).

3. Выявить строительные характеристики зданий, которые влияют на накопление радона в помещениях ДДУ.

4. Изучить особенности поступления и накопления радона в ДДУ, в котором среднегодовое значение ОА радона превышает санитарный норматив.

Материалы и методы

Исследование проводилось в рамках программы «Радон» Свердловской области. Министерством общественной безопасности Свердловской области была поставлена задача проведения исследования уровней ОА радона в ДДУ различных районов и муниципальных образований Свердловской области. Измерения были выполнены в 230 ДДУ в 33 населенных пунктах (12 городов и 21 населенный пункт сельского типа), расположенных в 12 административных районах Свердловской области. В каждом административном районе было обследовано от 15 до 30 ДДУ. Выборка ДДУ формировалась случайным образом и включала от 50 до 100% детских учреждений в выбранном городе или сельском населенном пункте.

Для исследований уровней радона, как в жилищах, так и на рабочих местах, школах или детских дошкольных учреждениях, широко используются интегрирующие трековые детекторы радона. Применение данного типа детекторов позволяет избежать влияния суточных или краткосрочных вариаций ОА радона [7]. При проведении исследований использовались отечественные радиометры радона РЭИ-4 на базе трекового детектора из нитроцеллюлозной пленки LR-115 производства фирмы «Кодак», включенные в Государственный реестр средств измерений. Общая неопределенность измерений радиометрами радона на основе LR-115 в типичном диапазоне ОА радона от 20 до 200 Бк/м³ и времени экспонирования 2–3 месяца составляет 30–40% (P=0,95) [8]. Для ОА радона менее 20 Бк/м³ неопределенность доходит до 50% (P=0,95).

При проведении детальных исследований в ДДУ с максимально высоким уровнем ОА радона дополнитель-

но использовался радон-монитор AlphaGUARD. Монитор устанавливался в одну и ту же игровую комнату дважды с интервалом в 1 год на период 2 недели. Измерения проводились в диффузионном режиме работы прибора с интервалом в 1 ч. Для измерений ОА радона в подвальном помещении использовался прибор SIRAD MR-106N, позволяющий непрерывно измерять средние значения ОА радона за интервал 24 ч. Для измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта в подвальном помещении данного ДДУ применялся измерительный комплекс для мониторинга радона «Камера-01». Измерение ППР проводилось сорбционным способом при помощи активированного угля СКТ-3, а также блока детектирования бета-излучения БДБ-13.

Измерения ОА радона в помещениях ДДУ были проведены в период с марта 2013 г. по декабрь 2017 г. В течение каждого года было обследовано по 2–3 административных района Свердловской области. Радиометры радона устанавливались в игровых комнатах и комнатах для дневного сна (3–4 помещения в каждом ДДУ). При этом выбиралось 2 помещения на первом этаже и 1–2 помещения на втором или (при наличии) третьем этажах. Как правило, радиометры радона помещались на горизонтальную поверхность различной мебели или подвешивались на стены помещения так, чтобы они находились вне зоны доступа детей.

Общее количество обследованных помещений составило 724. Для получения среднегодового значения ОА радона и учета сезонных вариаций данной величины в каждом ДДУ измерения проводились 2 раза за год: в теплый и холодный сезоны. Под холодным сезоном подразумевается период функционирования центрального отопления, под теплым сезоном – период, когда отопление отключено. Для климатической зоны Среднего Урала отопительный сезон длится с середины сентября до середины мая. Соответственно, измерения проводились в течение 2–3 месяцев в период с середины мая до середины сентября и в течение 2–3 месяцев в период с октября до конца апреля. Среднегодовое значение ОА радона рассчитывалось как среднее арифметическое двух сезонных измерений. Характеристики зданий и обследуемых помещений в каждом ДДУ заносились в специальную анкету.

Выборка детских дошкольных учреждений, включенных в исследование, является представительной для каждого административного района. Большинство обследованных ДДУ размещаются в двухэтажных зданиях. Из всей выборки только 10 детских садов расположены в одноэтажных зданиях и 13 – в трехэтажных. Большинство измерений выполнено в кирпичных (61%) и панельных бетонных (29%) зданиях. Деревянные здания представлены незначительно, в 8 ДДУ современной постройки был использован при строительстве монолитный бетон.

По году постройки все ДДУ подразделялись на группы: построенные до 1900 г., 1900–1949 гг., 1950–1969 гг., 1970–1989 гг., 1990–2000 гг. и после 2000 г. В выборке можно было выделить две основные подгруппы ДДУ:

- построенные в период 1970–1989 гг. (51%);
- построенные в период 1950–1969 гг. (30%).

Распределение ДДУ с данными периодами постройки в соотношении 3/2 практически постоянно по всей территории Свердловской области. В нескольких ДДУ после 2000 г. была проведена реконструкция.

Результаты и обсуждение

1. Статистический анализ факторов, влияющих на накопление радона в атмосфере детских дошкольных учреждений

При статистическом анализе полученных результатов использовались величина, непосредственно измеренная в ходе исследований, а именно ОА радона. Было принято решение не использовать коэффициент равновесия F для перехода от ОА к эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, поскольку он имеет достаточно высокую степень неопределенности [9]. Переход к ЭРОА радона осуществлялся только для сопоставления среднегодового значения ОА радона с нормируемой величиной, выраженной в среднегодовом значении ЭРОА радона, при этом использовалось рекомендованное значение F=0,5 согласно МУ 2.6.1.2838-11 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности» [Guidelines 2.6.1.2838-11. Radiation monitoring and epidemiological assesment of residential, public and industrial buildings and facilities after their construction, major repairs, reconstruction of radiation safety indicators (In Russ.)].

Распределение среднегодовых значений ОА радона в выборке помещений ДДУ, включенных в исследование, представлено на рисунке 1.

Выборка значений ОА радона описывается логнормальным распределением, поэтому при статистическом анализе рассматривались не измеренные значения ОА радона, а логарифмы данной величины [10, 11].

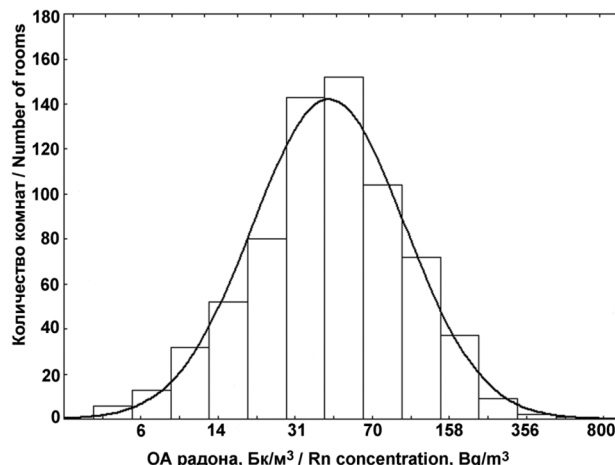


Рис. 1. Распределение среднегодовых значений ОА радона в выборке помещений ДДУ, описываемое логнормальным распределением ($\chi^2=13,4$; $df=7$, $p=0,06$)

[Fig. 1.] Distribution of annual radon concentrations in rooms of kindergartens. The lognormal distribution, $\chi^2=13,4$; $df=7$, $p=0,06$

Распределение среднегодовых значений ОА радона в ДДУ Свердловской области характеризуется следующими параметрами: средним арифметическим (СА) 60 Бк/м³, средним геометрическим (СГ) 44 Бк/м³ и стандартным геометрическим отклонением (СГО) 2,23. Доля помещений с уровнем ОА радона, превышающим 400 Бк/м³, что соответствует нормативу по ЭРОА радона 200 Бк/м³, составила 0,3%. Параметры распределения ОА радона по административным районам и городам приведены в таблице 1. В таблице 1 также приведено описание изме-

Таблица 1

Параметры распределения ОА радона по административным районам и городам

[Table 1

Parameters of annual radon concentration distribution for different districts and cities]

Административный район или город [District or city]	СА, Бк/м ³ [AM, Bq/m ³]	СГ, Бк/м ³ [GM, Bq/m ³]	СГО [GSD]	Максимум, Бк/м ³ [Max, Bq/m ³]
г. Полевской [Polevskoy town]	25	19	2,06	110
г. Асбест [Asbest town]	31	22	2,28	195
Верхнесалдинский район [Verhnesaldinsky district]	44	38	1,67	140
Режевской район [Rezhesakoy district]	50	36	2,39	150
Сысертский район [Sysertsky district]	55	42	2,25	150
Ирбитский район [Irbitsky district]	62	49	2,21	180
г. Березовский [Berezovsky town]	74	56	2,14	310
г. Серов [Serov town]	74	61	1,86	400
г. Верхняя Пышма [Verhnyaya Pyshma town]	88	77	1,67	290
Богдановичевский район [Bogdanovichsky district]	88	66	1,98	620
г. Нижний Тагил [Nizhny Tagil town]	74	59	1,97	264
г. Екатеринбург [Ekaterinburg city]	59	50	1,84	190

рений ОА радона, проведенных в помещениях всех типов зданий и на всех этажах.

Была проведена оценка влияния неопределенностей измерений радиометрами радона на основе LR-115 [8] на параметры распределений ОА радона, представленных в таблице 1. Было показано, что СГО изменяется не более чем на 10%, а СА – не более чем на 5%. Поэтому при дальнейшем анализе были использованы данные, непосредственно полученные в процессе измерений.

Анализ факторов, влияющих на уровни ОА радона в помещениях ДДУ, был проведен путем последовательного учета наиболее значимых факторов. Этаж, на котором расположено помещение, является одним из известных факторов, влияющих на накопление радона в помещении. С использованием критерия Стьюдента было обнаружено статистически значимое различие между среднегодовыми значениями ОА радона в помещениях, расположенных на первых этажах (СА=67 Бк/м³, СГ=49 Бк/м³, СГО=2,27) и вторых этажах (СА=47 Бк/м³, СГ=37 Бк/м³, СГО=2,09): значение $t=4,58$, $p<0,05$. В связи с этим при дальнейшем анализе факторов, влияющих на ОА радона, для исключения влияния этажа проведения измерений были рассмотрены только результаты, полученные при измерениях на первых этажах.

Затем выборка ДДУ была разделена на подгруппы по периоду постройки зданий: до 1900 г.; 1900–1949 гг.; 1950–1969 гг.; 1970–1989 гг.; 1990–2000 гг. и после 2000 г. Эти периоды характеризуются применением различных технологий строительства и используемых материалов. Наиболее крупными получились подгруппы зданий, построенных в 1950–1969 гг. и 1970–1989 гг. (табл. 2). Для этих подгрупп было обнаружено статистически досто-

верное различие в среднегодовых значениях ОА радона (значение $t=6,23$, $p<0,05$). Доля обследованных ДДУ, построенных до 1950 г. или после 1990 г., относительно невелика, что не позволило в данных подгруппах ДДУ провести статистически значимую оценку факторов, влияющих на накопление радона.

Вся территория Уральского региона относится к зоне с повышенной радоноопасностью [12]. В 1990-е гг. предприятием «Зеленогорскгеология» было проведено ранжирование территории Свердловской области на зоны потенциальной радоноопасности с использованием данных по содержанию радия в почве, удельной активности радона в грунтовых водах, измерениям ОА радона в почвенном воздухе, наличию карстовых разломов. В соответствии с этой картой радоноопасности ДДУ были разделены на группы: максимальный радоновый потенциал, высокий радоновый потенциал, средний радоновый потенциал. Наибольшее число ДДУ было расположено на территории с высоким радоновым потенциалом, туда вошли следующие населенные пункты: г. Сысерть и села Сысертского района, г. Березовский, г. Верхняя Пышма, г. Полевской, г. Екатеринбург и г. Нижний Тагил. Для ДДУ, отнесенных к группе с высоким радоновым потенциалом, было проведено сравнение параметров в двух подвыборках, разделенных по годам постройки зданий, и было получено статистически значимое различие среднегодовых значений ОА радона (значение $t=5,0$, $p<0,05$). Отдельно был рассмотрен г. Екатеринбург (см. табл. 2).

Как видно из таблицы 2, такой фактор, как период постройки, сохраняет свою значимость, как на всей выборке помещений ДДУ, так и на подвыборках ДДУ, расположенных на территориях с одинаковым радоновым потенциалом.

Сравнение ОА радона в подгруппах помещений, расположенных на первом этаже, в зданиях, построенных в разные периоды

Таблица 2

The comparison of radon concentrations between subgroups of rooms located on the ground floor in buildings constructed in different periods]

[Table 2

Период постройки [Year of construction]	Параметры [Parameters]	Все ДДУ [All kindergartens]	ДДУ в зоне с высоким радоновым потенциалом [Kindergartens in high radon potential territory]	г. Екатеринбург [Ekaterinburg]
1950–1969	СА, Бк/м ³ [AM, Bq/m ³]	85	90	69
	СГ, Бк/м ³ [GM, Bq/m ³]	67	70	66
	СГО [GSD]	2,13	2,12	1,41
	N, количество помещений [N, rooms]	137	73	10
1970–1989	СА, Бк/м ³ [AM, Bq/m ³]	54	52	39
	СГ, Бк/м ³ [GM, Bq/m ³]	39	38	37
	СГО [GSD]	2,21	2,24	1,46
	N, количество помещений [N, rooms]	232	104	15

В ДДУ, построенных после 2000 г., широкое распространение получило использование пластиковых стеклопакетов при остеклении окон. В ряде детских учреждений, построенных в ранние периоды, деревянные оконные рамы также были заменены на пластиковые стеклопакеты. К сожалению, данные по уровням радона в помещениях до установки стеклопакетов отсутствуют. Тем не менее, при сравнении подгрупп помещений с различными типами остекления окон (для зданий всех годов постройки, первые этажи) было получено, что в помещениях с пластиковыми стеклопакетами ОА радона в среднем почти в два раза выше (значение $t=4,65$, $p<0,05$) – СА ОА радона в помещениях с деревянными рамами составило 55 Бк/м^3 , а в помещениях с пластиковыми стеклопакетами – 87 Бк/м^3 .

Группа ДДУ, построенных в 1970–1989 гг., была дополнительно разделена на две подгруппы, различающиеся типом используемых строительных материалов: кирпич и железобетонные панели. В кирпичных зданиях среднее значение ОА радона было статистически значимо выше, чем в панельных зданиях. Дополнительно, чтобы исключить влияние установки пластиковых стеклопакетов, были проанализированы данные по ДДУ только с деревянными рамами. Был получен такой же результат. Таким образом, было обнаружено, что в обследованных ДДУ на накопление радона оказывают влияние следующие строительные технологии: тип строительных материалов и тип остекления окон (табл. 3).

Необходимо отметить, что помещения в ДДУ имеют четко регламентированный режим содержания:

- рабочий день с 8:00 до 18:00;
- обязательное проветривание помещений, где находятся дети, 3–4 раза в день;
- стандартное расписание прогулок, времени приема пищи и дневного сна.

Поэтому неопределенности, обусловленные различными режимами содержания помещений и поведением людей (характерные для жилых помещений и офисов), сведены к минимуму.

2. Анализ закономерностей накопления радона в ДДУ, в котором были обнаружены уровни ОА радона, превышающие санитарные нормативы

По результатам измерений ОА радона, проведенных в 2014 г. в г. Богданович Свердловской области, в одном из ДДУ в помещениях на первом этаже было выявлено превышение норматива 200 Бк/м^3 по среднегодовому значению ЭРОА радона. Среднегодовые значения ОА

радона составили 620 Бк/м^3 (летнее значение 750 Бк/м^3 , зимнее – 490 Бк/м^3) и 400 Бк/м^3 (летнее значение 560 Бк/м^3 , зимнее – 240 Бк/м^3), что соответствует ЭРОА радона 310 и 200 Бк/м^3 соответственно. Характеристики данного ДДУ: период постройки 1970–1989 гг., материал стен – бетонная панель, пластиковые окна.

На основании результатов измерений, выполненных трековыми детекторами, было принято решение провести детализированное радоновое обследование данного ДДУ, которое включало в себя следующие этапы:

1. Визуальный осмотр помещений и подвала для поиска путей поступления радона.
2. Измерение плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта в подвале.
3. Измерение ОА радона в подвальном помещении интегральными детекторами и радон-монитором.
4. Измерение ОА радона во всех помещениях, где присутствуют дети, интегральными детекторами.
5. Мониторинг суточных вариаций ОА радона в одном из помещений в течение 2 недель при помощи радон-монитора AlphaGUARD.

Детальное обследование данного ДДУ было выполнено в феврале – марте 2015 г. Осмотр подвального помещения с грунтовым полом площадью 1350 м^2 выявил наличие множества путей для миграции радона из подвала в помещения на первом этаже: швы в перекрытиях, места ввода коммуникаций, трещины и дыры в бетонных плитах. Используемая для герметизации данных отверстий строительного-монтажная пена не является барьером для диффузии радона. Кроме того, не исключалась и возможность адвективного поступления радона из подвального помещения в помещения, расположенные на первом этаже. Подвальное помещение снабжено 4 окнами небольшого размера ($460 \times 210 \text{ мм}$) и плохо вентилируется.

Измерения ППР с поверхности грунта в подвальном помещении проводились в 10 точках, равномерно распределенных по площади помещения. Результаты измерений ППР варьировали в диапазоне от 75 до $540 \text{ мБк/(с} \times \text{м}^2)$ со средним значением $270 \text{ мБк/(с} \times \text{м}^2)$.

Для выявления соотношения между средними значениями ОА радона в подвальном помещении и помещениями, расположенными на первом этаже, было проведено два типа независимых измерений:

- измерения с использованием электронных приборов, непрерывно регистрирующих средние значения ОА радона за заданный интервал времени;

Таблица 3

Сравнение среднегодовых значений ОА радона в подгруппах помещений, расположенных на первом этаже зданий, построенных в 1970–1989 гг.

[Table 3

The comparison between subgroups of rooms located on the ground floor in buildings constructed in 1970–1989 (Annual radon concentration, Bq/m^3)

Строительные материалы [Building material]	Деревянные рамы [wooden windows]	Пластиковые стеклопакеты [PVC windows]	Все типы окон [all type of windows]
Бетонная панель [Concrete panels]	33	64	48
Кирпич [Brick]	49	68	59

– измерения при помощи интегрирующих трековых детекторов.

Для реализации первого подхода в помещении игровой комнаты на первом этаже был размещен радон-монитор AlphaGUARD, регистрирующий ОА радона каждый час, а в подвальном помещении – прибор SIRAD MR-106N, позволяющий непрерывно измерять средние значения ОА радона за интервал 24 ч. За период измерений 14 дней среднее значение ОА радона в подвальном помещении составило 520 Бк/м³, а в помещении на первом этаже – 260 Бк/м³.

Для уточнения результатов определения ОА радона в воздухе помещений ДДУ, полученных в ходе массового обследования, в различных помещениях данного ДДУ были проведены дополнительные измерения при помощи интегрирующих трековых радиометров радона РЭИ-4. Были обследованы помещения на первом и втором этажах: все групповые комнаты (игровые, спальни), кабинет логопеда, психолога, медицинский кабинет, музыкальный зал. В подвальном помещении было установлено 6 радиометров радона РЭИ-4. Экспонирование радиометров проводилось с 03.02.2015 г. по 11.03.2015 г. Среднее значение ОА радона в помещениях первого этажа составило 220 Бк/м³, в помещениях второго этажа – 120 Бк/м³, в подвальном помещении – 320 Бк/м³. Таким образом, учитывая также высокие значения ППП с поверхности грунта в подвальном помещении, было показано, что основным источником поступления радона в помещения ДДУ является грунт под зданием.

Исходя из измеренной средней плотности потока радона под зданием, равной 270 мБк/(с м²), и общей площади подвального помещения, был оценен общий дебет радона, поступающего в здание: 1,31 МБк/ч. Учитывая, что высота подвального помещения не превышала 2 м, была оценена общая кратность воздухообмена в подвале: ее значение получилось равным от 0,9 до 1,3 ч⁻¹. Такая высокая кратность воздухообмена в подвальном помещении может быть объяснена значительным адвективным и диффузионным переносом радона из подвала в помещения первого и далее второго этажа, что подтверждается измерениями ОА радона, выполненными на различных этажах здания.

Изоляция такого источника поступления радона в здание, как открытый грунт в подвальном помещении площадью 1350 м², и множества негерметичных путей его дальнейшей миграции, с технической точки зрения, не представляется возможной. Для поддержания ОА радона в подвальном помещении на уровне 100 Бк/м³ за счет использования приточно-вытяжной вентиляции необходимо обеспечить кратность воздухообмена примерно 5,0 ч⁻¹. Для этого потребуются установка активных систем вентиляции с производительностью 220–230 м³/мин. Использование таких систем в детском учреждении, с точки зрения как энергопотребления, так и создаваемого ими шума, нецелесообразно. В связи с этим были даны рекомендации по увеличению пассивной вентиляции подвального помещения за счет постоянного содержания вентиляционных окон открытыми.

Для подтверждения результатов первого детального обследования и оценки эффективности рекомендованного увеличения пассивной вентиляции подвального помещения в период с марта по май 2016 г. было проведе-

но повторное исследование, аналогичное выполненному в 2015 г. Единственным исключением было отсутствие измерений ППП с поверхности грунта в подвальном помещении. Среднее значение ОА радона в помещениях первого этажа составило 215 Бк/м³, помещений второго этажа – 130 Бк/м³, подвальном помещении – 420 Бк/м³. Таким образом, результаты обследований, выполненных в 2015 и 2016 гг., оказались практически идентичными. Увеличение пассивной вентиляции подвального помещения не оказало влияния на уровни ОА радона в помещениях на первом и втором этажах.

Работа ДДУ имеет ту специфику, что в период нахождения в них детей осуществляется интенсивный режим проветривания помещений. Для оценки влияния режима содержания помещений на суточные вариации ОА радона были проанализированы временные серии измерений ОА радона, полученные при помощи радон-монитора AlphaGUARD в 2015 и 2016 гг. По этим сериям измерений были рассчитаны средние значения ОА радона на каждый час суток. Расчеты были выполнены отдельно для дней, когда дети посещали ДДУ, и для выходных (рис. 2). Из рисунка 2 видно, что в рабочие часы детского учреждения, когда в помещении присутствуют дети, средние значения ОА радона находятся на значительно более низком уровне, не превышающем 130 Бк/м³, чем в нерабочие часы и выходные. Это значение в 2 раза ниже, чем среднее значение за весь период измерений (2 недели) и измеренное трековыми детекторами. Низкая воздухопроницаемость и плотная оболочка здания в то время, когда помещение не используется (в выходные, во время каникул и в ночное время), не обеспечивают необходимый воздухообмен и приводят к накоплению радона до высоких уровней. В свою очередь, в рабочие часы ДДУ помещение активно проветривается, кратность воздухообмена возрастает, и ОА радона уменьшается. Такая же ситуация была показана в работе [13].

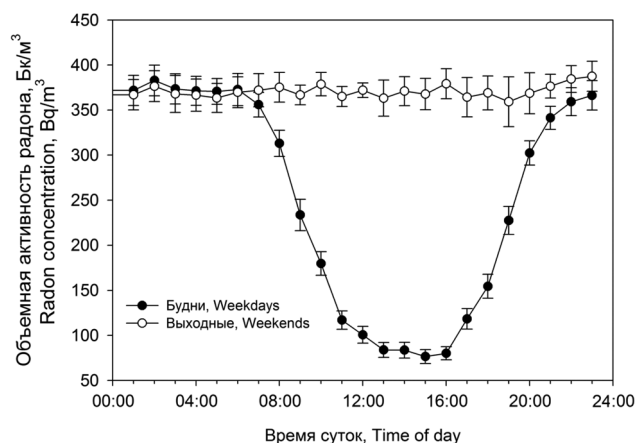


Рис. 2. Динамика изменения ОА радона в игровой комнате обследуемого ДДУ в г. Богданович
[Fig. 2. Radon monitoring in a playroom of the kindergarten in the Bogdanovich town]

Выводы

1. Результаты массового обследования ДДУ Свердловской области продемонстрировали, что распределение ОА радона в атмосфере данных учреждений

представлено логнормальным распределением с параметрами: СА 60 Бк/м³, СГ 44 Бк/м³ и СГО 2,23.

2. Факторами, влияющими на накопление радона в атмосфере ДДУ, являются тип строительных материалов, связанный в том числе с различными периодами строительства зданий, и тип остекления окон.

По результатам подробного обследования ДДУ в г. Богданович, в котором были обнаружены уровни ОА радона, превышающие санитарные нормативы, можно сделать ряд дополнительных выводов:

1. Основным источником поступления радона в помещения является грунт под зданием. Измеренное значение ППР с поверхности грунта в подвальном помещении в 3,4 раза превышает норматив 80 мБк/(м²·с), установленный для участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения (ОСПОРБ 99/2010).

2. После измерений ОА радона в подвальном помещении и помещениях на первом этаже стало очевидно, что перекрытия первого этажа не оказывают существенного сопротивления поступлению радона, при этом герметизация подвального помещения от помещений первого этажа с целью предотвращения поступления радона не представляется возможной.

3. Средние значения ЭРОА радона в половине помещений на первом этаже и в двух помещениях на втором этаже превышают 100 Бк/м³.

4. В период активной эксплуатации помещений (в будни в рабочее время) уровни радона ниже значений, установленных санитарными нормативами. В связи с этим при обнаружении в детских учреждениях значений ЭРОА радона, близких к санитарным нормативам, целесообразно проведение дополнительного исследования суточных вариаций радона, позволяющего определить средние значения ЭРОА радона в период активной эксплуатации помещений.

Литература

1. Павленко, Т.А. Уровни облучения дошкольников за счет радона в воздухе помещений / Т.А. Павленко, М.И. Костенецкий, А.В. Куцак, А.И. Севальнев, Н.В. Аксенов, М.А. Фризюк // Гигиена и санитария. – 2015. – №4. – С. 18–21.

2. Стамат, И.П. Уровни облучения детей за счет природных источников излучения в детских образовательных учреждениях на территории отдельных субъектов Федерации / И.П. Стамат, Т.А. Кормановская, А.В. Световидов, И.А. Ракигин, Г.А. Горский // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 14–19.
3. Zunic Z., Carpentieri C., Stojanovska Z. [et al.] Some results of a radon survey in 207 Serbian schools. Rom. J. Phys., 2013, No 58, pp. 320–327.
4. Ivanova K., Stojanovska Z., Tsenova M. [et al.] Measurement of indoor radon concentration in kindergartens in Sofia, Bulgaria. Radiat. Prot. Dosimetry, 2015, No 162, pp. 163–166.
5. Bem H., Bem E.M., Krawczyk J. [et al.] Radon concentrations in kindergartens and schools in two cities: Kalisz and Ostrow Wielkopolski in Poland. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2013, No 295, pp. 2229–2232.
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. Онищенко, А.Д. Влияние временных вариаций уровней радона и погрешностей измерений на оценку средних сезонных значений объемной активности радона в помещении / А.Д. Онищенко, М.В. Жуковский, А.В. Васильев // АНРИ. – 2013. – №3 (74). – С. 2–12.
8. Zhukovsky M., Onishchenko A., Batrikov V. Radon measurements – discussion of error estimates for selected methods. Applied Radiation and Isotopes, 2010, Vol. 68, pp. 816–820.
9. 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.
10. Bossew, P. Radon: exploring the log-normal mystery. J. Environ. Radioact., 2010, Vol. 101, pp. 826–834.
11. Daraktchieva Z., Miles J.C.H., McColl N. Radon, the lognormal distribution and deviation from it. J. Radiol. Prot., 2014, Vol. 34, pp. 183–190.
12. Жуковский, М.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 231 с.
13. Fojtikova I., Navratilova Rovenska K. Influence of energy-saving measures on the radon concentration in some kindergartens in the Czech Republic. Radiat. Prot. Dosimetry, 2014, Vol. 160, pp. 149–153.

Поступила: 05.03.2018 г.

Онищенко Александра Дмитриевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института промышленной экологии Уральского отделения Российской Академии наук. **Адрес для переписки:** 620990, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 20; E-mail: onischenko@ecko.uran.ru

Васильев Алексей Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник Института промышленной экологии Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, Россия

Малиновский Георгий Петрович – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института промышленной экологии Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, Россия

Жуковский Михаил Владимирович – доктор технических наук, профессор, директор Института промышленной экологии Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, Россия

Для цитирования: Онищенко А.Д., Васильев А.В., Малиновский Г.П., Жуковский М.В. Влияние строительных характеристик зданий на накопление радона в детских дошкольных учреждениях Свердловской области // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 28-36. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-28-36

Influence of building features on radon accumulation in kindergartens of the Sverdlovsk region

Aleksandra D. Onishchenko, Aleksey V. Vasilyev, Georgy P. Malinovsky, Mikhail V. Zhukovsky

Institute of Industrial Ecology Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Objective: To study the levels of radon accumulation in kindergartens in Sverdlovsk Region and to determine the relationship between radon concentration, and building characteristics. To perform a detailed analysis of radon entry and accumulation in the kindergarten, in which radon concentration exceeds the safety standards. Materials and methods: Track detectors REI-4 on the base of LR-115 film were used. Detectors were installed in playrooms and bedrooms for day nap. In each kindergarten, at least 3 rooms were examined. The measurements were carried out twice a year, during the warm and cold seasons. The duration of exposure of the detectors was 2–3 months in each season. The AlphaGUARD radon monitor was installed in the kindergarten with a high level of radon concentration. Results: It is shown that the distribution of radon concentration in the kindergartens of the Sverdlovsk region can be described by a lognormal distribution with an average value of 60 Bq/m³, a geometric mean of 44 Bq/m³ and a standard geometric deviation of 2.23. A statistically significant difference was found between the mean values of radon concentration in subgroups of buildings constructed at different periods. For the kindergartens constructed in 1950–1969, the average radon concentration was 85 Bq/m³, for buildings built in 1970–1989 – 54 Bq/m³. When comparing subgroups of rooms with different types of windows (all buildings, ground floors) it was found that in rooms with PVC windows, radon concentration is almost twice as high then in rooms with wooden windows. For the kindergarten, in which the annual radon concentration in the playroom was 620 Bq/m³, it was shown, that if the proper ventilation regime of this room is observed, the average radon concentration during the presence of children does not exceed 120 Bq/m³. Conclusions. Factors affecting the indoor radon accumulation in the kindergartens are the type of building materials associated with different periods of building construction and the type of windows. When radon concentration measured in kindergartens reach sanitary standards, it is advisable to conduct an additional study of the daily radon variations, since during the active operation of the premises (working hours) radon levels may be significantly lower.

Key words: radon, kindergartens, track detectors, diurnal variations.

References

1. Pavlenko T.A., Kostenetsky M.I., Kutsak A.V., Sevalnev A.I., Aksenov N.V., Frizyuk M.A. Levels of exposure of preschool children due to indoor radon. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and sanitation*, 2015, No 4, pp. 18–21 (in Russian).
2. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Svetovidov A.V., Rakitin I.A., Gorsky G.A. Levels of children exposure from natural ionizing sources at child educational institutions in the territory of some Russian Federation subject territories. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2011, Vol. 4, No 1, pp. 14–19 (in Russian).
3. Zunic Z., Carpentieri C., Stojanovska Z. [et al.] Some results of a radon survey in 207 Serbian schools. *Rom. J. Phys.*, 2013, No 58, pp. 320–327.
4. Ivanova K., Stojanovska Z., Tsenova M. [et al.] Measurement of indoor radon concentration in kindergartens in Sofia, Bulgaria. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2015, No 162, pp. 163–166.
5. Bem H., Bem E.M., Krawczyk J. [et al.] Radon concentrations in kindergartens and schools in two cities: Kalisz and Ostrow Wielkopolski in Poland. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2013, No 295, pp. 2229–2232.
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. Onishchenko A.D., Zhukovsky M.V., Vasilyev A.V. Influence of time variations of radon levels on assessment of average season values of radon concentration in the room. *ANRI = ANRI*, 2013, № 3, pp. 2–12 (in Russian).
8. Zhukovsky M., Onishchenko A., Bastrikov V. Radon measurements – discussion of error estimates for selected methods. *Applied Radiation and Isotopes*, 2010, Vol. 68, pp. 816–820.
9. Onishchenko A.D., Zhukovsky M.V. The role of confounding factors in radon epidemiological study. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2017, Vol. 10, No 1, pp. 65–75 (in Russian).
10. Bossew, P. Radon: exploring the log-normal mystery. *J. Environ. Radioact.*, 2010, Vol. 101, pp. 826–834.
11. Daraktchieva Z., Miles J.C.H., McColl N. Radon, the lognormal distribution and deviation from it. *J. Radiol. Prot.*, 2014, Vol. 34, pp. 183–190.
12. Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V. Radon: measurement, doses, risk assessment. Ekaterinburg, UB RAS, 1997, 231 p. (in Russian).
13. Fojtikova I., Navratilova Rovenska K. Influence of energy-saving measures on the radon concentration in some kindergartens in the Czech Republic. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2014, Vol. 160, pp. 149–153.

Received: March 05, 2018

Aleksandra D. Onishchenko

Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Address for correspondence: Sofia Kovalevskaya str., 20, Ekaterinburg, 620219, Russia; E-mail: onishchenko@ecko.uran.ru

For correspondence: Aleksandra D. Onishchenko – Candidate of Biological Sciences, Researcher, Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Sofia Kovalevskaya str., 20, Ekaterinburg, 620990, Russia; Email: onischenko@ecko.uran.ru)

Aleksey V. Vasilyev – Candidate of Technical Sciences, Researcher, Institute of Industrial Ecology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Georgy P. Malinovsky – Candidate of Biological Science, Research Scientist, Institute of Industrial Ecology, 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, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

For citation: Onishchenko A.D., Vasilyev A.V., Malinovsky G.P., Zhukovsky M.V. Influence of building features on radon accumulation in kindergartens of the Sverdlovsk region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp.28-36. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-28-36

Проблемы оценки потенциальной радоноопасности участков застройки

Н.К. Рыжакова, К.О. Ставицкая, А.А. Удалов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Наличие повышенных концентраций радона в помещениях приводит к риску возникновения рака легкого. В связи с этим при производстве проектно-строительных работ проводят оценку потенциальной радоноопасности участков застройки. К настоящему времени не выработан единый подход к методологии проведения оценок. За рубежом в качестве критериев радоноопасности используют категориально-численные величины – радоновый потенциал или радоновый индекс, которые в разных странах определяются с помощью различных параметров (концентрации урана/радия, объемной активности радона в почвенном воздухе и помещениях, газопроницаемости грунтов, особенностей геологического строения подстилающих пород, мощности дозы гамма-излучения). Исследования, проведенные за рубежом, показывают, что используемые параметры, как правило, не коррелируют с количеством радона, поступающим в здания в процессе его эксплуатации. В Российской Федерации для оценок потенциальной радоноопасности участка застройки используют плотность потока радона, измеренную на земной поверхности. Применяемые в настоящее время методы проведения оценок потенциальной радоноопасности имеют общий недостаток – низкую достоверность результатов. Низкая достоверность оценок, полученных с помощью измерения плотности потока радона, обусловлена вариабельностью значений этой величины и проведением измерений на поверхности земли. В работе обсуждаются результаты измерения плотности потока радона, полученные методами накопительных камер и угольных адсорберов в летние периоды 2014, 2016 и 2017 гг. Установлено, что наиболее сильное влияние на значения и вариабельность плотности потока радона оказывают осадки. В работе приведены результаты измерений плотности потока радона на земной поверхности, а также на поверхности плотных суглинков, залегающих на глубинах 0,5 м и 1,5 м. Показано, что измеренная на земной поверхности плотность потока радона в 2–3 раза меньше значений этой величины, измеренных на поверхности плотных пород. Следует отметить, что самая низкая вариабельность результатов (20%) наблюдалась в 2014 г., когда измерения проводили на поверхности плотных суглинков в период сухой устойчивой погоды.

Ключевые слова: радон, плотность потока радона, почвогрунты, методы измерения, накопительная камера, угольные адсорберы, погодные условия, физические свойства грунтов, удельная активность радия.

Введение

Установлено, что для населения в целом наиболее значимым источником радиоактивного излучения является радон и его дочерние продукты распада, создающие в среднем более половины дозы от всех природных источников [1]. Самые большие концентрации радона наблюдаются в подвальных помещениях и на нижних этажах. Установлено, что вторым (после курения) по значимости фактором риска заболевания раком легких, трахеи и бронхов являются повышенные концентрации радона в помещениях [2–4]. В связи с этим в настоящее время при производстве инженерных изысканий проводятся радиационно-экологические исследования, в том числе оценка радоноопасности участков застройки. Результат таких исследований позволяет решить вопрос о целесо-

образности осуществления противорадоновой защиты при сооружении фундаментов зданий.

В настоящее время не выработан единый подход к методологии проведения оценок радоноопасности участков застройки [5]. За рубежом в качестве критериев радоноопасности используют категориально-численные величины – радоновый потенциал или радоновый индекс, которые в разных странах определяются с помощью различных величин (концентрации урана/радия, объемной активности радона в почвенном воздухе и помещениях, газопроницаемости грунтов, особенностей геологического строения подстилающих пород, мощности дозы гамма-излучения) [6–11]. Исследования, проведенные за рубежом, показывают, что используемые параметры, как правило, не коррелируют с количеством радона, по-

Ставицкая Ксения Олеговна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Адрес для переписки: 634050, Томская обл., г. Томск, проспект Ленина, 30; E-mail: shilovaxeniya@gmail.com

ступающим в здания из пород, залегающих в основании фундамента [8].

Объективным показателем потенциальной радоноопасности участков застройки может служить плотность потока радона (ППР) с поверхности грунтов. Именно эта величина используется в Российской Федерации для оценок радоноопасности участков застройки. Однако такой подход к оценкам радоноопасности участков застройки подвергается критике из-за значительной вариабельности результатов измерений [12]. Основными причинами изменчивости значений плотности потока радона являются погодные условия и пространственная неоднородность грунтов [8]. Следует отметить, что пространственная неоднородность грунтов действительно приводит к существенной вариабельности результатов измерений, но только при региональных исследованиях. На участках застройки, характеризующихся небольшой площадью и расположенных, как правило, на осадочных породах, грунты достаточно однородны. Поэтому при измерениях плотности потока радона на небольших участках основной причиной вариабельности результатов являются погодные условия. В отечественной периодике опубликован ряд работ, в которых рассмотрено влияние метеословий на результаты измерения ППР [13]. Однако выводы, сделанные разными авторами, зачастую противоречат друг другу. Кроме того, отсутствуют данные о влиянии количества осадков на выход радона из почвогрунтов.

