

**Научно-практический
журнал**

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

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

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

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

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

Издается ежеквартально.

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

Ссылка на журнал «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» обязательна.

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

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования
www.elibrary.ru

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



9 771998 426783 >

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

© «Радиационная гигиена», 2016

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

RADIATIONNAYA GYGIENA

Председатель редакционного совета
Г.Г. Онищенко

Главный редактор
И.К. Романович



Том 9 № 4, 2016

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

Алексанин 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 радиозкологии», 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)

Заредниов 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)

Иванов Сергей Иванович — ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава России, д.м.н., профессор (Москва, 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 Улмас Мирсаидович — Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, д.х.н., профессор, академик АН РТ (Душанбе, Республика Таджикистан)

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

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

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

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

Редакционная коллегия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Стамат Иван Павлович — ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», д.б.н. (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

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

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

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



RADIATION HYGIENE

Vol. 9 № 4, 2016

Chairman of Editorial Council

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

Editor-in-Chief

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

Deputy Editor-in-Chief

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

Members of Editorial Council

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Sergey I. Ivanov — Russian Medical Academy of Postgraduate Education of Russian Healthcare Ministry, M.D., Professor (Moscow, Russian Federation)

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

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

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

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

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

Ivan P. Stamat — Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Doctor of Biology (Saint Petersburg, Russian Federation)

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Том 9 № 4, 2016

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

И.К. Романович, И.П. Стамат, Н.И. Санжарова, А.В. Панов
Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности:
Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации 6

М.И. Балонов, Л.А. Чипига
Оценка дозы от поступления окиси трития в организм человека: роль включения трития в органическое вещество тканей 16

А.Т. Губин, В.И. Редько, В.А. Сакович
Влияние демографических особенностей популяции на оценки коэффициентов радиогенного риска на примере российского населения 26

Д.А. Зарединов, О.Л. Тен, Р.И. Радюк, У.С. Салихбаев, Ф.Р. Усманов, А.И. Болтаева
Распространение радионуклидов вблизи урановых разработок 37

Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов
Карта радоновой опасности территории Республики Беларусь 43

ЕСКИД И РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

А.Н. Барковский, Р.Р. Ахматдинов, Н.К. Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская, С.И. Кувшинников, Л.В. Репин, И.П. Стамат, О.Е. Тутельян
Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г. 47

ИЗ ИСТОРИИ ГИГИЕНЫ

И.П. Стамат, Э.П. Лисаченко, Н.А. Королева
История развития лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1987–2005 годы 74

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М.Я. Чеботина, О.А. Николин, Л.Г. Бондарева, В.Н. Ракитский
Тритий в моче людей в зоне влияния Белоярской АЭС 87

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» 93

CONTENTS

Vol. 9 № 4, 2016

RESEARCH ARTICLES

I.K. Romanovich, I.P. Stamat, N.I. Sanzharova, A.V. Panov
Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation 14

M.I. Balonov, L.A. Chipiga
Dose assessment for intake of tritiated water in humans: role of tritium incorporation in organic matter 23

A.T. Gubin, V.I. Red'ko, V.A. Sakovich
The impact of the demographic characteristics of the population on estimates of the coefficients of radiogenic risk in the Russian population 35

D.A. Zaredinov, O.L. Ten, R.I. Radyuk, U.S. Salikhbaev, F.R. Usmanov, A.I. Boltaeva
Radionuclides distribution near former uranium mining 41

L.A. Chunikhin, A.L. Chekhovsky, D.N. Drozdov
The Republic of Belarus radon danger map 46

ISDCR AND RUSSIAN FEDERATION RADIATION-HYGIENE PASSPORTIZATION

A.N. Barkovsky, R.R. Akhmatdinov, N.K. Baryshkov, A.A. Bratilova, T.A. Kormanovskaya, S.I. Kuvshinnikov, L.V. Repin, I.P. Stamat, O.E. Tutelyan
The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation citizens based on the 2015 data 54

HYGIENE HISTORY

I.P. Stamat, E.P. Lisachenko, N.A. Koroleva
The history of establishment of the Natural Sources Dosimetry Laboratory in the Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1987–2005 85

BRIEF REPORTS

M.Ya. Chebotina, O.A. Nikolin, L.G. Bondareva, V.N. Rakitsky
Tritium in urine of people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP 91

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 93

Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности: Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации

И.К. Романович¹, И.П. Стамат¹, Н.И. Санжарова², А.В. Панов²

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 Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Федеральное агентство научных организаций, Обнинск, Калужская область, Россия

В статье рассматриваются вопросы реабилитации объектов и территорий, загрязненных техногенными и природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий ядерной и неядерных отраслей промышленности. На основе анализа требований действующих нормативных правовых документов в области радиационной безопасности населения с учетом рекомендаций международных организаций обоснованы дозовые величины и производные показатели, используемые при установлении критериев, которым должны соответствовать реабилитированные объекты и территории, загрязненные радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий. Показано, что критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности, должны быть одинаковыми независимо от того, произошло загрязнение в результате плановой деятельности предприятия или несанкционированной деятельности. Для этих ситуаций критерии реабилитации должны быть основаны на дозовых величинах и производных показателях, характеризующих остаточное загрязнение среды обитания после окончания реабилитационных мероприятий. При загрязнении объектов и территорий природными радионуклидами практически во всех случаях для обоснования критериев их реабилитации могут быть использованы только показатели радиационной безопасности объектов среды обитания. В статье показано, что такие подходы применимы не только к объектам среды обитания, загрязнение которых произошло в результате прошлой деятельности предприятий традиционных неядерных отраслей промышленности, но и предприятий по добыче урановых и ториевых руд. С позиций современной классификации производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов характеристики этих отходов по их потенциальной радиационной опасности для населения и окружающей среды идентичны.

Ключевые слова: природные радионуклиды, техногенные радионуклиды, предприятия ядерной отрасли, неядерные отрасли промышленности, радиоактивное загрязнение, прошлая деятельность, критерии реабилитации, радиоактивные отходы.

Введение

В Российской Федерации в 2015 г. принята новая Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 гг. и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2), которая в значительной мере посвящена ликвидации ядерного наследия страны [Постановление правительства Российской Федерации от 19 ноября 2015 г. № 1248 «О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года»]. В рамках программы

ФЦП ЯРБ-2 запланированы мероприятия по реабилитации значительного числа ядерно и радиационно опасных объектов. На решение проблем ядерного наследия запланировано направить 59 % от общего бюджета программы и еще 13% – на создание объектов инфраструктуры обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО) [1]. В новой Программе предусмотрена реабилитация радиоактивно загрязненных территорий площадью примерно в 3 раза больше, чем в предыдущей.

Романович Иван Константинович

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

Анализ опыта проведения работ по реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности, показал, что для повышения эффективности выполнения этих работ необходимо современное нормативно-правовое и методологическое обеспечение. В частности, требуют разработки и научного обоснования новые современные подходы, учитывающие возможные направления использования зданий, сооружений и территорий после окончания реабилитационных мероприятий. Для решения данной проблемы необходимо обосновать:

- систему дозовых величин и показателей радиационной безопасности для оценки реабилитированных объектов и территорий;
- наиболее приемлемые направления использования реабилитированных объектов и территорий, при которых будет обеспечен максимальный положительный результат при минимальных расходах на его достижение;
- систему радиологических критериев для оценки реабилитированных объектов и территорий с учетом конкретных направлений их использования в хозяйственной деятельности.

В настоящей публикации нами рассматривается решение только первой задачи – обоснование системы дозовых величин и показателей радиационной безопасности для оценки реабилитированных объектов и территорий.

Под термином «реабилитация» (участка территории, здания) понимается комплекс организационных, инженерно-строительных и иных мероприятий, которые могут осуществляться как в отношении источника излучения, так и сооружением барьеров на путях поступления радионуклидов в объекты окружающей среды и среды обитания людей. Основной целью осуществления этих мероприятий является приведение объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий, в радиационно безопасное для населения и окружающей среды состояние, пригодное для ведения определенного вида хозяйственной деятельности. Мероприятия по реабилитации не предусматривают полного удаления радиоактивного загрязнения объектов и территорий, что практически невозможно обосновать с точки зрения необходимых для этого затрат и получаемой выгоды за счет снижения облучения населения. Таких же подходов придерживается МАГАТЭ [2].

Объекты и территории могут быть реабилитированы в полном объеме или частично. Наиболее приемлемым вариантом является полная реабилитация, когда объекты и территории целиком возвращаются в хозяйственную деятельность без ограничений по радиационному фактору. Однако для целого ряда случаев полная реабилитация не всегда возможна технически или не целесообразна по экономическим или другим показателям. В таких случаях в результате реабилитационных мероприятий часть объекта или территории приводится в радиационно безопасное состояние для населения и окружающей среды (например, подвергаются консервации), а остальная их часть дезактивируется до приемлемого уровня и передается в хозяйственное пользование. Примером частичной реабилитации объектов и территорий являются мероприятия в отношении объектов, образованных с использованием ядерно-взрывных технологий. Целью реабилита-

ционных мероприятий в отношении таких объектов является приведение их в состояние, при котором воздействие на проживающее вблизи населения будет ниже установленных дозовых квот, а загрязнение объектов окружающей среды снижено до минимально возможного уровня [3, 4] [Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях. СанПиН 2.6.1.2819-10: рег. № 20383 от 1 апреля 2010 г. М.: 2011. 15 с.]

Виды радиационных объектов, подлежащих реабилитации

В результате прошлой деятельности предприятий ядерной и неядерных отраслей промышленности в настоящее время существует большое количество объектов (здания, сооружения) и территорий, которые подверглись радиоактивному загрязнению техногенными или природными радионуклидами.

Под термином «предприятия ядерной отрасли» в данной статье понимаются радиационные объекты согласно определению НРБ-99/2009, а именно – организации, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения. В результате их деятельности происходит загрязнение техногенными радионуклидами. К предприятиям ядерной отрасли относится также добыча и переработка урановых и ториевых руд. Однако загрязнение объектов и территорий, которое происходит при добыче руд на их месторождениях, следует относить к загрязнению природными радионуклидами. Это вполне соответствует современной классификации производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов [Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов»]

Загрязнение объектов и территорий техногенными радионуклидами может происходить не только на предприятиях ядерной отрасли. В результате радиационных инцидентов и аварий радиоактивному загрязнению подверглось и значительное число промышленных предприятий и участков территорий, на которых не использовались техногенные источники ионизирующего излучения. К примеру, здания и территории металлургических заводов, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате расплавления вместе с металлоломом радионуклидных источников большой активности [5] [Консультационно-радиологическое сопровождение работ по реабилитации территории площадок рафинировочного отделения и шлакоотвала № 1-5 ОАО «Подольский завод цветных металлов» // Отчет по 6-му этапу Договора № Ц-ГИ/ИФ03-1047-103/14 от 25.12.2014 г. СПб, 2015. 33 с.].

Под термином «предприятия неядерных отраслей» в данной работе имеются в виду предприятия, добывающие или использующие сырье и материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов и в результате деятельности которых образуются производственные отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов или происходит загрязнение окружающей среды природными радионуклидами. К ним относятся предпри-

ятия нефтегазовой отрасли (цикл добычи и первичной подготовки нефти и газа) и промышленного применения подземных природных вод (извлечение йода, брома и т.д.), организации централизованного питьевого водоснабжения населения с использованием подземных природных вод. Образование отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов может происходить на некоторых предприятиях горнодобывающей и перерабатывающей отраслей, при использовании в различных технологиях минерального сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов и др.

Следовательно, реабилитации могут подвергаться объекты и территории, загрязненные:

- техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий ядерной отрасли, а также обычные предприятия в результате аварий и инцидентов с источниками ионизирующего излучения на их территории;
- природными радионуклидами в результате прошлой деятельности как предприятий ядерной отрасли, так и предприятий неядерных отраслей.

В соответствии с НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 нормирование радиационной безопасности населения при облучении техногенными и природными источниками ионизирующего излучения осуществляется раздельно. В современной классификации радиоактивных отходов, введенной Постановлением правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069, отходы производства, содержащие только природные радионуклиды, не различаются по источникам их образования. В определении этих РАО нет указания на то, в результате деятельности каких технологий (ядерных или неядерных предприятий) они образовались. Это и понятно, поскольку потенциальная радиационная опасность для населения и окружающей среды в данном случае определяется не источником образования отходов, а их радиологическими характеристиками и объемами.

При таком определении и идентификации объектов реабилитации отпадает необходимость в каждом случае рассматривать, в результате деятельности предприятий какой отрасли промышленности произошло загрязнение территории и расположенных на ней зданий и сооружений. Тогда для обоснования критериев реабилитации объектов и территорий нужно иметь сведения о характере их загрязнения – обусловлено оно природными или техногенными радионуклидами. При этом, поскольку подходы к обеспечению радиационной безопасности населения при воздействии природных и техногенных источников излучения являются разными, то и выбор показателей для обоснования критериев реабилитации этих объектов исследований должен быть разным.

Таким образом, с точки зрения реабилитации объектов и территорий, не важно, в результате прошлой деятельности предприятий какой отрасли промышленности произошло загрязнение, принципиальным является только то, техногенными или природными радионуклидами загрязнены объект или территория.

Обоснование дозовых величин и показателей радиационной безопасности

При загрязнении объектов и территорий техногенными радионуклидами после окончания мероприятий по их

реабилитации облучение населения будет определяться техногенными источниками излучения. Следовательно, и выбор показателей для оценки реабилитированных объектов и территорий должен быть основан на требованиях нормативных документов, установленных для защиты населения от техногенных источников излучения.

Защита населения от воздействия техногенных источников излучения в нормальных условиях эксплуатации основана на установлении дозовых пределов, а при одновременном воздействии нескольких источников – квот от пределов доз. При этом для контроля не превышения дозовых пределов устанавливаются предельные значения параметров радиационной обстановки, при монофакторном воздействии каждого из которых дозовые пределы не будут превышены. Эти показатели радиационной безопасности среды обитания являются производными величинами от дозовых пределов. Причем такой подход является одинаковым при нормировании радиационной безопасности как персонала, так и населения.

В соответствии с НРБ-99/2009 пределы доз техногенного облучения населения относятся к средней дозе критической группы населения и определяются как сумма доз их внешнего облучения за текущий год и ожидаемой дозы внутреннего облучения за жизнь (70 лет) вследствие поступления техногенных радионуклидов в организм за текущий год. С учетом этого основными производными величинами от дозовых пределов при облучении населения техногенными источниками излучения являются среднегодовые значения следующих производных показателей:

- мощность дозы гамма-излучения, обусловленная остаточным загрязнением техногенными радионуклидами реабилитированных объектов и территорий (принимается одинаковой для всех возрастных групп);
- среднегодовая объемная активность отдельных радионуклидов в воздухе или пределы их годового поступления в организм с вдыхаемым воздухом (принимается для критической группы облучаемого населения);
- удельная активность отдельных радионуклидов в пищевых продуктах или пределы их годового поступления в организм с пищей (принимается для критической группы облучаемого населения);
- удельная активность отдельных техногенных радионуклидов в питьевой воде, которая принимается одинаковой для всех возрастных групп облучаемого населения.