По мнению авторов данной работы, используемый в Российской Федерации способ оценки радоноопасности имеет еще один существенный недостаток – измерения проводят на земной поверхности, в то время как фундамент зданий, откуда радон поступает в помещения, располагается обычно на глубинах 1–3 м, где залегают плотные породы. Очевидно, физические свойства плотных пород (в том числе содержание урана/радия) и верхних рыхлых почвенных слоев существенно различаются. Каких-либо исследований о влиянии глубин измерения на значения плотности потока радона не проводилось. Не изучалось также влияние методов измерения ППР, широко используемых в Российской Федерации при радиационно-экологических исследованиях.

Планирование эксперимента и методы исследования

Плотность потока радона измеряли в весенне-летние периоды 2014 г., 2016 г. и 2017 г. на трех площадках г. Томска. Измерения проводили двумя методами – методом накопительной камеры (НК) и методом угольных адсорберов (УА). При реализации метода НК использован измерительный комплекс «Альфарад плюс» (приборостроительная компания ООО «НТМ Защита», г. Москва), для метода УА – измерительный комплекс «Камера-01» (ЗАО Научно-технический центр «Нитон», г. Москва); погрешность измерений не превышала $\pm 30\%$. Измерения проведены в соответствии с аттестованными для этих комплексов методиками. Одна площадка (далее площадка № 1) размерами 20×30 м находилась на дне котлована глубиной 1,5 м, предназначенного для строительства жилого дома. Две другие площадки размерами 1×1 м расположены недалеко друг от друга на террасе р. Томи на большом расстоянии от первой площадки

(8 км). Небольшие размеры этих площадок позволяют исключить влияние неоднородности грунтов на вариабельность результатов измерения. Одна площадка (площадка № 2) расположена на глубине 0,5 м, другая (площадка № 3) – на земной поверхности на расстоянии 6 м от площадки № 2. Такое планирование эксперимента позволяет сравнить количество радона, выходящего на земную поверхность из рыхлых почвенных слоев, с количеством радона, поступающего из плотных пород.

Измерения на первой площадке проводили в 2014 г. методом накопительной камеры с помощью измерительного комплекса «Альфарад плюс». На участке были выбраны контрольные точки, расположенные на расстоянии 10 м друг от друга; в каждой контрольной точке проведено по 3 измерения плотности потока радона.

Измерения на второй площадке проводили в 2016 г. методом НК с помощью комплекса «Альфарад плюс» и методом УА с использованием измерительного комплекса «Камера-01». В 2017 г. измерения провели только с помощью комплекса «Альфарад плюс». При проведении измерений регистрировали параметры атмосферы – температуру, давление, влажность и количество осадков. За весь период проведения исследований получено 250 результатов измерений плотности потока радона разными методами: НК(2014) = 36; НК(2016) = 95; УА(2016) = 60; НК(2017) = 59.

Известно, что количество радона, выделяющегося из почвогрунтов, определяется, в основном, их физическими свойствами. Поэтому на экспериментальных участках с помощью ручного бура отобраны пробы для определения плотности сухого грунта, пористости и содержания ^{226}Ra , из которого в результате радиоактивного распада образуется ^{222}Rn . Точки отбора на первой площадке расположены вблизи контрольных точек. На террасе р. Томи точка пробоотбора грунтов располагалась посередине между площадками № 2 и № 3. Для изучения зависимости плотности, пористости и влажности грунтов от глубины в этой точке отобраны 14 проб грунта на глубинах 0,1–1,5 м с шагом 0,1 м. Кроме того, здесь же отобраны пробы грунта для измерения удельной активности ^{226}Ra на глубинах 0,8 м и 1,2 м.

Для определения плотности, пористости и влажности грунта использован метод «режущего кольца». Удельную активность ^{226}Ra измеряли в геометрии сосуда Маринелли с объемом 1 л с помощью g-спектрометра на основе полупроводникового германиевого детектора GEM-76 с разрешением 1,85 кэВ для энергии 1,33 МэВ и 0,85 кэВ для энергии 122 кэВ. Измерения проводили в условиях радиоактивного равновесия с радоном по наиболее интенсивным линиям дочерних продуктов распада радона – ^{214}Pb (295,21; 351,92 кэВ) и ^{214}Bi (609,32 кэВ). Перед измерениями грунты тщательно высушивали и измельчали. Время выдержки герметично закрытых сосудов составляло 2–3 недели, время измерения одного образца – 2–3 ч; статистическая погрешность измерений не превышала 15%. Для обработки аппаратурных гамма-спектров использована программа «Genia-2000», разработанная компанией CANBERRA.

Для анализа полученных результатов проведена проверка о нормальном распределении значений

плотности потока радона, вычислены средние, стандартные отклонения и коэффициенты вариации; для изучения влияния метеоусловий на значения ППР использован регрессионный анализ.

Физические свойства грунтов

Измерения пористости, плотности сухого грунта и удельной активности ^{226}Ra в пробах, отобранных на площадке № 1, показали, что грунт на поверхности этой площадки однороден по своим физическим свойствам (самый большой коэффициент вариации, равный 9%, получен для удельной активности ^{226}Ra).

Результаты измерения физических свойств грунтов на террасе р. Томи (площадки № 2 и № 3) в зависимости от глубины показали, что большие изменения (на десятки процентов) пористости, плотности и влажности грунтов наблюдаются до глубин примерно 0,5–0,6 м, что соответствует типичной толщине почвенного слоя; на больших глубинах (до 1,5 м), где залегают плотные суглинки, физические свойства грунтов практически не изменяются.

Влияние методов и глубин измерения на значения плотности потока радона

Корректное сравнение результатов любого эксперимента, характеризующегося разбросом измеряемых величин, возможно при использовании известных характеристик случайных величин – распределения случайной величины, среднего значения, стандартного отклонения, коэффициента вариации. Известно, что большое количество статистических методов анализа исходит из предположения нормальности распределения изучаемых данных. Поэтому в исследовании с помощью критерия Пирсона проведена проверка гипотезы о нормальном распределении, которая показала, что распределения измеренных значений плотности потока радона подчиняются нормальному/логнормальному закону. Следовательно, для расчета основных характеристик полученных выборок можно воспользоваться известными формулами для оценки средних, стандартного отклонения и коэффициента вариации [14].

Нормальное распределение значений ППР выполняется для результатов, полученных методом УА в 2016 г. и методом НК в 2017 г.; а логнормальное – методом НК в 2014 и 2016 гг. Известно, что нормальное/логнормальное распределение имеет место для случаев, когда результаты измерений зависят от множества случайных факторов. При формировании нормального распределения непрерывной случайной величины сила воздействия каждого отдельного фактора мала и не может превалировать среди остальных, а характер воздействия – аддитивный. Для логнормального распределения последовательный характер воздействия факторов таков, что случайный прирост, вызываемый действием каждого следующего фактора, пропорционален уже достигнутому к этому мо-

менту значению исследуемой величины. Таким образом, воздействие данного фактора имеет мультипликативный характер.

В нашем случае в качестве факторов, приводящих к мультипликативному характеру воздействия, можно рассматривать температуру атмосферного воздуха и трещиноватость поверхностных слоев почвы. С ростом температуры возрастают конвективные потоки газов, в том числе и радона, из приповерхностных слоев грунта. При высоких температурах и отсутствии осадков (или малом их количестве) в приповерхностном слое образуется большое количество микро- и макротрещин, которые также способствуют выходу радона из этих слоев. Такие условия соответствовали 2014 (Т, °С=21°С) и 2016 (Т, °С=19°С) годам измерений, когда для накопительных камер наблюдается логнормальный закон распределения выполняется для результатов измерения ППР методом НК в 2017 г., когда средняя температура была меньше (Т, °С =15°С) и регулярно выпадали дожди, что не способствовало появлению большого количества микро- и макротрещин.

Разный характер распределения значений ППР, измеренных в 2016 г. (для метода НК – логнормальное, для УА – нормальное), можно объяснить следующим образом. Площадь земной поверхности, с которой накапливается радон, при проведении измерений для метода НК (132,8 см²) больше в 4 раза, чем для метода УА (33,2 см²). Следовательно, мультипликативное воздействие микро- и макротрещин на результаты измерения ППР для метода УА будет гораздо слабее либо вообще будет отсутствовать.

В таблице 1 приведены диапазоны значений, средние, стандартные отклонения и коэффициенты вариации результатов измерений плотности потока радона.

Анализ влияния методов измерения проведен на основе результатов, полученных в 2016 г. Из данных таблицы 2 видно, что средние значения, полученные двумя методами, практически совпадают. Однако диапазон значений и, соответственно, коэффициент вариации для метода накопительной камеры заметно больше, чем для метода угольных адсорберов. Измерения двумя методами проведены одновременно, при одинаковых погодных условиях. Поэтому основной причиной разницы коэффициентов вариации (~30%) является статистический разброс результатов измерений, который уменьшается с увеличением времени экспозиции. В наших исследованиях время экспозиции для угольных адсорберов составляло 1 ч, т.е. более чем на порядок превышало время экспозиции для НК, равное 5 мин. Необходимо отметить, что для метода УА обнаружена сильная положительная корреляция между ППР и температурой атмосферного воздуха (рис. 1). Очевидно, этот эффект необходимо учитывать при проведении оценок, если измерения проводятся с помощью угольных адсорберов.

Таблица 1

Основные результаты измерений плотности потока радона

[Table 1

The main results of radon flux density measurements]

Площадка, год измерения [Sampling site, year of measurement]	Метод измерения [Measurement method]	Количество измерений [Number of measurements]	Диапазон значений, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹ [Range of values, mBq·m ⁻² ·s ⁻¹]	Среднее значение ППР, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹ [mean values of the radon flux density mBq·m ⁻² ·s ⁻¹]	Стандартное отклонение, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹ [SD, mBq·m ⁻² ·s ⁻¹]	Коэффициент вариации, % [Variation coefficient, %]
Площадка № 1 (2014 г.) [Sampling site 1, 2014]	НК [Accumulation chamber]	36	27–53	37	7	20
Площадка № 2 (2016 г.) [Sampling site 2, 2016]	НК [Accumulation chamber]	95	3–96	39	31	80
	УА [Coal absorber]	60	2–82	38	19	51
Площадка № 3 (2017 г.) [Sampling site 3, 2017]	НК [Accumulation chamber]	59	2–41	15	8	49

Таблица 2

Основные результаты наблюдений метеоусловий

[Table 2

The main results of meteorological conditions observations]

Измеряемая величина [Parameter]	Год проведения измерений [Year of measurements]	Диапазон значений [Range]	Среднее [Mean]	Стандартное отклонение [SD]	Коэффициент вариации, % [Variation coefficient, %]
Температура, °C [Temperature, °C]	2014	18–25	21,5	2,5	12
	2016	11–25	19,6	4	20
	2017	3–28	15,3	5,3	34
Влажность, % [Humidity, %]	2014	43–84	63	17	20
	2016	45–95	70	14,7	25
	2017	20–96	57	19	33
Давление, мм рт. ст. [Atmospheric pressure, mm hg.]	2014	740–754	744	5,6	0,71
	2016	737–761	745	5,4	0,72
	2017	738–758	750	5,01	0,60
Суммарное количество осадков, мм [Total precipitation, mm]	2014			0	
	2016			243	
	2017			5,3	

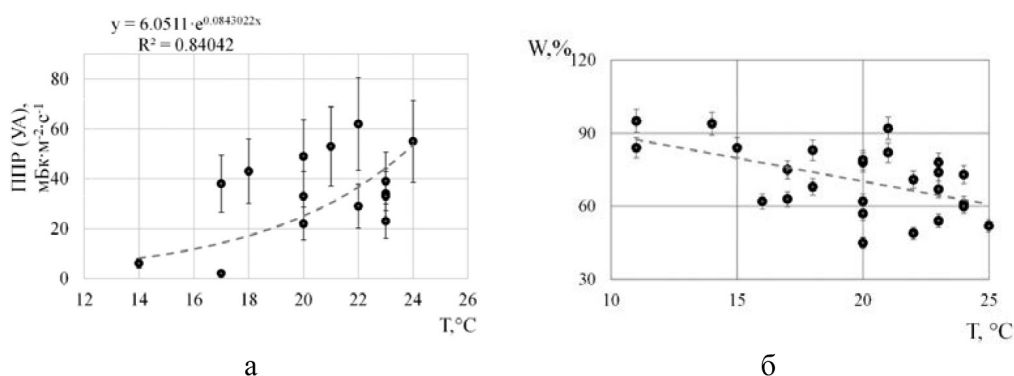


Рис. 1. Зависимость результатов измерений ППР методом угольных адсорбентов (2016) (а) и влажности атмосферного воздуха (б) от температуры

[Fig. 1. Dependence of the results of PPR measurements by the method of carbon adsorbents (2016) (a) and air humidity (b) on temperature]

Средние значения ППР, измеренной на поверхности плотных пород в 2014 г. (глубина измерений 1,5 м) и 2016 г. (глубина измерений 0,5 м), практически совпадают и составляют $38 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Среднее значение плотности потока радона, полученное в 2017 г. при измерениях на земной поверхности, примерно в 2,5 раза меньше – $15 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Полученные результаты еще раз свидетельствуют о том, что количество выделяющегося на поверхность радона в первую очередь зависит от физических свойств почвогрунтов. В нашем случае на глубинах 0,5 м и 1,5 м залегают плотные пространственно-однородные суглинки с практически одинаковыми физическими свойствами – плотностью сухого грунта ($1,38 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), пористостью (0,45 отн. ед.) и влажностью (11%), которые определены методом режущего кольца на каждой площадке. Удельная активность ^{226}Ra в грунтах на глубинах 0,8 м и 1,2 м примерно одинакова – $27 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ и $28 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ соответственно и почти совпадает со средним значением удельной активности ^{226}Ra в поверхностных слоях грунта на площадке № 1 ($26,4 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). На земной поверхности располагается рыхлый почвенный слой, который, помимо минеральных частиц, в большом количестве содержит органику. Отсюда следует важный вывод – проведение измерений плотности потока радона на земной поверхности (в соответствии с нормативными документами) приводит к недостоверным оценкам радоноопасности участков застройки. Таким образом, для получения достоверных оценок измерения ППР необходимо проводить на поверхности пород, характерных для основания фундамента зданий [15].

Влияние погодных условий на результаты измерения плотности потока радона

Для анализа влияния погодных условий использованы данные о давлении, температуре, влажности атмосферного воздуха, зарегистрированные во время измерений плотности потока радона, а также о количестве осадков, выпавших как накануне проведения измерений, так и за весь период наблюдений. В таблице 2 приведены основные результаты наблюдений параметров атмосферы – диапазоны значений, средние, стандартные отклонения и коэффициенты вариации – температуры (T , °C), давления (P , мм рт. ст.) и влажности атмосферного воздуха (W , %), а также количество осадков, выпавших за весь период наблюдений.

Самые большие диапазоны температуры и влажности атмосферного воздуха зарегистрированы в 2017 г. В течение периода наблюдений в этом году регулярно выпадали слабые осадки. Периоды наблюдений в 2014 и 2016 гг. характеризуются примерно одинаковыми диапазонами температуры и влажности. Однако, в отличие от сухой погоды в 2014 г., в 2016 г. иногда шли сильные дожди.

Как отмечено выше, диапазоны результатов измерений плотности потока радона, как и соответствующие коэффициенты вариации, для 3 площадок заметно отличаются. Измерения на первой площадке проведены в период сухой погоды, когда над Западной Сибирью стоял устойчивый антициклон. При таких погодных условиях и однородности физических свойств грунтов на этой площадке варибельность результатов измерения плотности потока минимальна и составляет всего 20%, что даже меньше погрешности измерений.

Диапазон значений и, соответственно, коэффициенты вариации плотности потока радона, измеренной в 2016 и 2017 гг., значительно больше. Варибельность, обусловленная пространственной неоднородностью грунтов, в этом случае исключается, т.к. измерения на каждой площадке проведены в одной точке. Следовательно, относительно большой разброс, в основном, обусловлен тем, что в период измерений погодные условия были неустойчивыми и характеризовались выпадением осадков (см. табл. 2). Самый большой разброс значений плотности потока радона (для метода НК 80%) как раз наблюдается в 2016 г., когда за период наблюдения выпало наибольшее количество осадков.

Для изучения влияния отдельных параметров атмосферы на выход радона с поверхности почвогрунтов использован регрессионный анализ. Обработка показала, что большое значение коэффициента регрессии (0,84) соответствует экспоненциальной зависимости ППР от температуры для метода угольных адсорберов (см. рис. 1а). Данную закономерность можно объяснить тем, что измерения плотности потока радона проведены с открытым объемом камеры. Количество атмосферной влаги с ростом температуры уменьшается (см. рис. 1б), что, в свою очередь, приводит к усилению процесса сорбции радона на угле. Значимая зависимость результатов измерений плотности потока радона с помощью угольных адсорберов от других параметров атмосферы не обнаружена. Не обнаружены также корреляционные зависимости между ППР и параметрами атмосферы в результатах измерений методом НК.

Как отмечено выше, диапазоны значений давления, температуры и влажности атмосферного воздуха для периодов измерения в 2014 и 2016 гг. примерно одинаковы. Однако разброс значений плотности потока радона, измеренной в 2016 г., оказался значительно больше, чем в 2014 г. Основное отличие погодных условий заключалось в том, что в 2016 г. периодически шли сильные дожди. Известно, что на процессы эманирования и переноса радона сильное влияние оказывает влажность грунтов, которая увеличивается после выпадения осадков [16]. На рисунке 2 представлены значения плотности потока радона, полученные в утренние часы тех дней, накануне которых (ночью) выпадали дожди.

Из-за отсутствия необходимой статистики определенные выводы о зависимости плотности потока радона от количества осадков делать преждевременно. Тем не менее, просматривается следующая тенденция – при выпадении небольшого количества осадков плотность потока радона резко уменьшается, а затем с увеличением количества выпавшей влаги наблюдается заметный рост. Можно предположить, что при небольшом количестве осадков происходит закупорка верхних пор грунта, что препятствует выходу радона на поверхность. При значительном количестве осадков влага фильтруется на сравнительно большие глубины. При этом радон, количество которого на этих глубинах гораздо больше, чем в приповерхностных слоях, растворяется в воде (известно, что радон обладает высокой растворимостью в воде). При росте температур в утренние часы происходит интенсивное испарение насыщенной радоном влаги, что в конечном счете приводит к увеличению выхода радона из грунтов. Кроме того, в результате давления воды, запол-

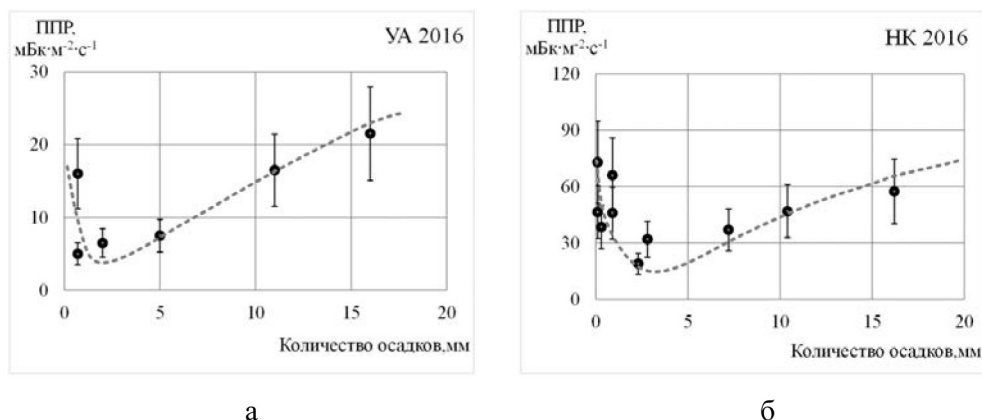


Рис. 2. Зависимость результатов измерений плотности потока радона от количества осадков: а – для угольных адсорберов; б – для накопительной камеры
[Fig. 2. Dependence of radon flux density measurements on rainfall: a) for carbon adsorbers; b) for the accumulation chamber]

няющей поры почвогрунтов, происходит выдавливание почвенного газа в виде пузырьков. Отметим, что результаты измерения ППР, полученные методом УА после выпадения дождей, характеризуются большим разбросом. Возможно, это связано с быстрым ростом температуры в утренние часы после выпадения осадков и достаточно большим периодом экспозиции, в течение которого проявляется зависимость показаний прибора от температуры (см. рис. 1а).

В некоторых работах отмечается, что на результаты измерения плотности потока радона могут влиять не абсолютные значения параметров атмосферы, а их изменение за время наблюдений [13]. Поэтому при обработке результатов измерений в 2017 г. проведён регрессионный анализ значений плотности потока радона в зависимости от изменения параметров атмосферы между 2 последовательными измерениями. Регрессионный анализ показал, что ни знак, ни величина этих изменений не влияют на усредненное по 2 последовательным измерениям значение ППР. С помощью регрессионного анализа также установлено, что изменение параметров атмосферы не оказывает значимого влияния и на вариабельность результатов измерения.

Отсутствие корреляции между значениями ППР и отдельными параметрами атмосферы не означает, что процесс выхода радона из грунтов не зависит от атмосферных условий. Скорее всего, атмосфера оказывает комплексное влияние на процесс выхода радона на поверхность. Например, повышение температуры приводит к возникновению дневных конвективных потоков, способствующих выходу радона с поверхности грунтов. Однако повышение температур в летний период, как правило, сопровождается ростом атмосферного давления, что оказывает противоположное действие.

Выводы

1. При проведении радиационно-экологических изысканий на участках застройки измерения радона необходимо проводить на поверхности плотных пород, характерных для основания фундаментов зданий.

2. Основное влияние на результаты измерений плотности потока радона и их вариабельность оказывают осадки.

Следовательно, для получения достоверных оценок средних значений плотности потока радона измерения рекомендуется проводить в период сухой устойчивой погоды.

3. Для достаточно больших выборок (≥ 30) средние значения плотности потока радона для методов накопительных камер и угольных адсорберов совпадают. В экспедиционных условиях метод накопительной камеры предпочтительнее, так как проще в исполнении и не требует дополнительного оборудования (регенератор активированного угля) и специального программного обеспечения. Кроме того, для метода угольных адсорберов обнаружена положительная корреляционная зависимость результатов измерения от температуры.

Литература

1. Жуковский, М.В. Анализ эффективности мероприятий по снижению доз облучения населения от техногенных и природных источников на примере села Муслюмово, река Теча / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко, Г.П. Малиновский, Е.И. Толстых // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 30–35. – DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-1-30-35.
2. Малиновский, Г.П. Радон, курение и вирус папилломы человека как факторы риска рака легкого в эпидемиологическом исследовании экологического типа / Г.П. Малиновский, И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 106–114. – DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-2-106-114
3. Nisar Ahmad [et al.] An overview of radon concentration in Malaysia. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 2017, Vol. 10, N 4, pp. 327-330.
4. H.M. Al-Khateeb [et al.] Seasonal variation of indoor radon concentration in a desert climate. Applied Radiation and Isotopes, 2017, Vol. 130, pp. 49-53.
5. Baeza A. [et al.] Influence of architectural style on indoor radon concentration in a radon prone area: A case study. Science of The Total Environment, 2018, Vol. 610-611, pp. 258-266.
6. Росоловский, А.П. Радиологическая оценка некоторых природных источников ионизирующего излучения на территории новгородской области / А.П. Росоловский // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 62–66.
7. Чунихин, Л.А. Карта радоновой опасности территории республики Беларусь / Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 43–46.
8. Ciotoli G. [et al.] Geographically weighted regression and geostatistical techniques to construct the geogenic radon poten-

tial map of the Lazio region: A methodological proposal for the European Atlas of Natural Radiation. Journal of Environmental Radioactivity, 2017, Vol. 166, N 2, pp. 355-375.

9. Kemski J. [et al.] Mapping the geogenic radon potential in Germany. The Science of the Total Environment, 2001, Vol.272, pp. 217-230.

10. Katalin Zsuzsanna Szabó [et al.] Dynamics of soil gas radon concentration in a highly permeable soil based on a long-term high temporal resolution observation series. Journal of Environmental Radioactivity, 2013, Vol. 124, pp. 74-83.

11. Чеховский, А.Л. Картирование территории Гомельской, Могилёвской и Витебской областей по комплексному радоновому показателю и объёмной активности радона в жилых зданиях / А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Радиация и риск. – 2016. – Т. 25, № 4. – С. 126–136.

12. Neznal M., Neznal M. The new method for Assessing the Radon Risk of Building Sites. Czech Geological Survey Special Papers, 2004, Vol.16, pp. 7-47.

13. Белецкая, Ю.В. Вариации плотности потока радона с поверхности почвы экспериментального полигона / Ю.В. Белецкая, Г.И. Крупный, А.М. Мамаев, Я.Н. Расцветалов // АНРИ. – 2010. – № 1. – С. 34–36.

14. Sakalys J., Kvietkus K., Sucharová J., Suchara I., Valiulis D. Changes in total concentrations and assessed background concentrations of heavy metals in moss in Lithuania and the Czech Republic between 1995 and 2005. J. Chemosphere, 2009, Vol. 76, №1, pp. 91-97.

15. Пат. №2017119384/28 (033598). Способ оценки радоноопасности участков застройки / Н.К. Рыжакова, К.О. Шилова; опубл. 18.12.2017.

16. Рыжакова, Н.К. Методы и результаты определения коэффициентов эманирования глинистых грунтов города / Н.К. Рыжакова, Г.А. Раменская // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 168-176.

Поступила: 15.04.2018 г.

Рыжакова Надежда Кирилловна – кандидат физико-математических наук, доцент Инженерной школы ядерных технологий, НИТПУ, Томск, Россия

Ставицкая Ксения Олеговна – аспирант Инженерной школы ядерных технологий, НИТПУ. Адрес для переписки: 634050, Томская обл., Томск, проспект Ленина, 30; E-mail: shilovaxeniya@gmail.com

Удалов Андрей Александрович – магистрант Инженерной школы ядерных технологий, НИТПУ, Томск, Россия

Для цитирования: **Рыжакова Н.К., Ставицкая К.О., Удалов А.А. Проблемы оценки потенциальной радоноопасности участков застройки // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 37-44. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2 -37-44**

Issues in assessment of potential radon hazard at building sites

Nadezhda K. Ryzhakova, Kseniya O. Stavitskaya, Andrey A. Udalov

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

High concentrations of radon in the premises leads to a risk of lung cancer for the population. In this regard, in the production of design and construction works, an assessment is made of the potential hazard of radon in the construction sites. At the present, the unified approach to methodology of assessment is not developed. Abroad, various categorical and numerical values, such as radon potential or radon index, are used as criteria for radon hazard. In different countries, these criteria are determined using various parameters: uranium / radium concentration, radon volumetric activity in soil air and premises, gas permeability of soils, geological structure of underlying rocks, dose rate of gamma radiation. Studies conducted abroad show that the parameters used, as a rule, do not correlate with the amount of radon entering buildings during its operation. In the Russian Federation, the radon flux density measured on the soil surface is used to estimate the potential radon hazard of a building site. Applied today method of potential radon hazard assessment has one general drawback. It is low reliability of results. Such a quality of assessments obtained by measuring the radon flux density is due to the variability in the values of this value and to the measurement of the surface of the soil. The paper discusses the results of measuring the radon flux density obtained by the methods of «accu-

Kseniya O. Stavitskaya

Tomsk Polytechnic University

Address for correspondence: Lenin Avenue, 30, Tomsk Region, Tomsk, 634034, Russia; E-mail: shilovaxeniya@gmail.com

mulation chambers» and «carbon adsorbers» in the summer periods of 2014, 2016 and 2017. It was confirmed that the strongest influence on the values and variability of radon flux density is exerted by precipitation. The paper presents the results of radon flux density measurements on the soil surface, as well as on the surface of dense loams lying at depths of 0.5 m and 1.5 m. It is shown that the radon flux density measured on the soil surface is two to three times smaller than the values of this value measured on the surface of dense rocks. It is important to note that the lowest variability of the results (20%) was observed in 2014, when measurements were made on the surface of dense loams during dry, stable weather.

Key words: radon, radon flux density, soil, measurement method, accumulation chamber, carbon adsorber, weather conditions, soil physical features, radium activity concentration.

References

- Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V., Malinovsky G.P., Tolstykh E.I. Analysis of the effectiveness of measures on reduction population radiation doses due to technogenic and natural sources on the example of Muslyumovo village, the river Techa. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(1):30-35. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-1-30-35
- Malinovsky G.P., Yarmoshenko I.V., Zhukovsky M.V. Radon, smoking and human papilloma virus as risk factors for lung cancer in an environmental epidemiological study. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(2):106-114. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-2-106-114
- Nisar Ahmad [et al.] An overview of radon concentration in Malaysia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2017, Vol. 10, N 4, pp. 327-330.
- H.M. Al-Khateeb [et al.] Seasonal variation of indoor radon concentration in a desert climate. *Applied Radiation and Isotopes*, 2017, Vol. 130, pp.49-53.
- Baeza A. [et al.] Influence of architectural style on indoor radon concentration in a radon prone area: A case study. *Science of The Total Environment*, 2018, Vol. 610-611, pp. 258-266.
- Rosolovsky A.P. Radiological assessment of some natural sources of ionizing radiation in the Novgorod region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(3):62-66. (In Russian)
- Chunikhin L.A., Chekhovsky A.L., Drozdov D.N. The Republic of Belarus radon danger map. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2016; 9(4):43-46. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2016-9-4-43-46
- Ciotoli G. [et al.] Geographically weighted regression and geostatistical techniques to construct the geogenic radon potential map of the Lazio region: A methodological proposal for the European Atlas of Natural Radiation. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2017, Vol. 166, N 2, pp. 355-375.
- Kemski J. [et al.] Mapping the geogenic radon potential in Germany. *The Science of the Total Environment*, 2001, Vol. 272, pp. 217-230.
- Katalin Zsuzsanna Szabó [et al.] Dynamics of soil gas radon concentration in a highly permeable soil based on a long-term high temporal resolution observation series. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2013, Vol. 124, pp. 74-83.
- Chekhovsky A.L., Drozdov D.N. Mapping territory of Gomel, Mogilev and Vitebsk regions for complex radon index and radon volume activity in residential buildings. *Radiatsiya i risk = Radiation and risk*, 2016, vol.25, no.4, pp. 126-136. (In Russian)
- Neznal M., Neznal M., The new method for Assessing the Radon Risk of Building Sites. *Czech Geological Survey Special Papers*, 2004, Vol. 16, pp. 7-47.
- Beletskaya Yu.V., Krupnyy G.I., Mamaev A.M. Variations in the radon flux density from the soil surface of the experimental range. *ANRI = ANRI*, 2010, no.1:34-36. (In Russian)
- Sakalys J., Kvietkus K., Sucharová J., Suchara I., Valiulis D. Changes in total concentrations and assessed background concentrations of heavy metals in moss in Lithuania and the Czech Republic between 1995 and 2005. *J. Chemosphere*, 2009, Vol. 76, № 1, pp. 91-97.
- Ryzhakova N.K. Shilova K.O. 12/18/2017. Method for assessing the radon hazard of building sites. The patent for the invention №2017119384/28 (033598). (In Russian)
- Ryzhakova N.K., Ramenskaya G.A. Methods and results of determining the emanation coefficients for clay soils of Tomsk. *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya = Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2012, No.2, pp. 168-176 (In Russian)

Received: April 15, 2018

Nadezhda K. Ryzhakova – PhD, docent of the Engineer school of nuclear technologies, NITPU, Tomsk, Russia

For correspondence: Kseniya O. Stavitskaya – PhD student, Engineer school of nuclear technologies (Lenin Avenue, 30, Tomsk Region, Tomsk, 634034, Russia; E-mail: shilovaxeniya@gmail.com)

Andrey A. Udalov – MsC student, Engineer school of nuclear technologies, NITPU, Tomsk, Russia

For citation: Ryzhakova N.K., Stavitskaya K.O., Udalov A.A. Issues in assessment of potential radon hazard at building sites. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 2, pp.37-44. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-37-44

Особенности рациона питания населения Курильских островов, влияющие на формирование дозы внутреннего облучения

М.В. Кадука¹, Л.Н. Басалаева¹, Т.А. Бекашева¹, С.А. Иванов¹, Н.В. Салазкина¹, В.В. Ступина¹, А.Н. Кадука²

¹ 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

² Санкт-Петербургский противотуберкулезный диспансер № 3, Санкт-Петербург, Россия

В связи с возможным распространением радиоактивного загрязнения на территориях Дальневосточного региона Российской Федерации в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» научно-исследовательский институт радиационной гигиены провел серию экспедиционных исследований с целью уточнения радиационной обстановки на территории Сахалинской области. В мае – октябре 2011 г. было проведено обследование юго-восточной части Сахалинской области, включавшее территорию Корсаковского района острова Сахалин и островов Кунашир и Шикотан, ближе всех расположенных к АЭС «Фукусима-1». Осенью 2012 г. были проведены дополнительные исследования на островах Сахалин, Итуруп и Кунашир. В рамках экспедиционных обследований 2011–2012 гг. проводили замеры мощности дозы гамма-излучения, гамма-спектрометрические исследования, отбор проб почвы, пищевых продуктов и объектов окружающей среды, а также опросы местного населения с целью уточнения рационов питания. Было отобрано 132 пробы пищевых продуктов, потребляемых местным населением, с последующим проведением их гамма-спектрометрического и радиохимического анализа. Проведено 99 опросов местного населения с целью установления объемов потребления разных видов пищевых продуктов, уточнения рационов питания и его особенностей. Опросы показали, что практически все респонденты потребляют молоко, рыбу, в основном морскую, морепродукты и/или водоросли. Местное население употребляет в свежеприготовленном виде и заготавливает на зиму в засоленном или маринованном виде травянистые лесные растения: черемшу, папоротник, лопух. Потребление взрослым населением коровьего молока, причем в основном произведенного в личных подсобных хозяйствах, может достигать 200 л/год, потребление морской рыбы – 170 кг/год, морепродуктов – 100 кг/год, водорослей – 50 кг/год. Более 50% опрошенных достаточно активно потребляют лесные грибы – до 90 кг/год, около 3% – мясо диких животных – до 6 кг/год или мясо дикой птицы – до 15 кг/год. Проведенные опросы выявили особенности рациона питания крупного рогатого скота, а именно: коровы пасутся неорганизованно, питаются луговой и лесной травой, кустарничковой растительностью, водорослями на побережье. Лесные массивы обследованного региона расположены на территориях с преобладанием песчаных, супесчаных и суглинистых почв. Значения коэффициентов перехода изотопов цезия из таких почв в пищевые продукты и объекты окружающей среды существенно выше значений коэффициентов перехода из плодородных черноземных почв. Таким образом, население края активно потребляет в пищу продукты, переход изотопов цезия в которые достаточно высок.

Ключевые слова: авария на АЭС «Фукусима-1», население Курильских островов, опросы населения, рационы питания, потребление пищевых продуктов.

Введение

В связи с возможным распространением радиоактивного загрязнения на территориях Дальневосточного региона Российской Федерации в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» институт радиационной гигиены провел серию экспедиционных исследований с целью уточнения радиационной обстановки на территории Сахалинской области [1, 2]. В мае – октябре 2011 г. было проведено обследование юго-восточной части Сахалинской области, включавшее территорию Корсаковского района острова Сахалин и островов Кунашир

и Шикотан, ближе всех расположенных к АЭС «Фукусима-1». Осенью 2012 г. были проведены дополнительные исследования на островах Сахалин, Итуруп и Кунашир. В рамках экспедиционных обследований 2011–2012 гг. проводили замеры мощности дозы гамма-излучения, гамма-спектрометрические исследования с использованием переносного спектрометра с полупроводниковым детектором, отбор проб почвы, пищевых продуктов и объектов окружающей среды, а также опросы местного населения с целью уточнения рационов питания. Было отобрано 132 пробы пищевых продуктов, потре-

Кадука Марина Валерьевна

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: kaduka@mail.ru

бляемых местным населением, с последующим проведением их гамма-спектрометрического и радиохимического анализа. Проведено 99 опросов населения островов Кунашир, Шикотан и Итуруп по объему потребления разных видов пищевых продуктов с целью уточнения рационов питания и установления его особенностей. Было установлено, что рационы питания населения островов Курильской гряды, от которых зависит доза внутреннего облучения человека, существенно отличаются от усредненных по России рационов питания населения страны¹ [3], которые принимаются по данным о рекомендуемых объемах потребления пищевых продуктов, включенных в перечень потребительской корзины для основных социально-демографических групп населения в целом по Российской Федерации, и от рационов жителей территорий, загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС, установленных в результате исследований, проведенных специалистами института [4]. Особенности рационов питания жителей Курильских островов обусловлены их климато-географическим положением, трудностями, связанными с организацией доставки продуктов питания из других регионов, а также общей экономической ситуацией в стране. Постоянное население островов проживает в основном на южных островах – Итуруп, Кунашир, Шикотан и северных – Парамушир, Шумшу. Основу хозяйства составляет рыбная промышленность, т.к. основное природное богатство – биоресурсы моря [5]. Южные Курильские острова также характеризуются благоприятными гидробиологическими условиями для воспроизводства рыбы. Особенностью ряда островов является наличие природных нерестилищ лососевых рыб, например нерки на острове Итуруп [6]. Сельское хозяйство из-за неблагоприятных природных условий существенного развития не получило [5]. В результате основу рациона питания жителей Курильских островов составляют рыба и морепродукты [1, 3, 7]. Значительную часть рациона составляют морские водоросли, лесные грибы и ягоды, лесная растительность. Проведенные специалистами института исследования [1, 3, 8] показали, что удельная активность изотопов цезия (¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs) и ⁹⁰Sr в пищевых продуктах, отобранных на территории Курильских островов в 2011–2012 гг., существенно ниже допустимых или рекомендованных уровней их содержания в продуктах^{2,3}. Однако рыба, морепродукты и природные пищевые продукты (водоросли, грибы, ягоды, лесная растительность) могут вносить существенный потенциальный вклад в дозу внутреннего облучения в результате большого объема их потребления местным населением при (возможно) относительно малом содержании в них техногенных радионуклидов.

Цель исследования – провести статистическую обработку опросных карт жителей Курильских островов для установления реальных рационов питания и выявления его особенностей, что необходимо для оценки доз внутреннего облучения населения за счет потребления пищевых продуктов.

Материалы и методы

Для установления структуры рационов питания жителей Курильских островов и особенностей, влияющих на формирование дозы внутреннего облучения местного населения после аварии на АЭС «Фукусима-1», необходимо было провести опросы по объемам потребления продуктов питания, составляющих основную часть рациона питания. Научные публикации, содержащие сведения о численных значениях компонентов рационов питания жителей Курильских островов, отсутствуют в доступной печати. Открытые данные Росстата по рационам питания жителей данного региона являются качественными, описывающими частоту потребления того или иного продукта, и не содержат сведений об объемах потребления продуктов, составляющих основу рациона местного населения [9].

Специалистами института радиационной гигиены в 2011–2012 гг. было проведено 99 опросов населения островов Кунашир (населенные пункты Отрада, Дубовое, Головино), Шикотан (населенные пункты Крабозаводское, Малокурильское) и Итуруп (город Курильск) по объему потребления разных видов пищевых продуктов с целью уточнения рационов питания и установлению его особенностей. Опросы проводили по анкете (опросная карта), разработанной в институте радиационной гигиены для населения территорий, загрязненных после аварии на ЧАЭС, скорректированной с учетом предполагаемых особенностей рационов питания жителей Курильских островов. В анкете предусматривалась возможность заполнения строк без обозначения пищевого продукта на случай выявления потребления местным населением пищевых продуктов, неучтенных при разработке анкеты. Форма опросной карты для населения утверждена Приказом Руководителя Роспотребнадзора № 431 от 29.04.2011 г. «О проведении дополнительных исследований радиационной обстановки на территории ряда субъектов Российской Федерации, входящих в Дальневосточный федеральный округ».

В опросную карту вносили подробные общие сведения о респонденте: место проживания, дата рождения, пол, наименование профессии (или социального статуса), место работы, состав семьи. Карта включала вопросы для установления следующих сведений:

- наличие в хозяйстве огорода, мясного и мясомолочного скота и домашней птицы;
- особенности содержания молочного скота и заготовки сена;
- объем личного потребления сельскохозяйственных пищевых продуктов, составляющих основу рациона питания (мясо, птица, молоко, картофель) и объем потребления данных продуктов членами семьи;
- источник поступления сельскохозяйственных продуктов (подсобное хозяйство, магазин, иное);

¹ Методические рекомендации МР 2.6.1.0088-14 «Форма федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона». М.: Роспотребнадзор. 36 с. [Methodical Recommendations MR 2.6.1.0088-14 «Form for Federal statistic surveillance № 4 DOS. Data on population exposure doses due to natural and artificially influenced radiation background». Moscow, Rospotrebnadzor, 36 p.]

² СанПин 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. [Sanitary Rules and Norms. Hygienic requirements to safety and nutritional value of foodstuffs SanRaN 2.3.2.1078-01]

³ СанПиН 2.3.2.2650-10 Дополнения и изменения № 18 к СанПиН 2.3.2.1078-01. [Sanitary Rules and Norms. Additions and changings № 18 to SanRaN 2.3.2.1078-01. SanRaN 2.3.2.2650-10]

- объем личного потребления морской, речной и озерной рыбы и объем потребления данных продуктов членами семьи;

- объем личного потребления морепродуктов и объем потребления данных продуктов членами семьи;

- объем личного потребления морских водорослей и объем потребления водорослей членами семьи;

- объем личного потребления лесных грибов, ягод и дичи и объем потребления данных продуктов членами семьи.

При проведении опроса мы по возможности уточняли место сбора природных пищевых продуктов и заготовки сена для выяснения условий произрастания продукта (тип почвы, рельеф местности и т.д.). В случае, если респондент потреблял мясо пернатой дичи, уточняли, является ли каждый конкретный вид птицы перелетным (мигрирующим) или постоянным обитателем местных охотничьих угодий ввиду того, что перелетная птица могла зимовать в районах Японии, существенно загрязненных вследствие аварии на АЭС «Фукусима-1».

Данные из опросных карт были занесены в специально разработанную в программе Statistica 8 базу данных и статистически обработаны с учетом половозрастной структуры опрошенных жителей.

Результаты и обсуждение

В период проведения экспедиционных исследований было опрошено 40 лиц мужского пола в возрасте от 4 до 70 лет (средний возраст 38 лет) и 59 лиц женского пола в возрасте от 2 до 78 лет (средний возраст 38 лет). Данные о рационе питания малолетних детей были предоставлены их родителями или родственниками. Проведены опросы взрослых жителей старше 18 лет: мужчины – 31 респондент (средний возраст 47 лет), женщины – 47 респондентов (средний возраст 45 лет). Были заполнены опросные карты по рационам питания детских возрастных групп: подростки мужского пола от 14 и младше 18 лет – 1 респондент, женского пола в данной возрастной группе – 3 респондента, дети мужского пола младше 14 лет – 8 респондентов, женского пола в данной возрастной группе – 9 респондентов. Далее в данном разделе статьи представлены результаты статистической обработки данных опросных карт только взрослого населения мужского и женского пола. Данные, полученные в результате статистической обработки опросных карт детей и подростков, не представлены ввиду малого числа проведенных опросов, недостаточного для достоверной оценки рационов питания указанных групп населения. Проведенные опросы выявили особенности рационов питания, пищевых привычек и способов кулинарной обработки продуктов, характерные для жителей островов Курильской гряды.

По данным опросов, проведенных на островах Кунашир и Шикотан осенью 2011 г. (76 опросных карт), были выявлены следующие особенности рациона питания и выпаса скота:

1. Местное население употребляет в свежеприготовленном виде и заготавливает морскую и речную рыбу. Жители Курильских островов употребляют в пищу следующие виды рыбы: корюшка, кумжа, горбуша, кета, форель, палтус, камбала, навага, минтай, треска, сайра, мальма, таймень. Корюшку и навагу вылавливают с декабря по февраль. Местное население сушит корюшку для дальнейшего потребления. Из 50 кг свежей корюшки по-

лучается 20 кг сушеной. Камбалу вылавливают в течение всего года. Икру заготавливают в июле – августе, свежеприготовленную икру многие местные жители замораживают для последующего потребления в течение года.

2. Местное население употребляет в свежеприготовленном виде и заготавливает морепродукты: креветка, гребешок, спизула, краб, кукумария, рапан, морской еж. Креветки и гребешки вылавливают с мая по декабрь, крабы – с декабря по март. Морепродукты замораживают и потребляют в течение всего года. Кукумарию дополнительно к перечисленным видам кулинарной обработки сушат.

3. Местное население достаточно активно употребляет в пищу водоросли: морскую капусту и морской виноград. Из водорослей готовят салаты и различные закуски.

4. Местное население активно собирает лесные ягоды: лимонник, краснику (*Vaccinium praestans*, местное название «клоповка»), бруснику, актинидию, чернику, ежевику, землянику, рябину, лесную красную смородину, калину, шиповник. Лесные ягоды употребляют в пищу в сыром виде и заготавливают на зиму. Из клоповки приготавливают лечебный сироп, смешивая сок ягоды напополам с сахаром. Из 7 кг клоповки получается 3 л сиропа. Из шиповника варят компот, варенье, сушеные ягоды заваривают и употребляют как чай. Красную смородину и калину замораживают, готовят вино. Из актинидии и рябины готовят варенье, компот. Ягоды лимонника морозят, затем перед употреблением обдают кипятком и пьют как чай. Из брусники, ежевики, земляники приготавливают протертые смеси, варенье, замачивают с сахаром и т.д.

5. Местное население активно собирает и заготавливает лесные грибы: белые, подосиновики, подберезовики, маслята, козлята, польские грибы, лисички, млечники (в том числе черный груздь, рыжик), сыроежки (местное название «синявки»), рядовки, шампиньоны, опята, вешенки. Грибы употребляют в свежеприготовленном виде, замораживают, солят, маринуют (до 10 л на человека).

6. Местное население употребляет в свежеприготовленном виде и заготавливает травянистые лесные растения черемшу и папоротник. Из них готовят различные салаты. Папоротник жарят. Данные растения заготавливают на зиму в засоленном или маринованном виде. Черемшу засаливают, заливая соевым соусом, при этом из 10 кг травянистого растения получается 6 л готового блюда.

7. Из дичи местное население употребляет в пищу в основном птицу: свиязь, чирок, утка серая, чернеть хохлатая, кряква болотная, гусь гуменник, казарка, шилохвост. Средний вес гуся около 3,5 кг. Некоторые охотники употребляют в пищу зайцев и медведей.

8. В огороде местные жители выращивают: картофель, кабачки, зелень, морковь, чеснок, редис, баклажаны, свеклу, огурцы, помидоры, виноград. Некоторые семьи собирают до 50 кг помидоров и столько же огурцов за сезон.

9. Многие местные жители держат скот: свиней, коров, овец, кроликов и птицу: куриц, уток, гусей. Коровы пасутся неорганизованно, питаются луговой и лесной травой, кустарничковой растительностью, водорослями на побережье. Зимой коровы едят в лесу бамбук и высохшие водоросли на побережье.

В магазинах островов Кунашир и Шикотан можно купить привозное молоко, мясо, картофель. Молоко привозят из Владивостока, свинину с Сахалина и из Владивостока, картофель с Сахалина, Владивостока и из Китая.

По данным опросов, проведенных на острове Итуруп в сентябре 2012 г. (23 опросные карты), потребление рыбы, морепродуктов и водорослей такое же, как на Кунашире и Шикотане, только на Итурупе дополнительно употребляют в пищу кальмаров. Потребление лесных грибов и дичи такое же, как на Кунашире и Шикотане. Жители острова Итуруп собирают лесные ягоды: бруснику, клюкву, шиповник, клоповку, калину, рябину, чернику, и, в отличие от жителей островов Кунашир и Шикотан, малину и жимолость. Из клоповки также готовят лечебный сироп. Из брусники и клюквы делают варенье «пятиминутку» с сахаром. Бруснику и клюкву заготавливают до 17 кг на человека. Из лесной растительности потребляют в пищу папоротник, черемшу, лопух (жители островов Кунашир и Шикотан лопух в пищу

не потребляют). Лесную растительность употребляют в пищу в свежеприготовленном виде и заготавливают, солят и сушат. В огороде выращивают картофель, морковь, капусту, редис, репу, огурцы, помидоры, зелень (петрушка, укроп, японский лук, салат), в саду смородину, крыжовник, клубнику, малину, виноград. Садовую зелень употребляют в пищу в свежем виде, кроме того, сушат, солят и замораживают. Местные жители держат коров, свиней, куриц, уток, индюшек. Молоко в магазины привозят из Владивостока и с Сахалина, картофель с Сахалина, свинину и говядину из Китая.

Данные по рационам питания жителей Курильских островов мужского пола старше 18 лет (31 респондент) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по рациону питания жителей Курильских островов мужского пола старше 18 лет за период наблюдений 2011–2012 гг.

[Table 1

Data on food ration of Kuril Islands mail inhabitants over 18 years old for observation period 2011–2012]

Продукт [Product]	Число потребителей в группе [Number of consumers in a group]	Среднее значение, кг/год [Mean value, kg/year]	Стандартная ошибка [St. error of mean]	Минимум*, кг/год [Minimal value*, kg/year]	Максимум, кг/год [Maximal value, kg/year]
Свинина местная [Pork, local]	16	23	6,4	1	120
Свинина, магазин [Pork, store]	6	4,3	1,7	10	30
Говядина местная [Beef, local]	22	22	5,1	1,0	120
Говядина, магазин [Beef, store]	2	0,5	0,4	6	10
Баранина [Lamb]	3	2,2	1,4	5	32
Крольчатина [Rabbit meat]	1	0,3	-	-	8
Птица местная [Poultry, local]	6	4,5	2,3	3	56
Птица, магазин [Poultry, store]	2	4,6	3,5	42	100
Рыба морская [Sea fish]	30	37	6,2	1	170
Морепродукты [Seafood]	30	11	2,8	1	73
Картофель местный [Potatoes, local]	21	36	6,7	7,5	120
Картофель, магазин [Potatoes, store]	14	25	6	21	100
Молоко местное [Milk, local]	14	39	11	26	200
Молоко, магазин [Milk, store]	4	7,3	3,8	25	90
Водоросли [Edible algae]	21	5,3	1,2	1	20
Грибы [Mushrooms]	18	4,8	1,3	1,5	30
Ягоды [Berries]	17	6,5	1,6	3	40
Дичь, птица [Feathered game]	6	0,8	0,3	1	6
Дичь, заяц, медведь [Game, hare, bear]	1	0,20	0,20	6	6
Лесная растительность** [Forest herbs]	11	2,5	1,1	1	30

* в случае, если респондент потребляет продукт [for a case of product consuming by a respondent];

** папоротник, черемша, лопух [fern, wild garlic, burdock].

Результаты проведенных опросов выявили, что из числа респондентов мужского пола Курильских островов не едят свинину 10 человек. Один опрошенный потребляет как местную свинину, так и из магазина. Остальные респонденты потребляют или исключительно местную свинину, или свинину из магазина. Не едят говядину 7 человек. Респонденты потребляют или исключительно местную говядину, или говядину из магазина. Не едят ни свинину, ни говядину 2 человека. Из опрошенных 4 человека потребляют как местный картофель (от 7,5 до 15 кг/год, в среднем 12 ± 2 кг/год), так и привозной (от 31 до 90

кг/год, в среднем 40 ± 17 кг/год), остальные респонденты потребляют или исключительно привозной, или исключительно местный картофель. Респонденты потребляют или исключительно местное молоко, или исключительно привозное. Вообще не пьют молоко 13 человек.

Данные по рационам питания жителей Курильских островов женского пола старше 18 лет (47 респондентов) приведены в таблице 2.

Результаты проведенных опросов выявили, что из числа респондентов женского пола Курильских островов не едят свинину 10 человек. 3 опрошенных потребляют как

Таблица 2

Данные по рациону питания жителей Курильских островов женского пола старше 18 лет за период наблюдений 2011–2012 гг.

[Table 2

Data on food ration of Kuril Islands female inhabitants over 18 years old for observation period 2011 – 2012]

Продукт [Product]	Число потребителей в группе [Number of consumers in a group]	Среднее значение, кг/год [Mean value, kg/ year]	Стандартная ошибка [St. error of mean]	Минимум*, кг/год [Minimal value*, kg/ year]	Максимум, кг/год [Maximal value, kg/year]
Свинина местная [Pork, local]	25	18	4,4	3	120
Свинина, магазин [Pork, store]	15	6,7	2,7	1	120
Говядина местная [Beef, local]	32	17	3,6	2	120
Говядина, магазин [Beef, store]	12	2,2	0,7	2	24
Баранина [Lamb]	7	1,9	1,0	2	32
Крольчатина [Rabbit meat]	2	0,4	0,2	8	8
Птица местная [Poultry, local]	12	4,5	1,7	2	50
Птица, магазин [Poultry, store]	8	6,8	2,8	4	100
Рыба морская [Sea fish]	45	29	3,8	1	100
Морепродукты [Seafood]	46	15	3,2	1	100
Картофель местный [Potatoes, local]	33	35	4,9	7,5	120
Картофель, магазин [Potatoes, store]	21	21	4,5	6	100
Молоко местное [Milk, local]	20	34	8,8	2	200
Молоко, магазин [Milk, store]	11	9,8	3,5	1	90
Водоросли [Edible algae]	35	6,8	1,5	1	50
Грибы [Mushrooms]	27	6,9	2,5	1,5	90
Ягоды [Berries]	30	9,0	1,7	1,3	60
Дичь, птица [Feathered game]	7	0,7	0,4	2	15
Дичь, заяц, медведь [Game, hare, bear]	1	0,2	0,2	6	6
Лесная растительность** [Forest herbs]	25	5,2	1,6	0,5	55

* в случае, если респондент потребляет продукт [for a case of product consuming by a respondent];

** папоротник, черемша, лопух [fern, wild garlic, burdock].

местную свинину, так и свинину из магазина. Остальные респонденты потребляют или исключительно местную свинину, или свинину из магазина. Не едят говядину 5 человек. Двое опрошенных потребляют как местную говядину, так и говядину из магазина. Остальные респонденты потребляют или исключительно местную говядину или говядину из магазина. Не едят ни свинину, ни говядину 2 человека. Из опрошенных 7 человек потребляют как местный картофель (от 7,5 до 40 кг/год, в среднем $16,6 \pm 4,0$), так и привозной (от 15 до 90 кг/год, в среднем 41 ± 13 кг/год), остальные респонденты — или привозной, или местный картофель. Один опрошенный пьет как местное молоко (10 л/год), так и привозное (10 л/год). Остальные респонденты потребляют или исключительно местное молоко, или исключительно привозное. Вообще не пьют молоко 17 человек.

Выводы

1. Проведенные опросы показали, что практически все респонденты потребляют молоко, рыбу (в основном морскую), морепродукты и/или водоросли. Местное население употребляет в свежеприготовленном виде и заготавливает травянистые лесные растения черемшу и папоротник. Из них готовят различные салаты, папоротник жарят. Данные растения заготавливают на зиму в засоленном или маринованном виде.

2. Потребление взрослым населением коровьего молока, причем в основном произведенного в личных подсобных хозяйствах, может достигать 200 л/год, потребление морской рыбы – 170 кг/год, морепродуктов – 100 кг/год, водорослей – 50 кг/год.

3. Более 50% опрошенных взрослых респондентов достаточно активно потребляют лесные грибы (до 90 кг/год), около 3% – мясо диких животных (до 6 кг/год) или мясо дикой птицы (до 15 кг/год).

4. Проведенные опросы выявили особенности рациона питания крупного рогатого скота, а именно – коровы пасутся неорганизованно, питаются луговой и лесной травой, кустарничковой растительностью, водорослями на побережье. Зимой коровы едят в лесу бамбук и высохшие водоросли на побережье. Лесные массивы обследованного региона расположены на территориях с преобладанием песчаных, супесчаных и суглинистых почв. Значения коэффициентов перехода изотопов цезия из таких почв в пищевые продукты и объекты окружающей среды существенно выше значений коэффициентов перехода из плодородных черноземных почв. Таким образом, население края активно потребляет в пищу продукты, переход изотопов цезия в которые достаточно высок.

5. При оценке доз внутреннего облучения необходимо учитывать особенности рациона питания жителей Дальневосточного региона, а именно: активное потребление морепродуктов – рыбы, моллюсков, крабов, креветок, водорослей и лесных продуктов – грибов, ягод, черемши, папоротника, лопуха.

6. Рыба, морепродукты и другие природные пищевые продукты (водоросли, грибы, ягоды, лесная раститель-

ность) могут вносить существенный потенциальный вклад в дозу внутреннего облучения в результате большого объема их потребления местным населением при (возможно) относительно малом содержании в них техногенных радионуклидов.

7. Для получения более достоверной информации о рационах питания жителей Южно-Курильского района, необходимой для оценки дозы внутреннего облучения за счет поступления в организм техногенных нуклидов с пищевыми продуктами, следует провести дополнительные опросы местного населения с целью уточнения данных, полученных при первичном обследовании за счет расширения списка опрашиваемых разных возрастных групп.

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, А.И. Никитин; под ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко. — Санкт-Петербург: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева. – 2012. — 336 с.

2. Онищенко, Г.Г. Радиационная обстановка в дальневосточных субъектах российской федерации после аварии на АЭС «Фукусима-1» по данным весенне-летних обследований 2011 года / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, А.Н. Барковский, Г.Я. Брук, А.А. Горский, В.С. Степанов // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 7—13.

3. Романович, И.К. Предварительный анализ данных первичного обследования радиационной обстановки в юго-восточных районах Сахалинской области после аварии на АЭС «Фукусима-1» / И.К. Романович, А.В. Громов, Ю.Н. Гончарова // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 36—42.

4. Травникова, И.Г. Динамика изменений рационов питания населения Брянской области, живущего на территориях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС / И.Г. Травникова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 26—32.

5. Портал Библиотека менеджмента. Территориальная проблема Курильских островов. Население: <http://management-rus.ru/economics/kurili.php> (дата обращения: 09.04.2018).

6. Институт комплексных стратегических исследований (ИКСИ). Отрасли и рынки. Экономика южных Курильских островов: <https://icss.ru/otrasli-i-rynki/drugoe/ekonomika-yuzhnykh-kurilskikh-ostrovov> (дата обращения: 09.04.2018).

7. Пасюков, П.Н. Образ жизни и состояние здоровья школьных учителей Курильских островов (Сахалинская область) / П.Н. Пасюков // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2005. – № 3. – С. 46—49.

8. Кадука, М.В. Результаты исследования содержания радионуклидов цезия и ^{90}Sr в пищевой продукции и объектах внешней среды в Дальневосточном регионе Российской Федерации в связи с аварией на АЭС «Фукусима-1» / М.В. Кадука, Ю.Н. Гончарова, Л.Н. Басалаева, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука, Р.А. Тихомиров // Сб. тез. междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы радиационной гигиены», посвященной 85-летию со дня рождения П.В. Рамзаева. – СПб, 2014. – С. 74—76.

9. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение рациона питания населения 2013: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/food1/survey (дата обращения: 09.04.2018).

Поступила: 21.04.2018 г.

Кадука Марина Валерьевна – заведующая радиохимической лабораторией 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, дом 8; E-mail: kaduka@mail.ru

Басалаева Лариса Николаевна – старший научный сотрудник радиохимической лаборатории 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

Бекяшева Тамара Анатольевна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Иванов Сергей Анатольевич – младший научный сотрудник радиохимической лаборатории 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

Салазкина Нина Викторовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Ступина Вероника Вячеславовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории 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

Кадука Александра Николаевна – врач-фтизиатр участковый Санкт-Петербургского противотуберкулезного диспансера, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Кадука М.В., Басалаева Л.Н., Бекяшева Т.А., Иванов С.А., Салазкина Н.В., Ступина В.В., Кадука А.Н. Особенности рациона питания населения Курильских островов, влияющие на формирование дозы внутреннего облучения // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 45-52. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-45-52

Peculiarities of Kuril Islands population food ration influencing the internal dose forming

Marina V. Kaduka¹, Larisa N. Basalaeva¹, Tamara A. Bekyasheva¹, Sergey A. Ivanov¹, Nina V. Salazkina¹,
Veronika V. Stupina¹, Aleksandra N. Kaduka²

¹ 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

² Saint-Petersburg Tuberculosis Treatment Center №3, Saint-Petersburg, Russia

Institute of Radiation Hygiene carried out series of field studies because of possible dissemination of radioactive contamination in the territories of Far East regions of Russian Federation after the accident on "Fukushima-1" NPP. The aim of investigations was to clarify radiation situation in the territories of Sakhalin region. We carried out investigations during May-October of 2011 in the Sought-Eastern part of Sakhalin region including the territories of Korsakov district of Sakhalin Island and Kunashir and Shikotan Islands, which are located close to "Fukushima-1" NPP. In autumn of 2012, we carried additional investigation in the Islands Sakhalin, Iturup and Kunashir. In the frames of expedition investigations of 2011 – 2012, we carried out gamma-irradiation dose rate measurements, gamma-spectrometric investigations, sampling of soil, foodstuffs, environmental samples, and as well local population questionnaire survey with the aim of

Marina V. Kaduka

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

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

clarification of the food rations. We sampled 132 foodstuffs samples, which local population use to consume and implemented their gamma-spectrometric and radiochemical analysis. We carried out 99 questionnaire surveys of population to estimate the volume of consumption of different foodstuffs, clarification of food ration and its peculiarities. Carried survives revealed that practically all respondents consume milk, fish, mainly sea fish, seafood and/or edible algae. Local population consume freshly cooked, salt and pickled forest herbs: wild garlic, fern, and burdock. The consumption of cow milk, produced mainly in private farms, could reach 200 l/year, sea fish – 170 kg/year, seafood – 100 kg/year, edible algae – 50 kg/year. More than 50% of respondents rather actively consume forest mushrooms – up to 90 kg/year, 3% of respondents consume meat of game – up to 6 kg/year and feathered game – up to 15 kg/year. Carried survives revealed peculiarities of cattle ration: the cows gaze unorganized, feed meadow and forest grass and herbs, algae from a coast. Forest-lands of the investigated region are located in the territories with prevailing of sandy, sandy loam and loamy soils. The values of caesium isotopes transfer factors from such soils to foodstuffs and environmental objects are much higher than the values of transfer factors from fertile black soils. Thus, the population of investigated territory actively consume the foodstuffs transfer of caesium isotopes to which is rather high.

Key words: accident on “Fukushima-1” NPP, population of Kuril Islands, questionnaire surveys of population, food rations, foodstuffs consumption.

References

1. Romanovich I.K., Balonov M.I., Barkovsky A.N., Nikitin A.I. [et al.]; Ed.: G.G. Onishchenko. The Accident at the «Fukushima-1» NPP: Prophylactic Countermeasures for Health Safety of the Population of the Russian Federation. Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P.V. Ramzaev», Saint-Petersburg, 2012, 336 pp. (In Russian).
2. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Bruk G.Ya., Gorsky A.A., Stepanov V.S. Radiation situation in the far eastern regions of the Russian Federation on the basis of spring and summer surveys in 2011. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(3):7-13. (In Russian).
3. Romanovich I.K., Gromov A.V., Goncharova Yu.N. Preliminary analysis of the primary survey data of the radiation situation in the south-eastern Sakhalin region after the Fukushima NPP accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(3):36-42. (In Russian).
4. Travnikova I.G. The dynamics of food rations of Bryansk region population living in the territories contaminated after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(3):26-32. (In Russian).
5. Web portal «Library of management». Territorial problem of the Kuril Islands. Population. – Available from: <http://management-rus.ru/economics/kurili.php> (accessed 09.04.2018) (In Russian).
6. Institute of complex strategic research. Branches and markets. Economy of the southern Kuril Islands. – Available from: <https://icss.ru/otrasli-i-ryinki/drugoe/ekonomika-yuzhnyx-kuril-skix-ostrovov> (accessed 09.04.2018) (In Russian).
7. Pasyukov, P.N. Lifestyle and State of Health of School Teachers of Kuriles (Sakhalin Area). *Fizicheskaya kultura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka = Physical culture: development, education, training*, 2005, No 3, pp. 46-49.
8. Kaduka M.V., Goncharova Yu.N., Basalaeva L.N., Salazkina N.V., Kaduka A.N., Tikhomirov R.A. Results of the evaluation of the concentration of Cs and Sr radionuclides in the food products and environment in the Far-Eastern region of the Russian Federation due to the Fukushima-1 NPP accident. Proceedings of the conference “Acrual issues of the radiation hygiene”, commemorating 85th birthday of P. V. Ramzaev, Saint-Petersburg, 2014, pp. 74-76.
9. Federal governmental statistical service. Selective surveillance of the food rations of the population in 2013. – Available from: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/food1/survey (accessed 09.04.2018).

Received: April 21, 2018

For correspondence: Marina V. Kaduka – Head of Radiochemical 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, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kaduka@mail.ru)

Larisa N. Basalaeva – Senior Scientist, Radiochemical 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

Tamara A. Bekyasheva – Leading Engineer-researcher, Radiochemical 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

Sergey A. Ivanov – Junior Scientist, Radiochemical 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

Nina V. Salazkina – Leading Engineer-researcher, Radiochemical 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

Veronika V. Stupina – Leading Engineer-researcher, Radiochemical 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

Aleksandra N. Kaduka – Phthisiatritian, St-Petersburg Tuberculosis Treatment Center № 3, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Stupina V.V., Kaduka A.N. Peculiarities of Kuril Islands population food ration influencing on the internal dose forming. *Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 45-52. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-45-52

Влияние потребления различных пищевых продуктов на формирование доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации после аварии на Чернобыльской АЭС

А.А. Братилова, Г.Я. Брук

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 закономерностям формирования доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации за счет потребления различных пищевых продуктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС. Выполнена оценка вклада различных пищевых продуктов в формирование указанных доз, среди них выделены продукты, дающие наибольший вклад в формирование доз внутреннего облучения. На примере Брянской области проведено сравнение современных рационов питания населения с более ранними – в начальный и промежуточный периоды после аварии. Показано, как изменения в составе рационов питания влияют на уровни облучения местных жителей, что необходимо для корректной оценки доз внутреннего облучения населения, проживающего на загрязненных территориях.

Ключевые слова: Чернобыльская АЭС, радиоактивное загрязнение, доза внутреннего облучения, рацион питания.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) является самой масштабной радиационной катастрофой в мире. В результате теплового взрыва и выброса в атмосферу продуктов деления ядерного топлива радиоактивному загрязнению подверглись значительные территории. Только в Российской Федерации к зонам радиоактивного загрязнения (с поверхностной активностью цезия-137 на почве более 37 кБк/м² в 1991 г.) было отнесено 4540 населенных пунктов (далее – НП). По состоянию на 2016 г. к зонам радиоактивного загрязнения относятся 3855 НП, в которых проживает более 1,5 млн человек¹.

Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглась Брянская область: так, в Красногорском районе до сих пор есть населенные пункты с загрязнением почвы цезием-137 более 1,5 МБк/м². Значительно пострадали также Тульская, Калужская и Орловская области.

Кроме этих 4 областей, еще в 10 субъектах Российской Федерации имеются населенные пункты, расположенные в зонах радиоактивного загрязнения.

Цель исследования – изучение закономерностей формирования доз внутреннего облучения взрослого населения сельских НП Российской Федерации за счет потребления различных пищевых продуктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС и оценка вклада разных продуктов в формирование указанных доз.

Задачи исследования

1. Сбор и анализ данных радиационного мониторинга в 14 субъектах Российской Федерации, загрязненных долгоживущими радионуклидами, включающий в себя определение содержания ¹³⁷Cs в пищевых продуктах, индивидуальные опросы местных жителей о структуре и

¹ Постановление Правительства РФ от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» [Governmental decree of Russian Federation №1074 from 08.10.2015 «On approval of the list of locations within the contaminated zone boundaries due to the Chernobyl NPP accident»]

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

составе их рационов питания, результаты измерений содержания ^{137}Cs в их организме.

2. Оценка вклада различных пищевых продуктов в формирование доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Надо отметить, что в Российской Федерации до сих пор нет опубликованных работ о потреблении пищевых продуктов местного происхождения на чернобыльских территориях разных субъектов России (в нашей работе – это 12 субъектов из 14 пострадавших, ранее были только данные по Брянской области [1–2] с устаревшей на сегодняшний день информацией). В связи с этим актуальность данной работы совершенно очевидна.

Материалы и методы

Измерения содержания ^{137}Cs в организме жителей на счетчиках (спектрометрах) излучения человека (СИЧ), отбор проб пищевых продуктов, их предварительная подготовка к радиохимическому и гамма-спектрометрическому анализу на содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr проводили в соответствии с методическими рекомендациями 2.6.1.0006-10². В качестве СИЧ использовали портативные сцинтилляционные спектрометры «DigiDART» производства фирмы ORTEC, USA, с детектором NaI(Tl) 75×75 мм. В методических рекомендациях 2.6.1.0006-10 приведена также форма индивидуальных опросных анкет местного населения, использованных нами для выявления путей и особенностей формирования доз внутреннего облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, и уточнения полученных им доз внутреннего облучения за счет потребления пищевых продуктов. Анкета разработана таким образом, чтобы в результате ответов на вопросы разной направленности можно было установить наиболее достоверный ответ на интересующий нас вопрос.

Анкетирование населения выполнено сотрудниками института в экспедиционных исследованиях, проведенных в сельских НП Брянской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Пензенской, Рязанской, Тамбовской, Тульской и Ульяновской областей, а также Республики Мордовия.

Следует подчеркнуть, что среднестатистические данные Росстата о потреблении различных пищевых продуктов совершенно непригодны для расчетов доз внутреннего облучения населения. Во-первых, Росстат публикует, как правило, не фактические данные о потреблении, а так называемую «потребительскую корзину» – приблизительный набор продуктов, характеризующих типичный

уровень и структуру ежемесячного (ежегодного) потребления человека или семьи. Такой набор используется для вычисления минимального потребительского бюджета (прожиточный минимум). Во-вторых, фактические данные Росстата не только малодоступны, но и малопригодны для расчетов доз, обусловленных чернобыльской аварией, так как в них нет информации о потреблении пищевых продуктов именно местного происхождения, которые как раз и нужны для выполнения данных расчетов.

Как известно, модельные расчеты доз внутреннего облучения населения базируются либо на данных о содержании радионуклидов в местных пищевых продуктах, потребляемых жителями, и их рационе питания, либо на данных о коэффициентах перехода ^{137}Cs (КП₁₃₇) из преобладающих в данном НП групп и типов почв в различные пищевые продукты, поверхностной активности ^{137}Cs на почве и опять же рационе питания населения [3]. При этом можно использовать формулу (1) из методических указаний МУ 2.6.1.2003-05³:

$$E_{НП}^{int} = d_k \cdot \sum_i КП_i \cdot \sigma_{137} \cdot V_i \cdot K_i, \text{ мЗв/год}, (1)$$

где: d_k – дозовый коэффициент для пищевого пути поступления ^{137}Cs в организм человека; для взрослых мужчин и женщин принято среднее значение $d_k=1,2 \cdot 10^{-5}$ мЗв·Бк⁻¹ (с учетом разной мышечной массы у мужчин и женщин и разных периодов полувыведения ^{137}Cs из организма, составляющих в среднем для взрослых жителей средней полосы европейской части России 97 сут у мужчин и 72 сут у женщин);

$КП_i$ – коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в i -й пищевой продукт, 10⁻³ м²/кг; численные значения этого параметра на период 2012–2020 гг. для различных пищевых продуктов приведены в таблице 1;

σ_{137} – поверхностная активность ^{137}Cs в почве на территории НП в рассматриваемом году (по данным Росгидромета), кБк/м²;

V_i – годовое потребление i -го пищевого продукта, кг·год⁻¹;

K_i – коэффициент снижения содержания ^{137}Cs в готовом i -м пищевом продукте по сравнению с исходным вследствие его кулинарной обработки, отн. ед.; $K_i=1,0$ для молока, $K_i=0,8$ для картофеля, $K_i=0,5$ для грибов.

Используя формулу (1), можно оценить вклад в дозу внутреннего облучения от потребления различных пищевых продуктов.

К сожалению, количество СИЧ-измерений достаточно ограничено, и с их помощью невозможно закрыть проблему оценки доз в каждом НП из зон радиоактивного

² Методические рекомендации МР 2.6.1.0006-10 «Проведение комплексного экспедиционного радиационно-гигиенического обследования населенного пункта для оценки доз облучения населения». Радиационная гигиена. – 2011. Т. 4, № 3. С. 95–111. [Methodical guidelines MR 2.6.1.0006-10 «Conduction of the radiation-hygienic assessment of the residential areas for the assessment of the doses to the public». Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2011, Vol. 4, No. 3, pp. 95-111]

³ Методические указания МУ 2.6.1.2003-05 «Оценка средних годовых эффективных доз облучения критических групп жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС». Введ. 01.10.2005. М., 2005. 16 с. [Methodological guidelines. The assessment of critical population groups average annual effective exposure doses in radioactively contaminated Russian Federation settlements after Chernobyl NPP accident (MG 2.6.1. 2003-05), approved and enacted July 25.2005, Moscow, 2005, 16 p.]

Таблица 1

Потребление различных пищевых продуктов и их вклад в дозу внутреннего облучения взрослого населения, проживающего на территориях с преобладанием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв

[Table 1

Consumption of different foodstuffs and the impact of corresponding foodstuffs into internal exposure dose for adult population living in the territories with prevailing of turf-podzol sandy and sandy-loam soils]

Продукт [Product]	Потребление, кг/год [Consumption, kg/year]			КП, м ² /кг	Вклад в дозу внутреннего облучения от потребления данного продукта, % [Contribution to internal exposure dose due to the corresponding product consumption, %]
	Среднее арифметическое [Mean value]	Минимум* [Minimum]	Максимум* [Maximum]		
Молоко коровье [Cow milk]	90	53	127	0,00017	15,6
Молоко козье [Goat milk]	8,1	0,2	18	0,00033	2,8
Картофель [Potatoes]	100	60	140	0,00006	5,0
Свинина [Pork]	18	9	27	0,00034	6,2
Говядина [Beef]	9,5	2,0	17	0,00055	5,3
Рыба озерная [Lake fish]	4,2	0,0	8,4	0,0013	5,7
Рыба речная [River fish]	2,1	0,0	4,2	0,00075	1,6
Грибы лесные [Forest mushrooms]	6,6	2,2	11	0,013	43,3
Ягоды лесные [Forest berries]	3,4	1,6	5,2	0,0042	14,5
		Итого [Total]			100,0

* – под минимумом и максимумом здесь следует понимать среднее арифметическое за вычетом 2 стандартных ошибок среднего и сумму среднего арифметического и 2 стандартных ошибок среднего соответственно.

[* – the minimum and maximum in the context is the mean arithmetical value minus 2 standard error of mean values and the sum of the mean arithmetical value with 2 standard error of mean values, correspondently].

загрязнения, для этого используются модельные расчеты с верифицированными по СИЧ-измерениям параметрами.

Результаты и обсуждение

В результате проведения в 2012–2015 гг. экспедиционных работ на территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, нами были заполнены индивидуальные опросные анкеты на 2785 местных жителей.

В качестве примера в таблице 1 приведены рационы питания и вклад в дозу внутреннего облучения от потребления различных пищевых продуктов взрослым населением территорий с преобладанием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, характерных для большинства субъектов Российской Федерации, радиоактивно загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, включая и наиболее загрязненную Брянскую область.

Вклад в дозу внутреннего облучения от потребления каждого пищевого продукта рассчитывали по данным о содержании радионуклидов в различных местных пищевых продуктах, потребляемых жителями, и их рационе пи-

тания либо по данным о коэффициентах перехода ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr из преобладающих в данном НП групп и типов почв в различные пищевые продукты, поверхностной активности данных радионуклидов на почве, а также рационах питания населения.

Средний вклад в дозу внутреннего облучения от поступления в организм жителей ⁹⁰Sr с продуктами питания на территориях с преобладанием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв в настоящее время составляет не более 1,5%, а на черноземных почвах достигает почти 10%.

Наибольший вклад в формирование дозы внутреннего облучения в настоящее время вносят молоко, грибы и ягоды лесные, в отличие от раннего периода после аварии, когда наибольший вклад в формирование этой дозы вносило молоко [4].