Для поверхностей с твердым покрытием, транспортных средств и пр., с которыми может контактировать население, устанавливаются также допустимые уровни снимаемого радиоактивного загрязнения альфа- и бета-активными радионуклидами.

В тех случаях, когда реабилитированная территория планируется для использования под промышленное строительство, при выборе показателей для обоснования критериев реабилитации вклад в облучение работников за счет питьевой воды и пищевых продуктов может не учитываться. Однако если реабилитированная территория находится в пределах населенных пунктов сельского типа и зон их перспективной застройки, при обосновании критериев реабилитации следует также оценивать вклад в суммарные дозы населения от поступления техногенных радионуклидов с питьевой водой и пищевыми продуктами.

В контексте рассматриваемой проблемы основными производными показателями от пределов доз техногенного облучения персонала являются только первые два из перечисленных показателей, а также допустимое снимаемое радиоактивное загрязнение поверхности рабочих помещений и находящегося в них оборудования альфа- и бета-излучающими радионуклидами. Причем значения мощности дозы гамма-излучения и среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе устанавливаются для рабочих мест персонала.

Дозовые пределы при облучении населения природными источниками излучения в коммунальных условиях не устанавливаются. Обеспечение радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения в таких ситуациях достигается путем установления ограничений на отдельные регулируемые природные источники излучения.

Для ситуаций, когда загрязнение обусловлено присутствием в объектах среды обитания природных радионуклидов, выбор показателей для обоснования критериев реабилитации таких объектов и территорий должен быть основан на требованиях нормативных документов, установленных для ограничения облучения населения при воздействии природных источников излучения.

Такие ограничения устанавливаются в форме гигиенических нормативов и критериев по величине:

- эффективной удельной активности природных радионуклидов ($A_{эфф}$) в строительном сырье и материалах;
- мощности дозы гамма-излучения в помещениях жилых и общественных зданий и прилегающей территории;
- среднегодовому значению ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий и сооружений;
- удельной активности природных радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения населения.

Нормирование ограничения облучения населения при воздействии природных источников в коммунальных условиях вводится по взрослому населению, поэтому численные значения всех перечисленных показателей устанавливаются одинаковыми для всех возрастных групп населения.

Для коммунальных условий ограничения на внутреннее облучение населения за счет поступления природных радионуклидов с пищевыми продуктами не устанавливаются.

Требования к ограничению облучения населения природными источниками излучения в производственных и коммунальных условиях установлены разными. Для производственных зданий и сооружений установлены нормативы по величине $A_{эфф}$ в строительном сырье и материалах, мощности дозы в помещениях и на прилегающей территории и среднегодовому значению ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений.

Следует также учитывать, что если на реабилитированной территории планируется строительство зданий и сооружений, то она в пределах контуров их застройки должна соответствовать гигиеническому критерию по плотности потока радона (ППР) с поверхности земли, установленному в ОСПОРБ-99/2010 (пункты 5.1.6 и 5.2.3) и СанПиН 2.6.1.2800-10 (пункты 3.2.4 и 4.2.2).

Для ситуаций облучения населения природными источниками излучения требования к загрязнению поверх-

ности помещений, оборудования и т.п. природными радионуклидами не устанавливаются.

Учитывая это, ниже рассматриваются подходы к выбору показателей для обоснования критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных техногенными и природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий ядерной и неядерных отраслей промышленности. Причем для объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами, эти подходы рассматриваются отдельно для коммунальных и производственных направлений их использования после завершения реабилитационных мероприятий.

Дозовые величины при облучении населения техногенными источниками ионизирующего излучения

Очевидно, что при самом тщательном проведении мероприятий по реабилитации объектов и территорий, загрязненных техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий, для них будут характерны определенные уровни остаточного загрязнения среды обитания. Соответственно, за счет остаточного загрязнения объектов и территорий после окончания реабилитационных мероприятий будет формироваться определенный уровень техногенного облучения населения. Такая ситуация облучения формально может рассматриваться как существующее облучение населения за счет техногенных источников излучения.

Для обеспечения радиационной безопасности населения при облучении техногенными источниками ионизирующего излучения за счет остаточного загрязнения техногенными радионуклидами реабилитированных объектов и территорий рекомендуются к применению следующие дозовые величины:

- уровень освобождения от контроля, когда источник при любых условиях обращения с ним может создавать индивидуальную годовую эффективную дозу облучения не более 0,01 мЗв;
- уровень исследования, при котором источник излучения может создавать индивидуальную годовую эффективную дозу облучения свыше 0,01 до 0,3 мЗв включительно.

В санитарных правилах по проектированию и эксплуатации атомных станций [Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). СанПиН 2.6.1.24-03: рег. № 4593 от 26 мая 2013 г.] годовая эффективная доза облучения 0,250 мЗв принята в качестве допустимой для населения в зоне наблюдения АЭС, причем эта величина установлена граничной для формирования за счет сбросов и выбросов предприятий атомной энергетики.

В Руководстве по безопасности МАГАТЭ № WS-G-5.1 [2] указывается, что облучение населения за счет остаточного загрязнения техногенными радионуклидами после окончания мероприятий по реабилитации объектов и территорий следует рассматривать как техногенное облучение населения в нормальных условиях. При этом в качестве граничного уровня по величине годовой эффективной дозы облучения критической группы населения рекомендуется принять 0,3 мЗв. При непревышении этого уровня допускается не вводить ограничения на использование таких объектов по радиационному фактору.

На наш взгляд, более высокие уровни облучения населения за счет остаточного загрязнения техногенными радионуклидами реабилитированных объектов и территорий рассматривать нецелесообразно, тем более что при превышении уровня техногенного облучения населения 0,3 мЗв/год (уровень вмешательства согласно п. 4.1 Приложения 5 НРБ-99/2009) обязательными становятся мероприятия по защите населения с целью ограничения облучения. Указанные дозовые величины определяются как суммарные уровни доз, создаваемых за счет всех путей облучения населения – внешнего и внутреннего облучения при ингаляционном и пероральном поступлении радионуклидов в организм.

Дозовая величина на уровне до 0,3 мЗв/год для реабилитированных объектов и территорий, загрязненных техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности, по-видимому, является оптимальной с точки зрения как радиационной безопасности населения, так и стоимостных характеристик реабилитационных мероприятий.

Она установлена в качестве предельной для обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего вблизи объектов хранения газового конденсата в подземных резервуарах, созданных с применением ядерно-взрывных технологий [3], [Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывных технологий. Санитарные правила СП 2.6.1.2622-10: рег. № 17483 от 7 июня 2010 г. М.: 2010. 18 с.]

В период эксплуатации таких объектов годовая доза облучения критической группы населения, проживающего вблизи них, не должна превышать 0,3 мЗв (п. 3.16 СП 2.6.1.2622-10), а после их консервации мощность дозы гамма-излучения за их пределами не должна превышать 0,1 мкЗв/ч над естественным гамма-фоном данной местности (п. 3.10).

Аналогичный по величине норматив по допустимой дозе облучения для обеспечения радиационной безопасности для населения, проживающего в районах проведения мирных ядерных взрывов, принят в СанПиН 2.6.1.2819-10, в п. 2.6 которого установлено, что доза дополнительного техногенного облучения критической группы населения за счет мирных ядерных взрывов не должна превышать 0,3 мЗв/год. Наконец, эта величина обычно рассматривается как квота от предела доз техногенного облучения населения при воздействии нескольких источников излучения.

Основными производными показателями от предела дозы облучения населения при использовании реабилитированных объектов и территорий для хозяйственной деятельности, являются следующие:

- удельная активность техногенных радионуклидов (в рассматриваемых ситуациях применяется в отношении почв и грунтов для территорий и ограждающих конструкций зданий и сооружений);
- мощность дозы гамма-излучения, создаваемая за счет остаточного загрязнения объектов и территории гамма-излучающими радионуклидами техногенного происхождения;
- снимаемое радиоактивное загрязнение альфа- и бета-излучающими радионуклидами (применяется в отно-

шении поверхностей с твердым покрытием, с которыми может контактировать население).

Очевидно, что остаточное загрязнение техногенными радионуклидами объектов и территорий после окончания мероприятий по их реабилитации является основной величиной, которая в конечном итоге определяет как дозы облучения населения, так и ограничения при использовании объектов и территорий для определенных видов хозяйственной деятельности. При удельной активности техногенных радионуклидов в объектах среды обитания людей не выше значений по приложению 3 к ОСПОРБ-99/2010 в редакции Изменения 1 к СП 2.6.1.2612-10 они могут использоваться для любых видов хозяйственной деятельности без ограничений по радиационному фактору. Согласно [2, 6, 7], при таких значениях удельной активности техногенных радионуклидов в объектах среды обитания индивидуальные годовые эффективные дозы облучения отдельных лиц из населения не превысят 0,01 мЗв, а при крайне маловероятных сценариях – 1,0 мЗв [7, 8].

В отношении снимаемого радиоактивного загрязнения объектов среды обитания, транспортных средств и т.п. альфа- и бета-излучающими радионуклидами в ОСПОРБ-99/2010 в редакции Изменения 1 к СП 2.6.1.2612-10 требования установлены жестко и однозначно – оно не должно превышать установленных пределов. Естественно, что эта норма может рассматриваться только в отношении ограждающих конструкций зданий и сооружений, а также для транспортных средств и участков территорий с твердым покрытием. Выполнение этого требования для данных объектов может контролироваться, однако для почв, грунтов и различных сыпучих сред оно неприменимо.

Что касается мощности дозы гамма-излучения, создаваемой остаточным загрязнением объектов и территорий гамма-излучающими радионуклидами техногенного происхождения, то она должна определяться за вычетом естественного гамма-фона местности. Как правило, мероприятия по реабилитации техногенно загрязненных территорий сопровождаются выемкой грунтов и почв, в том числе и со значительных глубин, а также обратной засыпкой территории. Поэтому при осуществлении этих мероприятий необходимо учитывать, что для территорий под строительство зданий и сооружений, с целью ограничения облучения населения за счет природных источников излучения установлены радиационно-гигиенические критерии по мощности дозы гамма-излучения. При этом следует также учитывать, что в зависимости от назначения реабилитированной территории (под жилое или производственное направление или строительство дорог) для обратной засыпки территории должны применяться грунты и породы с соответствующими уровнями по эффективной удельной активности природных радионуклидов ($A_{эфф}$).

Поскольку доза облучения населения 0,3 мЗв/год на реабилитированных территориях, загрязненных техногенными радионуклидами в результате прошлой деятельности, рассматривается как граничная, формируемая за счет всех путей облучения, то при обосновании критериев реабилитации необходимо учитывать вклад в суммарные дозы поступления радионуклидов с пищевыми продуктами и питьевой водой. В принципе, учитывая ограничен-

ные размеры объектов и территорий, подлежащих реабилитации, представляется достаточно маловероятным, чтобы эти компоненты давали заметный вклад в техногенное облучение населения за счет перехода радионуклидов из объектов окружающей среды в источники питьевого водоснабжения и продукцию растениеводства с последующим поступлением их в организм людей. Как показано в [9], в зонах локального загрязнения техногенными радионуклидами основной вклад в дозы населения вносит их внешнее облучение. Тем не менее, для общности вклад этого пути облучения населения следует оценивать по крайней мере для тех ситуаций, когда реабилитированная территория находится в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки и планируется для использования без ограничений по радиационному фактору.

Дозовые величины при облучении населения природными источниками ионизирующего излучения

В регулировании радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения также применяются дозовые величины и производные показатели объектов среды обитания, но подходы к ограничению природного облучения населения в коммунальных и производственных условиях принципиально различаются.

Учитывая это, подходы к выбору показателей для установления критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий, также должны рассматриваться отдельно.

Строго говоря, дозовые величины для обоснования выбора критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий неядерных отраслей промышленности, применимы с серьезными оговорками. Тем не менее, для крайне маловероятных ситуаций при обосновании критериев реабилитации таких объектов и территорий могут быть использованы дозовые величины, принятые в регулировании радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения:

- уровень вмешательства, при котором годовая эффективная доза облучения населения за счет данного природного источника излучения не превышает 0,1 мЗв;
- область оптимизации – это такая область эффективных доз, в пределах которой годовая эффективная доза облучения населения за счет данного природного источника излучения находится в пределах от 0,1 до 1,0 мЗв.

Приведенные дозовые величины могут эффективно применяться, когда речь идет о нормировании отдельных природных источников излучения или установлении ограничений на облучение населения за счет конкретного пути их воздействия. Применение этих дозовых величин для обоснования критериев реабилитации объектов и территорий должно быть основано на величине дополнительной дозы облучения населения за счет остаточного (дополнительного к характерным уровням их содержания в объектах среды обитания на данной территории) загрязнения объектов среды обитания природными радионуклидами. В случае загрязнения объектов среды

обитания техногенными радионуклидами это сделать достаточно несложно, поскольку принципиально имеется возможность оценить вклад остаточного техногенного загрязнения объектов среды обитания в суммарные дозы облучения населения.

Однако при загрязнении объектов и территорий природными радионуклидами раздельная оценка исходного и привнесенного загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами за счет прошлой деятельности предприятий неядерных отраслей промышленности во многих случаях оказывается принципиально невозможной. Это связано прежде всего с исключительно большой вариабельностью проявления природных источников излучения в пространстве.

По-видимому, единственной ситуацией необходимости использования дозовых величин при обосновании критериев реабилитации территорий, загрязненных природными радионуклидами, является реабилитация их под «зеленую лужайку». В таких случаях необходимой становится оценка вклада в суммарные дозы облучения населения за счет перехода природных радионуклидов в источники питьевого водоснабжения с последующим поступлением их в организм.

Поэтому практически во всех случаях критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий неядерных отраслей промышленности, должны базироваться не на дозовых величинах, а на нормативных значениях параметров радиационной обстановки, установленных для объектов среды обитания человека.

С введением в ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10 требований к показателям радиационной безопасности производственных зданий перечень гигиенических нормативов и критериев для ограничения облучения населения в жилых, общественных и производственных зданиях стал одинаковым. Отличия заключаются только в численных значениях их величины.

Для ограничения облучения населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения в производственных и коммунальных условиях в российском санитарном законодательстве введены следующие гигиенические нормативы и критерии:

- эффективная удельная активность природных радионуклидов в объектах среды обитания (в строительных конструкциях зданий и сооружений, а также в почвах, грунтах и породах на открытой территории);
- мощность дозы гамма-излучения в помещениях зданий и сооружений и на открытой местности;
- плотность потока радона с поверхности почв и грунтов и мощность дозы гамма-излучения (для территорий, на которых планируется возведение новых объектов капитального строительства);
- среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе помещений.