Представляет интерес сравнить потребление пищевых продуктов жителями загрязненных территорий в настоящее время (отдаленный период после аварии на ЧАЭС) с более ранними периодами. Так, в статье [1] автор описывает динамику изменения рационов питания насе-

ления Брянской области, проживающего на территориях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, начиная с доаварийного периода.

К осени 1986 г. потребление молока из личных хозяйств в селах, отнесенных к контролируемой территории, упало до 1–3% от доаварийного уровня, так как в августе – сентябре молочный скот у большинства жителей был принудительно закуплен государством. Население перешло на потребление «чистого» молока, поставляемого с государственных молокозаводов в магазины. Однако количество его составило лишь около 40% от прежнего потребления.

В селах, не отнесенных к контролируемой территории, где молочный скот был оставлен в личном пользовании жителей, потребление молока из личных подсобных хозяйств также снизилось до 45% от доаварийного уровня, а потребление молока из государственной розничной сети возросло лишь на 6–7%, то есть общее количество потребляемого молока уменьшилось вдвое. В городах снижение общего потребления молока составило 15–20%.

Потребление мяса из личных подсобных хозяйств, отнесенных к контролируемой территории, снизилось до 40% от доаварийного уровня, а в селах, не отнесенных к контролируемой территории, – до 80–85%. Несмотря на то, что потребление мяса, поставляемого в торговую сеть, возросло в несколько раз, общее потребление мяса и мясных продуктов как в городе, так и в селе снизилось на 10–30%.

В качестве примера автор работы [1] приводит данные опросов населения о среднем потреблении молока и мяса взрослыми жителями села Веприн, отнесенного к контролируемой территории (табл. 2).

Такое снижение потребления молочных и мясных продуктов в первые годы после аварии неудивительно, так как в этом селе, как и во многих других селах контролируемой территории, скот у большинства жителей был изъят в 1986 г. До аварии стадо коров насчитывало здесь не-

сколько десятков, к 2006 г. осталось 14 коров, в 2007 г. – 7, а в 2012 г. уже не было ни одной коровы.

Запрет (точнее, ограничения) на содержание скота в личном хозяйстве жителей пострадавших сел был введен только на начальный период аварии из-за наличия в радиоактивных выпадениях короткоживущих радионуклидов йода, прежде всего ¹³¹I. Кроме того, государство выкупало скот у населения. В конечном итоге люди отвыкли от тяжелого труда по уходу за скотиной и не хотят к нему возвращаться. В то же время молоко в магазинах стоит дорого и не соответствует их вкусовым привычкам. В связи с этим потребление мясо-молочных продуктов по-прежнему остается на уровне, существенно более низком, чем до аварии на ЧАЭС. Так, по нашим данным за 2012 г., потребление молока в юго-западных районах Брянской области составило всего 99 л/год, а свинины, говядины и мяса птицы – 33 кг/год, то есть так и не достигло доаварийного уровня.

Значительную часть рациона питания местных жителей составляют овощи, особенно картофель (до 50%). Их потребление за эти годы оставалось практически неизменным, однако уровни радиоактивного загрязнения овощей всегда были невысоки, и вклад их в дозу внутреннего облучения населения невелик.

Иная ситуация наблюдается при потреблении природных пищевых продуктов. Оказалось, что вследствие геохимических и биохимических особенностей поведенная радионуклидов цезия в окружающей среде удельная активность ¹³⁷Cs в этих продуктах поддерживается на высоком уровне в течение многих лет. Это приводит к возрастающей со временем роли «даров природы» (дикорастущих грибов, лесных ягод, дичи и рыбы из местных водоемов) в формировании доз внутреннего облучения местных жителей.

Потребление дикорастущих грибов и лесных ягод зависит от их урожая и меняется от года к году. Так, за все время наших наблюдений в Брянской области, начиная с

Таблица 2
Среднее потребление молока и мяса взрослыми жителями села Веприн до и после аварии на ЧАЭС, кг/год [1]

Average milk and meat consumption by the adult population of Veprin settlement before and after the Chernobyl accident, kg/year

Продукт [Product]	Источник [Source]	Год [Year]				
		1985	1987	1990	1993	2006
Молоко и молочные продукты [Milk and milk products]	Частный сектор [Private farms]	285±29	150±29	44±7,3	146±26	91±26
	Магазин [Food shop]	–	–	40±7,3	7,3±3,7	–
	Всего [Total]	285±29	150±29	84±11	153±26	91±26
Мясо и мясные продукты [Meat and meat products]	Частный сектор [Private farms]	62±3,7	55±3,7	18±1,5	47±7,3	26±3,7
	Магазин [Food shop]	–	11±3,7	40±3,7	3,7±1,5	–
	Всего [Total]	62±3,7	66±3,7	58±3,7	51±7,3	26±3,7

1986 г., оно менялось от 2,2 кг/год (по грибам) и 1,6 кг/год (по ягодам) в неурожайный год до 11 кг/год и 5,2 кг/год соответственно в урожайный год.

Как известно, наиболее достоверную информацию о текущем внутреннем облучении населения, проживающего на территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, дает информация, полученная методом СИЧ-измерений содержания ^{137}Cs в организме жителей.

В работах 2011 г. в Тульской области нами была выполнена верификация результатов модельных расчетов доз внутреннего облучения путем сравнения их с результатами, полученными по данным прямых СИЧ-измерений жителей, проводимых одновременно с их анкетированием. Было установлено, что расчетные оценки дозы внутреннего облучения превышают результаты СИЧ-измерений в среднем в 1,06 раза (стандартная ошибка среднего составляет $\pm 0,19$, то есть 20%), а 95% значений этого отношения находятся в интервале от 0,7 до 1,5. Согласие обоих наборов данных можно признать вполне удовлетворительным.

Таким образом, полученные результаты показали хорошее совпадение оценок доз внутреннего облучения жителей, полученных как на основе непосредственных СИЧ-измерений, так и путем использования расчетных моделей, базирующихся на анкетных опросах, данных о коэффициентах перехода ^{137}Cs из преобладающих в данном НП групп и типов почв в различные пищевые продукты и поверхностной активности ^{137}Cs на почве.

Предложения по мерам радиационной защиты пострадавшего населения бывшего СССР были обоснованы уже в 1986 г. Так, для снижения дозы внутреннего облучения было рекомендовано ограничить потребление некоторых местных пищевых продуктов, заменить радиоактивно загрязненные пищевые продукты на «чистые», проводить агрохимические мероприятия, направленные на снижение перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения, осуществлять мероприятия по снижению содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции животноводства, включая добавление в корм скоту берлинской лазури (ферроцина).

Эффективность этой деятельности в разные годы демонстрируется рисунком [5]. На этом рисунке в качестве примера приведена динамика нормированной на поверхностную активность цезия-137 на почве (σ_{137}) дозы внутреннего облучения E_{int} населения Брянской области, проживающего на территориях с разными уровнями поверхностного загрязнения почвы цезием-137. Дозу внутреннего облучения E_{int} мы оценивали по данным прямых СИЧ-измерений жителей.

Видно, что на более загрязненных территориях, где защитные мероприятия, включая самоограничения населения в потреблении местных пищевых продуктов, проводились и проводятся более активно, средняя доза внутреннего облучения жителей, нормированная на единицу плотности загрязнения почвы цезием-137, гораздо ниже, чем на территориях с меньшими уровнями радиоактивного загрязнения, где меры защиты достаточно ограничены. К сожалению, в настоящее время эффективность защитных мероприятий существенно снизилась в силу экономических причин. На рисунке видно, что в последние годы обе кривые практически слились.

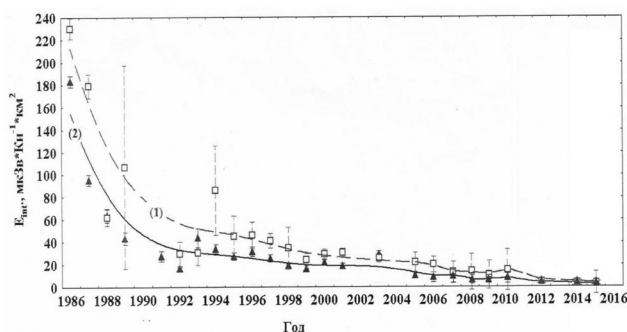


Рис. Динамика нормированной на поверхностную активность цезия-137 на почве (σ_{137}) дозы внутреннего облучения E_{int} населения Брянской области: (1) – 185-555 кБк/м² (5-15 Ки/км²); (2) – более 555 кБк/м² (более 15 Ки/км²)
[Fig.] Dynamics of Bryansk region population internal dose E_{int} normalised to the soil surface activity of caesium-137 (σ_{137}): (1) – 185-555 kBq/m² (5-15 Ci/km²); (2) – more than 555 kBq/m² (more than 15 Ci/km²)

Заключение

Данные о структуре и рационах питания населения, а также изменениях, происходящих с ними, необходимы для изучения закономерностей формирования доз внутреннего облучения населения Российской Федерации за счет потребления различных пищевых продуктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС, уточнения дозовых нагрузок и оценки вклада различных пищевых продуктов в формирование доз внутреннего облучения. Опросные данные о рационе питания населения дают возможность выявить пищевые продукты, дающие наибольший вклад в формирование доз внутреннего облучения жителей территорий, загрязненных после аварии на ЧАЭС, то есть определить группу основных дозообразующих продуктов в разные периоды после аварии.

Нами было проведено сравнение послеаварийных и доаварийных рационов питания местных жителей. Были изучены изменения в рационах питания, произошедшие в разные периоды после аварии на ЧАЭС в пострадавших населенных пунктах России, различающихся между собой уровнями проводившихся в них защитных мероприятий. Установлено, что изменения в рационах питания, произошедшие после аварии на ЧАЭС в пострадавших населенных пунктах России, существенно влияют на дозы внутреннего облучения населения, в первую очередь в наиболее загрязненной радионуклидами Брянской области. Уменьшение потребления продуктов животноводства, определяющих на начальном этапе после аварии формирование доз внутреннего облучения населения, и замена их пищевыми продуктами, привезенными с незагрязненных территорий, в несколько раз снижает поступление долгоживущих радионуклидов в организм человека. Меры радиационной защиты, включая самоограничения населения в потреблении местных пищевых продуктов, позволяли в 1,5–2 раза снизить дозу внутреннего облучения жителей территорий, загрязненных долгоживущими радионуклидами. В силу экономических причин в настоящее время эффективность защитных мероприятий существенно снизилась.

Литература

1. Травникова, И.Г. Динамика изменений рационов питания населения Брянской области, живущего на территориях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС / И.Г. Травникова // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 26–32.

2. Звонова, И.А. Параметры режима питания и поведения жителей Брянской области в мае 1986 года, влияющие на оценку дозы, полученной вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / И.А. Звонова, Т.В. Жеско, А.А. Братилова // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 50–58.

3. Брук, Г.Я. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2017 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (для целей зонирования населенных пунктов) / Г.Я. Брук, И.К. Романович, А.Б. Базюкин, А.А. Братилова, А.Ю. Власов, А.В. Громов, Т.В.

Жеско, М.В. Кадука, О.С. Кравцова, К.А. Сапрыкин, В.С. Степанов, Н.В. Титов, В.А. Яковлев // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 73–78.

4. Шутов, В.Н. Динамика радиоактивного загрязнения пищевых продуктов сельскохозяйственного производства и природного происхождения после аварии на чернобыльской АЭС / В.Н. Шутов, М.В. Кадука, Г.Я. Брук, А.Б. Базюкин, Л.Н. Басалаева // Радиационная гигиена. – 2008. – Т.1, № 3. – С. 25–30.

5. 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, А.А. Братилова, А.Ю. Власов, Ю.Н. Гончарова, А.В. Громов, Т.В. Жеско, С.А. Иванов, М.В. Кадука, О.С. Кравцова, В.В. Кучумов, И.К. Романович, К.А. Сапрыкин, Н.В. Титов, И.Г. Травникова, В.А. Яковлев // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 72–77.

Поступила: 22.04.2018 г.

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

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

Для цитирования: Братилова А.А., Брук Г.Я. Влияние потребления различных пищевых продуктов на формирование доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 53-59. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-53-59

Influence of the consumption of different foodstuffs on the internal exposure dose formation in the adult population of the Russian Federation after the accident at the Chernobyl NPP

Anzhelika A. Bratilova, Gennadiy Ya. Bruk

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

An The article is devoted to the peculiarities of the internal exposure dose formation in the adult population of the internal dose forming of the adult population of Russian Federation due to consumption of different foodstuffs in the remote period after the accident on at the Chernobyl NPP. Estimation of the impact of different foodstuffs is carried out in the forming of the mentioned doses; the foodstuffs mainly contributing in the internal dose forming formation are revealed. Based on the Bryansk region data, the comparing was fulfilled of the current food rations of population with the previous rations – of during the initial and intermediate post-accidental periods. It is illustrated how the differences in food rations affect the levels of exposure of the local

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

inhabitants, which is necessary for the appropriate assessment of the internal exposure doses for population living in the contaminated territories.

Key words: *Chernobyl NPP, radioactive contamination, internal exposure dose, food ration.*

References

1. Travnikova I.G. Dynamics of changes in the diets of the population of the Bryansk region living in the territories contaminated as a result of the Chernobyl accident. *Radiation Hygiene*, 2014, Vol. 7, No. 3, pp 26-32. (In Russian)
2. Zvonova I.A., Zhesko T.V., Bratilova A.A. Parameters of the dietary pattern and behavior of the Bryansk region inhabitants in May 1986, influencing the evaluation of the dose received due to the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2011, Vol. 4, No. 2, pp. 50-58. (In Russian)
3. Bruk G.Ya., Romanovich I.K., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Gromov A.V., Zhesko T.V., Kaduka M.V., Kravtsova O.S., Saprykin K.A., Stepanov V.S., Titov N.V., Yakovlev V.A. 2017 Mean annual effective doses of the public of the Russian Federation communities referred to the radioactively contaminated areas due to the Chernobyl NPP accident (for the purpose of zoning of the communities). *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2017, Vol. 10, No. 4, pp. 73-78. (In Russian)
4. Shutov V.N., Kaduka M.V., Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Basalaeva L.N. Dynamics of radioactive contamination of agricultural food products and natural foodstuffs after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2008, Vol. 1, No. 3, pp. 25-30. (In Russian)
5. Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Goncharova Yu.N., Gromov A.V., Zhesko 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. Exposure of the population of the Russian Federation due to the Chernobyl NPP accident and main perspectives of the future work in the upcoming period. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol. 7, No. 4, pp. 72-77. (In Russian)

Received: April 22, 2018

Anzhelika A. Bratilova – Scientist, 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

For correspondence: Gennadiy Ya. Bruk – 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)

For citation: Bratilova A.A., Bruk G.Ya. Influence of the consumption of different foodstuffs on the internal exposure dose formation in the adult population of the Russian Federation after the accident at the Chernobyl NPP. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 53-59. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-53-59

Проблемы риск–коммуникации по вопросам радиационной безопасности: предпочтения населения Ленинградской и Мурманской областей в источниках получения информации

А.М. Библин¹, Г.В. Архангельская¹, С.А. Зеленцова¹, Е.В. Храмов¹, Р.Р. Ахматдинов¹,
Н.В. Соколов², В.С. Репин¹

¹ 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

² Санкт-Петербургский государственный университет, Правительство Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

В 2016–2017 гг. было проведено социологическое исследование в Ленинградской и Мурманской областях, посвященное изучению предпочтительных для населения источников информации по вопросам радиационной безопасности. Количество опрошенных респондентов в Ленинградской области составило 962 человека, в Мурманской области – 802. Установлено, что менее 30% респондентов, проживающих как в Ленинградской, так и в Мурманской областях, проявляют интерес к получению информации по вопросам радиационной безопасности. Респонденты отметили наибольшую важность в получении информации по трем темам: «Действие радиации на организм и влияние на здоровье», «Меры защиты от радиации», а также «Опасные и безопасные уровни радиации». Получение доступной и регулярной информации о радиационной обстановке в месте проживания актуально для 45% респондентов в Ленинградской области и 37% в Мурманской области. Телевидение, Интернет и СМС-оповещение наиболее часто выбирались респондентами в качестве наиболее подходящих для них источников такой информации. Установлено недоверие населения обоих регионов к СМИ как к источникам информации о радиационной обстановке и безопасности. В Мурманской области индекс доверия к СМИ ниже, чем в Ленинградской области. Среди всех видов СМИ наибольшим доверием у населения пользуется телевидение. С возрастом увеличивается доля пользователей традиционных СМИ, прежде всего телевидения. В Ленинградской и Мурманской областях наибольшим доверием населения в Интернете пользуются официальные сайты Роспотребнадзора и Росатома. Более половины респондентов считают наиболее эффективным методом повышения экологической грамотности включение в систему среднего и высшего образования специальных обучающих программ (50% в Ленинградской области и 51% в Мурманской). Также востребованы такие методы просветительской работы, как лекции и семинары с участием специалистов (27% в Ленинградской области и 45% в Мурманской), просмотр видеофильмов (31% в Ленинградской области и 50% в Мурманской). Таким образом, при разработке программ по информированию в области радиационной безопасности следует учитывать отношение отдельных групп населения к источникам информации по вопросам радиационной безопасности. Доверие у населения к официальным сайтам Роспотребнадзора и Росатома следует учитывать при размещении материалов по вопросам радиационной безопасности в Интернете.

Ключевые слова: информационная работа, коммуникация риска, радиация, ионизирующее излучение, социологическое исследование, население, радиационная безопасность.

Введение

В течение многих лет, с момента аварии на Чернобыльской АЭС, в Научно-исследовательском институте (НИИРГ) им. П.В. Рамзаева проводятся иссле-

дования показателей, характеризующих уровни знания населения о радиационном факторе, его представления об источниках и видах облучения, методах измерения ионизирующих излучений, готовность и умение использо-

Библин Артём Михайлович

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: a.biblin@niirg.ru

вать защитные меры при угрозе чрезвычайной ситуации (радиационной аварии) [1–7].

В базовую схему «риск-коммуникации» входят три основных элемента: 1) источник, 2) передатчик; 3) получатель информации [8–12]. В исследованиях, относящихся к третьему звену (получателю информации), требуется определять не только источники и передатчики информации, содержащие необходимые сведения, но и источники и передатчики, которые предпочитает население [13, 14]. Такие исследования являются обязательными при разработке программ по информационной работе с населением по вопросам радиационной безопасности (РБ).

В 2016–2017 гг. сотрудниками НИИРГ им. П.В. Рамзаева были проведены социологические исследования в Ленинградской (ЛО) и Мурманской (МО) областях, включавшие изучение предпочтительных для населения источников информации по вопросам РБ и осведомленности мероприятий атомной отрасли [3, 15–17].

Цель исследования – определение путей совершенствования информационной работы с населением исследованных регионов по вопросам РБ.

Для достижения цели были поставлены основные задачи:

- изучить информационные потребности населения ЛО и МО по вопросам РБ;
- определить предпочтительные для населения пути получения информации по вопросам РБ;
- определить степень доверия населения к источникам информации по вопросам РБ;
- выявить предпочтительные для населения методы повышения экологической грамотности.

Материалы и методы

При проведении социологического исследования был использован метод массового опроса по месту жительства

в форме очного стандартизированного интервью с предъявлением респонденту стимульных материалов (карточек с перечнями вариантов ответа). Объектом исследования являлось взрослое (18 лет и старше) население, постоянно проживающее на территориях ЛО и МО. Социологическое исследование в ЛО проводилось в 2016 г., в МО – в 2017 г. Объем выборки по ЛО составил 962 респондента, по МО – 802 респондента. Для ЛО и МО размер случайной ошибки не превышал 3,2% и 3,5% соответственно при доверительном интервале 95,4%. Структура выборок по основным социально-демографическим и социально-структурным параметрам представлена в предыдущих работах авторов [3, 15, 17].

Общий объем анкеты составил 49 вопросов для ЛО и 43 вопроса для МО. Отдельные блоки вопросов были посвящены информационным потребностям респондентов по вопросам РБ, предпочтительным путям получения такой информации и доверия к ней.

Для определения уровня доверия жителей ЛО и МО к источникам информации по оценке радиационной обстановки (РО) и безопасности был рассчитан индекс доверия (ИД), который вычислялся как разность процентов положительных и отрицательных ответов, выраженная в единицах, и варьировал в диапазоне от –100 до +100 [18].

Различия между группами определялись с использованием критерия χ^2 Пирсона. Различия считались достоверными с $p < 0,01$.

Результаты и обсуждение

Информационные потребности населения в области РБ

На рисунке 1 представлено распределение ответов респондентов на вопрос «Интересуетесь ли Вы материалами, публикациями о радиации и радиационной безопасности?».

Более 2/3 населения ЛО и МО не интересуются материалами о радиации и РБ. Только 22% респондентов в МО

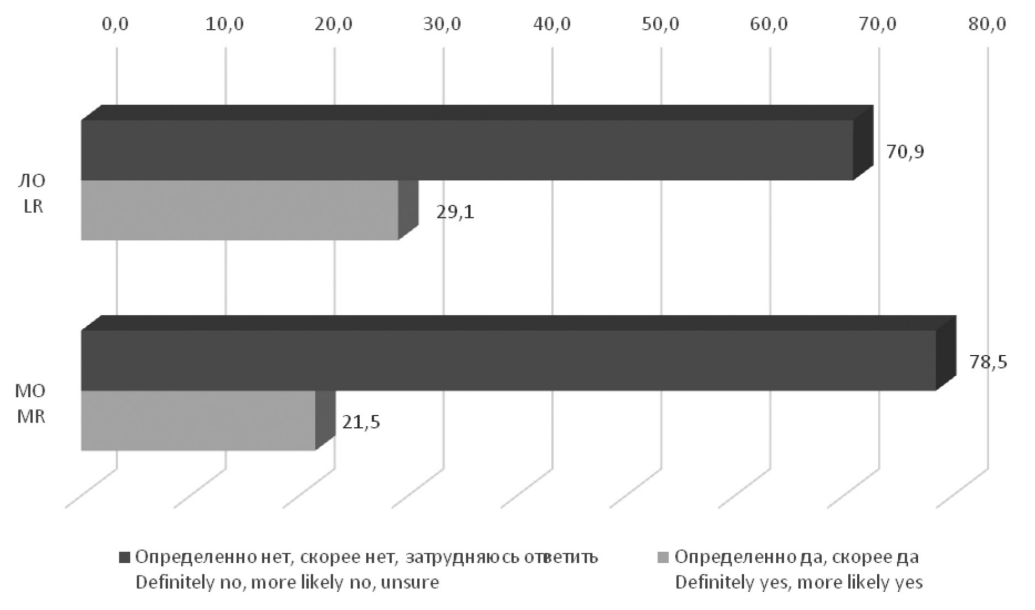


Рис. 1. Заинтересованность респондентов ЛО и МО в материалах о радиации и радиационной безопасности (% от общего числа опрошенных)

[Fig. 1. The motivation of the respondents in the Leningrad region (LR) and Murmansk region (MR) in the information about radiation and about radiation safety (% of the total number of respondents)]

и 29% в ЛО сообщили, что они интересуются этими вопросами. Различия между ответами респондентов в ЛО и МО статистически значимы ($\chi^2 = 13,0$; $df = 1$; $p < 0,01$).

Респондентов, заинтересованных в получении таких материалов, просили уточнить: «Какую информацию о радиации и радиационной безопасности Вы хотите узнать в первую очередь?» (рис. 2).

Большая частота выбора ответов в ЛО обусловлена тем, что респондентам в МО предлагалось выбрать один вариант ответа, а в ЛО – несколько. При этом общее ранжирование по частоте выбора респондентами ответов в двух регионах сходное.

Анализ ответов показал, что респонденты, интересующиеся вопросами РБ в ЛО и в МО, отметили наибольшую важность в получении информации по трем темам: «Действие радиации на организм и влияние на здоровье», «Меры защиты от радиации, доступные по месту жительства», а также «Опасные и безопасные уровни радиации». В ЛО доля респондентов, интересующихся этими темами, составляет 59%, 55% и 45% соответственно, а в МО – 38%, 22% и 12%.

Отдельный вопрос был посвящен изучению потребности населения в информации о РО в регионе и населенном пункте проживания, а также о предпочитаемой регулярности её получения (табл. 1).

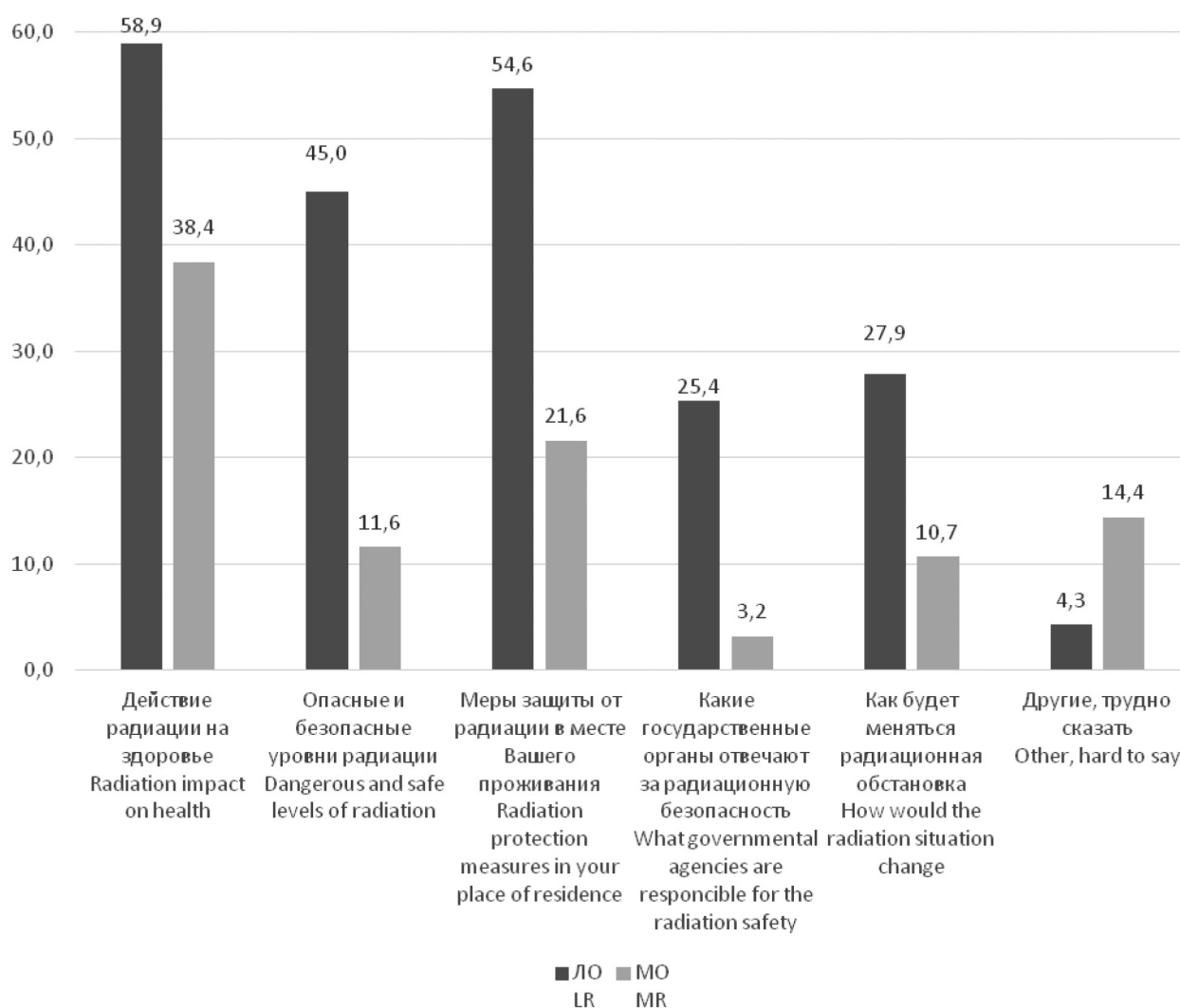


Рис. 2. Ответ респондентов ЛО и МО на вопрос: «Какую информацию о радиации и радиационной безопасности Вы хотите узнать в первую очередь?» (% от числа интересующихся тематикой)
[Fig. 2. The answer of the respondents LR and MR to the question: “What information do you want to learn about radiation and radiation protection in the first place?” (% of the number of people interested in such materials)]

¹ В ЛО респондент мог выбрать несколько вариантов ответа, а в МО только один пункт
 [In the LR the respondent could choose several answer options, and in the MR only one item]

Таблица 1

Потребности респондентов Ленинградской и Мурманской областей в получении информации о РО в месте проживания (% от общего числа опрошенных)

[Table 1

The requirements of the respondents in the Leningrad and Murmansk regions in obtaining information on the radiation situation in the place of residence (% of the total number of respondents)]

Как часто Вы хотели бы получать сведения о РО в Вашем регионе и населенном пункте? [How often would you like to receive information on the radiation situation in your region and settlement?]	Регион проведения социологического исследования [The region of sociological survey]	
	ЛО [LR]	МО [MR]
Да, хочу получать ее регулярно, как прогноз погоды [Yes, I want to receive it regularly as a weather forecast]	14,4	10,3
Да, хорошо, если можно при необходимости ее посмотреть [Yes, This is good when one can see it when necessary]	30,8	26,4
Сейчас нет – это нужно только в чрезвычайной ситуации [Not now, it is necessary only in an emergency situation]	32,2	37,8
Мне это совсем не интересно [I'm not interested in this at all]	14,4	13,7
Трудно сказать, не думал об этом [It's hard to say, I did not think about it]	8,1	11,7

Анализ результатов показывает, что информация о РО в месте проживания (регулярная и доступная) востребована приблизительно 45% респондентов в ЛО и 37% в МО. При этом часть опрошенных (10% в ЛО и 14% в МО) хотят получать ее регулярно, как прогноз погоды. Однако большинство населения не видит необходимости в этих сведениях в обычной ситуации – они нужны только при появлении соответствующих предположений, подозрений или явных признаков чрезвычайной ситуации, т.е. в случае необходимости проведения защитных мероприятий. Различия между ответами респондентов в ЛО и МО статистически значимы ($\chi^2 = 18,6$; $df = 4$; $p < 0,01$).

Источники информации по вопросам РО, предпочитаемые населением

В ходе социологического исследования респондентам, заинтересованным в получении сведений о РО, предлагалось выбрать 2–3 наиболее предпочитаемых источника информации о РО в их регионе и населенном пункте (рис. 3).

Как следует из рисунка 3, респонденты, заинтересованные в получении информации о РО, в обоих регионах чаще выбирают телевидение, Интернет и СМС-оповещение. Уровень востребованности таких традиционных источников информации, как газеты и радио, значительно ниже.

Следует отметить, что при сходной структуре предпочтений жителей ЛО и МО в информационных источниках существуют ярко выраженные региональные особенности: в МО отмечен значительно более высокий уровень предпочтения местного телевидения (30%) по сравнению с ЛО (9%). Такое значительное отличие может быть связано с разницей в структуре регионального информационного поля двух исследуемых территорий, а именно большей доступностью местного телевидения для жителей МО или большим представлением информации о местных новостях.

СМС-оповещение в качестве предпочитаемого источника информации отметило в два раза больше жителей МО (40%), чем в ЛО (19%). Более того, по популярности этот вариант ответа в МО находится на втором месте.

Такой источник информации о РО, как лекции, представляет относительно больший интерес для жителей МО. Так, в МО этот вариант ответа выбрали 17% респондентов, в то время как в ЛО – только 3%.

Распределение предпочтений респондентов в отношении источников распространения информации о РО в регионе и населенном пункте в зависимости от пола представлены в таблице 2, а от возраста – в таблице 3.

У традиционных СМИ (радио, газет и прежде всего телевидения) аудитория увеличивается с возрастом. Среди пользователей таких СМИ некоторый перевес имеют женщины. Регулярные печатные издания пользуются устойчивым невысоким спросом – менее 10% у респондентов моложе 40 лет и 14–26% – у респондентов старше 40 лет. Выявлено повышение заинтересованности в печатных СМИ жителями старше 40 лет в МО.

Можно с уверенностью сказать, что среди пользователей Интернета в обоих регионах преобладают жители в возрасте до 50 лет, при этом в возрасте до 40 лет они составляют более 45% респондентов; мужчины-пользователи в обоих регионах встречаются несколько чаще, чем женщины-пользователи.

Лекции специалистов для респондентов до 30 лет в МО являются актуальным источником информации о РО в регионе и населенном пункте, 26% заинтересованных выбрали этот вариант ответа. В ЛО для этой же возрастной группы значимость этого источника информации находится в пределах случайной ошибки (2%).

Одной из важных задач проведенных нами исследований было не только изучение предпочтительных для населения источников информации о радиационной безопасности, распространяемой различными СМИ, но

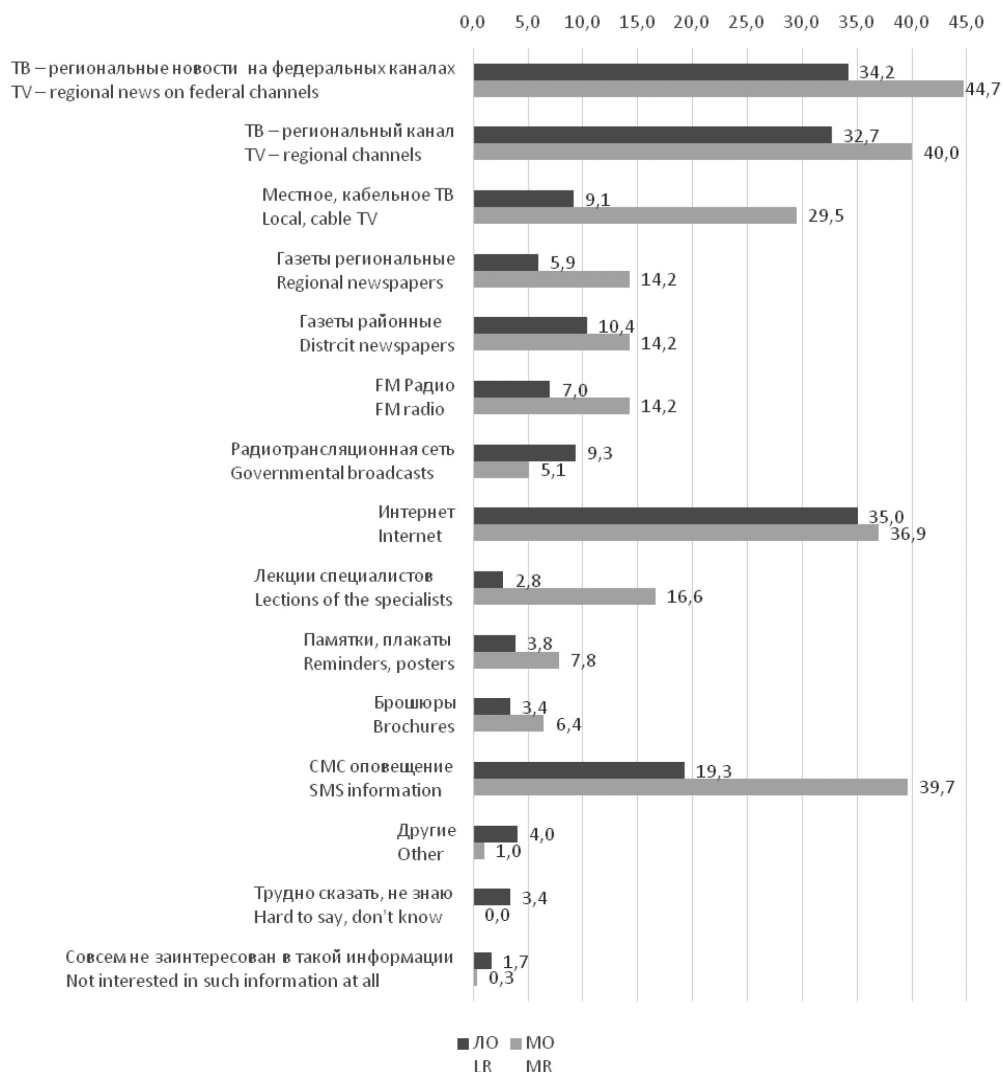


Рис. 3. Предпочитаемые респондентами ЛО и МО источники информации о РО в регионе и населенном пункте (% от числа заинтересованных в получении такой информации)
[Fig. 3. Sources of information on radiation situation in the region and settlement preferred by respondents in LR and MR (% of the number interested in obtaining such information)]

Предпочтения респондентов в выборе источника информации о РО в зависимости от пола в ЛО и МО
 (% от числа заинтересованных в получении информации о РО в регионе и населенном пункте)

Таблица 2

PREFERENCES OF RESPONDENTS IN CHOOSING THE SOURCE OF INFORMATION ON RADIATION SITUATION GROUPED BY GENDER IN LR AND MR
 (% of the number interested in obtaining information on radiation situation in the region and the settlement)]

[Table 2

Источник информации [Source of information]	Мужчины [Male]		Женщины [Female]	
	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]
ТВ – региональные новости на федеральных каналах [TV– regional news on Federal channels]	28,3	37,0	38,7	49,2
ТВ – региональный канал [TV– regional channels]	32,7	32,4	32,7	44,4
Местное, кабельное ТВ [Local, cable TV]	6,3	22,2	11,3	33,7
Газеты региональные [Regional Newspapers]	6,8	13,0	5,3	15,0

Научные статьи

Окончание таблицы 2

Источник информации [Source of information]	Мужчины [Male]		Женщины [Female]	
	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]
Газеты районные [Local Newspapers]	10,7	13,9	10,2	14,4
FM Радио [FM Radio]	8,8	15,7	5,6	13,4
Радиотрансляционная сеть [Radiobroadcast system]	11,2	4,6	7,9	5,3
Интернет [Internet]	37,1	40,7	33,5	34,8
Лекции специалистов [Lectures of specialists]	2,9	18,5	2,6	15,5
Памятки, плакаты [Reminders, posters]	3,4	8,3	4,1	7,5
Брошюры [Brochures]	1,0	11,1	5,3	3,7
СМС-оповещение [SMS Notification]	18,5	41,7	19,9	38,5
Другие [Other]	5,4	0,9	3,0	1,1
Трудно сказать, не знаю [It's hard to say, I do not know]	2,9	0,0	3,8	0,0

Таблица 3

Предпочтения респондентов в выборе источника информации о РО в зависимости от возраста в ЛО и МО (% от числа заинтересованных в получении информации о РО в регионе и населенном пункте)

[Table 3

Preferences of respondents in choosing the source of information on radiation situation grouped by age in the LR and MR (% of the number of people interested in obtaining information about the radiation situation in the region and the settlement)]

Источник информации [Source of information]	Возраст [Age]									
	18-29		30-39		40-49		50-59		60+	
	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]
ТВ – региональные новости на федеральных каналах [TV– regional news on Federal channels]	26,0	39,1	28,0	39,1	31,9	53,2	36,4	42,4	46,2	49,0
ТВ – региональный канал [TV– regional channels]	23,1	30,4	19,6	34,8	31,9	43,5	36,4	43,9	52,8	49,0
Местное, кабельное ТВ [Local, cable TV]	9,6	24,6	14,0	15,2	4,2	27,4	14,3	42,4	3,8	35,3
Газеты региональные [Regional Newspapers]	5,8	14,5	0,9	8,7	9,7	9,7	5,2	13,6	9,4	25,5
Газеты районные [Local Newspapers]	2,9	13,0	7,5	2,2	11,1	11,3	10,4	21,2	19,8	21,6
FM Радио [FM Radio]	11,5	13,0	5,6	17,4	8,3	19,4	6,5	13,6	2,8	7,8
Радиотрансляционная сеть [Radio broadcast system]	2,9	2,9	7,5	4,3	15,3	4,8	15,6	3,0	9,4	11,8
Интернет [Internet]	56,7	44,9	54,2	58,7	29,2	32,3	22,1	33,3	9,4	17,6

Источник [Source of information]	Возраст [Age]									
	18-29		30-39		40-49		50-59		60+	
	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]	ЛО [LR]	МО [MR]
Лекции специалистов [Lectures of specialists]	1,9	26,1	4,7	15,2	2,8	12,9	2,6	12,1	1,9	15,7
Памятки, плакаты [Reminders, posters]	3,8	5,8	2,8	13,0	5,6	9,7	2,6	6,1	4,7	3,9
Брошюры [Brochures]	1,9	4,3	2,8	10,9	6,9	11,3	2,6	4,5	3,8	2,0
СМС-оповещение [SMS Notification]	22,1	49,3	23,4	41,3	15,3	38,7	20,8	37,9	13,2	27,5
Другие [Other]	4,8	0,0	3,7	2,2	5,6	1,6	3,9	0,0	2,8	2,0
Трудно сказать, не знаю [It's hard to say, I do not know]	3,8	0,0	1,9	0,0	4,2	0,0	2,6	0,0	4,7	0,0

и степени доверия его к подобной информации. Всем респондентам демонстрировался список различных СМИ, доступных в изучаемых регионах, и предлагалось ответить на вопросы: «В каких из них Вы встречали информа-

цию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности?», «Публикации в каких СМИ заслуживают, на ваш взгляд, доверия?». Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4

Перечень СМИ, в которых респонденты встречали информацию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности, и уровень доверия к этим источникам (% от общего числа респондентов)

[Table 4

The list of mass media in which respondents encountered information on nuclear power and radiation safety problems and the level of trust for these sources (% of the total number of respondents)]

Наименование СМИ [Media name]	ЛО [LR]		Заслуживают доверия [Trustworthy]	МО [MR]	
	Встречали информацию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности [Respondents met information on nuclear energy and radiation safety issues]			Встречали информацию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности [Respondents met information on nuclear energy and radiation safety issues]	Заслуживают доверия [Trustworthy]
	Телеканалы [TV]				
1 канал [Perviy kanal]	22,3		17,7	27,8	24,9
Россия 1 [Rossiya 1]	19,0		13,7	22,8	22,3
Петербург – 5 канал [Peterburg – 5 kanal]	15,5		12,0	–*	–*
НТВ [NTV]	10,4		6,4	10,7	9,4
[LIFE78]	5,9		3,5	–*	–*
Арктик-ТВ [Arctic-TV]	–*		–*	13,2	12,8
[ТВ-21]	–*		–*	17,7	16,6

Наименование СМИ [Media name]	ЛО [LR]	Заслуживают доверия [Trustworthy]	МО [MR]	Заслуживают доверия [Trustworthy]
	Встречали информацию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности [Respondents met information on nuclear energy and radiation safety issues]		Встречали информацию по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности [Respondents met information on nuclear energy and radiation safety issues]	
Газеты [Newspapers]				
Комсомольская правда [Komsomolskaya Pravda]	5,5	2,8	9,1	11,3
Аргументы и факты Санкт-Петербург [Argumenty i fakty Sankt-Peterburg]	11,1	8,0	—*	—*
Вечерний Мурманск [Vechernij Murmansk]	—*	—*	9,1	12,1
Сетевые издания [Online media]				
Fontanka.ru	5,1	4,0	—*	—*
47news.ru	7,0	5,7	—*	—*
Hibinform.ru	—*	—*	5,5	4,4
Hibiny.com	—*	—*	9,2	9,4

* СМИ отсутствовало в анкете.

[* The media was absent in the questionnaire].

Наибольшее количество материалов по проблемам ядерной энергетики и радиационной безопасности встречалось жителями ЛО и МО в эфире федеральных телеканалов, а в МО – также в эфире региональных телеканалов «Арктик-ТВ» и «ТВ-21». Несколько реже такую информацию респонденты встречали в газетах «Аргументы и Факты. Санкт-Петербург» (ЛО), «Вечерний Мурманск» (МО), «Комсомольская правда» (МО). Этот факт, по-видимому, связан с уровнем популярности этих СМИ у населения.

В отдельных случаях зафиксированный уровень доверия выбранным СМИ даже выше, чем количество положительных ответов на вопрос о встрече с материалами по проблемам ядерной энергетики и РБ в этих же СМИ. Это объясняется, вероятно, тем, что, хотя респонденты не могли вспомнить публикации интересующего профиля в определенных изданиях, они утверждали, что потенциально такие публикации заслуживают доверия.

Результаты ответов на вопрос «Каким источникам информации Вы доверяете в вопросах оценки радиационной обстановки и безопасности в месте Вашего проживания?» представлены на рисунке 4.

В обоих регионах ИД ко всем рассмотренным видам СМИ оказался отрицательным. В МО ИД оказался ниже, чем в ЛО, ко всем видам СМИ, за исключением ИД к печатным СМИ, где он оказался сходным (-16 в ЛО, -17 в МО). Различия между ответами респондентов о доверии

к различным видам СМИ в ЛО и МО значимы (ТВ: $\chi^2 = 30,2$, $df = 2$. $p < 0,01$; радио: $\chi^2 = 14,7$, $df = 2$. $p < 0,01$; печатные СМИ $\chi^2 = 15,9$, $df = 2$. $p < 0,01$; Интернет: $\chi^2 = 20,2$, $df = 2$. $p < 0,01$).

В анкете был предусмотрен вопрос о степени доверия респондентов к информации, распространяемой различными сайтами, в том числе и официальными ресурсами, освещающими вопросы РО и РБ. Это обусловлено тем, что Интернет в России стал в последние годы одним из значимых источников информации. Так, по данным ВЦИОМ, доля пользователей Интернета в России в первом квартале 2018 г. возросла до 80% по сравнению с 70% в первом квартале 2016 г. [19, 20].

Результаты анализа ответов респондентов на вопрос: «Если говорить об информации по оценке радиационной обстановки и безопасности, размещенной в Интернете, то каким из следующих источников вы доверяете?» представлены на рисунке 5.

По уровню доверия предложенные респондентам сайты можно разделить на две группы: 1) сайты с положительным ИД (официальные сайты Росатома и Роспотребнадзора как в ЛО, так и в МО, а также официальные сайты местной власти в ЛО); 2) сайты с отрицательным ИД (в ЛО и МО – поисковые сервисы, блоги, социальные сети, сайты СМИ, а также официальные сайты местной власти в МО).

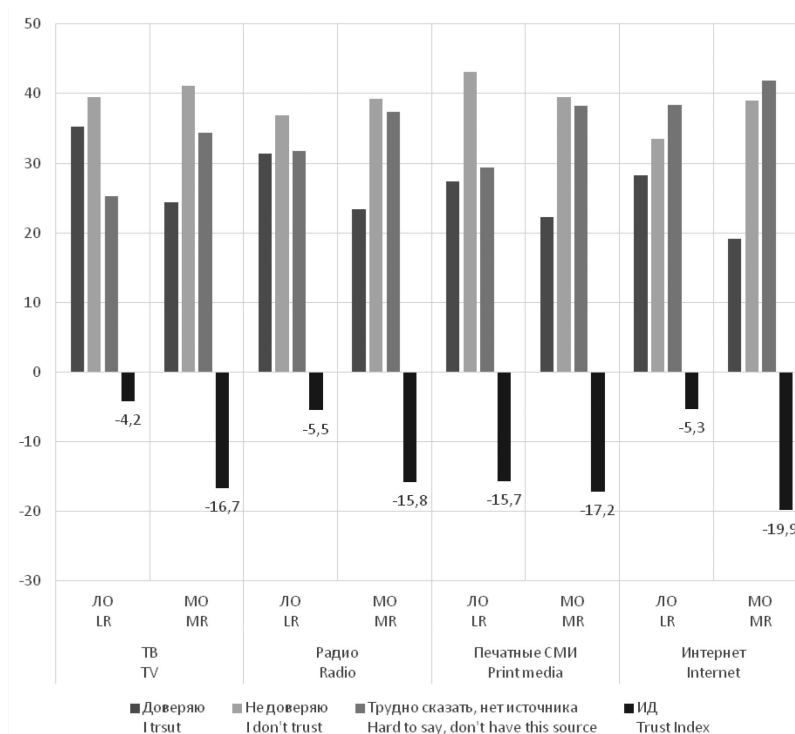


Рис. 4. Доверие к различным источникам информации в вопросах оценки радиационной обстановки и безопасности в месте проживания населения ЛО и МО (% от общего числа опрошенных)
[Fig. 4. Trust in various sources of information in the field of radiation safety assessment at the place of residence of the population of LR and MR (% of the total number of respondents)]

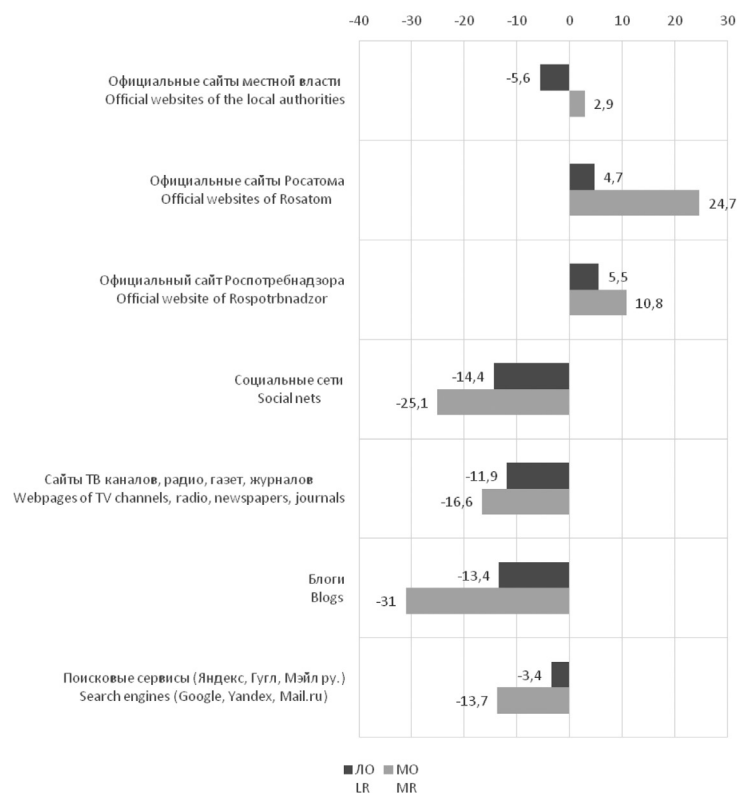


Рис. 5. ИД населения ЛО и МО к источникам информации по оценке радиационной обстановки и безопасности, размещенной в Интернете (% от общего числа опрошенных)
[Fig. 5. Trust index of the population of LR and MR to the sources of information on the assessment of the radiation situation and the safety posted on the Internet (% of the total number of respondents)]

Предпочитаемые населением методы повышения экологической грамотности

Разработка эффективных мероприятий по информационной работе с населением по вопросам РБ требует пред-

варительного выяснения предпочитаемых методов коммуникации. Для этого при анкетировании жителям ЛО и МО задавался вопрос о наиболее эффективных методах повышения экологической грамотности населения (рис. 6).

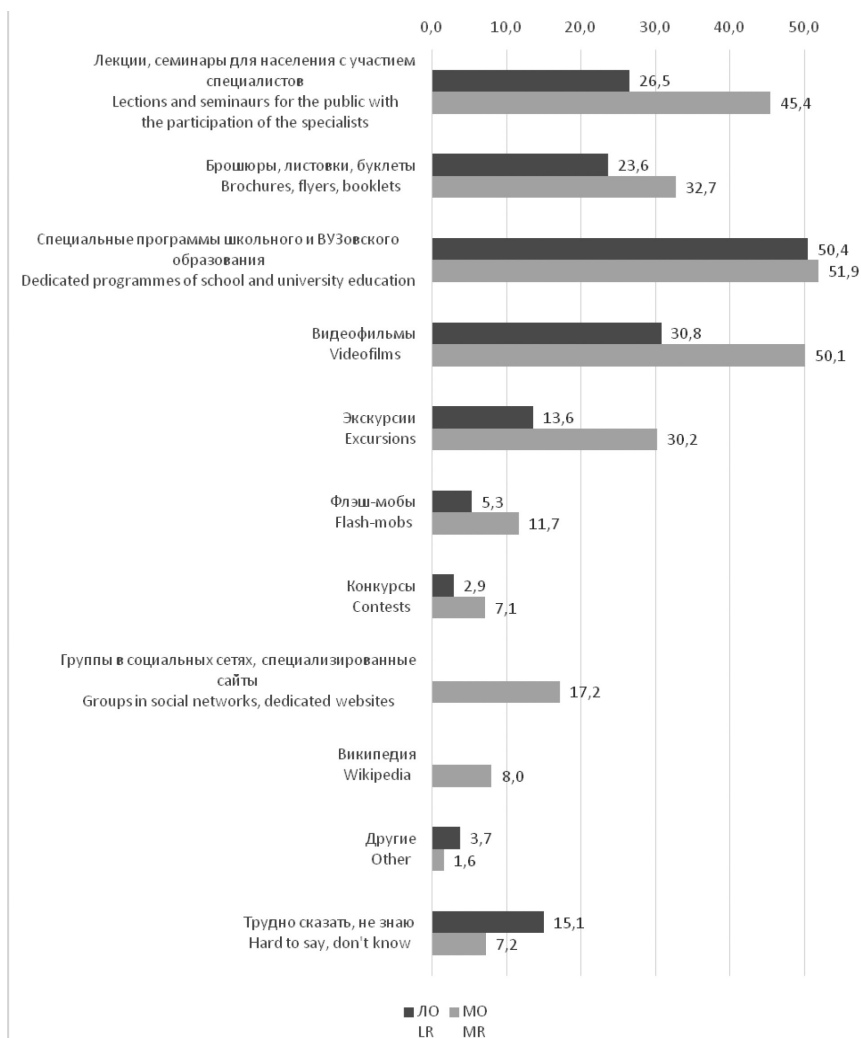


Рис. 6. Ответы на вопрос: «На ваш взгляд, какие методы наиболее эффективны для повышения экологической грамотности населения?» (% от общего числа опрошенных)

[Fig. 6. Answers to the question: “In your opinion, what methods are most effective for improving the ecological literacy of the population?” (% of the total number of respondents)]

Большинство населения как в ЛО, так и в МО считает наиболее эффективным методом повышения экологической грамотности включение в систему образования специальных обучающих программ (более половины респондентов в исследуемых регионах).

Респонденты обоих регионов считают эффективными такие методы повышения экологической грамотности, в том числе грамотности по вопросам РБ, как лекции и семинары с участием специалистов, а также просмотр видеофильмов.

Около четверти респондентов в исследованных регионах считают оптимальным методом повышения экологической грамотности распространение печатной про-

дукции (брошюры, листовки, буклеты) (23% в ЛО, 33% в МО). При этом у мужчин в ЛО такой метод просвещения пользуется наименьшим интересом (18%). Активные и интерактивные формы (флэшмобы и конкурсы) потенциальную аудиторию практически не интересуют.

Для респондентов со средним профессиональным или высшим образованием в ЛО и в МО несколько более предпочтительны как метод повышения экологической грамотности лекции и семинары, а также специальные образовательные программы, по сравнению с респондентами со средним образованием. Следует отметить, что у 25% респондентов в ЛО с начальным и средним образованием возникли трудности с выбором эффективно-

го, по их мнению, метода для повышения экологической грамотности населения.

Заключение

При разработке программ по информированию населения следует учитывать, что менее 30% респондентов, проживающих в ЛО и МО, проявляют интерес к получению информации по вопросам РБ. При этом возможность доступа к регулярной информации о РО в месте проживания актуальна для 45% респондентов в ЛО и для 37% – в МО.

Респонденты, заинтересованные в получении сведений о РО в регионе, выбирают телевидение, Интернет и СМС-оповещение в качестве наиболее подходящих для них источников такой информации. При этом востребованность СМС-оповещения в МО в два раза выше, чем в ЛО. С возрастом у населения увеличивается доля пользователей традиционных СМИ, прежде всего телевидения. Печатные СМИ пользуются спросом только у респондентов старше 60 лет – до 25%. Среди лиц, выбравших Интернет, преобладают жители в возрасте до 50 лет, в возрастной группе до 40 лет они составляют до 60% респондентов, мужчины встречаются несколько чаще.

В то же время ИД для всех видов СМИ оказался отрицательным, т.е. выявлено недоверие к СМИ как источникам информации о РО и состоянии РБ населения в регионе. При исследовании отношения населения к отдельным источникам информации о РО и РБ в месте проживания в Интернете выявлено, что наибольшим доверием у населения пользуются официальные сайты Роспотребнадзора и Росатома. Данный факт следует учитывать при размещении материалов по вопросам РБ населения в Интернете.

Более половины населения обоих регионов считает наиболее эффективным методом повышения экологической грамотности включение в систему среднего и высшего образования специальных обучающих программ. Также востребованы следующие методы просветительской работы: лекции и семинары с участием специалистов, просмотр видеофильмов.

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. РАН 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. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой // Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС Том 1. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2016. – Т. 1. – С. 352-388.
3. Архангельская, Г.В. 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, С.А. Зеленцова, Н.М. Вишнякова, Е.В. Храмов, К.В. Варфоломеева, Н.В. Соколов, В.С. Репин // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 36-45: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=869056&selid=15181745> (дата обращения: 15.04.2018)
4. Архангельская, Г.В. Проблемы информирования населения о последствиях мирных ядерных взрывов / Г.В. Архангельская, С.А. Зеленцова, И.А. Зыкова, В.П. Рамзаев, Е.В. Храмов // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 4, № 1. – С. 20-26.
5. Архангельская, Г.В. Мониторинг социально-психологических эффектов у населения радиоактивно-загрязненных территорий / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова // Пособие для врачей. Утв. Минздрав РФ июль 1999г., изд. ГУ СПб НИИРГ, 1999 г., – 28 с.
6. 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, 2007г., – 24 с.
7. Зыкова, И.А. Социально-психологические последствия крупных радиационных аварий / И.А. Зыкова, Г.В. Архангельская, Е.В. Храмов // Пособие для врачей. Утв. Минздрав РФ авг. изд. ГУ СПб НИИРГ, 2002 г., – 32 с.
8. Архангельская, Г.В. Трудности информирования населения по вопросам радиационной безопасности / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова, С.А. Зеленцова // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 42-49.
9. Covello, V.T., Wasshington, D.C. Risk communication, risk statistics and risk comparisons: A manual for plant manager. Chemical Manufactures Association; 1988.
10. Kasperson, R.E. The Social Amplification of Risk: A Conceptual Framework. Risk Analysis, 1988, V. 8, pp. 177-187.
11. Baker, F. Risk Communication about environmental hazards. Journ. publ. Health Policy, 1990, V. 11, № 3, pp. 341-359.
12. Communicating Radiation Risks. United States Environmental Protection Agency, 2008, 80 p.
13. Зыкова, И.А. Анализ публикаций об аварии на АЭС «Фукусима» в средствах массовой информации / И.А. Зыкова, Ю.А. Гарбуз, С.А. Зеленцова, О.Б. Романова // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 4, № 3. – С. 43-49.
14. 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.
15. Соколов, Н.В. 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, А.М. Библин, Л.В. Репин, Л.С. Рехтина // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 45-56.
16. Библин, А.М. Проблемы риск – коммуникации: общественные организации и их роль в формировании общественного мнения по вопросам радиационной безопасности населения / А.М. Библин, Н.М. Вишнякова, К.В. Варфоломеева, С.А. Зеленцова, Е.В. Храмов, Р.Р. Ахматдинов // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 101-112.
17. Библин, А.М. Риск-коммуникация при обеспечении радиационной безопасности: доверие населения к Интернету как источнику информации о радиационной обстановке / А.М. Библин, Р.Р. Ахматдинов; под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – С. 263-274.
18. Общественное мнение – 2016. – М.: Левада-Центр, 2017. – 272 с.
19. Новое о цифровой грамотности, или россияне осваиваются в сети: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=115657> (дата обращения: 16.04.2018).
20. Жизнь в интернете и без него: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=116780> (дата обращения: 16.04.2018).

Поступила: 23.04.2018 г.

Библин Артем Михайлович – исполняющий обязанности руководителя Информационно-аналитического центра 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: a.biblin@niirg.ru

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, Санкт-Петербург, Россия

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

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

Ахматдинов Руслан Расимович – младший научный сотрудник 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

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: Библин А.М., Архангельская Г.В., Зеленцова С.А., Храмцов Е.В., Ахматдинов Р.Р., Соколов Н.В., Репин В.С. Проблемы риск-коммуникации по вопросам радиационной безопасности: предпочтения населения Ленинградской и Мурманской областей в источниках получения информации // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 60-73. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-60-73

Risk-communication issues in radiation safety: preferences of the public in the Leningrad and Murmansk regions on the sources of information

Artem M. Biblin¹, Genrietta V. Arkhangelskaya¹, Svetlana A. Zelentsova¹, Evgeniy V. Khramtsov¹, Ruslan R. Akhmatdinov¹, Nikolay V. Sokolov², Viktor S. Repin¹

¹ 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

² Saint-Petersburg State University, The Government of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

A survey of the population of the Leningrad and Murmansk regions was conducted in 2016–2017. The survey was devoted to the study of preferred sources of information on radiation safety. The sample size in the Leningrad region was 962 respondents, and in the Murmansk region – 802 respondents. It was found that less than 30% of respondents living in the Leningrad and Murmansk regions show interest in obtaining information on radiation safety. The respondents noted the greatest importance in obtaining information on three topics: «the effect of radiation on the body and the impact on health», «radiation protection measures available at the place of residence», and «dangerous and safe radiation levels». The possibility of obtaining accessible and regular information about the radiation situation in the place of residence is in demand among approximately 45% of respondents in the Leningrad region and 37% in the Murmansk region. Television, Internet and the SMS alerts were most often chosen by respondents as the most appropriate source of such information. With age, the proportion of users of traditional media, especially television, is increasing,

Artem M. Biblin

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.biblin@niirg.ru

among women slightly more than among men. The population revealed distrust of the media as sources of information about the radiation situation and safety, the confidence index for all types of media is negative. In the Murmansk region, the index of confidence in the media is lower than that in the Leningrad region. Among all types of mass media, TV has the greatest confidence in the population. On the Internet, the official websites of Rospotrebnadzor and Rosatom, as well as the official websites of local authorities in the Leningrad region, which have positive trust index, have the greatest confidence in the population. Search services, blogs, social networks, media sites, and official sites of local authorities in the Murmansk region have negative confidence index. More than a half of the population considers the inclusion of special training programs in the system of secondary and higher education to be the most effective method of improving environmental literacy. The following methods of educational work are also in demand: lectures and seminars with the participation of specialists and watching videos.

Key words: risk communication, radiation, sociological survey, population, radiation protection.

References

- Romanovich I.K., Balonov M.I., Barkovsky A.N. [et al.] Fukushima-1 NPP accident: management of the prophylactic activities, focused on the preservation of the health of the public in the Russian Federation. Ed. G.G. Onishchenko. Saint-Petersburg, Institute of radiation hygiene after P.V. Ramzaev, 2012, 336 p. (In Russian)
- Arkhangelskaya G.V., Zykova I.A., Vishnyakova N.M. Social-psychological aspects of the protection of the public. Ed.: G.G. Onishchenko and A.Yu. Popova. Radiation-hygienic aspects of the negotiation of the consequences of the Chernobyl NPP accident. Volume 1. Saint-Petersburg, Institute of radiation hygiene after P.V. Ramzaev, 2016, Vol. 1, pp. 352-388. (In Russian)
- 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. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 36-45. – Available on: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=869056&selid=15181745> (Accessed: April 15, 2018) (In Russian)
- 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, 2015, Vol. 4, No. 1, pp. 20-26. (In Russian)
- Arkhangelskaya G.V., Zykova I.A. Monitoring of the social-psychological effects of the public in the radioactive-contaminated territories. A guidance for the physicians. Approved by the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, July 1999. Institute of radiation hygiene after P.V. Ramzaev, 1999, 28 p. (In Russian)
- Zykova I.A., Arkhangelskaya G.V. Radiation anxiety of the public of the contaminated areas and actions to lower it. A guidance for the specialists of Rospotrebnadzor. Approved by the director of Institute of radiation hygiene after P.V. Ramzaev, 2007, 24 p. (In Russian)
- Zykova I.A., Arkhangelskaya G.V., Khramtsov E.V. Social-psychological consequences of the major radiation accidents. A guidance for the physicians. Approved by the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. Institute of radiation hygiene after P.V. Ramzaev, 2002, 32 p. (In Russian)
- 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, 2015, T. 7, No. 2, pp. 42-49. (In Russian)
- Covello, V.T., Washington, D.C. Risk communication, risk statistics and risk comparisons: A manual for plant manager. Chemical Manufactures Association; 1988.
- Kasperson, R.E. The Social Amplification of Risk: A Conceptual Framework. Risk Analysis, 1988, V. 8, pp. 177-187.
- Baker, F. Risk Communication about environmental hazards. Journ. publ. Health Policy, 1990, V. 11, № 3, pp. 341-359.
- Communicating Radiation Risks. United States Environmental Protection Agency, 2008, 80 p.
- Zykova I.A., Garbuz Yu.A., Zelentsova S.A., Romanova O.B. Analysis of media publications on the Fukushima nuclear power plant accident. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2011, Vol. 4, No. 3, pp. 43-49. (In Russian)
- 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. (In Russian)
- 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. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 45-56. (In Russian)
- Biblin A.M., Vishnyakova N.M., Varfolomeeva K.V., Zelentsova S.A., Khramtsov E.V., Akhmatdinov R.R. Problems of risk communication: non-governmental organizations and their role in the development of the public opinion on issues of population's radiation protection. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 1, pp. 101-112. (In Russian)
- Biblin A.M., Akhmatdinov R.R. Risk-communication as a part of the provision of the radiation safety: a trust of the public to the internet as a source of the information on the radiations situation. Fundamental and applicable aspects of the analysis of the public health risks. Ed: A.Yu. Popova, N.V. Zaytseva. Proceedings of the all-Russian scientific-practical internet-conference of the young scientists and specialists of Rospotrebnadzor. Perm national research polytechnical university, 2017, pp. 263-274. (In Russian)
- Public opinion 2016. Moscow, Levada -center, 2017, 272 p. (In Russian)
- News on the digital competence, or the Russian people get along with the internet. – Available on: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=115657> (Accessed: April 16, 2018). (In Russian)
- Life in the internet and without it. – Available on: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=116780> (Accessed: April 16, 2018). (In Russian)

Received: April 23, 2018

For correspondence: Artem M. Biblin – Head, Information Analytical Center, 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: a.biblin@niirg.ru)

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, Saint-Petersburg, Russia

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

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

Ruslan R. Akhmatdinov – Junior Researcher, Information Analytical Center, 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 Sciences, head of healthcare department, 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: Biblin A.M., Arkhangelskaya G.V., Zelentsova S.A., Khramtsov E.V., Akhmatdinov Ruslan R., Sokolov N.V., Repin V.S. Risk-communication issues in radiation safety: preferences of the public in the Leningrad and Murmansk regions on the sources of information. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 60-73. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-60-73

Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области за счет естественного и техногенно измененного фона

Ю.И. Стёпкин^{1,2}, М.К. Кузмичев^{1,2}, О.В. Клепиков^{1,3}, Е.М. Студеникина^{1,2}

¹Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, Воронеж, Россия

²Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, Воронеж, Россия

³Воронежский государственный университет инженерных технологий Министерства образования и науки России, Воронеж, Россия

Целью исследования являлась оценка доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и техногенно измененного фона на территории Воронежской области. Использованы данные форм государственного статистического наблюдения № 4-ДЮЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного фона» за 2010–2017 гг. и радиационно-гигиенического паспорта территории Воронежской области. Величина средней годовой эффективной дозы на 1 жителя за счет всех видов ионизирующего излучения остается стабильной с небольшой тенденцией к увеличению и лежит в интервале от 2,925 (2010 г.) до 3,656 мЗв (2017 г.). Природные источники являются основными дозообразующими факторами для населения. Их ежегодный вклад в годовую эффективную дозу составляет от 74,96 до 83,65%. Ведущий вклад в суммарную дозу облучения от природных источников вносит облучение за счет ингаляции изотопов радона от 37,6 до 51,1%. На втором месте – доля внешнего облучения от источников терригенного происхождения, которая составляет от 21,2 до 28,9% от суммарной дозы. Средняя годовая эффективная доза природного облучения человека варьирует от 2,355 до 2,980 мЗв/год, облучения от радона – от 0,83 до 1,65 мЗв/год. Дозы от техногенно измененного радиационного фона, включая глобальные радиоактивные выпадения в результате атмосферных ядерных испытаний и за счет прошлых радиационных аварий, незначительны (0,062 мЗв/год). Их ежегодный вклад в суммарную дозу составляет менее 2%. По результатам оценки показателей, характеризующих уровень воздействия источников ионизирующего излучения естественного и техногенно измененного радиационного фона, превышений нормативов радиационной безопасности не зарегистрировано. Ситуация, связанная с воздействием источников ионизирующего излучения, в Воронежской области на протяжении последних 8 лет характеризуется как безопасная.

Ключевые слова: радиационная гигиена, природные источники ионизирующего излучения, техногенно измененный радиационный фон, оценка доз облучения, радиационная безопасность.

Введение

Исследования по оценке воздействия природных источников ионизирующего излучения (ИИИ) на население активно проводятся в нашей стране более полувека [2]. Начало истории этих исследований было связано с необходимостью оценки содержания естественных радионуклидов в природном строительном сырье, а одним из первых нормативных документов были «Временные критерии для принятия решений и организации контроля с целью ограничения облучения населения от природных источников излучения» (1990), призванные ограничить

облучение населения от природных радионуклидов в среде обитания и содержания изотопов радона в воздухе помещений [5].

К природным источникам ионизирующего излучения относят радон и содержащиеся в воздухе долгоживущие радионуклиды, космическое и терригенное облучение, облучение за счет содержащегося в организме калия-40 (⁴⁰K), а также радионуклиды, поступающие с водой и продуктами питания [11].

Дозы облучения населения за счет техногенно измененного радиационного фона складываются от воздей-

Стёпкин Юрий Иванович

Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко

Адрес для переписки: 394038, г. Воронеж, ул. Космонавтов, д. 21; E-mail: san@sanep.vrn.ru

ствия глобальных радиоактивных выпадений в результате ядерных испытаний и радиационных аварий прошлых лет [7].

Организация мониторинга радиационной обстановки, сбор и анализ информации об уровне воздействия источников ионизирующего излучения являются одной из задач Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и возложены на Центры гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации.

В Роспотребнадзоре разработана единая система контроля индивидуальных доз (ЕСКИД), функционирует соответствующая автоматизированная система, а наиболее открытая и объективная информация о характеристике всех ИИИ и обусловленных ими дозах облучения населения аккумулируется в радиационно-гигиеническом паспорте территории субъекта Российской Федерации [2, 3, 8].

С использованием ЕСКИД проводятся региональные исследования по оценке доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и техногенно измененного радиационного фона [9, 14]. Актуальность этого связана с тем, что, по последним данным, в среднем по Российской Федерации природные источники занимают первое место в структуре коллективной дозы населения (86,1%), далее следует медицинское облучение (13,6%), а на долю всех иных источников, в том числе за счет прошлых радиационных аварий, приходится менее 0,3% [6].

Как показывает ряд региональных исследований, из-за ограниченного числа измерений повышение объективности учета и оценки доз от природного и техногенного ионизирующего излучения может быть достигнуто за счет накопления и анализа данных в процессе ежегодного мониторинга радиационной обстановки на конкретной территории [1, 4, 12, 13].

Цель исследования – оценка доз облучения населения от природных источников ионизирующего излучения и техногенно измененного фона на территории Воронежской области.

Материалы и методы

В исследовании использованы данные радиационно-гигиенического паспорта Воронежской области и материалы форм государственного статистического наблюдения №4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона» за 2010–2017 гг.

В ходе мониторинга оценены следующие показатели: мощность дозы γ -излучения в жилых и общественных зданиях и на открытой местности на территории населенного пункта; среднегодовое содержание радона (^{222}Rn) и торона (^{220}Rn) и их короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе помещений и в атмосферном воздухе; содержание природных радионуклидов в питьевой воде и продуктах питания и годовые эффективные дозы с потреблением воды и основных компонентов рациона питания населения; характеристики поверхностной загрязненности почвы радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Результаты и обсуждение

Рассматривая источники информации о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона на территории Воронежской области, следует выделить ряд региональных особенностей. Программу мониторинга за радиационной безопасностью объектов окружающей среды, а также перечень мониторинговых точек контроля ежегодно разрабатывают и обеспечивают Управление Роспотребнадзора по Воронежской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Кроме того, региональную базу данных формируют ряд показателей радиационной безопасности объектов окружающей среды, которые контролируются в ходе осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В первую очередь это исследования питьевой воды и продуктов питания, а также радона в строящихся и эксплуатируемых жилых и общественных зданиях. При этом количество исследований, проводимых в рамках надзорных мероприятий, значительно превышает число исследований, проводимых в рамках системы регионального социально-гигиенического мониторинга.

Объединение анализа данных рассматриваемых источников информации позволило более адекватно решить задачу оценки доз облучения населения Воронежской области за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона и выделить следующие приоритетные реализуемые направления: 1) измерения γ -фона на открытой местности в 33 точках, т.е. в каждом районном центре области и в городе Воронеже; 2) мониторинг концентрации радона в строящихся и эксплуатируемых жилых и общественных зданиях; 3) контроль содержания радионуклидов в воде открытых водоемов в 3 точках; 4) контроль содержания радионуклидов в питьевой воде (полный радионуклидный анализ), атмосферных выпадениях, почве и пищевых продуктах (радиохимический анализ) в 3 точках.

Точки мониторинга содержания радионуклидов в питьевой воде (полный радионуклидный анализ), в атмосферных выпадениях, почве и пищевых продуктах (радиохимический анализ) выбраны, исходя из следующих положений:

1) село Петренково Острогожского района является самым загрязненным населенным пунктом из числа территорий Воронежской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС, мониторинг содержания радионуклидов осуществляется в воде реки Тихая Сосна;

2) село Левая Россось Каширского района расположено в зоне наблюдения Нововоронежской АЭС, мониторинг содержания радионуклидов – в воде реки Сухая Хворостань;

3) город Воронеж является областным центром и самым крупным городом Воронежской области с населением более 1 миллиона человек, мониторинг содержания радионуклидов – в воде реки Усмань (пляж в п. Боровом является местом массового отдыха населения г. Воронежа).

По итогам радиационно-гигиенической паспортизации для населения Воронежской области основными до-

зообразующими факторами остаются природные и медицинские ИИИ. Ежегодный вклад в годовую эффективную дозу природных источников за период 2010–2017 гг. составляет от 74,96% до 83,65%.

В 2017 г. коллективная годовая эффективная доза облучения населения Воронежской области за счет всех источников ионизирующего излучения составила 8532,48 чел.-Зв (по РФ – 552 843 чел.-Зв). В структуре коллективной дозы населения области, по последним данным, доза от природных ИИИ составляет 81,50%, от медицинских – 16,75%, от техногенно измененного радиационного фона, включая глобальные выпадения и аварию на ЧАЭС, – 1,70%, от деятельности предприятий, использующих ИИИ, – 0,05%.

Величина средней годовой эффективной дозы на 1 жителя Воронежской области за счет всех ИИИ остается стабильной с небольшой тенденцией к увеличению и лежит в интервале от 2,925 (2010 г.) до 3,656 (2017 г.) мЗв, средняя годовая эффективная доза природного облучения человека – от 2,355 до 2,980 мЗв/год (табл. 1).

В 2017 г. средняя годовая эффективная доза на 1 жителя Воронежской области за счет всех ИИИ составила – 3,656 мЗв (по РФ – 3,760 мЗв), в том числе за счет природных источников – 2,980 мЗв (по РФ – 3,237 мЗв), техногенно измененного радиационного фона – 0,062 мЗв (по РФ – 0,009 мЗв).

Рассмотрим отдельные показатели мониторинга радиационной безопасности и их вклад в дозу облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона.

По результатам 7089 измерений γ -фона на открытой местности установлено, что за период 2010–2017 гг. на территории Воронежской области его показатели варьируют от 0,09 до 0,15 мкЗв/ч, при среднем территориальном значении 0,12 мкЗв/ч, что находится в пределах естественного фона. Средняя годовая эффективная доза природного облучения на 1 человека от внешнего γ -излучения составляет от 0,66 до 0,67 мЗв/год.

В суммарную дозу природного излучения ведущий вклад (в различные годы от 37,6% до 51,1%) вносит внутреннее облучение за счет ингаляции изотопов радона (^{222}Rn). На втором месте – доля внешнего облучения от

источников терригенного происхождения, которая составляет от 21,2% до 28,9% от суммарной дозы.