К числу регулируемых природных источников излучения, которые нормируются для ограничения облучения населения в коммунальных условиях, относится также питьевая вода. В принципе, учитывая ограниченные размеры объектов и территорий, подлежащих реабилитации, представляется нецелесообразным рассматривать

облучение населения за счет перехода природных радионуклидов из объектов окружающей среды в источники питьевого водоснабжения с последующим поступлением их в организм с питьевой водой. Тем не менее, для общности подходов вклад этого источника природного облучения населения следует оценить для случая, когда реабилитированная территория находится в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки и планируется для использования без ограничений по радиационному фактору.

При установлении критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами, не рассматривается облучение населения в коммунальных условиях за счет перехода природных радионуклидов в продукцию растениеводства, выращенную на реабилитированных территориях. По нашим оценкам, вклад этого пути облучения населения при уровнях содержания природных радионуклидов в почвах и грунтах, допустимых для объектов среды обитания в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, является достаточно низким.

В мировой практике регулирования радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения, как в нашей стране и в большинстве зарубежных стран, принято устанавливать требования к объектам строительства разными для строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений. В соответствии с НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10, к строящимся относятся здания и сооружения, сдающиеся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта и реконструкции. С учетом этого, представляется целесообразным, чтобы реабилитированные здания и прилегающие к ним территории, загрязненные природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий, рассматривались как объекты строительства, сдающиеся в эксплуатацию после окончания строительства (капитального ремонта, реконструкции). Причем эта норма должна относиться к объектам и территориям жилищного, общественного и производственного назначения.

В отношении загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий следует указать, что наиболее удобной величиной, характеризующей потенциальную радиационную опасность остаточного радиоактивного загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами, является эффективная удельная активность природных радионуклидов в отходах и объектах среды обитания людей, которая рассчитывается по формуле:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,09 \cdot A_K,$$

в которой A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности урана-238 (^{226}Ra) и тория-232 (^{232}Th), находящихся в радиоактивном равновесии со всеми остальными членами уранового и ториевого рядов соответственно, A_K – удельная активность ^{40}K .

Численное значение этой величины принято Постановлением правительства Российской Федерации от 19.10.2012 г. № 1069 в качестве основного показателя при отнесении производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов к РАО. Такое

определение радиоактивных отходов введено также пунктом 3.12.1 ОСПОРБ-99/2010 в редакции Изменения 1 к этим санитарным правилам. Твердые производственные отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов, в которых значение $A_{эфф}$ превышает 10 Бк/г, относятся к *очень низкоактивным радиоактивным отходам*.

Укажем, что требование радиоактивного равновесия в рядах урана-238 и тория-232 при определении величины $A_{эфф}$ и отнесении производственных отходов к РАО является принципиально важным, поскольку для целого ряда ситуаций загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами наблюдается нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана и тория.

Первичное радиоактивное загрязнение природными радионуклидами технологического оборудования и объектов среды обитания и окружающей среды в результате деятельности большинства предприятий неядерных отраслей чаще всего обусловлено поступлением в них трех изотопов радия: ^{226}Ra из ряда ^{238}U и ^{224}Ra и ^{228}Ra из ряда ^{232}Th . Это наблюдается для загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами в результате деятельности предприятий нефтегазовой отрасли [10, 11], при промышленном использовании природных подземных вод [12], включая и предприятия питьевого водоснабжения населения (в цикле водоочистки) [13] и др. Радиоактивное равновесие в рядах урана и тория может быть сильно нарушено также в технологиях высокотемпературного и глубоких химических процессах переработки минеральных компонент и др. [14, 15]. В отходах уранового производства в цикле добычи урана материнский изотоп ряда ^{238}U практически также отсутствует. Поэтому загрязнение окружающей среды при добыче урановых и ториевых руд также следует рассматривать как загрязнение природными радионуклидами в результате прошлой деятельности, а отходы этих предприятий следует рассматривать как производственные отходы, содержащие природные радионуклиды, требования по обращению с которыми установлены в ОСПОРБ-99/2010, СанПиН 2.6.1.2800-10 и Постановлении Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 1069.

Заключение

На основе анализа требований действующих в Российской Федерации гигиенических норм и требований в области обеспечения радиационной безопасности населения дана характеристика перечня показателей, которые могут быть использованы при обосновании критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных техногенными и природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий.

Показано, что для объектов и территорий, загрязненных техногенными радионуклидами, обоснование критериев реабилитации должно быть основано на дозовых величинах техногенного облучения населения, а также на производных показателях. Причем основными производными величинами в таких ситуациях являются остаточная удельная активность техногенных радионуклидов в почвах и грунтах на территории и ограждающих конструкциях зданий и сооружений, снимаемое радиоактивное загрязнение альфа- и бета-излучающими радионуклидами поверхностей с твердым покрытием, а также мощность дозы гамма-излучения, обусловленная остаточным

загрязнением среды обитания гамма-излучающими радионуклидами техногенного происхождения.

В отношении объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами, практически во всех ситуациях мероприятия по реабилитации должны опираться на показатели радиационной безопасности, установленные в нормативно-правовых документах в отношении зданий и прилегающих к ним территорий. Основными показателями для обоснования критериев реабилитации объектов и территорий, загрязненных природными радионуклидами в результате прошлой деятельности предприятий, являются мощность дозы гамма-излучения, среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений, плотность потока радона с поверхности почв и грунтов на территориях под застройку, а также эффективная удельная активность природных радионуклидов в объектах среды обитания. Для последнего показателя важным является определение его величины в объектах среды обитания с учетом радиоактивного равновесия в рядах урана и тория, поскольку для большинства ситуаций загрязнения объектов и территорий природными радионуклидами оно оказывается нарушенным.

По данным литературы, при локальном радиоактивном загрязнении территорий дозы населения формируются в основном за счет их внешнего облучения. Однако для ситуаций использования реабилитированных объектов и территорий без ограничений по радиационному фактору при обосновании критериев реабилитации необходимо учитывать также вклад в суммарные дозы населения перорального поступления техногенных радионуклидов с пищевыми продуктами и питьевой водой. При загрязнении территорий природными радионуклидами значимым может быть вклад их поступления в организм с питьевой водой.

Литература

1. Абрамов, А.А. Концепция ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2025 года» (ФЦП-ЯРБ-2) / А.А. Абрамов // Доклад на заседании Общественного совета Госкорпорации «Росатом» 21.11.2013 г.
2. Серия Норм МАГАТЭ по безопасности «Освобождение площадок от регулирующего контроля после завершения практической деятельности». Руководство № WS-G-5.1. – Вена, 2008. – 42 с.
3. Романович, И.К. Обоснование радиационной безопасности длительного хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии / И.К. Романович, С.Л. Спешников, М.К. Теплов // Радиационная гигиена. – 2010. – Т.3, № 2. – С. 16–23.
4. Рамзаев, В.П. Мирные ядерные взрывы: проблемы и пути обеспечения радиационной безопасности населения / В.П. Рамзаев, В.С. Репин, Е.В. Храмцов // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 27–33.
5. Романович, И.К. Некоторые уроки реагирования на радиационную аварию с расплавлением источника ионизирующего излучения при переплавке металлолома. Сообщение 1: Оценка радиационной обстановки и доз облучения / И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4 (в печати).
6. IAEA Safety Standards Series «Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents» Safety Requirements No. WS-R-3. Vienna, 2003, 28 pp.
7. Серия Норм МАГАТЭ по безопасности «Применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля». Руководство № RS-G-1.7. – Вена, 2006. – 31 с.
8. IAEA Safety Standards for protecting people and environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. Part 3 No GSR Part 3. Vienna, 2014, 436 pp.
9. Панов, А.В. Реабилитация зон локальных радиоактивных загрязнений / А.В. Панов [и др.] // Атомная энергия. – 2006. – Т. 100, вып. 2. – С. 125–134.
10. Стамат, И.П. Основные проблемы обеспечения радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли и пути их решения / И.П. Стамат // Топливо-энергетический комплекс России: региональные аспекты: сб. матер. 5-го междунар. форума. – СПб., 2005. – С. 119–121.
11. Стамат, И.П. Задачи обеспечения радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России / И.П. Стамат [и др.] // Здоровье Населения и Среда Обитания. – 2004. – № 4 (133). – С. 32–35.
12. Лисаченко, Э.П. Проблемы радиационной безопасности промышленного освоения глубинных вод Земли / Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат // Вестник Российской военной медицинской академии. – 2008. – № 3 (23) (Прил. 2, часть I). – С. 221.
13. Стамат, И.П. Организация и проведение комплексного радиационно-гигиенического обследования системы водоснабжения г. Тверь / И.П. Стамат [и др.] // Отчет. – СПб, 2007. – 117 с.
14. Лисаченко, Э.П. Природные радионуклиды в производственных отходах неурановой отрасли (обзор) / Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 64–71.
15. Гращенко, С.М. Природные радионуклиды уранового и ториевого радиоактивных рядов в неядерном комплексе хозяйственной деятельности / С.М. Гращенко // Радиохимия. – 2005. – Т. 47, № 6. – С. 564–568.

Поступила: 16.11.2016 г.

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

Стамат Иван Павлович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Санжарова Наталья Ивановна – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии Федерального агентства научных организаций, Обнинск, Калужская область, Россия

Панов Алексей Валерьевич – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии Федерального агентства научных организаций, Обнинск, Калужская область, Россия

Для цитирования: Романович И.К., Стамат И.П., Санжарова Н.И., Панов А.В. Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности: Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 6–15. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-6-15

Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation

Ivan K. Romanovich¹, Ivan P. Stamat¹, Natalya I. Sanzharova², Aleksey V. Panov²

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 Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Federal Agency for Scientific Organizations, Obninsk, Kaluga region, Russia

The article examines issues of rehabilitation of facilities and territories contaminated by the man-made and natural radionuclides as a result of past activities of enterprises of nuclear and non-nuclear industries. Rehabilitated facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities of enterprises must meet criteria based on the analysis of requirements of existing normative legislative documents in the field of radiation protection of the population taking into account the recommendations of international organizations that are justified dose quantities and derivative indicators used in criteria setting. It is shown that the criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated by man-made radionuclides as a result of past activities, should be the same regardless of whether the contamination occurred as a result of planned activities of the enterprise or due to unauthorized activities. For these situations, the criteria for rehabilitation should be based on dose quantities and derived indicators of the residual contamination of the environment after rehabilitation. Only indicators of radiation safety of the environment can be used in almost all cases for justification of the criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated by natural radionuclides. The article shows that such approaches are applicable not only to environmental media contaminated as result of past activities of enterprises of traditional non-nuclear industries but the mining of uranium and thorium ores. From the standpoint of modern classification of industrial waste with a high concentration of natural radionuclides, the characteristics of these wastes according to their potential radiation hazard to people and the environment are identical.

Key words: natural radionuclides, man-made radionuclides, enterprises of nuclear industry, non-nuclear industries, radioactive waste, past activity, criteria for rehabilitation

References

1. Abramov A.A. Conception of Federal Target Program «Ensuring nuclear and radiation safety in 2016–2020 and the period up to 2025. Report on the meeting of the Public Council of the State Atomic Energy Corporation ROSATOM» 21.11.2013 г. (In Russ.)
2. IAEA Safety Standards Series «Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices». Safety Guide №. WS.G.5.1. Vienna, 2008, 42 p. (In Russ.)
3. Romanovich I.K. Speshilov S.L., Teplov M.K. Radiation safety justification for the long-term storage of gas condensate in the underground reservoirs formed by the nuclear explo-

Ivan K. Romanovich

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

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

- sion technology. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2010, Vol. 3, № 2, pp. 16-23. (In Russ.)
4. Ramzaev V.P., Repin B.C., Khrantsov E.V. Peaceful underground nuclear explosions: current issues on radiation safety for general public. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2009, Vol. 2, № 2, pp. 27 – 33. (In Russ.)
 5. Romanovich I.K. Some lessons from the response to a radiological accident with melting source of ionizing radiation during the melting of scrap metal. Message 1: Assessment of radiation situation and exposure doses. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol. 9, № 4 (в печати). (In Russ.)
 6. IAEA Safety Standards Series «Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents» Safety Requirements No. WS-R-3. Vienna, 2003, 28 pp.
 7. IAEA Safety Standards Series «Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance». Safety Guide №. RS-G-1.7. Vienna, 2006, 31 p. (In Russ.)
 8. IAEA Safety Standards for protecting people and environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. Part 3 No GSR Part 3. Vienna, 2014, 436 pp.
 9. Panov A.V., Fesenko S.V., Sanzharova N.I., Aleksakhin R.M. Remediation of zones of local radioactive contamination. Атомная энергия = Atomic Energy, 2006, Vol. 100, №. 2, p. 125-134. (In Russ.)
 10. Stamat I.P. The basic problems of radiation safety in the oil and gas sector and ways of their solution. The fuel and energy complex of Russia: regional aspects: proceedings of mater. 5-th Intern. forum. SPb., 2005, pp. 119-121. (In Russ.)
 11. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Stupina V.V., Gorsky A.A., Perminova G.S., Gorsky G.A. Problems of provision for radiation safety in the oil and gas industry facilities of Russia. Zdorove Naseleniya i Sreda Obitaniya = Public Health and Environment, 2004, № 4 (133), pp. 32-35. (In Russ.)
 12. Lisachenko E.P., Stamat I.P. Radiation protection issues of industrial development in the deep waters of the Earth. Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii = Annals of the Russian Military Medical Academy, 2008, № 3 (23), Appendix 2, Vol. I, pp. 221. (In Russ.)
 13. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Svetovidov A.V. [Et al.] Organization and implementation of complex radiation and hygienic surveys of water supply system in Tver. SPb, 2007, 117 p. (In Russ.)
 14. Lisachenko E.P., Stamat I.P. Natural radionuclides in residues from non-nuclear industries (review). Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2009, Vol. 2, № 2, pp. 64-71. (In Russ.)
 15. Grashchenko S.M. Naturally occurring radionuclides of uranium and thorium series in nonnuclear industrial processes. Radiokhimiya = Radiochemistry, 2005, Vol.47, № 6, pp. 564-568. (In Russ.)