В этой связи мониторингу концентрации радона и оценке годовых эффективных доз, обусловленных его воздействием, уделяется приоритетное внимание. За период 2010–2017 гг. проведены исследования в 18 227 помещениях эксплуатируемых и строящихся жилых и общественных зданий. Установлено, что годовая эффективная доза внутреннего облучения взрослых жителей в среднем по Воронежской области за счет радона с учетом вклада материнских радионуклидов ^{220}Rn и ^{222}Rn составляет от 0,83 до 1,65 мЗв/год.

В разрезе территорий Воронежской области максимальное значение средней годовой эффективной дозы природного облучения человека от радона регистрируется в городе Воронеже и составляет от 0,93 до 2,82 мЗв/год, что, вероятно, связано с интенсивным строительством многоэтажных зданий, при котором используются строительные материалы различного вида, состава и природного происхождения их сырья. Существенные ежегодные различия в дозах, обусловленных радоном, объясняются ежегодными различиями в видах объектов исследований. Так, в отдельные годы проводилась плановая работа по измерению объемной активности изотопов радона (ЭРОА) в домах старой постройки, в другие годы в исследованиях преобладали новостройки. Известно, что жители домов разных типов и из разных строительных материалов могут получать различные дозы облучения. В этой связи при анализе доз от воздействия радона применяется классификация домов на три типа: деревянные, одноэтажные каменные и многоэтажные каменные.

Учитывая, что результаты измерений, проведенных в конкретном году, не дают представительной характеристики, нами были рассчитаны средние значения ЭРОА за анализируемый период. Установлено, что в деревянных домах среднее значение ЭРОА составило $9,65 \pm 1,03$ Бк/м³, в одноэтажных каменных – $12,88 \pm 1,35$ Бк/м³, в многоэтажных каменных – $11,94 \pm 1,27$ Бк/м³. Максимальные значения ЭРОА изотопов радона на территории Воронежской области были отмечены в каменных домах в городе Воронеже – 20,1 (одноэтажные) и 42,5 (многоэтажные) Бк/м³. В одноэтажных каменных домах активность радо-

Таблица 1

Средние годовые эффективные дозы на 1 жителя Воронежской области от ИИИ (мЗв/год)

[Table 1]

Mean annual per capita effective doses from sources of ionizing radiation in Voronezh region (mSv/year)

ИИИ [Source of ionizing radiation]	Годы [Year]							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
За счет всех ИИИ [All sources]	2,925	2,980	3,167	3,095	3,309	3,086	3,399	3,656
Природные, в том числе [Natural radionuclides, including]	2,467	2,355	2,530	2,480	2,480	2,479	2,843	2,980
от радона [radon]	0,83	0,99	1,11	1,10	1,11	1,10	1,47	1,65
от внешнего γ -излучения [external γ -radiation]	0,70	0,66	0,67	0,67	0,69	0,69	0,69	0,64

на может быть выше из-за близости подвалов, в которых накапливается радон, выделяющийся из грунта. Кроме того, радон тяжелее воздуха и может концентрироваться ближе к поверхности земли.

Вместе с тем, за период 2010–2017 гг. все результаты измерений концентрации радона (эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона) в жилых и общественных зданиях свидетельствовали о соответствии данного показателя требованиям санитарных норм и правил.

Вклад в суммарную дозу внутреннего облучения от калия-40 (⁴⁰K), содержащегося в организме людей, в соответствии с данными Научного комитета по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций (НКДАР ООН), принят равным 0,17 мЗв/год, а годовая доза облучения за счет космической компоненты – 0,4 мЗв для всех регионов России. Доля дозы от внутреннего облучения от ⁴⁰K в общей структуре индивидуальной дозы природного облучения за анализируемый период варьирует от 5,8 до 8,0%, а доля дозы за счет космической компоненты – от 13,7 до 18,9%, что зависело, в основном, от вариации вклада дозы, связанной с радоном.

За период 2010–2017 гг. ежегодно исследовалось по 12 проб атмосферного воздуха на содержание радиоактивных веществ. Превышений допустимых среднегодовых объемных активностей радионуклидов для населения не выявлено. Средняя индивидуальная доза от радиоактивных веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, составляет 0,006±0,0005 мЗв/год, вклад в дозу от природного излучения – незначительный и составляет 0,2–0,3%.

В рамках надзорных мероприятий ежегодно проводится отбор более 1 тыс. проб продуктов питания и их исследования на содержание радиоактивных нуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr – показателей, которые определены Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Средняя индивидуальная доза за период составила 0,120±0,005 мЗв/год, ежегодный вклад в дозу от природного излучения варьировал от 3,9 до 5,7%. За 2010–2017 гг. значения объемной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr не превышали допустимых значений.

В рамках функционирования региональной системы социально-гигиенического мониторинга по разделу «Показатели радиационной безопасности объектов окружающей среды и среды обитания людей» проводятся радиохимические исследования проб продуктов питания местного производства и питьевой воды из с. Петренково Острогожского района (зона радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС), с. Левая Россошь Каширского района (30-километровая зона Нововоронежской АЭС) и городского округа г. Воронеж. Ежегодно исследуется по 24 пробы пищевых продуктов и продовольственного сырья, из них 6 проб молока, по 3 пробы картофеля, мяса, рыбы, хлеба, овощей, дикорастущих ягод или грибов.

Учитывая среднестатистическое потребление продуктов (кг/год) по Воронежской области, были рассчитаны значения годовых эффективных доз облучения населения за счет потребления отдельных групп пищевых продуктов местного происхождения (табл. 2).

С учетом среднестатистических объемов потребления продуктов, наибольшая годовая эффективная доза

Таблица 2

Значения годовых эффективных доз облучения населения за счет потребления отдельных групп пищевых продуктов

[Table 2]

Values of annual effective doses of the public from the consumption of various food products]

Продукты питания [Food products]	Потребление, кг/год* [Consumption, kg/year]	Годовая эффективная доза [Annual effective dose]	
		мЗв/год [mSv/year]	% от учитываемых продуктов питания [Contribution into the food products considered, %]
Хлеб [Bread]	133,7	0,034	30,9
Картофель [Potatoes]	107,6	0,007	6,4
Овощи [Vegetables]	97,0	0,010	9,1
Молоко [Milk]	238,2	0,025	22,7
Мясо [Meat]	37,2	0,005	4,5
Рыба [Fish]	16,0	0,029	26,4

* – среднее годовое потребление продуктов питания взрослыми жителями (по данным Территориального органа Федеральной службы статистики по Воронежской области)

[* – average annual consumption of the food products by adult residents (based on data from territorial body of the Federal statistics service in the Voronezh region)]

приходится на хлеб (30,9% вклада от учитываемых групп продуктов).

По данным НКДАР ООН, вклад питьевой воды в суммарную дозу облучения населения не является преобладающим и обусловлен присутствующими в воде радионуклидами природных рядов урана и тория. Наибольший вклад в формирование дозы облучения за счет потребления питьевой воды вносят изотопы урана (^{238}U и ^{234}U), радия (^{226}Ra и ^{228}Ra), радона (^{222}Rn) и полония-210 (^{210}Po), в меньшей степени – свинца-210 (^{210}Pb) и изотопов тория (^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th).

Установлено, что региональные значения годовых эффективных доз облучения населения за счет потребления питьевой воды находятся в интервале от 0,031 до 0,046 мЗв/год при наибольшем вкладе радона (^{222}Rn), средняя удельная активность радионуклида в воде составляет 9,50–10,3 Бк/кг (табл. 3).

Превышений гигиенических нормативов (норм радиационной безопасности) в исследуемых пробах продуктов питания и питьевой воды не выявлено.

По результатам исследования проб воды открытых водоемов в местах водопользования населения (3 мони-

торинговые точки: реки Тихая Сосна, Сухая Хворостань, Усмань) превышений уровней вмешательства по содержанию контролируемых радиоактивных веществ (^{210}Po , ^{234}U , ^{222}Rn , ^{137}Cs), а также по показателям суммарной α - и β -активности не зарегистрировано.

Дозы облучения населения за счет техногенного фона складываются из доз облучения за счет глобальных радиоактивных выпадений в результате атмосферных ядерных испытаний и за счет прошлых радиационных аварий и предшествующей деятельности. Доза за счет глобальных выпадений принята равной 0,005 мЗв/год в соответствии с оценкой, приведенной в докладе НКДАР ООН за 2000 г.

Вклад дозы облучения населения за счет техногенного фона в суммарную коллективную дозу населения за анализируемый период наблюдений варьирует от 1,62 до 1,76%. По последним данным (2017 г.), коллективная доза облучения населения Воронежской области за счет глобальных выпадений и прошлых радиационных аварий (техногенного фона) составила 144,68 чел.-Зв/год. Средняя годовая доза на жителя Воронежской области за счет техногенного фона составила 0,062 мЗв/год (табл. 4).

Таблица 3

Значения годовых эффективных доз облучения населения за счет потребления питьевой воды

[Table 3]

Values of annual effective doses of the public from the consumption of the drinking water]

Населенный пункт [Location]	Потребление *, кг/год [Consumption, kg/year]	Средняя удельная активность радионуклида в воде, Бк/кг [Mean specific activity of the radionuclide in water, Bk/kg]						Годовая эффективная доза, мЗв/год [Annual effective dose mSv/year]
		^{226}Ra	^{228}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	$^{238}\text{U}+$ ^{234}U	^{222}Rn	
г. Воронеж [Voronezh]	730	0,020	0,030	0,020	0,0020	0,0050	9,5	0,031
с. Левая Россошь (Каширский р-н) [village Levaya Rossosh (Kashirsky district)]	730	0,010	0,010	0,050	0,0050	0,030	10,3	0,038
с. Петренково (Острогожский р-н) [village Petrenkovo (Ostrogzhsky district)]	730	0,020	0,050	0,020	0,0050	0,060	10,3	0,046

* – среднее годовое потребление питьевой воды взрослыми жителями района (населенного пункта) жителями (по данным Территориального органа Федеральной службы статистики по Воронежской области)

[* average annual consumption of the drinking water by adult residents of the district/city (based on data from territorial body of the Federal statistics service in Voronezh region)].

Таблица 4

Дозы облучения населения Воронежской области за счет глобальных выпадений и прошлых радиационных аварий (техногенного фона)

[Table 4]

Doses to the public of the Voronezh region from global fallouts and previous radiation accidents (technogenic background)]

Показатель [Indicator]	Годы [Year]								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Коллективная доза облучения, чел.-Зв/год [Collective dose, man-Sv/year]	144,68	144,68	144,48	144,48	144,53	144,53	144,68	144,68	
Средняя годовая доза на жителя, мЗв/год [Mean annual per capita dose, mSv/year]	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	

Характеристики поверхностной загрязненности почвы радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr являются основными показателями для оценки воздействия Чернобыльской аварии на территорию Воронежской области, поскольку у этих радионуклидов, по сравнению с другими, которые присутствовали в аварийных выбросах Чернобыльской АЭС, периоды полураспада наиболее длительные: период полураспада ^{137}Cs составляет 30,2 года, ^{90}Sr – 28,6 года.

По данным радиационно-гигиенической паспортизации, плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составляет в среднем от 7,955 до 9,100 кБк/м² (максимально в 2010 г. – 107,9 кБк/м²), ^{90}Sr – от 0,235 до 0,280 кБк/м² (максимально в 2010 г. – 1,470 кБк/м²) (табл. 5).

В целом, регистрируется снижение максимальных значений поверхностной загрязненности почвы радионуклидами, что связано с их естественным распадом. Среднегодовая эффективная доза от «чернобыльских выпадений», получаемая жителями населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному воздействию, в 2010–2017 гг. не превышает 0,16 мЗв/год, что является безопасным.

Заключение

Таким образом, ситуация, связанная с воздействием источников ионизирующего излучения в Воронежской области, на протяжении последних 8 лет остается стабильной и безопасной. При этом природные источники являются основными дозообразующими факторами для населения. Их ежегодный вклад в годовую эффективную дозу за период 2010–2017 гг. составляет от 74,96 до 83,65%. Ведущий вклад в суммарную дозу облучения от природных источников вносит облучение за счет ингаляции изотопов радона от 37,6 до 51,1%. На втором месте доля внешнего облучения от источников терригенного происхождения, которая составляет от 21,2 до 28,9% от суммарной дозы. По результатам оценки показателей,

характеризующих уровень воздействия источников ионизирующего излучения естественного и техногенно-измененного радиационного фона, превышений нормативов радиационной безопасности не зарегистрировано.

Исследования и анализ информации выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-05-00569 «Исследование закономерностей формирования эколого-геохимического фона и зон риска для здоровья населения селитебно-промышленных территорий центрального Черноземья»).

Литература

1. Арутюнян, Р.В. Экология и устойчивое развитие региона размещения Нововоронежской АЭС / Р.В. Арутюнян, Л.А. Большов, Л.М. Воробьева, Е.К. Хандогина, С.М. Новиков, Т.А. Шашина, Н.С. Скворцова, М.И. Чубирко, Н.М. Пичужкина // Атомная энергия. – 2010. – Т. 109, № 2. – С. 109–113.
2. 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.
3. Кормановская, Т.А. Проблемы учета доз природного облучения в производственных условиях в единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан / Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 43–50.
4. Кузмичев, М.К. Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области от источников ионизирующего излучения / М.К. Кузмичев, Ю.И. Степкин, О.В. Клепиков, И.В. Кухтина // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 9. – С. 39–41.
5. Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Временные критерии для принятия решения и организации контроля №43-10/796 от 5.12.1990 г. – М.: Министерство здравоохранения России, 1990 – 18 с.
6. Онищенко, Г.Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управлен-

Таблица 5

Результаты исследований проб почвы на содержание радионуклидов

[Table 5

Radionuclide concentration in soil samples]

Годы [Year]	Исследовано проб почвы [n of soil samples]	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ² [^{137}Cs contamination density, kBq/m ²]		Плотность загрязнения ^{90}Sr , кБк/м ² [^{90}Sr contamination density, kBq/m ²]	
		среднее значение [Mean value]	максимальное значение [maximum value]	среднее значение [Mean value]	максимальное значение [maximum value]
2010	133	9,10	107,90	0,28	1,47
2011	132	8,90	105,80	0,27	1,44
2012	56	8,80	104,53	0,26	1,42
2013	41	8,62	102,44	0,26	1,39
2014	201	8,45	100,39	0,25	1,36
2015	352	8,28	98,38	0,25	1,34
2016	65	8,12	96,38	0,24	1,31
2017	152	7,96	94,49	0,24	1,28

- ческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, И.К. Романович, А.Н. Барковский, Т.А. Кормановская, И.Г. Шевкун // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 18–35.
7. Попов, В.И. К 30-летию катастрофы на Чернобыльской АЭС: оценка последствий радиоактивного загрязнения и современной радиационной обстановки на территории Воронежской области / В.И. Попов, О.В. Клепиков, М.К. Кузмичев // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2016. – № 1. – С. 48–55.
 8. Репин, Л.В. Автоматизированная система контроля радиационного воздействия Роспотребнадзора: история создания, назначение и развитие / Л.В. Репин, А.М. Библин, П.Г. Ковалев, М.С. Николаевич, В.С. Репин // Радиационная гигиена. – 2014. – Т.7, № 3. – С. 44–53.
 9. Росоловский, А.П. Радиологическая оценка некоторых природных источников ионизирующего излучения на территории Новгородской области / А.П. Росоловский // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 62–66.
 10. 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.
 11. Степанов, Е.Г. Обеспечение радиационной безопасности населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения / Е.Г. Степанов, А.С. Жеребцов, Ш.Э. Гильманов, И.И. Хисамиев, Е.С. Шакирова, О.В. Туваняева // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 73–75.
 12. Стёпкин, Ю.И. Оценка доз облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений по данным единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) / Ю.И. Стёпкин, М.К. Кузмичев, О.В. Клепиков // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 69–74.
 13. Стёпкин, Ю.И. Результаты регионального мониторинга доз облучения населения от источников ионизирующего излучения / Ю.И. Стёпкин, М.К. Кузмичев, О.В. Клепиков // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 83–88.
 14. Чичура, Т.М. Радиационно-гигиенический мониторинг и оценка доз облучения населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях Тульской области / Т.М. Чичура, А.Э. Ломовцев, А.Ю. Хожайнов // Радиационная гигиена. – 2016. – Т.9, №2. – С. 63–68.

Поступила: 20.03.2018 г.

Стёпкин Юрий Иванович – доктор медицинских наук, профессор, главный врач Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, заведующий кафедрой гигиенических дисциплин Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко. **Адрес для переписки:** 394038, Россия, г. Воронеж, ул. Космонавтов, д. 21; E-mail: san@sanep.vrn.ru

Кузмичёв Максим Константинович – кандидат медицинских наук, заведующий радиологической лабораторией Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, доцент кафедры гигиенических дисциплин Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

Клепиков Олег Владимирович – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделением информационных технологий организационно-методического отдела Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, профессор кафедры инженерной экологии Воронежского государственного университета инженерных технологий, Воронеж, Россия

Студеникина Екатерина Михайловна – врач по общей гигиене отделения статистического наблюдения организационно-методического отдела Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, ассистент кафедры гигиенических дисциплин Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

Для цитирования: Степкин Ю.И., Кузмичев М.К., Клепиков О.В., Студеникина Е.М. Гигиеническая оценка доз облучения населения за счет естественного и техногенно измененного фона // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 74–82. DOI: 10.21514/1998-426x-2018-11-2-74-82

Hygienic evaluation of exposure doses for the Voronezh region population from the natural and technogenously modified background

Yuriy I. Stepkin^{1,2}, Maksim K. Kuzmichev^{1,2}, Oleg V. Klepikov^{1,3}, Ekaterina M. Studenikina^{1,2}

¹Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region, Voronezh, Russia

²Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Public Health, Voronezh, Russia

³Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

The purpose of the study was to estimate the doses to the Voronezh region population from natural sources of ionizing radiation and the technologically altered background in the territory of Voronezh Region. The data of forms of state statistical observation No. 4-DOZ "Information on the doses of population exposure due to natural and technologically altered background" for 2010-2017 and the radiation and hygienic passport of the territory of the Voronezh Region were used. The average annual per caput effective dose due to all types of ionizing radiation remains stable with a slight upward trend and lies in the range from 2.925 (2010) to 3.656 mSv (2017). Natural sources are the main dose-forming factors for the population. Their annual contribution to the annual effective dose ranges from 74.96 to 83.65%. The leading contribution to the total dose from natural sources is the exposure due to the inhalation of radon isotopes: it ranges from 37.6 to 51.1%. In second place, there is the share of external exposure from sources of terrigenous origin, which ranges from 21.2 to 28.9% of the total dose. The average annual effective dose of natural exposure to humans varies from 2,355 to 2,980 mSv / year, the exposure from radon – from 0,83 to 1,65 mSv / year. The dose from technogenic-altered radiation background, including global radioactive fallout due to atmospheric nuclear tests and due to past radiation accidents are insignificant (0,062 mSv / year). Its annual contribution to the total dose is less than 2%. Based on the results of the assessment of the indicators characterizing the level of exposure of sources of ionizing radiation to natural and technogenic-altered radiation background, no excess of radiation safety standards has been recorded. The situation associated with exposure to ionizing radiation sources in the Voronezh region has been described as safe for the last 8 years.

Key words: radiation hygiene, natural sources of ionizing radiation, technogenically altered radiation background, assessment of radiation doses, radiation safety.

References

- Arutyunyan R.V., Bolshov L.A., Vorobiova L.M., Khandogina E.K., Novikov S.M., Shashina T.A., Skvortsova N.S., Chubirko M.I., Pichuzhkina N.M. Ecology and stable development of the region of the location of Novovoronezhskaya NPP. Atomnaya energiya = Atomic Energy, 2010, Vol. 109, No 2, pp. 109-113. (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-hygienic passportization. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol. 7, No 1, pp. 36-48. (In Russian)
- Kormanovskaya T.A. Issues of assessment of doses from natural sources in working conditions: implications for the unified state system of individual dose monitoring. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No 2, pp. 43-50. (In Russian)
- Kuzmichev M.K., Stepkin Yu.I., Klepikov O.V., Kukhtina I.V. Hygienic assessment of radiation doses to the population of the Voronezh region from sources of ionizing irradiation. Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation, 2015, Vol. 94, No 9. pp. 39-41. (In Russian)
- Limitation of the public exposure from natural sources of ionizing radiation. Temporal criteria for the decision-making and inspection arrangement № 43-10/796, 5.12.1990. Moscow, Ministerstvo zdravookhraneniya Rossii = Ministry of Health of Russia, 1990, 18 p. (In Russian)
- 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 RF. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No 3. pp. 18-35. (In Russian)
- Popov V.I., Klepikov O.V., Kuzmichev M.K. On the 30-year anniversary of the Chernobyl NPP accident: assessment of the consequences of the radioactive contamination and current radiation environment on the territory of Voronezh region. Mediko-biologicheskie i sotsialno-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh = Medico-biological and social-psychological problems of emergency safety, 2016, No 1, pp. 48-55. (In Russian)
- Repin L.V., Biblin A.M., Kovalev P.G., Nikolaevich M.S., Repin V.S. The automated system of radiation exposure control (ASCRE) for Rospotrebnadzor: creation history, applicability and development. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol.7, No 3, pp. 44-53. (In Russian)
- Rosolovsky A.P. Radiological assessment of some natural sources of ionizing radiation in the Novgorod region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol.8, No3, pp. 62-66. (In Russian)
- Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Gorsky G.A. Russian Federation population radiation protection during the exposure from natural ionizing irradiation sources: modern

Yuriy I. Stepkin

Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Address for correspondence: Kosmonavtov str., 21, Voronezh, 394038, Russia; E-mail: san@sanep.vrn.ru

- state and directions for development and optimization. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol. 7, № 1, pp. 54-62. (In Russian)
11. Stepanov E.G., Zherebtsov A.S., Gilmanov Sh.Z., Khisamiev I.I., Shakirova E.S., Tuvanyaeva O.V. Population radiation protection providing under the influence of natural ionizing irradiation sources. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol.8, No 1, pp. 73-75. (In Russian)
 12. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V. Personnel dose assessment due to the normal operations with the artificial radiation sources according to the data from the unified system of individual dose control (USIDC). Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No3, pp. 69-74. (In Russian)
 13. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V. Regional monitoring results of population exposure doses from ionizing radiation sources. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, No. 4, pp. 83-88. (In Russian)
 14. Chichura T.M., Lomovtsev A.E., Khozhainov A.Yu. Radiation hygienic monitoring and assessment of population doses in radioactively contaminated areas of Tula region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No.2, pp. 63-68. (In Russian)

Received: March 20, 2018

For correspondence: Yuriy I. Stepkin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Physician of Voronezh Region's Center of Hygiene and Epidemiology, Head of the Hygienic Disciplines Chair of Voronezh State Medical University after N.N. Burdenko (Kosmonavtov str., 21, Voronezh, 394038, Russia; E-mail: san@sanep.vrn.ru)

Maksim K. Kuzmichev – Candidate of Medical Sciences, Head of Radiological Laboratory, Trial Laboratory Center of Voronezh Region's Hygienic and Epidemiologic Center, Associate Professor of Hygienic Disciplines Chair of Voronezh State Medical University after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

Oleg V. Klepikov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Informational Technologies Department, Organizational Methodological Division of Voronezh Region's Center of Hygiene and Epidemiology, Professor of Engineering Ecology Chair of Voronezh State Engineering Technologies University, Russian Federation Ministry of Science and Education, Voronezh, Russia

Ekaterina M. Studenikina – Common hygiene physician, division of statistical monitoring of the organizational-methodical department of the Center of Voronezh Region's Hygienic and Epidemiologic Center, assistant, faculty of hygienic studies, Voronezh State Medical University after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

For citation: Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V., Studenikina E.M. Hygienic evaluation of exposure doses for the Voronezh region population from the natural and technogenously modified background. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 74-82. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426x-2018-11-2-74-82

Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан

Х.М. Назаров¹, К.А. Эрматов¹, Дж.А. Саломов², С.М. Бахронов², У.М. Мирсаидов²

¹ Филиал Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан в Согдийской области, Бустон, Таджикистан

² Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

В статье приведены результаты альфа-, гамма-спектрометрических анализов проб, дозиметрии, радонового мониторинга оцениваемых участков территории в г. Истиклол. Установлено, что удельная активность радионуклидов урана и радия в хвостовом материале варьирует: 1405–2140 Бк/кг, 5935–9843 Бк/кг соответственно. По результатам мониторинга мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения и объемной активности радона на объектах г. Истиклол установлено, что мощность ambientного эквивалента дозы гамма-излучения находится в пределах 0,52–1,78 мкЗв/ч, а объемная активность радона в воздухе – от 20–45 Бк/м³. Показано, что концентрация радона в воздухе над поверхностью хвостохранилищ является невысокой. Однако эксхалляция радона с поверхности почвы всех обследованных хвостохранилищ выше норматива (1 Бк/(м²·с)). Результаты измерений объемной активности радона в воздухе жилых зданий и объектов, находящихся на территории г. Истиклол, показали, что значение объемной активности радона находится в пределах 44–195 Бк/м³. Высокое значение объемной активности радона отмечается на бывшем полуразрушенном заводе (1319 Бк/м³). Гамма- и альфа-спектрометрическими исследованиями выявлены средние значения удельной активности урана и радия в почвах для хвостохранилищ и карьера г. Истиклол: ²³⁴U – 65365 Бк/кг, ²³⁸U – 50295 Бк/кг, ²²⁶Ra – 3800 Бк/кг. Для оценки доз облучения населения по водному пути принимались средние значения объемной активности ²³⁴U, ²³⁸U, ²²⁶Ra в водах. Максимальные значения объемной активности радионуклидов наблюдались в пробах дренажных вод, Бк/м³: ²³⁴U – 530 000, ²³⁸U – 390 000, ²²⁶Ra – 185. Для расчета вкладов различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения жителей г. Истиклол население было разделено на 4 гипотетические группы. Были учтены продолжительность пребывания различных гипотетических групп населения на участках потенциального облучения, дозы облучения за счет водопользования из загрязнённых водных источников и дополнительные факторы в г. Истиклол. Основной вклад в дополнительную дозу облучения, получаемую гипотетическими группами населения, вносят внешнее облучение во время пребывания на территории отвалов фабрики бедных руд и хвостохранилищ и внутреннее облучение за счет употребления загрязнённой естественными радионуклидами воды.

Ключевые слова: анализ, радионуклид, уран, радий, радон, объемная активность, гамма-излучение, воздух, почва, хвостохранилища, радиометр, оценка доз.

Введение

В результате деятельности двух гидрометаллургических заводов (ГМЗ) были образованы хвостохранилища общей площадью около 54 га с общим количеством отходов около 7,6 млн тонн. Хвостохранилище ГМЗ расположено в 3 км выше по течению ручья от центра г. Истиклол (бывший г. Табошар), где захоронено около 1,17 млн тонн отходов. Отвалы пустой породы и забалансовых руд сосредоточены в окрестностях карьера. Мощность дозы

гамма-излучения в окружении отвалов была определена на уровне 0,4–0,7 мкЗв/ч и достигала 3,0–4,0 мкЗв/ч в местах отвалов забалансовых руд. Кроме рудников, в окрестностях г. Истиклол находится урановый карьер, который в настоящее время затоплен водой, глубиной до 50 м, в восточной части которого размещены отвалы фабрики бедных руд («ФБР»).

В течение более 50 лет с момента образования указанных отвалов существенное количество размельченных

Назаров Холмурод Маруфович

Филиал Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан в Согдийской области
Адрес для переписки: 734000, г. Бустон, Таджикистан, ул. Оплачук, 1^а; E-mail: holmurod18@mail.ru

отходов обедненных руд разносится в окружающей среде под воздействием эрозии и водного смыва. Материал хвостохранилища был отмечен на расстоянии до нескольких километров по руслу сезонного ручья (сай), который начинается у подножья отвалов ФБР.

Мощность дозы гамма-излучения на поверхности открытых участков хвостохранилищ г. Истиклол определена в пределах 0,4–0,6 мкЗв/ч, что выше фоновых значений, однако остается достаточно низкой и не вызывает опасений с точки зрения радиационной безопасности. Вместе с тем, территория хвостохранилища повсеместно используется местным населением для выпаса скота, на поверхности хвостохранилищ образовались тропинки, а на некоторых участках самовольные постройки местных жителей и загоны для овец практически примыкают к границам хвостохранилищ.

Имеющиеся данные о содержании радона в почвенном и атмосферном воздухе, а также воде, подтверждают актуальность отдельных несистематизированных радиационно-гигиенических обследований воздушной среды в зданиях жилого фонда и социально-бытового назначения, технических вод г. Истиклол. Они необходимы для выявления радоноопасности на территориях вокруг бывших урановых объектов и расчёта дозовых нагрузок на население, проживающего вблизи них [1].

Цель исследования – оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан.

Методы отбора проб и исследования

Альфа-спектрометрический анализ проб проводился на приборе AlphaAnalyst. Для определения альфа-излучающих радионуклидов применялись кремниевые детекторы площадью до 1200 мм² и толщиной чувствительного слоя до 100 мкм. Данный слой обеспечивает полное поглощение альфа-частиц с энергиями от 4 до 9 МэВ.

Для гамма-спектрометрического анализа проб использовались гамма-спектрометры высокого разрешения с широкодиапазонными детекторами на основе высокоочищенного германия коаксиального типа «Canberra».

Измерение радиационного фона осуществлялось дозиметрами: МКС-АТ6130 «Атомтех», ДКС-96 «Доза», ДКС-АТ1123 «Атомтех».

Радоновый мониторинг на объектах проводился как «интегральными» методами, так и «мгновенными» измерениями. Измерение объемной активности (ОА) радона проводилось с помощью радиометра радона РРА-01М-03. Измерение ОА радона в воздухе основывалось на отборе проб воздуха в пробоотборник и последующем определении ОА радона в пробоотборнике путём перемешивания пробы между объемами пробоотборника и измерительной камеры РРА-01М-03. Используя пробоотборное устройство ПОУ-04, была измерена плотность потока радона (ППР) с поверхности хвостохранилищ г. Истиклол. По результатам замеров ППР на площадках, равномерно распределённых по поверхности хвостохранилища, произведена оценка годового выброса радона.

Вычисление ППР выполнялось по известной формуле, описанной в методике [2]:

$$\text{ППР} = (Q - Q_{\phi}) \cdot \frac{V_2 + V_3}{T \cdot S_2},$$

где: Q – объёмная активность радона, вычисленная по формуле:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i, \text{ Бк/м}^3;$$

Q_{ϕ} – фоновая объёмная активность радона, вычисленная по формуле:

$$Q_{\phi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{\phi i}, \text{ Бк/м}^3;$$

V_2 – объём измерительной камеры РРА, $V_2 = 1,6$ л;
 V_3 – свободный объём накопительной камеры, $V_3 = 0,093$ л;

T – время работы воздухоудки ПОУ, T=300 с;
 S_2 – площадь сбора радона накопительной камерой, $S_2 = 0,0016$ м².

ОА радона в воздухе определялась также с использованием трековых детекторов комплекса «RADOSYS» на объектах. Эманионный трековый метод необходим для расчётов и оценки доз облучения населения от природных источников, проживающего постоянно вблизи радиационно-опасных объектов или временно находящихся на хвостохранилищах радиоактивных отходов в связи с производственной деятельностью.

Результаты и обсуждение

Исходя из технологии образования отходов (гидрометаллургическая переработка урановых руд), радионуклидный состав отходов, размещённых в хвостохранилищах, определяется радионуклидами, присутствовавшими в исходной руде, главным образом природным ураном и продуктами его распада.

В процессе переработки руды большая часть урана была извлечена, оставшаяся неизвлечённой меньшая часть урана и другие естественные радионуклиды (ЕРН) с отходами поступили в хвостохранилище.

Ввиду отсутствия в имеющихся исходных материалах данных по определению в хвостовом материале удельной активности (УА) других долгоживущих продуктов распада ²³⁸U (²³⁰Th, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po) и с учетом наличия радиоактивного равновесия в исходной руде, УА указанных радионуклидов в хвостовом материале принимаются приблизительно равными УА²²⁶Ra.

УА²³²Th и ⁴⁰K в хвостовом материале, по сравнению с активностью радионуклидов ряда урана, незначительны.

Это подтверждается расчетом УА радионуклидов в хвостовом материале (табл. 1).

Полученные данные расчетов будут использованы при оценке уровней радиационно-опасных факторов, а также доз облучения населения.

Мощность дозы гамма-излучения на поверхности хвостового материала зависит от удельной активности радионуклидов, содержащихся в отходах, радиологических свойств радионуклидов, геометрии излучения и защитных свойств излучающего материала. Результаты измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения и ОА радона в воздухе на объектах обобщены в таблице 2.

Таблица 1

Удельная активность радионуклидов в хвостовом материале, Бк/кг

[Table 1]

Activity concentration of radionuclides in the tailing material, Bq/kg

ЕРН [Natural radionuclide]	Хвостохранилище I–II очереди [Tailing dump, I–II stage]	Хвостохранилище III очереди [Tailing dump, III stage]	Хвостохранилище IV очереди [Tailing dump, IV stage]	Отвалы ФБР [Refuse dump of FBR]
²³⁸ U	1854	2140	1405	1405
²²⁶ Ra	6088	5935	9843	6570
²³² Th	119	108	181	5600
⁴⁰ K	1217	690	1091	–

Таблица 2

Результаты мониторинга МЭД гамма-излучения и ОА радона на объектах г. Истиклол

[Table 2]

Results of the monitoring of ambient equivalent dose rate and radon volume activity on the facilities in the Istiklol city

Объект [Facility]	Средние значения МЭД, мкЗв/ч [Mean values of ambient equivalent dose rate, μSv/h]	ОА радона, Бк/м ³ [Volume activity of radon, Bq/m ³]	УА _{Ра} , Бк/кг [Activity concentration of Ra, Bq/kg]	ППР средняя, Бк/(м ² ·с) [Mean radon flux density Bq·m ⁻² ·s ⁻¹]
Хвостохранилище I–II очереди [Tailing dump, I–II stage]	0,68	45	6088	3,65
Хвостохранилище III очереди [Tailing dump, III stage]	0,76	35	5935	3,56
Хвостохранилище IV очереди [Tailing dump, IV stage]	0,77	25	9843	5,90
Отвалы ФБР [Refuse dump of FBR]	1,78	17	6570	0,9
Карьер [Quarry]	0,52	20	–	0,1

МЭД гамма-излучения на территории города вне зоны непосредственного влияния хвостохранилищ оценивается величиной около 0,15 мкЗв/ч. В закрытых помещениях МЭД гамма-излучения превышает природный фон на 0,05 мкЗв/ч.

Концентрация радона в воздухе над хвостохранилищами является невысокой, так как данная местность характеризуется хорошей проветриваемостью. Вместе с тем, эксхалация (ППР) радона с поверхности почвы на территории всех обследованных хвостохранилищ выше установленного в Республике Таджикистан норматива

безопасности при качественном покрытии (1 Бк/(м²·с) [3]. Это свидетельствует о недостаточно надёжном покрытии хвостохранилищ.

В целях интегральных измерений средней ОА радона в атмосферном воздухе на территории г. Истиклол было установлено более 500 трековых детекторов. Детекторы экспонировались в течение 2 месяцев, затем были обработаны в лаборатории Научно-производственного центра «Технология» ГУП «Таджредмет». Результаты дешифрирования трековых детекторов обобщены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерений ОА радона в воздухе объектов, находящихся на территории г. Истиклол (трековые детекторы комплекса «RADOSYS»)

[Table 3]

Results of the measurements of the volume activity of radon in the air of the facilities in the Istiklol city (track detectors of the «RADOSYS» complex)

№ п/п [№]	Места установки детекторов [Detector installation sites]	Средняя ОА радона, Бк/м ³ [Mean Volume activity of radon, Bq/m ³]
1	Здание спорткомитета [Sport committee building]	195
2	Здание поликлиники, ул. Ленина [Polyclinic building, Lenina str.]	45
3	ул. Гагарина, 20, кв. 3 [Gagarina str. 20-3]	115

№ п/п [№]	Места установки детекторов [Detector installation sites]	Средняя ОА радона, Бк/м ³ [Mean Volume activity of radon, Bq/m ³]
4	ул. Садовая, 2 [Sadovaya str. 2]	134
5	ул. Садовая, 2 (во дворе) [Sadovaya str. 2 (in the yard)]	48
6	ул. Пушкина, 29, кв. 2 [Pushkina str. 29-2]	85
7	ул. Тельмана, 43 [Telmana str. 43]	171
8	ул. Тельмана, 43 (во дворе) [Telmana str. 43 (in the yard)]	121
9	ул. Ленинадская, 7, кв. 39 [Leninabadskaya str. 7-39]	168
10	ул. Ленинадская, 7, кв. 39 («детская») [Leninabadskaya str. 7-39, children's room]	44
11	Здание школы №5 (бывшее рудоуправление) [School №5 (former mining plant administration)]	150
12	Здание школы №4 в махалле «Старый Табашар» [School № 4 in «Old Taboshar»]	144
13	Здания бывшего полуразрушенного завода [Building of the former semi-destroyed plant]	1319

Высокое значение ОА радона отмечается на бывшем полуразрушенном заводе (1319 Бк/м³). В зданиях спорткомитета (195 Бк/м³) и на территории школы № 5 (150 Бк/м³) также наблюдались повышенные значения средней ОА радона. Однако эти значения не превышают нормы для ОА радона [3].

Полученные данные были использованы для составления возможных сценариев радиационной обстановки и оценки доз облучения. Оценивалась ОА радона на открытой местности и в помещениях.

В пределах зоны расположения г. Истиклол и на прилегающих урановых объектах были отобраны образцы почв. Обобщенные результаты измерений содержания радионуклидов в почвах методами гамма- и альфа-спектрометрии приведены в таблице 4.

Таблица 4

Средние значения удельной активности радионуклидов (Бк/кг) в почвах для 3 оцениваемых участков территории в г. Истиклол

Mean values of activity concentration of radionuclides (Bq/kg) in the soils of three assessed sites in the Istiklol city

Радионуклид [Radionuclide]	Город [City]	Хвостохранилища [Tailing dumps]	Урановый карьер [Uranium quarry]
²¹⁰ Pb	98	2020	3900
²¹⁰ Po	62	1700	3450
²²⁶ Ra	65	1594	3800
²²⁸ Th	24	162,5	210
²³⁰ Th	120	1525	3300
²³⁴ U	25	65365	1060
²³⁸ U	20	50295	825

В условиях равновесия в ряду урана эффективная удельная активность природных радионуклидов рассчитывается по формуле, приведенной в НРБ-99/2009 (Российской Федерации) и НРБ-06 (Республики Таджикистан):

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K < 370 \text{ Бк/кг,}$$

где А – удельные активности соответственно ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K, Бк/кг.

Средняя удельная активность радионуклидов в почве на территории города не превышает норму для строительных материалов [3]. Результаты измерения объемной активности радионуклидов в воде, включая шахтные и дренажные воды, которые могут использоваться для различных нужд населением г. Истиклол, приведены в таблице 5.

Для оценки доз облучения населения по водному пути принимались во внимание только те радионуклиды, которые приведены в таблице 5, поскольку обычно вклад именно этих радионуклидов может составлять от 95 до 99%. Поэтому содержание ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po, ²³⁰Th и ²²⁸Th не учитывалось при оценивании доз по водному пути.

Население, которое может подвергаться облучению в зоне влияния бывших урановых объектов г. Истиклол, было разделено на четыре гипотетических группы:

Группа 1. Жители поселков, которые проживают относительно далеко от хвостохранилища и большую часть времени проводят в своих жилищах внутри зданий. Здания не загрязнены, поскольку для их строительства не использовались материалы из хвостохранилищ. Для питьевого водоснабжения используется вода из незагрязненного верхнего течения реки Уткен-Су.

Группа 2. Представители данной группы проживают в таких же условиях, как и представители группы 1, однако для полива овощей на своих огородных участках и питьевого водоснабжения используют ручьи, принимающие воды из бывших затопленных урановых шахт.

Таблица 5

Средние значения объемной активности ЕРН в водах

[Table 5]

Mean values of the volume activity of naturally-occurring radionuclides in the water]

ЕРН [Naturally occurring radionuclide]	Шахтные воды, Бк/м ³ [Mining waters, Bq/m ³]	Дренажи хвостохранилищ, Бк/м ³ [Drainage of the tailing dumps, Bq/m ³]	Воды из затопленного уранового карьера, Бк/м ³ [Waters from the immersed uranium quarry, Bq/m ³]
²²⁶ Ra	110	185	155
²³⁴ U	20500	530 000	27 000
²³⁸ U	17500	390 000	22 000

Группа 3. Представители этой группы, так же, как и группы 2, используют загрязнённые воды из затопленных шахт и карьера для питьевого водоснабжения и полива огородов. Они, как и представители группы 1, проживают относительно далеко от хвостохранилищ и большую часть своего времени проводят в зданиях. Однако они регулярно посещают районы расположения горных отвалов и бывших урановых объектов с повышенным уровнем загрязнения радионуклидами. Представители этой группы пребывают в окрестностях отвалов ФБР в среднем по 2 ч в день для выпаса скота.

Группа 4. Представители этой группы, так же, как и группы 3, используют шахтную воду для местного водо-

снабжения. Однако они подвержены дополнительному риску за счет того, что выпас домашнего скота осуществляется на территории хвостохранилищ, и для его водопоя используют воду очень загрязненных дренажей у подножия склонов хвостохранилищ. Представители группы в среднем по 4 ч в день пребывают на территории хвостохранилищ с целью выпаса скота и в среднем по 2 ч – в окрестностях отвалов бедных руд.

В таблице 6 приведены сведения о продолжительности пребывания указанных гипотетических групп на различных объектах в зонах потенциального облучения, а в таблице 7 – годовые дозы облучения за счёт водопользо-

Таблица 6

Продолжительность пребывания (в часах в год) различных гипотетических групп населения на участках потенциального облучения в г. Истиклол

[Table 6]

Duration time (hours per year) on the sites of the potential exposure for different hypothetical public groups in the Istiklol city]

Гипотетическая группа [Hypothetical public group]	В окрестностях хвостохранилища [In the surroundings of the tailing dump]	В окрестностях отвалов бедных руд [In the surroundings of the mine dumps of the base ore]	Внутри помещений (в жилом или рабочем) [Inside the housings (living or working)]	Снаружи зданий [Outside of the buildings]
1	0	0	5840	2920
2	0	0	5840	2920
3	0	730	5110	2920
4	1460	730	5110	1460

Таблица 7

Годовые дозы облучения за счет водопользования из загрязнённых водных источников в г. Истиклол

[Table 7]

Annual doses due to the water using from the contaminated water sources in the Istiklol city]

Водный источник [Water source]	Пути облучения [Paths of contamination]	Дозы, мЗв/год [Doses, mSv/year]	
		[min]	[max]
Шахтные воды [Mining waters]	Питьевая вода [Drinking water]	0,82	1,3
	Потребление овощей, поливаемых загрязнённой водой [Consumption of the vegetables, watered with contaminated water]	0,066	0,11
Вода из уранового карьера [Water from the uranium quarry]	Питьевая вода [Drinking water]	0,94	1,7
	Потребление загрязнённого молока в результате водопоя коров из дренажей [Consumption of the contaminated milk due to the cow water consumption from drainage]	0,015	0,025
Дренажи хвостохранилищ [Tailingdumpsdrainage]	Потребление загрязнённого мяса [Consumption of the contaminated meat]	0,0083	0,014

вания из загрязнённых водных источников в г. Истиклол. При расчёте доз, полученных населением г. Истиклол, были использованы данные о потреблении продуктов и овощей населением данной территории и значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления с воздухом и пищей, допустимой объёмной активности во вдыхаемом воздухе и уровни вмешательства при поступлении с водой отдельных радионуклидов для населения [3].

Учитывая вышеизложенное, рассчитаны вклады различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения (мЗв/год), получаемую гипотетическими группами населения г. Истиклол. Результаты расчета приводятся в таблице 8.

Согласно определению первой гипотетической группы, данная группа населения не получает дополнительную радиационную дозу над природным фоном.

Вторая гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой. Дополнительная радиационная доза над природным фоном, получаемая второй гипотетической группой населения, составляет 0,088 мЗв/год.

Третья гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой, пребывания на территории отвалов ФБР и употребления загряз-

ненной воды. Дополнительная радиационная доза над природным фоном, получаемая третьей гипотетической группой населения, составляет 2,707 мЗв/год.

Четвертая гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой, пребывания на территории отвалов ФБР, хвостохранилищ, употребления загрязненной воды, молока и мяса. Дополнительная доза, получаемая четвертой гипотетической группой населения, составляет 3,814 мЗв/год.

Заключение

Основной вклад в дополнительную дозу облучения, получаемую населением, проживающим вблизи радиоактивных хвостохранилищ, отвалов и карьера г. Истиклол, вносят внешнее облучение во время пребывания на территории отвалов ФБР и хвостохранилищ и внутреннее облучение за счет употребления загрязнённой ЕРН воды.

В целях уменьшения дозы, получаемой населением, рекомендуем ограничить их физический доступ на территории отвалов ФБР и хвостохранилищ, а также организовать водоснабжение жителей г. Истиклол питьевой водой, соответствующей нормам радиационной безопасности, установленным в Республике Таджикистан. Полученные результаты данного исследования могут быть полезными при выполнении ремердиационных работ на бывших урановых объектах г. Истиклол.

Таблица 8

Вклад различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения (мЗв/год), получаемую гипотетическими группами населения г. Истиклол

[Table 8]

Contribution of various radiation factors to the additional annual dose (mSv/year) for the hypothetical public groups of the Istiklol city]

Группа [Group]	МЭД (x/x) [Ambient equivalent dose rate]	МЭД(ФБР) [Ambient equivalent dose rate (FBR)]	Овощи * [Vegetables]	Молоко** [Milk]	Мясо*** [Meat]	Вода [Water]	Сумма [Total]
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,088	0	0	0	0,088
3	0	1,299	0,088	0	0	1,320	2,707
4	1,076	1,299	0,088	0,020	0,011	1,320	3,814

* – овощи, поливаемые загрязнённой ЕРН водой;

** – загрязнённое молоко в результате водопоя коров из дренажей;

*** – загрязнённое мясо в результате водопоя скота из дренажей.

[* – vegetables watered using the contaminated water;

** – milk contaminated due to the consumption of the water from the drainage by the cows;

*** – meat contaminated due to the consumption of the water from the drainage by the cows].

Литература

1. Жуковский, М.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 232 с.
2. Методика экспрессного измерения плотности потока ^{222}Rn с поверхности земли с помощью радиометра радона типа РРА. – М.: ЦНИИ ГП «ВНИИФТРИ», 2006. – 20 с.

3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06 СП 2.6.1.001-06): зарег. 16.01.2007 г. – Душанбе: Минюст Республики Таджикистан, 2007. – 172 с.

Поступила: 11.04.2018 г.

Назаров Холмурод Маруфович – главный научный сотрудник Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан в Согдийской области. **Адрес для переписки:** 734000, г. Бустон, Таджикистан, ул. Оплачук, 1^а; E-mail: holmurod18@mail.ru

Эрматов Комилджон Абдулмаликович – младший научный сотрудник Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан в Согдийской области, Таджикистан

Саломов Джаббор Абдусатторович – ведущий научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

Бахронов Соджидхон – младший научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

Мирсаидов Ульмас Мирсаидович – главный научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

Для цитирования: Назаров Х.М., Эрматов К.А., Саломов Дж.А., Бахронов С.М., Мирсаидов У.М. Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, №2. – С. 83-90. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-83-90

Assessment of potential radiation hazard of the former uranium facilities for the population of the Istiklol city of the Republic of Tadjhikistan

Kholmurod M. Nazarov¹, Komildzhon A. Ermatov¹, Dzhabbor A. Salomov², Sodzhidhon M. Bahronov², Ulmas M. Mirsaidov²

¹Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan Branch in Sogd region, Buston, Tadjhikistan

²Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan, Dushanbe, Tadjhikistan

The article presents the results of alpha, gamma spectrometric analyzes of samples, dosimetry, radon monitoring of the estimated areas in the Istiklol city. It has been established that the specific activity of radionuclides for uranium and radium in the tailing materials are in the range: 1405 – 2140, 5935 – 9843 Bq / kg, respectively. Based on the results of the monitoring of gamma radiation and radon volume activity at Istiklol city sites, it has been established that gamma radiation ambient equivalent dose rate varies from 0.52 to 1.78 $\mu\text{Sv} / \text{h}$, and radon volume activity in air ranges from 20 and 45 Bq / m^3 . It is shown that the radon concentration in the air above the surface of tailings is not high. However, the exhalation of radon from the soil surface of all the tailings dumps examined is above the standard (1 Bq / ($\text{m}^2 \cdot \text{s}$)). The results of measurements of radon volume activity in the air of residential buildings and facilities located on the territory of Istiklol city have shown that the value of radon volume activity is within the limits of 44 – 195 Bq / m^3 . A high value of radon volume activity is noted in the former dilapidated plant (1319 Bq / m^3). Gamma and alpha spectrometric studies revealed that the average values of the activity concentration of uranium and radium in the soils for tailings and the pit are for ^{234}U – 65365 Bq / kg, for ^{238}U – 50295 Bq / kg, and for ^{226}Ra – 3800 Bq / kg. To estimate the doses of population irradiation via the water pathway were taken the average values of the volumetric activity of ^{234}U , ^{238}U , ^{226}Ra in the waters. Maximum values of volumetric activity of radionuclides were observed in samples of drainage water, Bq / m^3 : ^{234}U – 530000, ^{238}U – 390000, ^{226}Ra – 185. To calculate the contributions of various radiation factors to an additional annual dose of irradiation, the population was divided into four hypothetical groups. The time duration of stay of various hypothetical population groups in the areas of potential irradiation, radiation dose due to water use from contaminated water sources and additional factors in Istiklol were taken into account. The main contributor to the additional radiation dose received by hypothetical population groups is external irradiation during the stay on the territory of the FBR and tailing dumps, and internal irradiation due to the use of contaminated water.

Key words: analysis, radionuclide, uranium, radium, radon, volumetric activity, gamma radiation, air, soil, tailings, radiometer, dose estimation.

Kholmurod M. Nazarov

Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan Branch in Sogd region

Address for correspondence: 1A Oplanchuk, Buston, 734000, Tadjhikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru

References

1. Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V. Radon: measurements, doses, risk assessment. Ekaterinburg, UrORAN, 1997, 232 p.
2. Method for the rapid measurement of the flux density of ^{222}Rn from the earth's surface using a radon radiometer of the RRA. Moscow, CSRI SE «A-RSRIPTRM», 2006, 20 p.
3. Radiation Safety Norms (NRB-06 SR 2.3.1.001-06): regist. 16.01.07. Dushanbe: Ministry of Justice of Republic of Tadjikistan, 2007, 172 p.

Received: April 11, 2018

For correspondence: Kholmurod M. Nazarov – principal research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan Branch in Soghd region (1A Oplanchuk, Buston, 734000, Tadjikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru)

Komildzhon A. Ermatov – junior research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan Branch in Soghd region, Buston, Tadjikistan

Dzhabbor A. Salomov – leading research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Dushanbe, Tadjikistan

Sodzhidhon M. Bahronov – junior researcher of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Dushanbe, Tadjikistan

Ulmas M. Mirsaidov – principal research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Buston, Tadjikistan

For citation: Nazarov Kh. M., Ermatov K. A., Salomov Dzh. A., Bahronov S.M., Mirsaidov U.M. Assessment of potential radiation hazard of the former uranium facilities for the population of the Istiqlol city of the Republic of Tadjikistan. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp.83-90. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-83-90

Облучение населения Ленинградской области за счет природных источников ионизирующего излучения

О.А. Историк¹, Л.А. Еремина¹, А.Н. Барковский², Т.А. Кормановская², Р.Р. Ахматдинов²

¹ Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области, г. Санкт-Петербург, Россия

² 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 проведен анализ результатов функционирования радиационно-гигиенической паспортизации и Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан в части природных источников ионизирующего излучения на территории Ленинградской области. Приведены данные о количестве измерений мощности дозы гамма-излучения в зданиях и на открытой местности на территории населенных пунктов, количестве измерений объемной активности и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе жилых и общественных зданий на территории региона за 2007–2016 гг., а также о количестве исследований по определению удельной суммарной альфа- и бета-активности и содержанию природных радионуклидов в питьевой воде. Приведена оценка индивидуальной годовой эффективной дозы облучения за счет природных источников ионизирующего излучения в среднем на одного жителя Ленинградской области с учетом всего массива данных, содержащихся в Региональном банке данных доз облучения, она составляет 3,09 мЗв/год. Показано, что в структуре годовой эффективной дозы облучения населения Ленинградской области за счет всех источников излучения вклад природных источников ионизирующего излучения составляет 92,6%, что почти на 6% больше среднероссийского значения данного показателя.

Ключевые слова: природные источники ионизирующего излучения, мощность дозы гамма-излучения, радон, годовая эффективная доза облучения, радиационно-гигиеническая паспортизация и Единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан.

Природное облучение является основным источником облучения населения Российской Федерации. В соответствии с данными радиационно-гигиенической паспортизации оно обуславливает от 75% до 97% величины средней годовой эффективной дозы облучения населения субъектов Российской Федерации при среднем значении для Российской Федерации 86%. Максимальные дозы природного облучения отдельных контингентов населения Российской Федерации на 1–2 порядка превосходят максимальные дозы техногенного облучения персонала. В соответствии с утвержденными Президентом Российской Федерации «Основами государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» обеспечение радиационной безопасности является одной из важнейших составляющих обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Одной из актуальных задач по совершенствованию государственного управления, государственного регулирования и координации работ в области обеспечения радиационной безопасности является «защита населения от сверхнормативного радиационного воздействия техно-

генных источников излучения и снижение до приемлемого уровня воздействия на население природных источников ионизирующего излучения».

Одними из основных инструментов решения данной задачи являются радиационно-гигиеническая паспортизация и Единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). Они обеспечивают ежегодный сбор и анализ информации обо всех источниках ионизирующего излучения и обо всех компонентах дозы облучения населения. Значительное внимание в рамках радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД уделяется и природным источникам ионизирующего излучения (ПИИИ). Функционирование радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД в Ленинградской области постоянно находится под пристальным вниманием Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области (далее – Управления) и проходит при непосредственном участии ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области» (далее – ЦГиЭ).

С 2001 г. в ЦГиЭ функционирует Региональный банк данных по дозам облучения за счет естественного и техно-

Кормановская Татьяна Анатольевна

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

Адрес для переписки: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: t.kormanovskaya@niirg.ru

ногенно измененного радиационного фона (далее – РБД). Ежегодно все аккредитованные лаборатории, осуществляющие на территории Ленинградской области радиационный контроль природных источников ионизирующего излучения, представляют в РБД информацию обо всех проведенных ими измерениях для формирования формы федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ региона. Сведения из РБД всех регионов поступают в Федеральный банк данных по дозам облучения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона (далее – ФБДОПИ).

Только за последние 10 лет (с 2007 по 2016 г.) на территории Ленинградской области было выполнено 29 346 измерений мощности дозы гамма-излучения в жилых и общественных зданиях различных типов, 58 526 измерений мощности дозы гамма-излучения на открытой местности (ОМ) на территории населенных пунктов, 14 750 измерений эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона и объемной активности (АО) радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий. Собраны и обобщены данные по структуре жилого фонда и распределению жителей области, проживающих в различных типах домов. В качестве основных типов домов рассматривались деревянные дома, малоэтажные каменные дома и многоэтажные каменные дома. В таблице 1 приведена структура жилого фонда Ленинградской области по состоянию на 2016 г. В ней представлено количество жителей Ленинградской области, проживающих в домах разного типа: в деревянных (Д), в малоэтажных каменных (1К) и в многоэтажных каменных (МК) домах [1].

Таблица 1
Структура жилого фонда по состоянию на 2016 г.
[Table 1
Characteristics of the residential areas, as on 2016]

Число жителей, проживающих в зданиях разных типов, тыс. чел. [Number of people, residing in buildings of different types, 10 ³ individuals]		
Д [Wooden houses]	1К [Low-storey stone houses]	МК [Multi-storey stone houses]
416,638	111,127	1236,155

Как видно из представленных данных, большая часть жителей Ленинградской области проживают в многоэтажных каменных домах (70%) и в деревянных домах (24%).

В таблице 2 представлены данные из радиационно-гигиенических паспортов территории Ленинградской области о количестве проведенных за указанный период измерений удельной суммарной альфа-активности проб питьевой воды, количестве проведенных исследований радионуклидного состава проб питьевой воды, количестве превышений уровня предварительной оценки по удельной суммарной альфа-активности (0,2 Бк/кг) и числе случаев превышений условия соответствия питьевой воды требованиям радиационной безопасности для исследованных проб (суммы отношений удельной активности выделенных радионуклидов в пробе питьевой воды к значениям соответствующих уровней вмешательства).

Таблица 2
Количество исследований (2007–2016 гг.) удельной суммарной альфа-активности и удельной активности природных радионуклидов (ПРН) проб питьевой воды Ленинградской области и число превышений контрольных уровней (КУ)

Number of measurements of total volume alpha and beta activity (A_α) and volume activity of natural radionuclides in the samples of drinking water in the Leningrad region and the number of exceedances of the reference levels in 2007-2016]

Год [Year]	A _α , число		ПРН, число	
	исследований [Number of measurements]	превышений КУ* [Number of exceedances of the reference levels]	исследований [Number of measurements]	превышений КУ** [Number of exceedances of the reference levels]
2007	233	128	233	128
2008	191	120	100	27
2009	220	103	77	23
2010	224	83	68	26
2011	322	122	57	2
2012	355	116	102	32
2013	301	78	49	18
2014	289	103	42	12
2015	434	122	51	12
2016	388	128	53	10
Всего	2957	1103	832	290

* – КУ по удельной суммарной альфа-активности 0,2 Бк/кг по п. 5.3.5. НРБ-99/2009 [reference level for total volume alpha and beta activity is 0.2 Bk/kg according to paragraph 5.3.5 of the NRB 99/2009];

** – условие соответствия воды требованиям радиационной безопасности $\sum(A_{\alpha}/УВ) \leq 1,0$ по п. 5.3.5. НРБ-99/2009. [Compliance to the requirements $\sum(A_{\alpha}/УВ) \leq 1,0$ according to paragraph 5.3.5 of the NRB 99/2009].

Как видно из представленных данных, для 37% исследованных проб питьевой воды был превышен уровень предварительной оценки по удельной суммарной альфа-активности, а для 35% проб превышено и условие соответствия воды требованиям радиационной безопасности: $\sum(A_i/UB_i) \leq 1,0$ (A_i – измеренные значения удельной активности выделенных радионуклидов в воде, UB_i – соответствующие уровни вмешательства, определенные Приложением 2а к НРБ-99/2009). При этом максимальное значение суммы отношений удельной активности выделенных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства по удельной суммарной альфа-активности составило 3,1.

Поэтому Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области обращает самое серьезное внимание на контроль содержания природных радионуклидов в питьевой воде. За рассматриваемый период в среднем ежегодно проводилось 296 исследований удельной суммарной альфа- и бета-активности проб питьевой воды и 29 исследований радионуклидного состава проб питьевой воды.

В таблице 3 представлены данные о диапазоне значений удельной активности ПРН в питьевой воде в Ленинградской области по данным радиационно-гигиенических паспортов территории Ленинградской области за 2007–2016 гг. Как видно из представленных данных, основные проблемы связаны с содержащимися в питьевой воде радионуклидами ^{228}Ra , ^{210}Po и ^{222}Rn . Максимальные значения удельных активностей превышают уровни вмешательства для ^{228}Ra в 2,8 раза, для ^{210}Po – в 2,4 раза, и для ^{222}Rn – почти в 10 раз.

Особое внимание в работе Роспотребнадзора по контролю за природными источниками ионизирующего излучения было уделено обеспечению радиационной безопасности детей. С 2014 по 2017 г. на территории всех 17 районов Ленинградской области было проведено пилотное выборочное обследование детских дошкольных и школьных учреждений на содержание радона в воздухе помещений постоянного пребывания детей. Данное обследование проводилось в рамках реализации программы научно-практической работы «Комплексное исследование и оценка уровней облучения населения Ленинградской области природными источниками ионизирующего излучения», разработанной ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева совместно с Управлением Роспотребнадзора по Ленинградской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области». В рамках проведенного обследования было выполнено 800 измерений объемной активности радона интегральным методом, обследованы 43 школы и 34 детских сада Ленинградской области. В результате проведенно-

го пилотного обследования были выявлены населенные пункты области с повышенным содержанием радона в помещениях детских учреждений, в частности максимальное измеренное ОА радона в воздухе помещений детских дошкольных учреждений Волосовского района составило 640 Бк/м³, в школах Волосовского района – 930 Бк/м³; в Бокситогорске максимальное измеренное ОА радона в воздухе помещений детских дошкольных и школьных учреждений составило 355 Бк/м³ [2]. Продолжение работы по проведению радиационных обследований детских учреждений специалистами Центра гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области во взаимодействии со специалистами ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева запланировано и на 2018 г.: в настоящее время проводится детальное обследование по содержанию радона в воздухе помещений 9 школ и 13 детских дошкольных учреждений Волосовского района, на вторую половину года запланировано детальное обследование в детских учреждениях Бокситогорского района.

Ежегодно на различных промышленных предприятиях области в рамках проведения производственного радиационного контроля аккредитованными лабораториями и органами Роспотребнадзора выполняются обследования рабочих мест и оценка доз облучения работников за счет ПИИИ. К таким предприятиям на территории Ленинградской области относятся предприятия керамической отрасли (ООО «РокаРус»), предприятия по производству минеральных удобрений (ООО «Метакхим», ООО «ПГ «ФОСФОРИТ») и многие другие. В рамках функционирования системы ЕСКИД на базе формы федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ с 2013 г. данные по уровням облучения ПИИИ работников предприятий в производственных условиях собираются в Региональном банке данных доз природного облучения [3].

Благодаря квалифицированной работе специалистов Роспотребнадзора и эффективному взаимодействию их с аккредитованными лабораториями радиационного контроля Ленинградской области, за годы функционирования системы ЕСКИД в Региональном банке данных Ленинградской области по дозам облучения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона на базе формы федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ собран значительный массив адресной и измерительной информации об уровнях природного облучения жителей области, ставший основой для обоснованной разработки программ по обеспечению радиационной безопасности населения.

В таблице 4 приведены данные о числе измерений, содержащихся в РБД, и количестве населенных пунктов всех 17 районов Ленинградской области, в которых с 2007 по 2016 г. проводились исследования параметров

Диапазон средних значений удельной активности ПРН в питьевой воде

Таблица 3

[Table 3

The range of the mean values of the volume activities of the natural radionuclides in drinking water]

Средняя удельная активность радионуклида в воде, Бк/кг [Mean value of the volume activities of the natural radionuclides in drinking water, Bk/kg]					
^{226}Ra	^{228}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{238}U	^{222}Rn
0,08–0,91	0,03–0,56	0,01–0,24	0,006–0,26	0,013–0,21	13–595

радиационной обстановки в части природных источников излучения.

Анализ измерительной информации о параметрах радиационной обстановки в части ПИИИ позволил получить достаточно надежные данные по численным значениям основных показателей природного облучения жителей Ленинградской области [4, 5].

Диапазон средних значений мощности дозы гамма-излучения в зданиях жилого и общественного назначения в населенных пунктах Ленинградской области по каждому отчетному году с 2001 по 2016 г. составил:

- в деревянных зданиях – от 0,07 до 0,14 мкЗв/ч;
- в малоэтажных каменных зданиях – от 0,11 до 0,16 мкЗв/ч;
- в многоэтажных каменных зданиях – от 0,12 до 0,17 мкЗв/ч.

Значения мощности дозы гамма-излучения на открытой местности на территории населенных пунктов Ленинградской области по данным за 2001–2016 гг. варьировали в интервале от 0,08 до 0,14 мкЗв/ч. Среднее значение мощности дозы гамма-излучения в жилых и общественных зданиях всех типов составило 0,14 мкЗв/ч, а на открытой местности на территории населенных пунктов – 0,11 мкЗв/ч.

Диапазон средних значений ЭРОА изотопов радона в жилых и общественных зданиях Ленинградской области по каждому отчетному году с 2001 по 2016 г. составил:

- в деревянных зданиях – от 11,3 до 87,5 Бк/м³;
- в малоэтажных каменных зданиях – от 6,1 до 25,3 Бк/м³;
- в многоэтажных каменных зданиях – от 10,9 до 68,7 Бк/м³.

Среднее значение ЭРОА изотопов радона в жилых и общественных зданиях всех типов составило 21,5 Бк/м³.

В отдельных населенных пунктах области фиксировались повышенные уровни ЭРОА изотопов радона в зданиях, что обусловлено геологическими и климатическими особенностями региона, в частности довольно мощной полосой приповерхностного уранового рудопроявления диктионемовых сланцев, обуславливающей высокую радоноопасность отдельных участков территории Ленинградской области.

Доза облучения людей за счет ионизирующей и нейтронной компоненты космического излучения определяется географической широтой местности и высотой территории над уровнем моря. Расчетная средняя индивидуальная эффективная доза внешнего облучения населения Ленинградской области за счет космического излучения составляет 0,335 мЗв/год. Еще одним нерегулируемым компонентом дозы природного облучения населения является облучение за счет содержания в организме человека ⁴⁰K, доза за счет данного фактора постоянна для всех жителей Земли и составляет 0,17 мЗв/год.

При оценке доз облучения населения за счет ПИИИ наиболее достоверной является оценка, полученная по всему массиву проведенных за все годы измерений параметров радиационной обстановки, поскольку уровни облучения природными источниками незначительно изменяются со временем для конкретного населенного пункта. Кроме того, возможны их естественные сезонные флуктуации.

Структура индивидуальной годовой эффективной дозы облучения за счет ПИИИ в среднем на одного жителя Ленинградской области, полученная с учетом всего массива данных, содержащихся в РБД, представлена в таблице 5.

Таблица 4

Число измерений параметров радиационной обстановки и количество обследованных населенных пунктов (НП) Ленинградской области за каждый год с 2007 по 2016 г.

[Table 4]

The number of the measurements of the parameters of the radiation conditions and residential areas in the Leningrad region in 2007-2016]

Год [Year]	Число измерений МЭД на ОМ [Number of measurements of the gamma-radiation dose rate on the open territories]	Число измерений МЭД в зданиях [Number of measurements of the gamma-radiation dose rate in the buildings]	Число измерений ЭРОА радона в зданиях [Number of measurements of the equivalent equilibrium volume activity of radon in the buildings]	Число обследованных НП [Number of the residential areas surveyed]
2007	1 785	1 134	893	117
2008	3 686	2 208	1 834	299
2009	22 893	1 664	930	324
2010	15 944	2 614	1 702	243
2011	10 130	2 922	1 752	253
2012	1 595	4 559	1 165	194
2013	666	3 971	443	173
2014	1 097	3 733	459	80
2015	572	5 855	4 950	73
2016	158	686	622	55

Таблица 5

Структура средней индивидуальной годовой эффективной дозы облучения населения Ленинградской области природными источниками, мЗв/год

[Table 5

Structure of the mean individual annual effective dose to the public of the Leningrad region from natural sources, mSv/year]

⁴⁰ K	Космическое излучение [Cosmic radiation]	Внешнее терригенное облучение [External terrigenous exposure]	Радон [Radon]*	Пищевые продукты [Food products]	Питьевая вода [Drinking water]	Атмосферный воздух [Atmosphere air]	Полная [Total]
0,17	0,335	0,82	1,54	0,159	0,059	0,006	3,09

* – компонента облучения за счет содержания радона, торона и их короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) в воздухе помещений жилых и общественных зданий [* part of the exposure from radon, thoron and their short-lived daughter products in the air in the public and residential buildings].

Как видно из представленных данных, основной вклад в природное облучение населения Ленинградской области (как и в целом в Российской Федерации) вносит облучение за счет содержания радона, торона и их короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) в воздухе помещений жилых и общественных зданий. Вклад данного источника в дозу природного облучения составляет практически 50%. На рисунке 1 представлено процентное соотношение вкладов различных источников в суммарную дозу природного облучения жителей Ленинградской области.

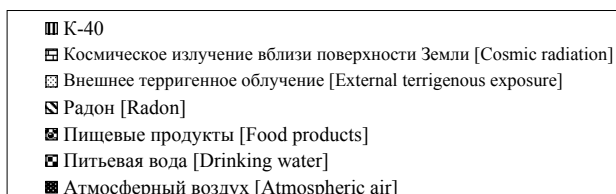
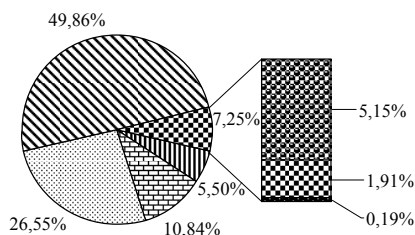


Рис. 1. Вклад отдельных источников в суммарную дозу природного облучения населения Ленинградской области [Fig. 1. Contribution of different sources into the total dose to the public of the Leningrad region from natural sources]

В среднем уровни облучения населения Ленинградской области за счет ПИИИ не превышают среднероссийских значений. В расчете на одного жителя Российской Федерации значение средней годовой эффективной дозы облучения за счет ПИИИ по итогам радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД за 1998–2016 гг. составляет 3,33 мЗв/год [6]. Однако на территории Ленинградской области в различные годы проведения измерений выявлялись группы населения с повышенными (более 5 мЗв/год) дозами облучения за счет ПИИИ (в п. Громово Приозерского района, в п. Волосово, п. Рабичицы Волосовского района и др.). Во всех случаях это было обусловлено высоким содержанием радона и торона и их ДПР в воздухе помещений жилых и общественных зданий.

Основным источником поступления радона внутрь помещений зданий являются залегающие под зданием породы и грунты, содержащие уран или радий. На территории Ленинградской области к таким породам относятся в первую очередь дикионемовые сланцы с содержанием урана выше фонового в 10–100 раз, которые выходят на поверхность или располагаются в непосредственной близости от земной поверхности [7]. Полоса приповерхностного уранового рудопроявления дикионемовых сланцев проходит по всей территории области от границы с Финляндией через Выборг, Санкт-Петербург (Красносельский и Пушкинский районы) и далее в сторону Эстонии [2]. Кроме того, в Выборгском, Приозерском, Бокситогорском, Тихвинском, Кингисеппском, Ломоносовском, Кировском и Подпорожском районах Ленинградской области сосредоточены комплексы горных пород, богатых ПРН.

В структуре годовой эффективной дозы облучения населения Ленинградской области за счет всех источников излучения (техногенных, медицинских, природных) вклад ПИИИ составляет 92,6%, что почти на 6% выше среднероссийского значения данного показателя [4]. На рисунке 2 представлено соотношение вкладов различных компонент в суммарную дозу облучения жителей Ленинградской области.

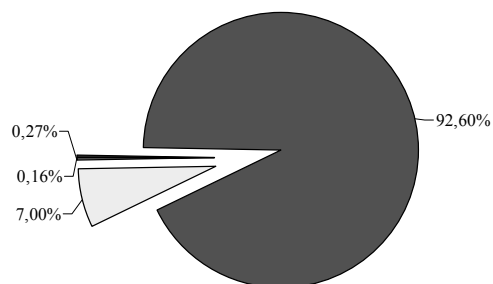


Рис. 2. Вклад отдельных источников ионизирующего излучения в суммарные дозы облучения населения Ленинградской области [Fig. 2. Contribution of different sources of ionizing radiation into the total dose of the public of the Leningrad region]

Таким образом, нельзя не признать актуальность мероприятий, проводимых службой Роспотребнадзора по Ленинградской области при взаимодействии с профильными организациями и направленными на обеспечение радиационной безопасности жителей региона при облучении ПИИИ – основного дозообразующего фактора для населения Ленинградской области. Проведенная за эти годы работа по контролю доз природного облучения населения позволила получить достоверную оценку среднего по Ленинградской области значения дозы облучения населения за счет природных источников, которая, по данным радиационно-гигиенической паспортизации, последние 4 года держится на уровне 3,1 мЗв/год, а также выявить контингенты населения, подвергающиеся повышенному природному облучению. Следует отметить, что в последнее время начинают сказываться последствия отмены обязательной приемки Роспотребнадзором сдаваемых в эксплуатацию жилых домов в части контроля показателей радиационной безопасности. В 2015 г. впервые за последние 10 лет было зарегистрировано 147 случаев превышения ЭРОА радона в жилых домах при 4914 проведенных измерений (3%), в 2016 г. – 6 случаев из 619 измерений (1%). Выявленные случаи превышений ЭРОА радона во вновь построенных жилых домах, не прошедших контроль по радиационному фактору при приемке, позволяют предположить появление аналогичных ситуаций и в дальнейшем. Принимая во внимание вышеизложенные данные, следует не только не ослаблять, а вероятно, усилить контроль за облучением населения Ленинградской области природными источниками ионизирующего излучения, обратив особое внимание на уровни содержания радона в жилых и общественных зданиях и радиационные показатели питьевой воды.

Литература

1. Форма федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона» Ленинградской области за 2016 г. Утверждена Приказом Росстата от № 411.
2. Романович, И.К. Результаты выборочного обследования содержания радона в помещениях детских дошкольных и школьных учреждений Ленинградской области / И.К. Романович, И.П. Стамат, Т.А. Кормановская, Т.А. Балабина, Н.А. Королева, О.А. Историк, Л.А. Еремина // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 10 (295). – С. 46–49.
3. Кормановская, Т.А. Проблемы учета доз природного облучения в производственных условиях в Единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан / Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена. – 2017. – Т.10, №2. – С. 43–50.
4. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2016 году / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, А.Н. Братилова, Г.Я. Брук, Б.Ф. Воробьев, Т.А. Кормановская, Л.В. Репин, И.К. Романович, Т.Н. Титова, В.С. Степанов, А.Г. Цовьянов, А.Г. Сивенков, В.Е. Журавлева // Информационный сборник. – СПб., 2017. – 78 с.
5. Кадука, М.В. Оценка доз облучения населения Северо-Западного региона России за счет потребления питьевой воды / М.В. Кадука, Н.С. Швыдко, В.Н. Шутов, Л.Н. Басалаева, Ю.Н. Гончарова, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 23–27.
6. Онищенко, Г.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 / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, И.К. Романович, А.Н. Барковский, Т.А. Кормановская, И.Г. Шевкун // Радиационная гигиена. – 2017. – Т.10, №3. – С. 18–35.
7. Балахонова, А.С. Рениевое оруденение в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна (Ленинградская область) : дис. ... канд. геол.-мин. наук / СПб., 2014. – 125 с.

Поступила: 27.04.2018 г.

Историк Ольга Александровна – руководитель Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

Еремина Людмила Алексеевна – кандидат медицинских наук, заместитель начальника отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Ленинградской области, Санкт-Петербург, 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: t.kormanovskaya@niirg.ru

Ахматдинов Рустам Расимович – ведущий инженер-исследователь 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

Для цитирования: Историк О.А., Еремина Л.А., Барковский А.Н., Кормановская Т.А., Ахматдинов Р.П. Облучение населения Ленинградской области за счет природных источников ионизирующего излучения // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 91–97. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-91-97

Exposure of the public of the Leningrad region due to the natural sources of ionizing radiation

Olga A. Istorik¹, Lyudmila A. Eremina¹, Anatoliy N. Barkovsky², Tatyana A. Kormanovskaya², Rustam R. Akhmatdinov²

¹ Directorate of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being for the Leningrad region, Saint -Petersburg, Russia

² 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 study is focused on the analysis of the results of the radiation-hygienic passportisation and the Joint state system of control and accounting of the individual doses of the public from natural sources of ionizing radiation in the Leningrad region. The results of the study include data on the number of measurements of the gamma-radiation dose rate in buildings and in open territories, number of measurements of volume activity and equivalent equilibrium volume activity of radon in the air in the public and residential buildings in the Leningrad region in 2007–2016 as well as the number of the assessments of the total volume alpha and beta activity and concentration of the natural occurring radionuclides in drinking water. The authors performed an assessment of the annual individual effective dose per resident of the Leningrad region. It was estimated as 3.09 mSv/year considering all the data in Regional dose databank. Natural sources of ionizing exposure contribute 92.6% to the annual effective dose to the public of the Leningrad region, that exceeds the average Russian values by 6%.