Received: November 16, 2016

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

Ivan P. Stamat – Doctor of Biological Sciences, head of natural sources dosimetry laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Natalya I. Sanzharova – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Director, Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Federal Agency for Scientific Organizations Kaluga region, Obninsk, Russia

Aleksey V. Panov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director, Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Federal Agency for Scientific Organizations, Kaluga region, Obninsk, Russia

For citation: Romanovich I.K., Stamat I.P., Sanzharova N.I., Panov A.V. Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol. 9, No 4, pp.6–15. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-6-15

ОЦЕНКА ДОЗЫ ОТ ПОСТУПЛЕНИЯ ОКИСИ ТРИТИЯ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА: РОЛЬ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРИТИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ТКАНЕЙ

М.И. Балонов, Л.А. Чипига

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

Тритий является одним из факторов внутреннего облучения человека как в производственных, так и в коммунальных условиях. В организм человека он поступает преимущественно в форме тритиевой воды путем ингаляции, с пищей и питьевыми жидкостями, а также через кожу, при этом небольшая его часть постепенно преобразуется в органически связанный тритий в результате биохимических процессов. Целью данной работы был анализ вклада органически связанного трития в эффективную дозу у взрослого человека с помощью модели биокинетики с использованием данных измерений на людях. Для анализа в данной работе из 9 публикаций авторов из разных стран за 1968–1997 гг. были отобраны 6 исследований на 17 лицах, для которых приведены данные долгосрочных наблюдений за концентрацией трития в моче, начиная с момента однократного поступления тритиевой воды. В работе использовались три двухкамерные модели биокинетики трития при поступлении в организм в форме тритиевой воды: возвратная модель с учетом процесса постепенного включения трития из тритиевой воды в органически связанный тритий и выведением тритиевой воды, модель с мгновенным превращением трития в органически связанный тритий и выведением тритиевой воды и модель с мгновенным превращением трития в органически связанный тритий и выведением тритиевой воды и органически связанного трития (МКРЗ). Модель МКРЗ не вполне отражает реалии обмена тритиевой воды в организме человека: отсутствует наблюдаемая 2-я экспонента содержания тритиевой воды в моче человека и участок накопления органически связанного трития. Номинальная доля органически связанного трития от поступления тритиевой воды (3%) в модели МКРЗ значительно выше результатов анализа по двум другим моделям: 0,4% и 0,8%. В результате оценка вклада органически связанного трития в среднюю дозу по первой модели составила от 1,8 до 4,6% у отдельных субъектов, а в среднем $3,0 \pm 0,9\%$. Вычисления по второй модели дали оценку вклада органически связанного трития в среднюю дозу несколько выше: $3,6 \pm 1,1\%$, а по третьей модели — 9%. Наблюдаемая динамика выведения трития с мочой хорошо описывается двухэкспоненциальными кривыми и служит основой для двухкамерного моделирования. Из рассмотренных трех видов моделей наиболее физиологична возвратная модель с выведением тритиевой воды. Вклад органически связанного трития в эффективную дозу может быть несколько выше, чем в усредненную по телу поглощенную дозу, вычисленную в данной работе. Приведенная система оценки дозы может быть применена при необходимости уточненной реконструкции индивидуальной поглощенной дозы в мягких тканях в случае аварийного поступления больших количеств трития.

Ключевые слова: тритий, двухкамерная модель, тритиевая вода, органически связанный тритий, дозиметрия.

Введение

Тритий является одним из факторов внутреннего облучения человека как в производственных, так и в коммунальных условиях. В организм человека он поступает преимущественно в форме тритиевой воды (НТО) путем ингаляции, с пищей и питьевыми жидкостями, а также через кожу.

После приема внутрь, вдыхания или всасывания через кожу НТО всасывается в кровь полностью в

пределах времени от нескольких секунд до десятков минут [1, 2]. После попадания в кровь НТО разносится кровеносной системой во все органы и ткани тела, мгновенно проникает через стенки сосудов во внеклеточную жидкость и из нее в клетки тканей и таким образом равномерно растворяется в воде тела. Этот процесс занимает от нескольких десятков минут до нескольких часов.

Балонов Михаил Исаакович

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

Небольшая часть трития из состава НТО (0,5–4%) очень быстро обменивается с водородом органических молекул, связанным в группах OH, NH и SH в тканях организма. Другая небольшая часть трития (от менее 1% до 3% в организме человека) постепенно преобразуется в органически связанный тритий (ОСТ) в результате биохимических процессов, т.е. включается в устойчивые СН-связи в органических молекулах [1, 3, 4].

НТО выводится из организма человека по экспоненциальному закону с мочой, потом, паром в выдыхаемом воздухе и др. Биологический период удержания НТО в теле человека изучали в нескольких исследованиях в общей сложности у примерно 400 взрослых лиц путем измерения концентрации трития в моче. Исследование Н.Л. Butler and J.H. Leroy [5], основанное на 310 случаях поступления НТО, показало, что биологический период для НТО варьировался от 4 до 18 сут (в среднем 9,5 сут). Другие исследования, основанные на меньшем числе случаев, показали аналогичные результаты [3]: от 6 сут для 8 случаев [6] до 12 сут в 5 случаях [2]. Этот параметр изменяется с потреблением воды, с температурным режимом и с возрастом.

В ряде исследований показано существование второго экспоненциального компонента динамики выведения трития с мочой человека с периодом 23–226 сут, предположительно связанного с формированием ОСТ из НТО и последующей деградацией ОСТ [2, 7–11].

В немногих исследованиях обнаружен третий, еще более длительный, компонент выведения трития из организма с мочой [10, 12, 13]. Однако параметры этого компонента, полученные всего на пяти лицах, большинство из которых подвергались длительному воздействию НТО или тритиевого светосостава, весьма неопределенны. Лишь в работе [10] получены определенные параметры этого компонента на одном исследуемом. Этот компонент может добавить пренебрежимо малый вклад в дозу, т. к. составляет менее 1% от общего количества ОСТ.

Задачей данной работы является анализ вклада ОСТ в эффективную дозу у взрослого человека с помощью простой физиологической модели биокинетики с использованием наиболее «чистых» данных измерений на людях.

Материалы и методы

Выбор данных измерений на людях для анализа

В литературе за 1968–1997 гг. имеется не менее 9 публикаций авторов из разных стран, в которых, наряду с общеизвестным экспоненциальным выведением НТО с мочой с периодом $T_1 = 3–8$ сут, обнаружены вторые экспоненциальные компоненты выведения с более длительным периодом T_2 (табл. 1). Соответствующие многократные измерения продолжались от 130 до 640 сут. Ранее не опубликованный график содержания трития в моче добровольца показан в качестве примера на рисунке 1 [2, 14].

Таблица 1

Биологические периоды снижения концентрации трития в моче после поступления НТО (диапазон индивидуальных значений, среднее ± стандартная ошибка среднего)

[Table 1]

Biological periods of the reduction of tritium concentration in urine after intake of НТО (range of individual values, mean ± standard deviation)]

Автор, год [Author, year]	Число лиц [Number of cases]	Длительность наблюдения, сут [Duration of follow-up, days]	Биологический период (сут) [Biological half-time (days)]		
			T_1 (вода тела) [T_1 (body water)]	T_2 (ОСТ-1) [T_2 (OBT-1)]	T_3 (ОСТ-2) [T_3 (OBT-2)]
Snyder et al., 1968	1	255	8,7	34	–
Sanders and Reinig ^a , 1968	1	415	6,1	23	344
Minder, 1969 ^b	1	480	10–30	139–230	–
Lambert et al., 1971	1	161	9,1	36	–
Moghissi et al. ^c , 1972	3	495, 632	–	21, 26	280 550±140, 350±190
Henry, 1972	1	280	7.5	63	–
Balonov et al., 1974	5	300	11–13 (ср. 11,9±0,3)	39–76 (ср. 51±7)	–
Rudran ^d , 1988	8	130–640	3,3–7,7 (ср. 6,0±0,6)	31–226 (ср. 82±24)	–
Trivedi et al. ^e , 1997	8	300	6,2–12,8 (ср. 8,4±0,7)	58–104 (ср. 74±6)	–

^a Получал диуретик в течение 3–35 сут после поступления НТО.

^b Через 140 сут после прекращения работы с газообразным Т и тритиевыми светосоставами. Диапазон значений – для разных способов обработки данных.

^c Данные трех работников с тритиевыми светосоставами, полученные через 6–10 мес. после прекращения работы.

^d Данные наблюдений работников тяжеловодного реактора после однократного или хронического поступления НТО.

^e В начальный период работники получали повышенное количество воды. В этот период биологический период был 5,0–8,1 сут (ср. 6,3 сут).
[^a Worker received diuretic during 3–35 days after intake of НТО.

^b In 140 days after suspension of work with gaseous Т and luminous compound. Range of values is provided for different types of data processing.

^c Data for 3 workers with tritium luminous compound obtained in 6–10 months after suspension of work.

^d Data for heavy water reactor workers after single or chronic entry of НТО.

^e Workers received higher volume of water in the initial period. In this period biological period was 5,0-8,1 days (average 6,3 days).]

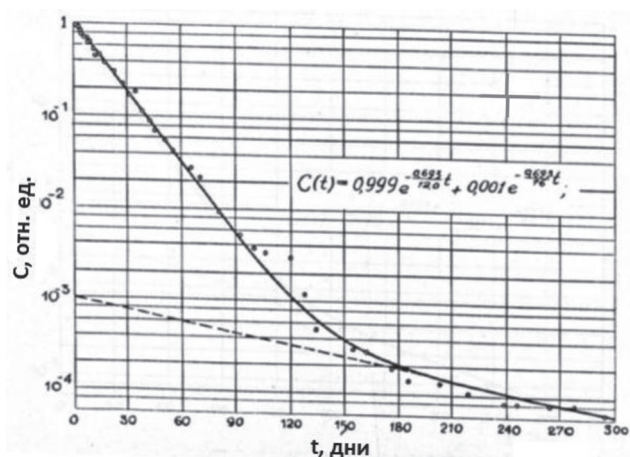


Рис. 1. Динамика концентрации трития в моче испытуемого Л.М.З., отн. ед., после однократного перорального поступления НТО [2, 14]

[Fig. 1. Dynamics of tritium concentration in urine of volunteer L. M. Z. after single intake of НТО per os]

Для количественного анализа наиболее подходят данные долгосрочных наблюдений за концентрацией трития в моче тела (моче), начиная с момента однократного поступления НТО, многократно превосходящего прежние поступления. Однако в работе [12] наблюдение началось намного позже поступления, и само поступление было скорее хроническим, чем однократным. Последнее соображение относится и к работе [13], причем ее субъекты работали с тритиевыми светосоставами, а не с НТО. Оказались мало-пригодны и данные [6], поскольку в группе смешаны лица с однократным и хроническим поступлением НТО.

Таким образом, из 9 публикаций, указанных в таблице 1, лишь 6 исследований на 17 лицах отвечают приведенным критериям (табл. 2). Они и будут проанализированы в данной работе.

Выбор модели биокинетики трития при поступлении НТО в организм

В классическом камерном анализе биокинетики радионуклидов в организме принято выделять в виде камер

Таблица 2

Параметры двухэкспоненциальных кривых выведения трития с мочой и параметры двухкамерной возвратной биокинетической модели

[Table 2]

Parameters of double-exponent curves of excretion of tritium with urine and parameters of two-compartment biokinetic model]

Ссылка [Reference]	Индекс лица [Personal index]	Параметры выведения [Parameters of excretion]			Параметры модели [Parameters of model]					
		w_1 , отн. ед. [w_1 , relative unit]	T_1 , сут [T_1 , days]	w_2 , отн. ед. [w_2 , relative unit]	T_2 , сут [T_2 , days]	α , сут ⁻¹ [α , day ⁻¹]	β , сут ⁻¹ [β , day ⁻¹]	γ , сут ⁻¹ [γ , day ⁻¹]	t_{max} , сут. [t_{max} , days]	B_{max} , отн.ед. [B_{max} , relative unit]
Snyder et al., 1968	S2	0,996	8,7	0,004	34	0,00068	0,0206	0,079	23,0	0,0053
Sanders and Reinig, 1968	S3	0,997	6,1	0,003	23	0,00069	0,0304	0,113	15,9	0,0037
Lambert et al., 1971	L2	0,993	9,1	0,007	36	0,00115	0,0197	0,075	24,2	0,0094
Henry, 1972	H12	0,999	7,5	0,001	63	0,00060	0,0111	0,092	26,1	0,0048
Balonov et al., 1974	B3-A	0,993	12,9	0,007	48	0,00073	0,0147	0,053	33,4	0,0084
	B3-B	0,995	12,2	0,005	44	0,00053	0,0160	0,056	31,2	0,0057
	B3-C	0,999	12,0	0,001	76	0,00026	0,0092	0,057	37,9	0,0032
	B3-D	0,996	11,7	0,004	46	0,00051	0,0152	0,059	31,0	0,0054
	B3-E	0,996	10,8	0,004	39	0,00048	0,0180	0,064	27,7	0,0046
Trivedi et al., 1997	T3-A	0,9991	8,1	0,0009	64	0,00046	0,0109	0,085	27,7	0,0040
	T3-B	0,9998	5,5	0,0002	96	0,00039	0,0072	0,133	24,1	0,0026
	T3-C	0,9999	6,4	0,0001	104	0,00016	0,0067	0,108	27,4	0,0012
	T3-D	0,9995	6,0	0,0005	60	0,00047	0,0116	0,115	22,1	0,0031
	T3-E	0,9997	7,3	0,0003	83	0,00027	0,0084	0,095	28,1	0,0022
	T3-F	0,9997	6,4	0,0003	61	0,00025	0,0114	0,108	23,3	0,0018
	T3-G	0,9997	5,4	0,0003	64	0,00038	0,0109	0,128	21,0	0,0024
	T3-H	0,9996	5,0	0,0004	58	0,00054	0,0120	0,138	19,3	0,0031
Среднее [Mean]	—	0,998	8,3	0,0023	59	0,00050	0,0138	0,091	26,1	0,0042
Среднеквадратическое отклонение [Mean-square deviation]	—	0,0024	2,6	0,0024	21	0,00023	0,0058	0,027	5,3	0,0022

органы, ткани или среды тела со сходными скоростями поступления/выведения радионуклидов. Применительно к биокинетике НТО известно, что после поступления в организм любым путем она размещивается в воде тела за несколько часов и выводится оттуда с намного большим периодом около 10 сут (см. Введение). Поэтому «НТО в воде тела» следует выделить как отдельную камеру модели.

Наличие выраженной второй экспоненты в кинетике выведения трития с мочой (см. Введение) и результаты многочисленных экспериментов с НТО на млекопитающих, в которых измеряли содержание связанного трития в органах и тканях [3, 13, 15], является основанием для выделения второй камеры «ОСТ в тканях тела». Следует отметить, что скорости образования и деградации ОСТ и уровни его в различных органах и тканях после введения НТО существенно различаются (см. например, Balonov et al. 1993 [15]). Поэтому объединение ОСТ в органах и тканях тела в одну камеру, т.е. усреднение, является упрощением модели.

Как отмечено во введении, параметры предположительной третьей экспоненты в кинетике выведения трития с мочой весьма неопределенны, вклад ее в дозу ничтожен, и для введения соответствующей третьей камеры в модель оснований пока нет.

Схемы трех вариантов двухкамерных моделей биокинетики НТО, состоящих из камер «НТО в воде тела» ($W(t)$) и «ОСТ в тканях тела» ($B(t)$), показаны на рисунке 2. Структура модели 2а отражает процессы постепенного образования ОСТ из НТО, деградации ОСТ до НТО и выведения трития из организма в форме НТО [2, 7]. Незначительным выведением трития в форме ОСТ (в составе мочевины и др.) по сравнению с выведением его с водой пренебрегли.

Модель 2б игнорирует процесс постепенного образования ОСТ из НТО, т.е. полагается, что ОСТ образуется в организме мгновенно в момент поступления НТО [11]. В остальном она сходна с моделью 2а. В работе А. Trivedi et al. [11] модель приведена только в виде математического аппарата.

Модель 2в используется Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) для оценки дозы у референтного человека [16, 17, 18]. Здесь полагается, что 97% поступившей НТО находится в воде тела и выводится у взрослых с периодом 10 сут. ОСТ образуется в организме мгновенно в момент поступления НТО в количестве 3% от поступления и выводится с периодом 40 сут. Обмен тритием между камерами $W(t)$ и $B(t)$ не рассматривается. Модель представлена в публикациях МКРЗ в виде одноэкспоненциальных функций удержания трития в виде НТО и ОСТ.

Расчетный аппарат для всех трех моделей приведен в Приложении к статье.

В качестве основной модели для анализа биокинетических данных (в нашем случае – динамики концентрации трития в моче) авторы выбрали модель 2а. Ее преимуществом является учет в явном виде процесса постепенного включения атомов трития из НТО в ОСТ в тканях тела, который наблюдался в опытах на животных [15, 19, 20].

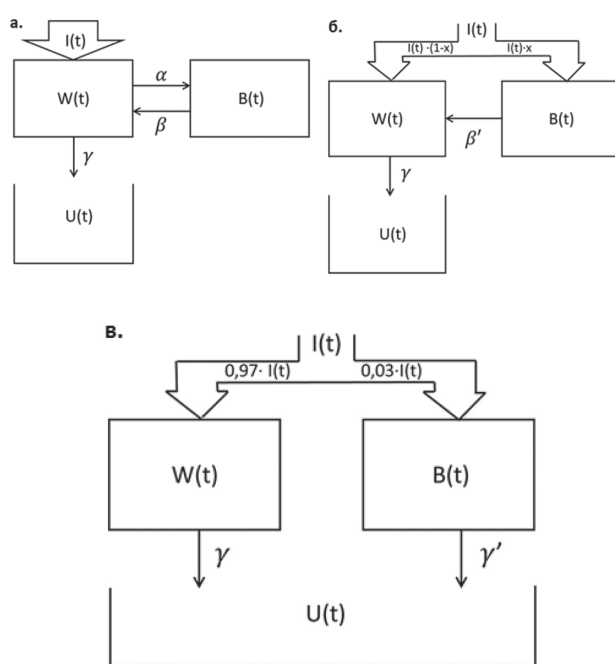


Рис. 2. Схемы двухкамерных моделей биокинетики трития при поступлении в организм НТО: а) возвратная с выведением НТО [2, 7], б) с мгновенным превращением трития в ОСТ и выведением НТО [11] и в) с мгновенным превращением трития в ОСТ и выведением НТО и ОСТ [16, 17, 18]. $I(t)$ – скорость поступления НТО (Бк/сут); $W(t)$ – активность трития в теле в виде НТО (Бк); $B(t)$ – активность трития в теле в виде ОСТ (Бк); $U(t)$ – активность трития, выведенная из тела (Бк); α , β и γ – константы скорости переноса (сут⁻¹)

[Fig. 2. Scheme of two-compartment biokinetic model of HTO intake in the body: а) recurrent model with HTO excretion, б) model with instant transformation of tritium into OBT and HTO excretion, в) model with instant transformation tritium into OBT and both HTO and OBT excretion. $I(t)$ – rate of HTO intake (Bq/day); $W(t)$ – HTO activity in the body (Bq); $B(t)$ – OBT activity in the body (Bq); $U(t)$ – activity of tritium excreted from the body (Bq); α , β and γ – constants of transfer rate (day⁻¹)

Результаты и обсуждение

Характеристики индивидуальных функций выведения трития с мочой (w_1 , T_1 , w_2 и T_2 – см. табл. 2) были использованы для вычисления параметров модели 2а (α , β и γ) с помощью формул, приведенных в Приложении. Из индивидуальных значений параметров были вычислены их средние значения и среднеквадратические отклонения (с.к.о) (см. правую часть табл. 2). В этой же таблице приведены вычисленные значения $t_{\max}$ и $B_{\max}$ – времени, когда ОСТ достигает максимума, и значения этого максимума соответственно. Аналогичным образом были вычислены параметры модели 2б.

Для иллюстрации достоинств и недостатков моделей на рисунке 3 приведена зависимость количества НТО и ОСТ в теле от времени после поступления единичной активности НТО, вычисленная по средним значениям параметров моделей 2а и 2б и номинальным значениям модели 2в.

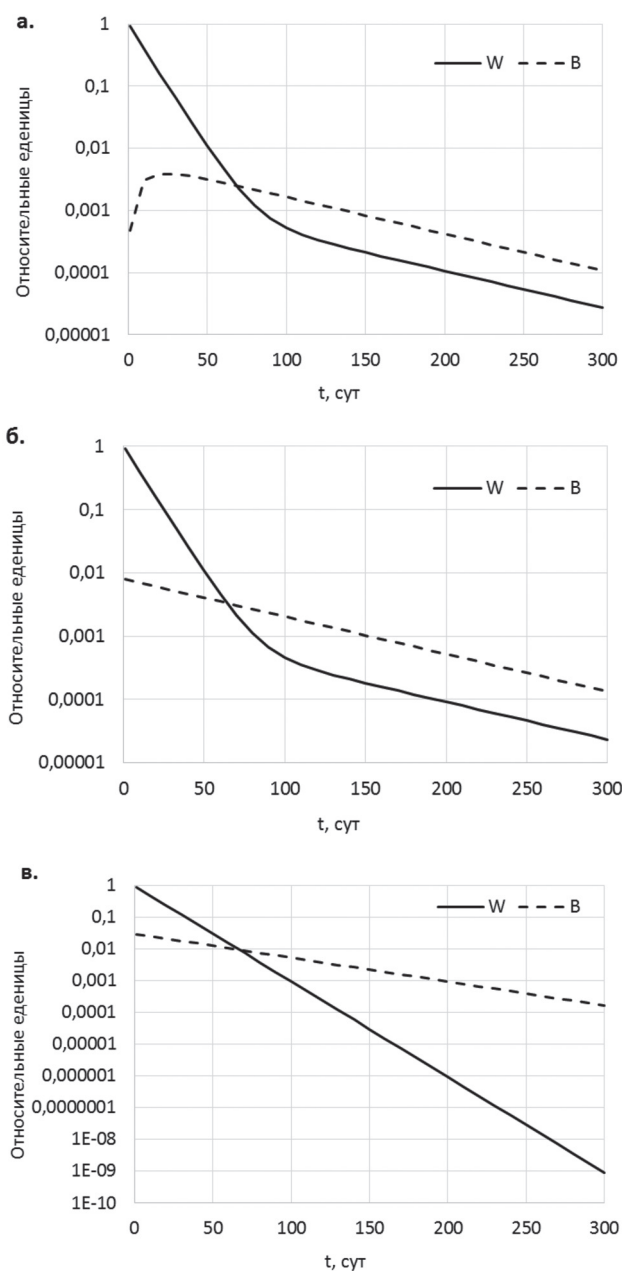


Рис. 3. Зависимость от времени количества НТО ($W(t)$) и ОСТ ($B(t)$) в теле, вычисленного по: а) средним значениям параметров для возвратной модели 2а; б) средним значениям параметров для модели 2б с мгновенным превращением трития в ОБТ и выведением НТО; в) номинальным значениям модели МКРЗ 2в

[Fig. 3. The dynamics of $W(t)$ and $B(t)$ in the body calculated according to: а) recurrent model with HTO excretion 2а, б) model with instant transformation of tritium into ОБТ fraction and HTO excretion 2б, в) ICRP model 2в]

Рассмотрим набор исходных данных о динамике выведения трития с мочой (см. левую часть табл. 2). Индивидуальные значения «водного» периода полувыведения T_1 варьируются вокруг среднего значения 8,3 сут в довольно широком диапазоне 5–13 сут с коэффициентом вариации (к.в.) 0,31. При ближайшем рассмотрении усматривается понятная закономерность, что $T_1 \approx 12$ сут

выше, а скорость выведения ниже среднего, у жителей северного региона (Санкт-Петербург, Россия, 60°N [2]). Напротив, в более теплых или жарких регионах (Savanna River Plant, США, 33°N [10]; Франция, 42–51°N [9]; Южная Канада, 43–47°N [11]) T_1 лежит в пределах 5–8 сут.

Из-за малого вклада в содержание трития в моче вторая, «органическая» компонента становится доступной наблюдению (см., например, рис. 1) лишь через несколько месяцев после поступления НТО в организм человека. Вклад этой компоненты w_2 отражает биологическую вариабельность процессов накопления/выведения трития в органическом веществе тканей: диапазон от 0,0001 до 0,007; к.в. = 1,04. При этом разброс значений соответствующих периодов T_2 менее широк: 23–104 сут, к.в. = 0,36. Столь высокая вариабельность объясняется тем, что параметры w_2 и T_2 отражают обмен трития в воде тела с совокупностью органического вещества во всех тканях тела, т.е. множественные процессы с присущей им вариабельностью.

При моделировании биокинетики трития в организме по данным измерений его концентрации в моче надо понимать, что этот показатель носит интегральный характер. Процессы включения трития из НТО в ОСТ в разных тканях идут с разной скоростью, а именно быстрее всего в тканях с высокой метаболической и/или пролиферативной активностью (печени, почках, костном мозге и др.), а наиболее длительное удержание происходит в тканях стабильного клеточного состава (мышечной и жировой). Это было показано, в частности, в наших экспериментах на крысах [4, 15]. Концентрация трития в воде тела и моче вследствие деградации ОСТ определяется обменными процессами во всех органах и тканях, но в первую очередь в наиболее массивных: скелетных мышцах и жировой ткани. Поэтому параметры модели отражают средневзвешенную скорость накопления/выведения трития в органическом веществе всех тканей.

На рисунке 3 видны различия в результатах применения трех двухкамерных моделей биокинетики для однократного поступления НТО в организм. На рисунке 3а двухэкспоненциальная кривая содержания НТО в теле сходна с кривой измерений трития в моче человека (см. рис. 1). Кривая содержания ОСТ в теле имеет участок накопления, моделирующий процессы постепенного включения атомов трития из НТО в ОСТ в тканях тела, который наблюдался в опытах на животных [4, 15, 19].

Согласно нашим вычислениям, с помощью модели количество ОСТ в теле ($B(t)$) достигает максимума не мгновенно, а через $t_{\max} = 16$ –38 сут (среднее 26 ± 5 сут) после однократного поступления НТО и составляет $B_{\max} = 0,1$ –1% (среднее $0,4 \pm 0,2\%$) от поступления.

Участок накопления в $B(t)$ отсутствует на рисунке 2б, который только этим и отличается от рисунка 2а и от данных экспериментов. Что касается рисунка 2в, построенного по модели МКРЗ, то он не вполне отражает реалии обмена НТО в организме человека: отсутствует наблюдаемая 2-я экспонента содержания НТО в воде тела и вышеописанный участок накопления в ОСТ. Номинальная доля ОСТ от поступления НТО (3%) в модели 2в значительно выше результатов анализа по моделям 2а и 2б: 0,4% и 0,8% соответственно.

С помощью моделей оценим поглощенную дозу излучения трития в нежирных мягких тканях тела рефе-

рентного человека от единичного поступления НТО (1 Бк) пищевым или ингаляционным путем или вследствие всасывания через кожу. К категории нежирных мягких тканей относится большинство радиочувствительных тканей тела.

Мощность поглощенной дозы β -излучения трития в ткани $d(t)$ пропорциональна его суммарной удельной активности $S(t)$, Бк/кг, и средней энергии β -излучения (0,0057 МэВ), что дает:

$$d(t) = 7,87 \cdot 10^{-11} \cdot S(t) = 7,87 \cdot 10^{-11} \cdot (S_{\text{НТО}}(t) + S_{\text{ОСТ}}(t)), \text{Гр/сут.} \quad (1)$$

Здесь $S_{\text{НТО}}(t)$ и $S_{\text{ОСТ}}(t)$ – удельная активность в ткани НТО и ОСТ соответственно.

Ожидаемая доза β -излучения трития D , Гр, от поступления 1 Бк НТО определяется интегрированием $d(t)$ по времени.

$$D = \int_0^{\infty} d(t) \cdot dt = 7,87 \cdot 10^{-11} \cdot \int_0^{\infty} (S_{\text{НТО}}(t) + S_{\text{ОСТ}}(t)) \cdot dt, \text{Гр} \quad (2)$$

Свяжем требуемые для вычисления дозы величины $S_{\text{НТО}}(t)$ и $S_{\text{ОСТ}}(t)$ с содержанием трития в камерах моделей. Удельная активность НТО в ткани $S_{\text{НТО}}(t)$ равна произведению удельной активности НТО в воде тела на содержание (долю) воды в ткани. В свою очередь, удельная активность НТО в воде тела равна отношению активности $W(t)$ к массе воды тела M_w . В Публикации 89 МКРЗ «Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: референтные значения» [21] масса воды во всем теле референтного человека не приводится. Но эти данные приводились ранее в Публикации 23 МКРЗ [22]: $M_w = 0,6 \cdot M$ для референтного мужчины и $0,5 \cdot M$ для женщины, где M – масса тела, кг. Применим это отношение к современной оценке массы тела референтного мужчины, равной 73 кг [21], что дает оценку массы воды в нем 43,8 кг. Согласно [21], доля воды в нежирных мягких тканях составляет 0,73. Итак: $S_{\text{НТО}}(t) = W(t)/43,8 = 0,0167 \cdot W(t)$, Бк/кг.

Удельная активность ОСТ во всех тканях тела $S_{\text{ОСТ}}(t)$ упрощенно полагается одинаковой и определяется отношением $S_{\text{ОСТ}}(t) = B(t)/M$, Бк/кг.

В таблице 3 представлены результаты интегрирования по времени функций $W(t)$ и $B(t)$ содержания трития в камерах модели после поступления 1 Бк НТО, причем $W(t)$ для наглядности разделена на $W_1(t)$ с периодом T_1 и $W_2(t)$ с периодом T_2 .

Подстановка значений интегралов из таблицы 3 в формулу (2) с учетом вышеприведенных соотношений между $S_{\text{НТО}}(t)$ и содержанием трития в камерах моделей $W(t)$ и $B(t)$ дает оценку дозы для референтного мужчины $D_m = 1,63 \cdot 10^{-11}$ Гр. Это значение численно сопоставимо с коэффициентом МКРЗ для эффективной дозы взрослого человека ($1,8 \cdot 10^{-11}$ Зв/Бк), но несколько ниже его, главным образом, вследствие использования меньшего значения T_1 : 8,3 сут здесь против 10 сут в [16–18].

Аналогичный расчет для референтной женщины с массой тела 60 кг [21] был бы не вполне корректен, поскольку все исходные данные (см. табл. 1 и 2) получены на мужчинах.

Вклад ОСТ в среднюю дозу в нежирных мягких тканях составляет по модели 2а от 1,8 до 4,6% у отдельных субъектов, а в среднем $3,0 \pm 0,9\%$. Примечательно, что вклад ОСТ в дозу оказался одинаковым у 9 субъектов с относительно низким предыдущим производственным поступлением трития [7–10] или отсутствием такового у пяти добровольцев [2] ($3,0 \pm 0,9\%$) и у 8 работников канадского тяжеловодного реактора ($3,0 \pm 0,8\%$), что указывает на незначительный вклад прежнего хронического поступления трития в последней группе.