Key words: natural sources of ionizing exposure, gamma-radiation dose rate, radon, annual effective dose, radiation-hygienic passportisation and Joint state system of control and accounting of the individual doses of the public.

References

1. The form of the federal statistical surveillance №4-DOZ «Data on the doses of the public from natural and technogenic radiation background» of the Leningrad region, 2016. Approved by the order of Rosstat № 411, 16.10.2013 (In Russian)
2. Romanovich I.K., Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Balabina T.A., Koroleva N.A., Istorik O.A., Eremina L.A. Results of sampling analysis of radon content in preschool and school organizations in the Leningrad region. *Zdorovye naseleniya i sreda obitaniya = Population health and life environment*, 2017, No 10 (295), pp. 46–49. (In Russian)
3. Kormanovskaya T.A. Issues of assessment of doses from natural sources in working conditions: implications for the unified state system of individual dose monitoring. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(2):43-50. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-2-43-50
4. Barkovsky A.N. Doses of the public of the Russian Federation in 2016. *Informatsionnyy sbornik = Information bulletin*. Saint-Petersburg, 2017, 78 p. (In Russian)
5. Kaduka M.V., Shvydko N.S., Shutov V.N., Basalaeva L.N., Goncharova Ju.N., Salazkina N.V., Kaduka A.N. Estimation of the population exposure doses from drinking-water consumption for the inhabitants of North-Eastern area of Russia. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(1):23-27. (In Russian)
6. 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 RF. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3):18-35. (In Russian) DOI:10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35
7. Balahonova A.S. Radium emplacement in dictyonema oil shale of the Pribaltic basin (Leningrad region). PhD thesis in geological-mineral sciences. Saint-Petersburg, 2014, 125 p. (In Russian)

Received: April 27, 2018

Olga A. Istorik – Head of the Directorate of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being for the Leningrad region, St-Petersburg, Russia

Lyudmila A. Eremina – M.D., deputy head of the sanitary supervision department of the Directorate of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being for the Leningrad region, St-Petersburg, Russia

Anatoliy N. Barkovsky – Head of the Federal radiological center of the St-Petersburg Institute of Radiation Hygiene after P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St-Petersburg, Russia

For correspondence: Tatyana A. Kormanovskaya – PhD, leading researcher of the laboratory of the dosimetry of the natural sources, St-Petersburg Institute of Radiation Hygiene after P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: t.kormanovskaya@niirg.ru)

Rustam R. Akhmatdinov – Leading research engineer, information-analytical center of the St-Petersburg Institute of Radiation Hygiene after P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St-Petersburg, Russia

For citation: Istorik O.A., Eremina L.A., Barkovsky A.N., Kormanovskaya T.A., Akhmatdinov R.R. Exposure of the public of the Leningrad region due to the natural sources of ionizing radiation. *Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene*, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 91-97. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-91-97

Tatyana A. Kormanovskaya

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

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

О ходе подготовки учреждений Роспотребнадзора к обеспечению радиационной безопасности при проведении Чемпионата мира по футболу 2018 года

К.А. Сапрыкин

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

В статье представлены основные направления деятельности по обеспечению радиационной безопасности в рамках санитарного надзора, а также в рамках противодействия радиационному терроризму в период проведения Чемпионата мира по футболу 2018. Основными направлениями обеспечения радиационной безопасности на этапе подготовки являются: сбор и анализ информации о потенциально опасных источниках ионизирующего излучения на территориях проведения Чемпионата мира по футболу 2018, контроль соответствия требованиям санитарных правил проектов размещения стационарных лучевых досмотровых установок и рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей и ввод их в эксплуатацию, радиационный контроль при вводе в эксплуатацию спортивных объектов после строительства и/или реконструкции, санитарный надзор за размещением на спортивных объектах и объектах инфраструктуры лучевых досмотровых установок, организационно-методическая работа. Этап проведения Чемпионата мира по футболу 2018 включает в себя радиационный контроль в мониторинговых точках и контроль содержания радионуклидов в пробах пищевых продуктов и воды. В рамках противодействия радиационному терроризму основными направлениями обеспечения радиационной безопасности являются проведение радиационного контроля на объектах инфраструктуры, на удалённых пунктах досмотра грузов и пунктах пропуска на спортивные объекты, круглосуточная готовность к аварийному реагированию. В статье кратко рассмотрен вопрос об оснащении средствами измерений лабораторий радиационного контроля учреждений Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации, участвующих в проведении Чемпионата мира по футболу 2018, и их готовность к обеспечению радиационной безопасности.

Ключевые слова: радиационная безопасность, радиационный контроль, ядерный и радиационный терроризм, Чемпионат мира по футболу 2018, крупномасштабное спортивное мероприятие, противодействие ядерному и радиационному терроризму.

Введение

Крупномасштабные спортивные мероприятия являются очень важными событиями для стран-организаторов. В основе успешного проведения таких мероприятий лежит большая работа, проделанная в период подготовки. Вопрос обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и безопасности массового спортивного мероприятия (в том числе противодействие терроризму) чрезвычайно актуален. Согласно данным Национального антитеррористического комитета (НАК), лидеры международных террористических организаций (МТО) не оставляют попыток подготовки и проведения терро-

ристических актов в различных регионах Российской Федерации. В первую очередь, это связано с бегством лидеров и боевиков МТО с Ближнего Востока, в том числе из Сирии, где правительственная армия при поддержке Вооружённых сил России освободила основные опорные пункты боевиков [1].

Для крупномасштабных спортивных мероприятий характерно концентрирование большого количества людей на одной определённой территории (Универсиада в Казани, Зимние Олимпийские игры в Сочи), реже на двух территориях (Чемпионат мира по хоккею с шайбой в Москве и Санкт-Петербурге). Предстоящий Чемпионат

Сапрыкин Кирилл Александрович

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

Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: k.saprykin@niirg.ru

мира по футболу 2018 будет существенно отличаться прежде всего количеством мест проведения данного турнира. В проведении Чемпионата мира по футболу 2018 будут участвовать 11 городов, 12 стадионов и 36 предматчевых тренировочных площадок, что приведёт к дополнительной нагрузке на объекты инфраструктуры (аэропорты, железнодорожные вокзалы, гостиницы и пр.) при перемещении большого количества людей из одного города в другой. В этих условиях вопрос обеспечения безопасности, в том числе радиационной, является одним из самых приоритетных.

Основные направления работ по обеспечению радиационной безопасности и противодействию актам терроризма при проведении массовых мероприятий

Учитывая наш предыдущий опыт участия в обеспечении радиационной безопасности и противодействии актам радиационного терроризма при проведении массовых мероприятий, выделяем следующие основные направления работы [2–10]:

1. Подготовка и утверждение пакета нормативно-правовых и распорядительных актов. К ним относятся Указы Президента, Постановления Правительства, Приказы министерств и ведомств, которыми назначается ответственный орган и руководитель мероприятия, соответствующие министерства и ведомства, а также специализированные организации, ответственные за отдельные направления работ. Важным моментом является включение в распорядительные документы мероприятий по обеспечению радиационной безопасности и противодействию актам ядерного и радиационного терроризма.

На этапе подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 органами законодательной и исполнительной власти принят ряд важных нормативных документов: Федеральный закон № 108-ФЗ от 07.06.2013 г. «О подготовке и проведении в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года, Кубка конфедераций FIFA 2017 года и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Постановление Правительства № 485 от 20.05.2015 г. «Об утверждении требований к объектам спорта, предназначенным для проведения чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года, Кубка конфедераций FIFA 2017 года», Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 202 «Об особенностях применения усиленных мер безопасности в период проведения в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года и Кубка конфедераций FIFA 2017 года», Постановление Правительства Российской Федерации от 09.06.2017 г. № 689 «О некоторых мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 202 «Об особенностях применения усиленных мер безопасности в период проведения в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года и Кубка конфедераций FIFA 2017 года». Указанные документы регламентируют мероприятия и ограничения, направленные на обеспечение безопасности, устанавливают порядок организации и проведения работ в период подготовки и проведения Чемпионата мира по футболу 2018, утверждают перечень контролируемых зон и их границы, а также перечень особо опасных производств и организаций, в которых используются, в

частности, источники ионизирующих излучений, деятельность которых приостанавливается на территориях проведения Чемпионата мира по футболу 2018.

2. Определение перечня всех спортивных и других важных объектов, где возможно массовое скопление участников и гостей мероприятия (памятники, местные достопримечательности, места отдыха), конкретные маршруты передвижения участников и высокопоставленных лиц, принимающих участие в мероприятии.

3. Учет всех радиационных объектов, имеющихся в субъекте Российской Федерации, в котором будут проводиться игры Чемпионата мира по футболу 2018, а также радиационных объектов I и II категории потенциальной радиационной опасности, расположенных в соседних регионах. Усиление физической защиты радиационных объектов и источников ионизирующего излучения.

Наиболее полным источником информации о наличии радиационных объектов в субъекте Российской Федерации и имеющихся на них источниках ионизирующего излучения является радиационно-гигиенический паспорт территории (РГПТ). Анализ данных, содержащихся в РГПТ, позволяет ранжировать расположенные на территории субъекта Российской Федерации радиационные объекты и имеющиеся на них источники ионизирующего излучения по их потенциальной радиационной опасности, в том числе с учетом возможности их использования в террористических целях [3].

4. Отработка системы взаимодействия между министерствами, ведомствами и учреждениями, участвующими в обеспечении радиационной безопасности.

5. Расчет необходимости и обеспечение учреждений аппаратурой и приборами радиационного контроля и досмотра.

6. Расчет необходимости, подбор и подготовка персонала.

7. Организация и проведение тренировок, связанных с радиационными инцидентами и авариями, отработка поиска и идентификации неизвестного радионуклидного источника ионизирующего излучения. Важно, чтобы тренировки проводились по сценариям, максимально приближенным к реальным (срабатывание системы радиационного контроля при прохождении человека, при контроле его личных вещей или багажа, при проезде в зону безопасности спортивного объекта транспортного средства). Такие тренировки помогут психологически подготовиться персоналу, задействованному в аварийном реагировании, снимут нервозность, поскольку будет выработан определённый алгоритм действий. Также в результате тренировок определяется время, затрачиваемое на проведение экспертизы источника [2, 3, 5, 8], что позволит рассчитать общее время реагирования на инцидент.

8. Предварительная подготовка бланков протоколов и процедур реагирования на различные нештатные ситуации и угрозы.

9. Проведение радиационного контроля при подготовке и проведении массового мероприятия, включающего:

9.1. Выявление наличия (или отсутствия) в месте проведения массового мероприятия радиационных аномалий. Для решения этой задачи необходимо до начала всех подготовительных работ и после окончания строительства объектов провести детальную гамма-съёмку зоны проведения массового мероприятия с использованием

автомобильных и пешеходных систем радиационного контроля.

9.2. Радиационный контроль всех участников и гостей, входящих в зону проведения массового мероприятия для исключения возможности проноса в зону проведения массового мероприятия радиоактивных источников.

9.3. Радиационный контроль всех транспортных средств и грузов, допущенных в зону проведения массового мероприятия, за определенный период до его начала и в период проведения. Данный вид контроля необходим для исключения возможности завоза в зону проведения массового мероприятия радиоактивных источников, представляющих опасность для людей, и дополнительного контроля ввозимого сырья и пищевой продукции на наличие в них радиоактивных веществ в опасных для людей концентрациях.

9.4. Радиационный контроль пищевой продукции и готовой пищи на соответствие санитарным правилам, а также экспресс-контроль наличия значительного радиоактивного загрязнения пищевой продукции, представляющего опасность для здоровья людей.

9.5. Радиационный контроль питьевой воды, воды открытых водоемов и воздуха.

9.6. Скрытый радиационный контроль в зоне проведения массового мероприятия с использованием стационарных и мобильных средств радиационного контроля. Для повышения надежности системы обеспечения радиационной безопасности и снижения риска возможных радиационных инцидентов при проведении массовых мероприятий целесообразно предусмотреть размещение сети замаскированных радиационных мониторов на пересечениях путей наиболее интенсивного перемещения участников и гостей мероприятия, на входе в места проживания участников и в места массового скопления зрителей.

Указанный комплекс мероприятий реализуют министерства и ведомства в соответствии с Указами Президента РФ и Постановлениями Правительства во взаимодействии. Однако у каждого министерства и ведомства, в том числе и у Роспотребнадзора, имеются и свои специфические задачи.

Основные направления деятельности учреждений Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности

Деятельность учреждений Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности можно разделить на два периода: мероприятия в период подготовки и мероприятия в период проведения Чемпионата мира по футболу 2018. Наиболее актуальными направлениями деятельности учреждений Роспотребнадзора в обеспечении радиационной безопасности в период подготовки являются:

– организационно-методическая работа центрального аппарата и Управлений Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации, задействованным в проведении Чемпионата мира по футболу 2018, по отработке нормативно-методических и распорядительных документов, регламентирующих деятельность учреждений Роспотребнадзора, и планов взаимодействия с другими участниками при подготовке к проведению Чемпионата мира по футболу 2018;

– сбор и анализ информации об имеющихся на территории источниках ионизирующего излучения, представляющих потенциальную опасность для участников спортивного мероприятия;

– расчет необходимости и дооснащение аппаратурой и приборами радиационного контроля Центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации, задействованных в проведении Чемпионата мира по футболу 2018, а также расчет необходимости, подбор и подготовка кадров;

– обеспечение надзора за соответствием санитарным правилам размещения лучевых досмотровых установок и рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей на строящихся объектах;

– радиационный контроль при сдаче в эксплуатацию спортивных и других объектов, задействованных в мероприятии;

– санитарный надзор за соответствием требованиям санитарных правил по радиологическим показателям сырья, строительных и отделочных материалов и изделий, используемых для строительства спортивных и других объектов;

– санитарный надзор за соответствием требованиям санитарных правил по радиологическим показателям условий эксплуатации на спортивных объектах и объектах инфраструктуры лучевых досмотровых установок, рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей и других установок, содержащих источники ионизирующего излучения;

– проведение учений и тренировок;

– подготовка карт-схем размещения спортивных и других объектов, задействованных в проведении Чемпионата мира по футболу 2018, с нанесением на схему также постов радиационного контроля и пунктов лучевого досмотра транспорта, грузов, личных вещей и людей.

В период проведения Чемпионата мира по футболу 2018 наиболее актуальными направлениями деятельности учреждений Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности будут являться:

– радиационный контроль содержания радионуклидов в пробах пищевых продуктов и воды и радиационный контроль в мониторинговых точках;

– экспертиза источников ионизирующего излучения при срабатывании СРК (аварийное реагирование).

Оперативное проведение экспертизы при срабатывании СРК может быть обеспечено [3, 7]:

– наличием подготовленных дежурных групп радиологов, имеющих портативную аппаратуру радиационного контроля, включая гамма-спектрометрические идентификаторы радионуклидов;

– эффективным межведомственным взаимодействием (оперативное получение информации о срабатывании СРК и информирование соответствующих должностных лиц о результатах проведенной экспертизы ИИИ);

– наличием аккредитации доступа дежурных групп радиологов и автотранспорта к местам проведения Чемпионата мира по футболу 2018;

– размещением дежурных групп радиологов в непосредственной близости от мест проведения матчей Чемпионата мира по футболу 2018;

– наличием круглосуточной связи с экспертами в области проведения измерений и оценки их результатов с

целью получения высококвалифицированной консультации при невозможности самостоятельно провести измерения или интерпретировать результаты проведенной экспертизы ИИИ;

– обеспечением дежурных групп радиологов специальной одеждой, средствами защиты (одноразовые комбинезоны, перчатки, бахилы, респираторы), пробоотборниками и тарой для проб на случай крупномасштабного радиационного инцидента.

Одной из важных задач, решаемых специалистами Роспотребнадзора при подготовке и проведении Чемпионата мира по футболу 2018, является санитарный надзор за размещением и эксплуатацией лучевых досмотровых установок и рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей.

Санитарный надзор за размещением лучевых досмотровых установок и рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей

Для предотвращения террористических угроз при проведении массовых спортивных и других мероприятий используется значительное количество различных лучевых досмотровых установок (ЛДУ), работа которых основана на использовании источников ионизирующего излучения. Размещение и эксплуатация ЛДУ регламентируются СанПиН 2.6.1.3488-17 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с лучевыми досмотровыми установками».

В рамках обеспечения безопасности Чемпионата мира по футболу 2018 запланировано оснащение различными ЛДУ удаленных пунктов досмотра грузов (УПДГ), на которых будут проходить досмотр все транспортные средства, перед тем как попасть в периметр безопасности стадиона. ЛДУ предназначены для выявления наличия запрещенных к проносу/провозу предметов в ручной клади, багаже или транспортном средстве. Для этой цели планируется использование следующих видов ЛДУ: рентгеновские установки досмотра багажа и товаров (РУДБТ), инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК).

Размещение стационарных ЛДУ производится в соответствии с проектом, разработанным организацией, имеющей лицензию на размещение источников ионизирующего излучения (генерирующих), и соответствующим требованиям НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010, СанПиН 2.6.1.3488-17. Проведение учреждениями Роспотребнадзора своевременной экспертизы проектной документации на размещение стационарных ЛДУ позволит своевременно выявить имеющиеся несоответствия требованиям санитарных правил еще на стадии проектирования и оперативно устранить их при размещении и вводе ЛДУ в эксплуатацию.

В дополнение к ЛДУ планируется использование рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей (РСЧ). РСЧ, как правило, используются в аэропортах для предполетного досмотра пассажиров, в морских портах, в пунктах пропуска на границе при проведении таможенного контроля. При проведении досмотра с использованием РСЧ тело человека сканируется пучком рентгеновского излучения с регистрацией и анализом прошедшего через тело контролируемого человека или отраженного от него излучения. Таким образом, при эксплуатации РСЧ происходит техногенное облучение контролируемых

людей, персонала и окружающих лиц. Поэтому использование РСЧ подлежит регламентации с целью обеспечения радиационной безопасности. Обращение с РСЧ регламентируется СанПиН 2.6.1.3106-13 «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей». Таким образом, размещение стационарных РСЧ, так же, как и стационарных ЛДУ, производится в соответствии с проектом, соответствующим требованиям санитарных правил. До реализации проекта он должен проходить экспертизу в учреждениях Роспотребнадзора для подтверждения данного соответствия.

Требования СанПиН 2.6.1.3488-17 и СанПиН 2.6.1.3106-13, помимо требований к размещению, определяют и требования по обращению с ЛДУ и РСЧ, включающие организацию производственного радиационного контроля. Требования к производственному радиационному контролю включаются в проект размещения, в котором должны быть определены виды, объем и порядок проведения радиационного контроля, перечень технических средств и штат работников, необходимых для его осуществления. Проведение радиационного контроля ЛДУ и РСЧ обязательно при вводе в эксплуатацию с целью определения их соответствия требованиям радиационной безопасности. При вводе ЛДУ и РСЧ в эксплуатацию проверяют также системы обеспечения безопасности при работе ЛДУ и РСЧ, такие как: световая и звуковая сигнализация при генерации ионизирующего излучения, блокировки генерации излучения при нарушении защитного контура ЛДУ или РСЧ, неисправности, пересечении зоны ограничения доступа (при работе инспекционно-досмотрового комплекса), наличие замковых устройств на пультах управления ЛДУ и РСЧ. Персонал, работающий с ЛДУ и РСЧ, приказом по организации после прохождения медосмотра должен быть отнесен к персоналу группы А и допущен к работе с ИИИ. Лица, не относящиеся к персоналу группы А, но по условиям работы попадающие под воздействие ионизирующего излучения ЛДУ и/или РСЧ, должны быть отнесены к персоналу группы Б. Для персонала группы А в обязательном порядке должен быть организован индивидуальный дозиметрический контроль с регистрацией показаний индивидуальных дозиметров 1 раз в квартал.

Размещение пунктов досмотра грузов, багажа и людей (в том числе и удаленных), как показал предыдущий опыт обеспечения радиационной безопасности в городах Казань и Сочи, как правило, сочетается с расположением в непосредственной близости от них и средств радиационного контроля, иногда даже в направлении прямого пучка излучения ЛДУ. Такое взаимное расположение ЛДУ и СРК может приводить к ложному срабатыванию приборов радиационного контроля в момент досмотра. Частые ложные срабатывания в конечном итоге приводят к утомлению и снижению бдительности со стороны персонала. Поэтому необходимо стремиться исключать подобные ситуации при взаимном размещении ЛДУ и СРК. Не следует размещать СРК в зоне прямого пучка излучений ЛДУ (особенно ИДК), а также вблизи входного и выходного портов РУДБТ. Кроме того, важное значение имеет правильно установленный порог срабатывания СРК, при котором сводится к разумному минимуму число ложных

срабатываний, но обеспечивается надежная регистрация радиоактивных источников, представляющих потенциальную радиационную опасность [3].

Подготовка ЛРК центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора к обеспечению радиационной безопасности Чемпионата мира по футболу 2018 года

Предстоящий Чемпионат мира по футболу 2018 пройдет на территории 11 городов (Москва, Санкт-Петербург, Волгоград, Екатеринбург, Казань, Калининград, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Самара, Саранск и Сочи). В соответствии с приказами Роспотребнадзора № 109 от 02.03.2017 г. и № 23 от 24.01.2018 г. проведены проверки (в том числе повторные) готовности лабораторий радиационного контроля центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации, привлекаемых к обеспечению радиационной безопасности участников и гостей Чемпионата мира по футболу 2018.

Подготовка лабораторий радиационного контроля Центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора проводилась в тесном взаимодействии с Научно-исследовательским институтом радиационной гигиены (НИИРГ) им. профессора П.В. Рамзаева. В рамках данной работы был оценен уровень оснащённости ЛРК и устранены выявленные недостатки. Проведено дооснащение ряда ЛРК портативными автоматическими спектрометрами-идентификаторами. В те Центры гигиены и эпидемиологии, где в силу разных причин не удалось закупить портативные автоматические спектрометры-идентификаторы, будут направлены специалисты НИИРГ им. профессора П.В. Рамзаева со своим оборудованием для оказания помощи по обеспечению радиационной безопасности в период проведения Чемпионата мира по футболу 2018.

Кадровый состав ЛРК Центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора представлен квалифицированными специалистами. Часть специалистов уже имеют опыт участия в работе по обеспечению радиационной безопасности при проведении массовых общественных мероприятий, в том числе спортивных. В первую очередь это относится к ЛРК Центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора в Москве, Санкт-Петербурге, Казани, Сочи (Краснодаре) и Екатеринбурге. Вместе с тем, для остальных ЛРК участие в работах по обеспечению радиационной безопасности предстоящего спортивного мероприятия будет первым испытанием такого рода. Поэтому при подготовке к Чемпионату мира по футболу 2018 вопросам по обеспечению радиационной безопасности было уделено особое внимание путём проведения консультаций и семинаров.

Заключение

Обеспечение радиационной безопасности – важная часть общей системы обеспечения безопасности при проведении предстоящего Чемпионата мира по футболу 2018. В её реализации была проведена большая работа, стартовавшая с того момента, когда было принято решение о проведении данного спортивного мероприятия на территории Российской Федерации. Тщательная подготовка на всех вышеописанных этапах, а также налаженное взаимодействие между ответственными службами и ведомства-

ми по обеспечению радиационной безопасности позволит минимизировать риски ухудшения санитарно-эпидемиологического благополучия и возможность террористической угрозы для гостей, участников и населения в период проведения Чемпионата мира по футболу 2018.

Роспотребнадзором предприняты меры по оснащению Центров гигиены и эпидемиологии необходимыми техническими средствами для их полноценного участия в работе по обеспечению радиационной безопасности при проведении Чемпионата мира по футболу 2018. Проведена большая работа по повышению квалификации персонала Роспотребнадзора, участвующего в этой работе, включая проведение обучающих семинаров и тренингов.

Проведенные проверки ЛРК Центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации, принимающих участие в проведении Чемпионата мира по футболу 2018, с участием специалистов Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени П.В. Рамзаева показали высокую степень их готовности к проведению данного мероприятия. Таким образом, совместно с НИИРГ им. П.В. Рамзаева ЛРК центров гигиены и эпидемиологии готовы к решению любых задач, относящихся к области ответственности Роспотребнадзора в рамках обеспечения радиационной безопасности при проведении Чемпионата мира по футболу 2018.

Литература

1. Вступительное слово председателя НАК, директора ФСБ России А.В. Бортникова на совместном заседании национального антитеррористического комитета и федерального оперативного штаба, 12 декабря 2017 года: <http://nac.gov.ru/publikacii/vystupeniya-i-intervyu/vstupitelnoe-slovo-predsedatelya-nak.html> (дата обращения: 24.03.2018).
2. XXII Олимпийские зимние игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 года в г. Сочи. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия / под редакцией Г.Г. Онищенко, А.Н. Куличенко. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2015. – 576 с.
3. Романович, И.К. Обеспечение радиационной безопасности и противодействие радиационному терроризму при проведении массовых спортивных мероприятий / И.К. Романович; под ред. Г.Г. Онищенко, А.Ю. Поповой. – СПб.: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2016. – 364 с.
4. Романович, И.К. Организация радиационного контроля на этапах строительства олимпийских объектов в городе-курорте Сочи / И.К. Романович, К.А. Сапрыкин // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 25–31.
5. Онищенко, Г.Г. XXVII Всемирная летняя универсиада 2013 года в Казани. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия / Г.Г. Онищенко, Б.П. Кузькин, Е.Б. Ежлова [и др.]; под ред. акад. Г.Г. Онищенко, акад. В.В. Кутырева // Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия. – Тверь: Триада, 2013. – 527 с.
6. Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности № 18 «Системы и меры физической ядерной безопасности при проведении крупных общественных мероприятий». Практическое руководство. – Вена, 2014. – 83 с.
7. Романович, И.К. Деятельность Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева по обеспечению радиационной безопасности XXII зимних Олимпийских и XI зимних Паралимпийских игр 2014 года в г. Сочи / И.К. Романович, А.Н. Барковский, Г.Я. Брук, В.П. Рамзаев, А.В. Громов, К.А. Сапрыкин, Н.В. Титов, В.А. Яковлев // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 5–14.

8. Онищенко, Г.Г. Обеспечение радиационной безопасности XXVII Всемирной летней Универсиады в Казани органами и учреждениями Роспотребнадзора. Сообщение 1. Обеспечение радиационной безопасности на подготовительном этапе / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, М.А. Пяташина [и др.] // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 5–12.

9. Онищенко, Г.Г. Обеспечение радиационной безопасности XXVII Всемирной летней Универсиады в Казани органами и учреждениями Роспотребнадзора. Сообщение 2. Обеспечение радиационной безопасности в период про-

ведения Универсиады / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, М.А. Пяташина [и др.] // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 13–22.

10. Романович, И.К. Обеспечение радиационной безопасности XXII Олимпийских зимних и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в г. Сочи / И.К. Романович, А.А. Горский, В.С. Степанов [и др.] // Актуальные вопросы радиационной гигиены: Сб. тез. конф. – СПб, 2014. – С. 167–170.

Поступила: 05.04.2018 г.

Сапрыкин Кирилл Александрович – исполняющий обязанности заведующего 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.
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: k.saprykin@niirg.ru

Для цитирования: Сапрыкин К.А. О ходе подготовки учреждений Роспотребнадзора к обеспечению радиационной безопасности при проведении Чемпионата мира по футболу 2018 года // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 98-104. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-98-104

The current state of preparedness of the Rospotrebnadzor institutions for provision of the radiation safety for the 2018 World Football Championship

Kirill A. Saprykin

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 study is focused on the main activities on provision of the radiation safety as a part of sanitary surveillance and radiation terrorism counteraction during the 2018 World Football Championship. The main activities at the preparatory stage are collection and analysis of information on the potentially dangerous sources of ionizing radiation in the regions of the Russian Federation hosting the 2018 World Football Championship; control of compliance to the sanitary rules of the projects of the allocation of X-ray screening units and their commissioning; radiation control as a part of the commissioning of the sport facilities after construction/reconstruction; sanitary control of the allocation of X-ray screening units on the sport and infrastructure facilities; organization-methodical activities. During the World Football Championship it is planned to carry out the radiation control in monitoring points and the control of the concentration of radionuclides in water and food stuff samples. In the framework of the radiation terrorism countermeasures, the main activities of the provision of the radiation safety are the radiation control on the infrastructure facilities, remote points of inspection and entry points to the sport facilities; full-time emergency preparedness. A brief evaluation of the equipment of the Rospotrebnadzor radiation control laboratories in the regions of the Russian Federation hosting the 2018 World Football Championship and their preparedness for the provision of the radiation safety is also presented in the paper.

Key words: radiation protection, radiation control, nuclear and radiation terrorism, the 2018 World Football Championship, large-scale sport event, nuclear and radiation terrorism countermeasures

Kirill A. Saprykin

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

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

References

1. A Foreword of the head of the NAC, director of FSS of Russia, A.V. Bortnikov on a joint meeting of national anti-terrorist committee and federal operative staff. 12.12.2017. – Available from: <http://nac.gov.ru/publikacii/vystupleniya-i-intervyu/vstupitelnoe-slovo-predsedatelya-nak.html>. (Accessed: March 24, 2018). (In Russian)
2. XXII Winter Olympics and XI Winter Paralympic games in Sochi, 2014. Provision of the sanitary-epidemiological safety. Edited by G.G. Onishenko, A.N. Kulichenko. Tver, JSC «Publisher» Triada», 2015, 576 p. (In Russian)
3. Romanovich I.K. Provision of the radiation safety and radiation terrorism countermeasures during the conduction of mass sport activities. Edited by G.G. Onishenko, A. Ju. Popova. Saint-Petersburg, Institute of radiation Hygiene, 2016, 364 p. (In Russian)
4. Romanovich I.K., Saprykin K.A. Radiation control during the construction of the olympic facilities in Sochi city. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2015;8(2):25-31 (In Russian).
5. Onishchenko G.G., Kuzkin B.P., Ezhlova E.B. [et. al.] XXVII World summer Student games in Kazan, 2013. Provision of the sanitary-epidemiological well-being. Edited by G.G. Onishenko and academic V.V. Kutyrev. Provision of the sanitary-epidemiologic well-being. Tver, Triada, 2013, 527 p. (In Russian).
6. Nuclear Security Systems and Measures for Major Public Events. Implementing Guide. IAEA Nuclear Security Series No. 18. IAEA, Vienna 2014, 83 p. (In Russian).
7. Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Bruk G.Ya., Ramzaev V.P., Gromov A.V., Saprykin K.A., Titov N.V., Yakovlev V.A. Activities of Saint-Petersburg research institute of radiation hygiene after professor P.V. Ramzaev for provision of radiation safety of XXII winter olympic and XI winter paralympics games of 2014 in Sochi City. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2014;7(2):5-14. (In Russian)
8. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Patyashina M.A., Ziatdinov V.B., Gorsky A.A., Stepanov V.S., Ismagilov R.K. Ensuring radiation safety at the XXVII world summer universiade in Kazan by Rospotrebnadzor bodies and organizations. Communication 1. Ensuring radiation safety at the preparatory phase. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2013;6(3):5-12. (In Russian)
9. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Patyashina M.A., Ziatdinov V.B., Barkovsky A.N., Gorsky A.A., Stepanov V.S., Ismagilov R.K., Sharafutdinova A.L. Ensuring radiation safety at the XXVII world summer universiade in Kazan by Rospotrebnadzor bodies and organizations. Communication 2. Ensuring radiation safety during the universiade. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2013;6(3):13-22. (In Russian)
10. Romanovich I.K., Gorsky A.A., Stepanov V.S. [et. al.] Provision of the radiation safety of the XXII Winter Olympics and XI Winter Paralympic games in Sochi, 2014. Actual questions of the radiation hygiene. Conference proceedings. Saint-Petersburg, 2014, pp. 167-170. (In Russian).

Received: April 05, 2018

For correspondence: Kirill A. Saprykin – Acting head of the laboratory of the natural sources dosimetry 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: k.saprykin@niirg.ru)

For citation: Saprykin K.A. The current state of preparedness of the Rospotrebnadzor institutions for provision of the radiation safety for the 2018 World Football Championship. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp.98-104. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-98-104

ЮБИЛЕЙ Вишняковой Надежды Михайловны

9 июня 2018 г. – юбилейная дата для Надежды Михайловны Вишняковой – доктора медицинских наук, заместителя директора по научной работе ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», заместителя главного редактора журнала «Радиационная гигиена», заместителя председателя ученого совета ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, эксперта МАГАТЭ.

Н.М. Вишнякова в 1975 г. окончила среднюю школу с золотой медалью, а в 1981 г. – с отличием Ленинградский санитарно-гигиенический медицинский институт. Формирование Надежды Михайловны как специалиста в области гигиены начинается на кафедре общей, военной, радиационной гигиены и медицинской экологии, на которую она приходит после окончания института в качестве научного сотрудника в специализированную лабораторию по гигиене труда. Она получает тему диссертации «Санитарно-гигиеническая характеристика и обоснование уровней безвредности в атмосферном воздухе низших меркаптанов». Тема очень трудоемкая для того времени и выполнена на большом экспериментальном материале. Надежда Михайловна блестяще с ней справляется, защитив диссертацию в 1992 г. Работа актуальна и сегодня, 26 лет спустя. В эти годы Н.М. Вишнякова успешно совмещает исследовательскую работу с участием в учебном процессе и командировках, где приобретает навык проведения натурных исследований. Н.М. Вишнякова прошла путь от младшего научного сотрудника до ассистента (1991 г.) и доцента кафедры (1996 г.), в совершенстве овладев методикой преподавания. Талантливый педагог, она проводила практические занятия и читала лекции по различным разделам гигиены на лечебном и медико-профилактическом факультете; факультете высшего сестринского образования. Н.М. Вишнякова создала курс гигиены на английском языке для студентов факультета иностранных учащихся, в течение многих лет возглавляла курс радиационной гигиены на медико-профилактическом факультете. Надежда Михайловна много сил и времени уделяла методической работе, участвовала в разработке учебного стандарта по радиационной гигиене, 18 методических пособий для студентов; была руководителем студенческого научного общества, секретарем проблемной комиссии «Гигиена и первичная профилактика заболеваний».

С 2005 по 2007 г. Надежда Михайловна успешно совмещала педагогическую деятельность с научной работой в качестве ведущего научного сотрудника лаборатории защиты в ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, занималась проблемой медицинского диагностического облучения и вопросами оптимизации радиационной защиты пациентов при рентгенорадиологических исследованиях.

С 2007 г. по настоящее время Вишнякова Н.М. занимает должность заместителя директора ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева по научной работе и преподает в должнос-



ти профессора в Северо-Западном государственном медицинском университете имени И.И. Мечникова. В 2010 г. Н.М. Вишнякова успешно защитила докторскую диссертацию на тему: «Оптимизация радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении» по специальности «Гигиена» и получила должность профессора на кафедре коммунальной гигиены университета. Ею разработаны и научно обоснованы методические подходы определения референтных диагностических уровней при медицинском облучении, доказана связь радиационного риска облучения с полом и возрастом пациентов при проведении рентгенологических процедур; научно обоснована концепция оптимизации радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении.

Являясь специалистом в области медицинского облучения, Н.М. Вишнякова на правах соавторства участвовала в разработке СанПиН 6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»; СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010)» и других нормативно-методических документов в области радиационной безопасности при медицинском диагностическом облучении. Надежда Михайловна – автор 176 печатных работ, из которых более 100 посвящены актуальным вопросам радиационной гигиены. Она соавтор трех монографий: «Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на со-

хранение здоровья населения Российской Федерации»; «Гигиенические нормативы. Физические факторы окружающей и производственной среды»; «Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС». В настоящее время в сферу научных интересов Н.М. Вишняковой входят и научные разработки в области риск-коммуникации по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения России.

Н.М. Вишнякова обладает достаточным научным кругозором, необходимым для самостоятельных научных исследований. Владеет основными современными гигиеническими, санитарно-химическими, радиологическими, медико-социальными, статистическими методами исследования и методологией оценки профессионального риска, математического моделирования и прогнозирования. Ориентирована в нормативно-методической документации, касающейся вопросов обеспечения радиационной безопасности населения. Имеет высшую квалификационную категорию врача по специальности «Общая гигиена», сертификаты специалиста по радиационной гигиене, профилактической токсикологии, международный сертификат университета г. Упсала по промышленной медицине и медицине окружающей среды.

Как заместитель главного редактора журнала «Радиационная гигиена» Н.М. Вишнякова курирует во-

просы, связанные с выпуском журнала. Через два года после первого выпуска журнал был включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук; индексируется в РИНЦ; а с 2017 г. – и в базе данных Scopus.

Н.М. Вишнякова много сил вкладывает в организацию учебного процесса в институте по дополнительному профессиональному образованию по специальности «Радиационная гигиена»; высшему образованию в ординатуре по специальности «Радиационная гигиена» и аспирантуре по специальности «Гигиена». Принимает активное участие в организации и проведении научно-практических конференций института. Ее труд отмечен почетной грамотой Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации и нагрудным знаком «Почетный работник Роспотребнадзора».

Надежда Михайловна Вишнякова отличается доброжелательностью, в общении с коллегами вежлива и корректна, пользуется заслуженным уважением и авторитетом у специалистов в области радиационной гигиены. Ее печатные труды, выступления, доклады, лекции всегда вызывают широкий интерес, привлекают внимание специалистов глубиной анализа, ясностью и стройностью изложения. Надежда Михайловна Вишнякова неизменно остается верна своей профессии, коллегам и друзьям.

Редакция журнала «Радиационная гигиена», коллектив Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, ученики и коллеги сердечно поздравляют Надежду Михайловну с юбилеем, желают ей доброго здоровья, успехов в ее многогранной деятельности организатора, ученого и педагога.

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 и официальном сайте журнала «Радиационная гигиена» 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 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. **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 болезни, 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.)]. Илисогласно 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. Cannabinoids 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 научного 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, Gerdt 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. Иванькович, Е.И. Веселов // Воен. врач. – 1996. – № 8 (1332). – С. 5.

Фомин, Н.Ф. Выдающийся ученый, педагог, воспитатель / Н.Ф. Фомин, Ф.А. Иванькович, 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 транслитеруется. Иностранные 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 возбуdiviteley 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.