Прodelав аналогичные вычисления по модели 2б, получили оценку этого вклада несколько выше: $3,6 \pm 1,1\%$. Оценки по моделям 2а и 2б различаются незначительно, несмотря на различия в их структуре.

Следует, однако, отметить, что вклад ОСТ в эффективную дозу может быть несколько выше, чем в усредненную по телу поглощенную дозу, вычисленную в данной рабо-

Средние значения и среднеквадратические отклонения интегральных параметров двухкамерных биокинетических моделей и их отношения для условия: $W(0) = 1$ Бк

Таблица 3

[Table 3]

Mean values and mean-square deviation of integrated parameters of two-compartment biokinetic models for $W(0) = 1$ Bq

Модель [Model]	Статистический параметр [Parameter]	$\int W_1$, Бк·сут [$\int W_1$, Bq·days]	$\int W_2$, Бк·сут [$\int W_2$, Bq·days]	$\int B$, Бк·сут [$\int B$, Bq·days]	$\int B / \int (1,2 \cdot (W_1 + W_2) + B)$, отн. ед. [$\int B / \int (1,2 \cdot (W_1 + W_2) + B)$, Relative unit]
Возвратная с выведением НТО [Recurrent model with HTO excretion]	Среднее [Mean]	11,9	0,144	0,45	0,030
	С.к.о. [Standard deviation]	3,7	0,137	0,20	0,009
«Мгновенная» с выведением НТО [“Instant” model with HTO excretion]	Среднее [Mean]	11,9	0,144	0,56	0,036
	С.к.о. [Standard deviation]	3,7	0,137	0,29	0,011
«Мгновенная» с выведением НТО и ОСТ [“Instant” model with HTO and OBT excretion]	Референтный [Reference value]	14,0	–	1,73	0,093

те. Дело в том, что вклад ОСТ в дозу выше (до двух раз) в некоторых тканях с высокой метаболической и/или пролиферативной активностью (например, в костном мозге, печени, почках), чем в мышечной и жировой [4], и именно эти ткани отличаются более высокой чувствительностью к индукции радиогенного рака. Поэтому весовые множители у этих тканей выше, как и вклад в эффективную дозу при равномерном облучении.

Аналогичные вычисления по модели МКРЗ 2в с ее номинальными обобщенными параметрами дают $D_{\text{НТО}} = 1.83 \cdot 10^{-11}$ Гр, $D_{\text{ОСТ}} = 1.9 \cdot 10^{-12}$ Гр и $D_{\Sigma} = 2.0 \cdot 10^{-11}$ Гр. Вклад ОСТ в дозу – 9%. В модели МКРЗ, предназначенной для целей радиационной защиты персонала и населения, применены округленные параметры $T_1 = 10$ сут и $T_2 = 40$ сут, от которых наши данные (см. табл. 2) несколько отличаются. Недостатком модели МКРЗ является отсутствие взаимосвязи между НТО и ОСТ в теле, что препятствует ее использованию для ретроспективной дозиметрии в сроки более нескольких месяцев после поступления. В настоящее время модель МКРЗ для НТО и ОСТ пересматривается и будет заменена возвратной двух- или трехкамерной моделью.

Заключение

В данной работе для модельного анализа выбраны исторические исследования динамики содержания трития в моче 17 лиц, в организм которых однократно поступило повышенное количество НТО в результате аварии, либо добровольно участвовавших в исследованиях.

Наблюдаемая динамика выведения трития с мочой хорошо описывается двухэкспоненциальными кривыми и служит основой для двухкамерного моделирования. Из рассмотренных трех видов моделей наиболее физиологична возвратная модель с выведением НТО. С помощью этой модели и средних значений ее параметров, полученных в работе, оценена средняя поглощенная доза в нежирных мягких тканях человека, которая оказалась на 10% ниже эффективной дозы по МКРЗ. Средний вклад ОСТ в дозу, оцененный по этой модели, составил $3,0 \pm 0,9\%$, что втрое ниже такого вклада в модели МКРЗ.

Приведенная в модели система оценки дозы может быть применена при необходимости уточненной реконструкции индивидуальной поглощенной дозы в мягких тканях в случае аварийного поступления больших количеств трития.

Литература

- Pinson E.A. Langham W.H. Physiology and toxicology of tritium in man. *Journal of Applied Physiology*, 1957, Vol. 10, №1, pp. 108-126.
- Balonov M.I. Dolgirev E.I., Likhtarev I.A. Exchange kinetics and dosimetry of tritium oxide in man for different routes of administration. *Health Physics* -1974, Vol. 27, №4, pp. 367-375.
- Hill R.L. Johnson J.R. Metabolism and dosimetry of tritium. *Health Physics*, 1993, Vol. 65, №6, pp. 628-647.
- Балонов, М.И. Дозиметрия и нормирование трития / М.И. Балонов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 152 с.
- Butler H.L. Leroy J.H. Observation of Biological Half-Life of Tritium. *Health Physics*, 1965, Vol. 11, pp. 283-285.
- Rudran K. Significance of In Vivo Organic Binding of Tritium Following Intake of Tritiated Water. *Radiation Protection Dosimetry*, 1988, Vol. 25, №1, pp. 5-13.
- Snyder W.S. Fish B.R., Bernard S.R. [Et al.] Urinary excretion of tritium following exposure of man to HTO – a two exponential model. *Physics in Medicine and Biology*, 1968, Vol. 13, №4, pp. 547-559.
- Lambert B.E., H.B. Sharpe and K.B. Dawson. An accidental intake of tritiated water. *Am Ind Hyg Assoc J* 32(10): 682-686 (1971).
- Henry P. Etude d'une contamination accidentelle par l'eau tritiée. Symposium on assessment of radioactive organ and body burdens. Proceeding of the International Atomic Energy Agency meeting; 1971 November 22; Stockholm, Sweden: Vienna; 1972. P.641-57. (in French).
- Sanders S.M.J. and W.C. Reinig. Assessment of tritium in man. In: *Diagnosis and Treatment of Deposited Radionuclides*. ed. H.A. Kornberg, W.D. Norwood. Amsterdam: Excerpta Medica Foundation; c 1968. p.534-542
- Trivedi A. Galeriu D., Richardson R.B. Dose contribution from metabolized organically bound tritium after acute tritiated water intakes in humans, *Health Physics*, 1997, Vol. 73, №4, pp. 579-586.
- Minder W. Internal contamination with tritium. *Strahlentherapie*, 1969, Vol. 137, №6, pp. 700-704. (in German).
- Moghissi A.A. Carter M.W., Bretthauer E.W. Further studies on the long-term evaluation of the biological half-life of tritium. *Health Physics*, 1972, Vol. 23, №6, pp. 805-806.
- Balonov M. Bruk G., Zhesko T. Dosimetry and standardization of tritium in Russia. *Fusion Technology*, 1995, Vol. 28, pp. 809-813.
- Balonov M.I., K.N. Muksinova and G.S. Mushkacheva. Tritium radiobiological effects in mammals: review of experiments of the last decade in Russia. *Health Physics*, 1993, Vol. 65, №6, pp. 713-726.
- International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 1. ICRP Publication 56. *Ann ICRP* 20(2): International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1990.
- International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 2. Ingestion dose coefficients. ICRP Publication 67. *Ann. ICRP* 23: International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1993.
- International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4. Inhalation dose coefficients. ICRP Publication 71. *Ann. ICRP* 25: International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1995.
- Takeda H. Kasida Y. Biological behavior of tritium after administration of tritiated water in the rat. *Journal of Radiation Research*, 1979, Vol. 20, №2, pp. 174-185.
- Takeda H. Comparative metabolism of tritium in rat after single ingestion of some tritiated organic compounds versus tritiated water. *Journal of Radiation Research*, 1982, Vol. 23, №3, pp. 345-357.
- Публикация 89 МКРЗ. Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: пер. с англ. / под ред. И. Б. Кеирим-Маркуса. – М.: Медкнига, 2007. – 318 с.
- Публикация 23 МКРЗ. Человек. Медико-биологические данные: пер. с англ. / под ред. Ю.Д. Парфенова. – М.: Медицина, 1977. – 496 с.

Поступила: 08.11.2016 г.

Балонов Михаил Исаакович – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций 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: m.balonov@mail.ru

Чипига Лариса Александровна – инженер-исследователь лаборатории защиты 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: Балонов М.И., Чипига Л.А. Оценка дозы от поступления окиси трития в организм человека: роль включения трития в органическое вещество тканей // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 16–25. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-16-25

DOSE ASSESSMENT FOR INTAKE OF TRITIATED WATER IN HUMANS: ROLE OF TRITIUM INCORPORATION IN ORGANIC MATTER

Mikhail I. Balonov, Larisa A. Chipiga

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

Abstract

Tritium is one of the factors of internal exposure of the humans both in occupational and public environments. It enters the body mainly as tritiated water through inhalation, with food, drinks and through the skin; part of tritium gradually transforms into the metabolised organically bound tritium as a result of biochemical reactions. The purpose of this study was to evaluate organically bound tritium contribution to the effective dose of an adult using the biokinetic model and real dosimetric data. The data of long term monitoring from 6 studies with 17 workers or volunteers following single intake of tritiated water in the body were selected from 9 publications (1968-1997). Three two-compartment models of tritium biokinetics were used in this study: recurrent model with gradual transformation of tritium from tritiated water into organically bound tritium and tritiated water excretion; model with instant transformation of tritium into organically bound tritium and tritiated water excretion; model with instant transformation of tritium into organically bound tritium and both tritiated water and organically bound tritium excretion (according to ICRP). The ICRP model doesn't properly reflect the real tritiated water metabolism in the human body: second exponent of the tritiated water content in the body water and accumulation of the organically bound tritium fraction are absent. The organically bound tritium fraction composes 3% of tritiated water in ICRP model. It is significantly higher compared to two other models (0,4% and 0,8%). According to the first model the contribution of OBT fraction to the mean dose varied from 1,8 to 4,6% for individuals; mean value was $3,0 \pm 0,9\%$. According to the second model the contribution of organically bound tritium fraction was slightly higher: $3,6 \pm 1,1\%$, according to the ICRP model – 9%. The dynamic of excretion of tritium with urine can be described with double-exponential curves and provides the basis for two-compartment modeling. The recurrent model with tritiated water excretion was more adjusted to human physiology. Contribution of organically bound tritium to effective dose can be somewhat higher than that to absorbed dose defined in this work. The presented dose assessment system can be used when specified individual absorbed dose reconstruction in tissues is necessary following accidental intake of large tritium activities.

Key words: tritium, tritiated water, two-compartment model, organically bound tritium, dosimetry.

References

1. Pinson E.A. Langham W.H. Physiology and toxicology of tritium in man. Journal of Applied Physiology, 1957, Vol. 10, №1, pp. 108-126.
2. Balonov M.I. Dolgirev E.I., Likhtarev I.A. Exchange kinetics and dosimetry of tritium oxide in man for different routes of administration. Health Physics -1974, Vol. 27, №4, pp. 367-375.

Mikhail I. Balonov

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

Address for correspondence: Mira St., 8, St. Petersburg, 191101, Russia; E-mail: m.balonov@mail.ru

3. Hill R.L. Johnson J.R. Metabolism and dosimetry of tritium. Health Physics, 1993, Vol. 65, №6, pp. 628-647.
4. Balonov M.I. Dosimetry and standardization of tritium. M., Energoatomizdat, 1983, 152 p. (In Russ)
5. Butler H.L. Leroy J.H. Observation of Biological Half-Life of Tritium. Health Physics, 1965, Vol. 11, pp. 283-285.
6. Rudran K. Significance of In Vivo Organic Binding of Tritium Following Intake of Tritiated Water. Radiation Protection Dosimetry, 1988, Vol. 25, №1, pp. 5-13.
7. Snyder W.S. Fish B.R., Bernard S.R. [Et al.] Urinary excretion of tritium following exposure of man to HTO – a two exponential model. Physics in Medicine and Biology, 1968, Vol. 13, №4, pp. 547-559.
8. Lambert B.E., H.B. Sharpe and K.B. Dawson. An accidental intake of tritiated water. Am Ind Hyg Assoc J 32(10): 682-686 (1971).
9. Henry P. Etude d'une contamination accidentelle par l'eau tritiiée. Symposium on assessment of radioactive organ and body burdens. Proceeding of the International Atomic Energy Agency meeting; 1971 November 22; Stockholm, Sweden: Vienna; 1972. P.641-57. (in French).
10. Sanders S.M.J. and W.C. Reinig. Assessment of tritium in man. In: Diagnosis and Treatment of Deposited Radionuclides. ed. H.A. Kornberg, W.D. Norwood. Amsterdam: Excerpta Medica Foundation; c 1968. p.534-542
11. Trivedi A. Galeriu D., Richardson R.B. Dose contribution from metabolized organically bound tritium after acute tritiated water intakes in humans, Health Physics, 1997, Vol. 73, №4, pp. 579-586.
12. Minder W. Internal contamination with tritium. Strahlentherapie, 1969, Vol. 137, №6, pp. 700-704. (in German).
13. Moghissi A.A. Carter M.W., Bretthauer E.W. Further studies on the long-term evaluation of the biological half-life of tritium. Health Physics, 1972, Vol. 23, №6, pp. 805-806.
14. Balonov M. Bruk G., Zhesko T. Dosimetry and standardization of tritium in Russia. Fusion Technology, 1995, Vol. 28, pp. 809-813.
15. Balonov M.I., K.N. Muksinova and G.S. Mushkacheva. Tritium radiobiological effects in mammals: review of experiments of the last decade in Russia. Health Physics, 1993, Vol. 65, №6, pp. 713-726.
16. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 1. ICRP Publication 56. Ann ICRP 20(2): International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1990.
17. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 2. Ingestion dose coefficients. ICRP Publication 67. Ann. ICRP 23: International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1993.
18. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: Part 4. Inhalation dose coefficients. ICRP Publication 71. Ann. ICRP. 25: International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford; 1995.
19. Takeda H. Kasida Y. Biological behavior of tritium after administration of tritiated water in the rat. Journal of Radiation Research, 1979, Vol. 20, №2, pp. 174-185.
20. Takeda H. Comparative metabolism of tritium in rat after single ingestion of some tritiated organic compounds versus tritiated water. Journal of Radiation Research, 1982, Vol. 23, №3, pp. 345-357.
21. International Commission on Radiological Protection. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection reference values. Translation of ICRP Publication 89, Ed. I.B. Keirim-Markus. M., Medkniga, 2007, 318 p. (In Russ)
22. International Commission on Radiological Protection. Report on the Task Group on Reference Man. Translation of the ICRP Publication 23, ed. Yu.D. Parfenov. M., Medkniga, 1977, 496 p. (In Russ)

Received: November 08, 2016

For correspondence: Mikhail I. Balonov – Doctor of Medical Science, Head, Radiation Hygiene Laboratory for Healthcare Bodies, 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 St., 8, St. Petersburg, 191101, Russia; E-mail: m.balonov@mail.ru).

Larisa A. Chipiga – Research engineer, Radiation Hygiene Laboratory for Healthcare Bodies, 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: Balonov M.I., Chipiga L.A. Dose assessment for intake of tritiated water in humans: role of tritium incorporation in organic matter. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol. 9, No 4, pp. 16–25. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-16-25

Приложение

Расчетный аппарат для трех двухкамерных моделей биокинетики НТО в организме человека

Модель 1

$$\int_0^{\infty} W dt = \frac{\beta}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

$$\int_0^{\infty} B dt = \frac{\alpha}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

Где φ_2, φ_1 - корни уравнения $\varphi^2 + (\alpha + \beta + \gamma) \cdot \varphi + \gamma = 0$.

$$W(t) = \frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1} ((\beta - \varphi_1) \cdot e^{-\varphi_1 t} - (\beta - \varphi_2) \cdot e^{-\varphi_2 t})$$

$$B(t) = \frac{\alpha}{\varphi_2 - \varphi_1} (e^{-\varphi_1 t} - e^{-\varphi_2 t})$$

$$t_{max} = \frac{\frac{\ln \varphi_2}{\varphi_1}}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

$$B_{max} = \frac{\alpha}{\varphi_2 - \varphi_1} \cdot \left(e^{-\varphi_1 \cdot \frac{\ln \varphi_2}{\varphi_1}} - e^{-\varphi_2 \cdot \frac{\ln \varphi_2}{\varphi_1}} \right)$$

Модель 2

Прямая задача:

$$\int_0^{\infty} W dt = \frac{1}{\gamma} - \frac{\beta \cdot k}{\gamma \cdot (\gamma - \beta)} + \frac{k}{(\gamma - \beta)}$$

$$\text{где } k = \frac{(1 - W_1) \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{\varphi_2}, \varphi_1 = \gamma, \varphi_2 = \beta$$

$$\int_0^{\infty} B dt = \frac{k}{\beta}$$

$$\int_0^{\infty} W_1 dt = \frac{1}{\gamma} - \frac{\beta \cdot k}{\gamma \cdot (\gamma - \beta)}$$

$$\int_0^{\infty} W_2 dt = \frac{k}{\gamma - \beta}$$

$$W(t) = \left(1 - \frac{\beta \cdot k}{\gamma - \beta} \right) \cdot e^{-\gamma t} + \frac{\beta \cdot k}{\gamma - \beta} \cdot e^{-\beta t}$$

$$B(t) = k \cdot e^{-\beta t}$$

Модель 3

$$W(t) = 0,97 \cdot e^{-\left(\ln 2 \cdot \frac{t}{10}\right)}$$

$$B(t) = 0,03 \cdot e^{-\left(\ln 2 \cdot \frac{t}{40}\right)}$$

Влияние демографических особенностей популяции на оценки коэффициентов радиогенного риска на примере российского населения

А.Т. Губин, В.И. Редько, В.А. Сакович

Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены,
Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

Цель работы состояла в выяснении правомерности прямого переноса рекомендаций МКРЗ по коэффициентам номинального риска и тканевых весовых множителей в будущие редакции отечественных НРБ. Сравнены фоновые возрастно-половые распределения и показатели заболеваемости и смертности композитного населения, использованного МКРЗ для разработки последних основополагающих рекомендаций, с соответствующими показателями для населения России и Японии как основного источника данных для оценок радиогенного риска, во второй половине прошлого десятилетия. Выявлено, что по виду функций дожития и возрастным показателям заболеваемости и смертности российское население, в особенности мужская его часть, значительно отличается от композитного, в то время как для японского населения различия сравнительно невелики. Получены оценки коэффициентов радиогенного риска для раков различной локализации с применением схемы расчётов и моделей риска из Публикации 103 МКРЗ, но на основе фоновых данных о заболеваемости и смертности российского населения. Из-за худших по сравнению с композитным населением показателей спонтанной заболеваемости и смертности российского населения коэффициенты рисков для него могут быть приняты меньше рекомендованных МКРЗ примерно на 20% для всего населения и на 30% для лиц рабочих возрастов. Результаты работы наглядно демонстрируют противоречивость современного критерия радиационной безопасности, основанного практически только на учёте канцерогенных эффектов ионизирующего излучения, поскольку из него следует, что чем здоровее население, тем вреднее для него радиация. Они показывают также, что актуален вопрос о выборе календарного периода, для которого принимаются в расчёт возрастные зависимости интенсивности заболеваемости раком и смертности по всем причинам. Оправдано продолжение обсуждения поставленных вопросов, как и вопросов совершенствования математических моделей, используемых при расчётах радиогенных рисков.

Ключевые слова: нормы радиационной безопасности, критерии радиационной безопасности, радиогенный риск, коэффициенты номинального риска, коэффициенты радиогенного риска, солидные раки, население, работники.

Введение

Коэффициенты номинального риска и тканевые весовые множители в контексте радиационной защиты и радиационной безопасности играют основополагающую роль. Первые используются при обосновании различных дозовых ограничений в терминах эффективной дозы, а вторые – при определении величины эффективной дозы. Алгоритм определения значений этих коэффициентов, словесно описанный в Публикации 103 МКРЗ (далее – Публикация) [1] и формализованный в работе [2], содержит произведение функции дожития и приращения интенсивности заболеваемости (ранее смертности) раком из-за облучения. Эти два сомножителя различаются у разных населений.

Алгоритм межпопуляционного переноса, использованный МКРЗ для переноса рисков, рассчитанных по

данным для когорты LSS, на другие населения содержит отношение фоновой интенсивности заболеваемости для интересующего населения к фоновой интенсивности заболеваемости для японского населения. МКРЗ обосновала значения названных выше коэффициентов, осуществив перенос к некоторому условному «композитному населению», которое включает себя евро-американскую и азиатскую субпопуляции.

Российское население, в отличие от «композитного», характеризуется более высокими значениями интенсивности заболеваемости и смертности. Соответственно, оно характеризуется меньшими значениями функции дожития, что проявляется в меньшей продолжительности жизни. Таким образом, если по тому же алгоритму рассчитывать названные выше коэффициенты для российского населения, то различие сомножителей

Губин Анатолий Тимофеевич

Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены, Федеральное медико-биологическое агентство России.

Адрес для переписки: 123103, Россия, Москва, ул. Щукинская, д. 40. E-mail: atgubin@rambler.ru

в упомянутом ранее произведении будет приводить к разным результатам. Приближённая оценка величины возможной разницы с применением российских данных о смертности была выполнена нами в работе [3]. В результате усреднённый по возрастам коэффициент радиогенного риска для российских мужчин оказался в 1,5 раза больше, чем для мужчин «композитной» популяции. Закономерно был сделан вывод, что поставленный вопрос актуален и подобный анализ следует выполнить более тщательно и с применением данных о заболеваемости.

Цель исследования – выявление демографических особенностей российского населения и определение их влияния на оценки популяционных радиогенных рисков по интенсивности заболеваемости раком с использованием методов расчёта, максимально приближенных к методам Публикации.

В первом разделе подробно изложены подход к анализу и описанию демографических показателей сравниваемых населений и метод расчета коэффициентов риска, максимально приближенный к алгоритму, применённому МКРЗ [1]. Во втором разделе выполнен сравнительный анализ фоновых показателей смертности и продолжительности жизни композитного населения и населения России и Японии. В третьем разделе представлены результаты оценок коэффициентов риска и относительных вкладов в суммарный радиационный вред от различных раков для всего российского населения и для работников. В последнем разделе приводится краткое обсуждение результатов с рекомендациями.

Материалы и методы

Расчёты коэффициентов риска для раков различной локализации выполняли в соответствии с алгоритмом, словесное описание которого приведено в Публикации. Основная его часть, формализованная в работе [2], после включения в рассмотрение латентного периода Δt_0 сводится к следующему общему выражению для числа случаев дополнительных заболеваний раком l -й локализации на 1 Зв на 10 000 лиц в возрастной группе от t_1 до t_2 :

$$K_{r,l}(t_1, t_2) = \frac{10^4}{DDREF} \int_{t_1}^{t_2} \int_{t_0 + \Delta t_0}^{t_{\max}} Q(t_0, t) \Delta v_{r,l}(t_0, t) dt \int_{t_1}^{t_2} Q(t_0, t) dt, \quad (1)$$

где $DDREF$ – коэффициент эффективности дозы и мощности дозы; $Q(t_0, t)$ – фоновая функция дожития, нормированная на единицу в возрасте t_0 ($Q(t_0, t_0) = 1$); $t_{\max}$ – максимальная продолжительность жизни, принимаемая в расчётах пожизненного риска; $\Delta v_{r,l}(t_0, t)$ – радиогенная заболеваемость раком l -й локализации в возрасте t , обусловленная единичной дозой в возрасте t_0 . Эта формула применима и для расчёта K_r по смертности после замены в ней $\Delta v_{r,l}(t_0, t)$ на радиогенную интенсивность смертности – $\Delta \mu_{r,l}(t_0, t)$ ¹.

Для мужчин и женщин композитного населения функции дожития (ФД), интенсивности заболеваемости (ИЗ) и интенсивности смертности (ИС) в зависимости от возраста определяли по данным таблиц А.4.10–А.4.17

Публикации. ИЗ и ИС для каждого пола рассчитывали путём усреднения с равными весами данных для евро-американского и азиатского регионов из указанных таблиц.

Для российского и японского населения использовали ИС, рассчитанные по данным о числах умерших от интересующих причин и численностям возрастных групп из базы данных ВОЗ [4] в период 2006–2010 гг. ИЗ для российского населения были взяты из докладов о злокачественных новообразованиях в России за 2007–2010 гг. [5–8]. Применяли ИС и ИЗ усреднённые по указанным календарным периодам.

Расчёты для каждого пола выполняли двумя способами: по формуле (1) с применением указанной ниже аппроксимирующей формулы для функции дожития и непосредственно по табличным данным для 5-летних возрастных интервалов по следующему её аналогу:

$$K_{r,l}(t_1, t_2) = \frac{5 \cdot 10^4}{DDREF} \sum_{j=t_1/5}^{t_2/5} \sum_{i=j}^{t_{\max}/5} \theta(t_i - 5j + 7,5 - \Delta t) \frac{Q_i + Q_{i+1}}{Q_j} v_{r,l}(t_j, t_i) \left/ \sum_{j=t_1/5}^{t_2/5} \frac{Q_j + Q_{j+1}}{Q_{j/5}} \right. \quad (2)$$

где $\theta(x)$ – функция Хэвисайда.

При расчётах первым способом для аппроксимации табличных данных об ИС от всех причин применяли формулу закона Гомперца – Мейкема [9]

$$\mu(t) = \omega_0 + \mu_0 \exp(\gamma_0 t), \quad (3)$$

из которой вытекает следующая аппроксимация для ФД:

$$Q(t_0, t) = \exp \left\{ -\omega_0(t - t_0) - \frac{\mu(t_0)}{\gamma_0} [\exp(\gamma_0(t - t_0)) - 1] \right\} \quad (4)$$

Значения параметров μ_0 и γ_0 определяли путём линейной подгонки зависимости логарифмов табличных значений ИС от возраста в диапазонах возрастов от 35 – 50 лет до 65–85 лет, а значения ω_0 – как среднее значений ИС в диапазоне возрастов от 5 до 15–20 лет с небольшой последующей коррекцией до достижения близкого соответствия значений ожидаемой продолжительности жизни, рассчитанных непосредственно по табличным данным и по формуле (4).

Процентные доли смертей от раков (δ_l) в общей смертности лиц в возрастах свыше граничного (t_0) вычисляли по формуле:

$$\delta_l(t_0) = 100 \cdot \int_{t_0}^{t_{\max}} Q(t_0, t) \cdot \mu_l(t) dt \quad (5)$$

где $\mu_l(t)$ – фоновая ИС от l -го рака, либо по её эквиваленту при расчётах непосредственно по табличным данным. Для вычисления процентной доли заболеваний раком в общей фоновой заболеваемости заменяли $\mu_l(t)$ на фоновую ИЗ $v_l(t)$.

Во всех расчётах $K_{r,l}$ в качестве $\Delta v_{r,l}(t_0, t)$ и $\Delta \mu_{r,l}(t_0, t)$ применяли наборы обобщённых моделей абсолютного риска $\psi_r(t_0, t)$ и относительного риска $\phi_r(t_0, t)$ для радиогенных заболеваемости и смертности солидными раками, заданные таблицами А.4.5–А.4.9 [1]. Все эти модели можно представить в единой формулой [10]:

$$f(t_0, t) = A \cdot e^{b \cdot t_0} \cdot t^c \quad (t \geq t_0), \quad (6)$$

¹ Здесь и далее в данной работе мы придерживаемся терминологии и обозначений из рекомендаций Р ФМБА России 21.07.2016.

и отличаются они значениями констант A , b и c , а также смыслом константы A у моделей абсолютного риска и относительного риска. Применяли значения констант, рассчитанные в указанной работе.

Межпопуляционный перенос рисков осуществляли по эмпирической формуле МКРЗ

$$\Delta v_{r,i}(t_0, t) = p_i \cdot \psi_i(t_0, t) + (1 - p_i) \cdot v_i(t) \cdot \varphi_i(t_0, t), (7)$$

где δ_i – экспертный параметр, которому МКРЗ присвоила следующие значения: $\delta_i = 1$ для рака молочной железы, $\delta_i = 0,3$ для рака легкого и $\delta_i = 0,5$ для всех остальных солидных раков.

Во всех расчётах, когда требовалось получать значения фоновых ИС или ИЗ между узловыми точками, применялся метод линейной интерполяции данных.

Анализ формул (1), (2) и (7) показывает, что величина коэффициента риска зависит как от выбранного показателя риска (приращение заболеваемости или смертности) и модели его зависимости от возрастных перемен-

ных, так и от фоновых функций дожития населения, ИЗ или ИС для интересующего вида рака.

Сравнение фоновых данных

На рисунке 1 представлены значения ФД, рассчитанные по данным об ИС мужчин и женщин композитного, японского и российского населения для точек начала пятилетних возрастных интервалов, вместе с кривыми, отображающими результаты аппроксимации формулой (4) при значениях констант, указанных в таблице 1. В таблице приведены также средние продолжительности жизни (СПЖ), ожидаемые при рождении (T), рассчитанные непосредственно по табличным данным и с использованием данной аппроксимации (последние указаны в скобках).

Сравнение линий и данных на рисунке 1, а также рассчитанных двумя способами значений T в таблице 1, показывает высокое качество аппроксимации функций дожития для трёх населений формулой (4) и существенно

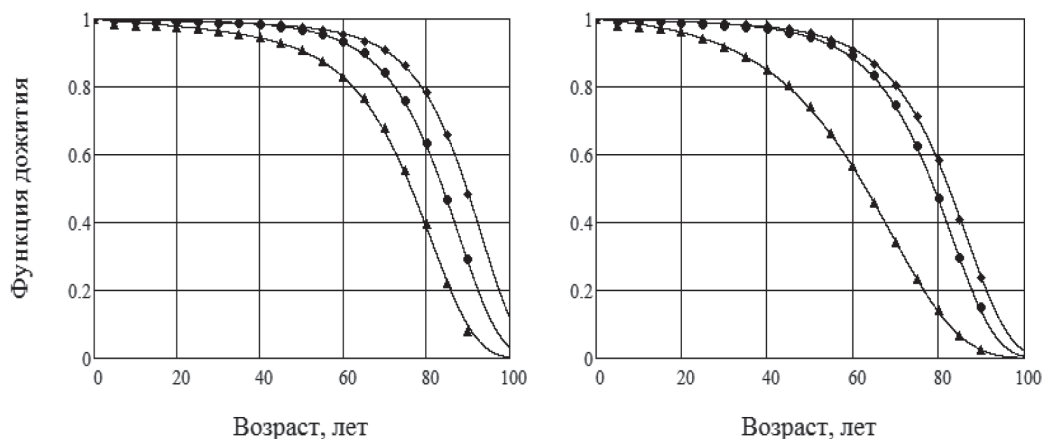


Рис. 1. Функции дожития для женщин (слева) и мужчин (справа) композитного (●), японского (◆) и российского (▲) населения. Линии – результаты расчёта по формуле (3) при значениях параметров из таблицы 1

[Fig. 1.] Functions of survival for female (left) and male (right), composite (●), Japanese (◆), and Russian (▲) populations. Lines – results of calculation by formula (3) with parameters values given in Table. 1

Таблица 1

Значения параметров закона Гомперца – Мейкема для трёх населений (по данным о смертности от всех причин)

[Table 1

The values of the parameters of the Gompertz-Makem's law for the three populations (data on mortality from all causes)]

Параметр [Parameter]	Население [Population]					
	Композитное [Composite]		Японское [Japanese]		Российское [Russian]	
	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]
ω_0 , 1/год [ω_0 , 1/year]	$3,29 \cdot 10^{-4}$	$2,01 \cdot 10^{-4}$	$3,41 \cdot 10^{-4}$	$3,24 \cdot 10^{-4}$	$3,79 \cdot 10^{-4}$	$9,60 \cdot 10^{-4}$
μ_0 , 1/год [μ_0 , 1/year]	$2,91 \cdot 10^{-5}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	$1,88 \cdot 10^{-5}$	$3,50 \cdot 10^{-6}$	$8,27 \cdot 10^{-4}$	$4,29 \cdot 10^{-5}$
γ_0 , 1/год [γ_0 , 1/year]	0,0977	0,101	0,099	0,111	0,0626	0,0946
T , лет (данные) [T , year (data)]	75,688	79,971	77,652	83,570	60,038	72,252
T , лет (аппрок.) [T , year (approx.)]	75,713	79,996	77,624	83,565	60,038	72,144

меньшую продолжительность жизни российского населения, особенно для мужской его части.

Российское население отличается от композитного и японского населения также по характеру возрастной зависимости смертности от раков. Это хорошо видно на рисунке 2, где представлены зависимости отношений фоновых ИС от раков для мужчин и женщин российского и японского населения к таковым для мужчин и женщин композитного населения. В отличие от японского населения, для которого названное отношение в широком диапазоне возрастов близко к единице и почти не меняется с возрастом, для российского населения оно при малых возрастах

более чем втрое превышает единицу и проявляет тенденцию уменьшения с возрастом. Среднее значение отношения фоновых рисков в диапазоне возрастов 0–80 лет составляет чуть больше 2,2 и 1,9 для мужской и женской частей российского населения соответственно. Таким образом, если руководствоваться моделью относительного риска, то для россиян следует ожидать более высокие радиогенные риски, чем для композитного населения.

Количественное представление о масштабах различий в показателях смертности и заболеваемости сравниваемых населений дают также данные таблицы 2 и графики на рисунке 3.

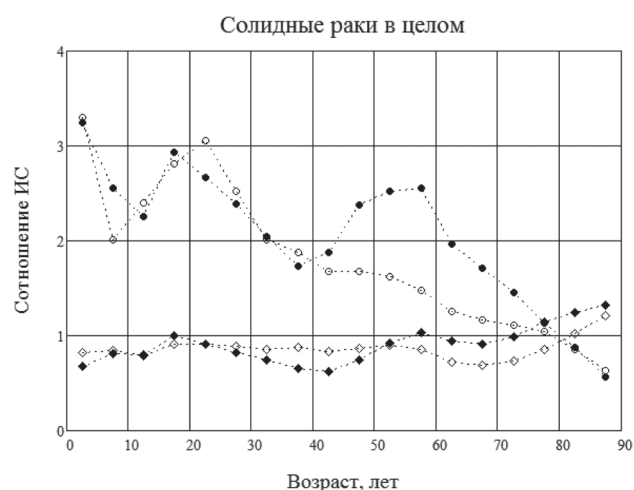


Рис. 2. Отношение ИС от солидных раков для российского (кружки) и японского (ромбики) населения к ИС от солидных раков композитного населения в зависимости от возраста. Заполненными значками показаны данные для мужчин; пустыми – данные для женщин

[Fig. 2. The ratio of the mortality rates for solid cancers of Russian (circles) and Japanese (diamonds) population to the mortality rates for solid cancers of the composite population, depending on age. Filled symbols – the data for males; blank symbols – the data for females]

Таблица 2

Процент смертей от различных раков в смертности от всех причин среди сравниваемых населений

[Table 2]

The percentage of deaths from various cancers in mortality from all causes among the compared populations

Локализация [Localization]	Население [Population]					
	Композитное [Composite]		Японское [Japanese]		Российское [Russian]	
	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]
Все раки [All cancers]	20,7	14,7	26,3	15,5	14,5	12,3
Солидные [All solid cancers]	20,1	14,2	25,4	14,9	14,1	11,8
Пищевод [Oesophagus]	1,13	0,456	1,21	0,2	0,49	0,17
Желудок [Stomach]	2,36	1,24	4,20	1,93	2,27	1,77
Ободочная кишка [Colon]	1,53	1,38	1,82	1,57	1,35	1,76
Печень [Liver]	1,67	0,8	2,78	1,35	0,396	0,319
Лёгкое [Lung]	5,93	2,90	6,34	2,10	4,41	0,798

Локализация [Localization]	Население [Population]					
	Композитное [Composite]		Японское [Japanese]		Российское [Russian]	
	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]	Мужчины [Male]	Женщины [Female]
Молочная железа [Breast]	0	1,90	0,012	1,32	0,025	1,95
Мочевой пузырь [Bladder]	0,646	0,260	0,585	0,218	0,485	0,125
Другие солидные [Other solid cancers]	6,84	5,21	8,46	6,21	4,69	4,95
Лейкоз [Leukaemia]	0,535	0,388	0,589	0,373	0,370	0,366

В таблице 2 суммированы процентные доли смертей от разных раков в общей смертности мужской и женской частей сравниваемых населений, рассчитанные непосредственно по интервальным данным об ФД и ИС от разных раков. Видно, что относительный вклад онкологической смертности у композитного и японского населений выше, чем у российского населения, примерно в 1,3 и 1,6 раза соответственно. Только по смертности от рака молочной железы российский показатель превышает показатель для обоих сравниваемых населений, а для раков желудка и ободочной кишки – показатель для композитного населения.

На рисунке 3 показаны результаты расчётов по формуле (5) ожидаемых процентных долей смертей от различных раков в общей смертности мужчин и женщин сравниваемых населений в возрастах старше заданного граничного возраста. Видно, что российское население существенно отличается от композитного и японского населений, причём не только по величине вклада раков в смертность от всех причин, но и по характеру зависимости от граничного возраста. Для всех раков у российских мужчин в диапазоне возрастов примерно от 40 до 70 лет имеется достаточно выраженный максимум, слабо проявляющийся или отсутствующий у мужчин других населений. По-видимому, наличие максимума связано с выявляемой повышенной ранней смертностью мужчин, которая обусловлена преимущественно большим вкладом экзогенных причин (см. рис. 1).

Интересно, что процентные доли заболеваний раками в общей заболеваемости и процентные доли смертей от них почти совпадают. О характере и величине отличий можно судить по графикам на вкладке для солидных раков в целом, где данные для заболеваемости нанесены пунктиром.

Рассмотрим теперь влияние проиллюстрированных выше демографических особенностей российского населения на коэффициенты риска.

Оценки коэффициентов риска для российского населения

В расчётах, результаты которых представлены далее, мы старались руководствоваться алгоритмами, словесно изложенным в Публикации. Однако в ней отсутствуют некоторые важные подробности, без которых точное воспроизведение расчётов МКРЗ невозможно. Не указано, например, учитывалось ли в расчётах рисков наличие латентного периода; применялись ли интерполяция и

сглаживание табличных данных о заболеваемости и если применялись, то какие; каким был принят предел достигнутого возраста при расчётах пожизненных рисков ($t_{\max}$); по какому диапазону возрастов населения проводилось усреднение для определения популяционных рисков. Последние два вопроса возникают потому, что содержание п. А114 можно понимать по-разному.

Для прояснения поставленных вопросов мы выполнили сравнительные расчёты $K_{r,l}(t_1, t_2)$ для композитного населения по формулам (1) и (2) с применением $\Delta v_{r,l}(t_0, t)$ в виде (7) при разных значениях t_2 , латентного периода Δt_0 и предельной продолжительности жизни $t_{\max}$. Оказалось, что по критерию минимальности суммы отклонений для различных локализаций рака наилучшее согласие результатов наших расчётов и современных оценок МКРЗ по заболеваемости из таблицы А.4.2 достигается при применении формулы (1) с функцией дожития в виде (4) при $t_2 = 90$ лет, $t_{\max} = 90$ лет и $\Delta t_0 = 5$ годам. По этой причине формула (1) и такие значения параметров были выбраны для дальнейших расчётов как вероятнее всего применявшиеся экспертами МКРЗ.

Однако даже при таких наиболее подходящих параметрах и методе расчёта наши результаты, как показывает сравнение в таблице 3, в целом плохо соответствуют данным МКРЗ. Следует отметить, что значения для солидных раков в целом и для других солидных, представленные во втором и четвёртом столбцах таблицы 3, являются расчётными. Для солидных раков в целом приведённое значение является результатом вычитания значений из таблицы А.4.1 для заболеваний раками кожи, кости, костного мозга и гонад из общего числа заболеваний (1179), а для других солидных – результатом сложения значений для категории «другие солидные», яичников и щитовидной железы.

Строго говоря, применение моделей риска, приведённых в Публикации для категории «другие солидные», после такого её расширения не вполне оправдано. Вероятно, с этим связано значительное отличие наших результатов (особенно для всего населения) от данных МКРЗ. Что касается различий для остальных локализаций, то, по меньшей мере, частично они могут быть объяснены различиями методов интерполяции и экстраполяции табличных данных для композитного населения, применённых в расчётах экспертов МКРЗ и в наших данных.

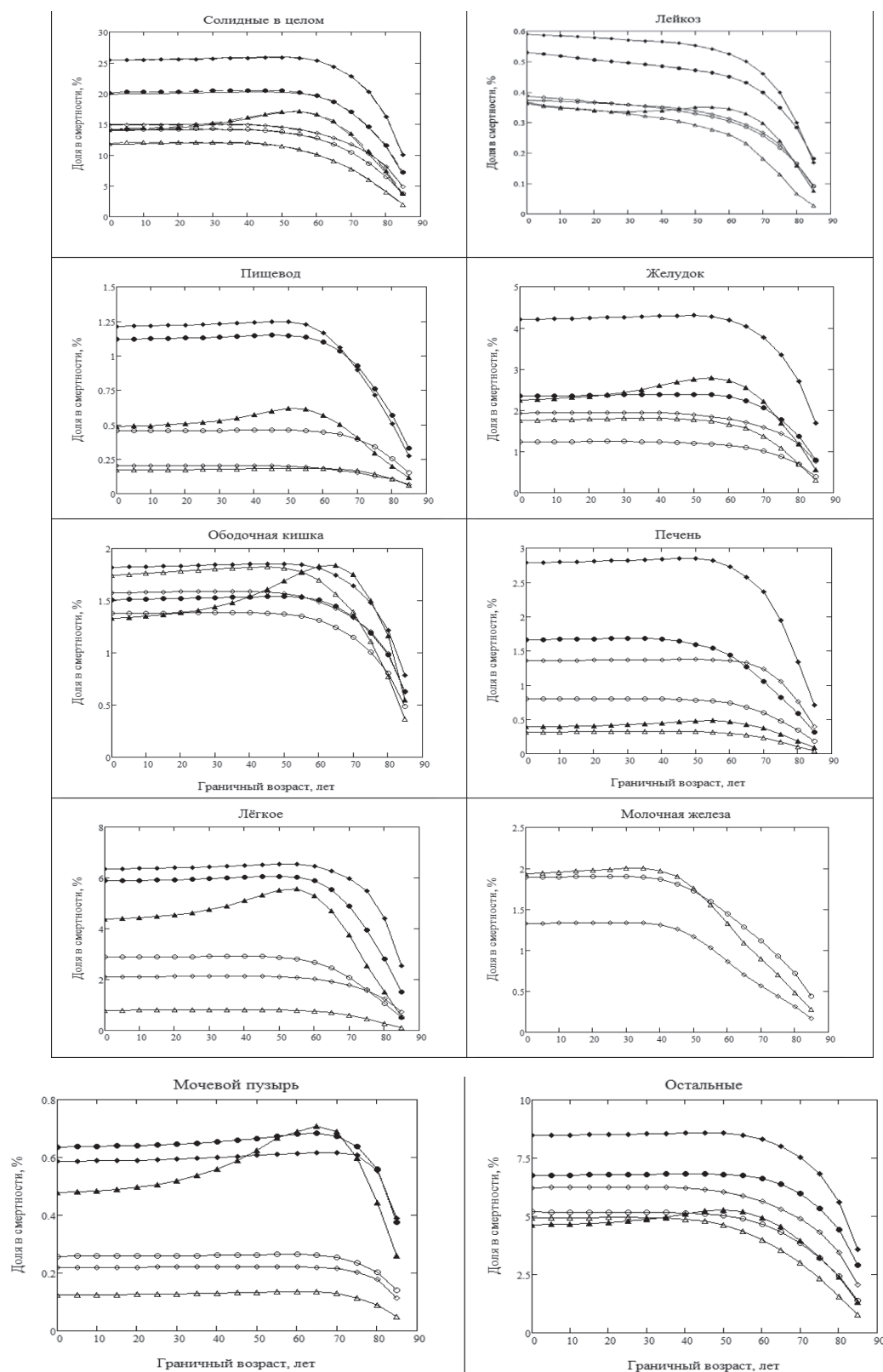


Рис. 3. Доли смертей от различных раков в общей смертности мужчин (заполненные значки) и женщин (пустые значки) с возрастaми свyше граничного. Линии и значки – расчёты по формуле (5) с применением для ФД аппроксимации (4) и с ФД, рассчитанном непосредственно по табличным данным. Кружки, ромбики и треугольники – композитное, японское и российское население соответственно. Пунктир на вкладке для солидных раков в целом – доли в заболеваемости

[Fig. 3. The proportion of deaths from various cancers in the total mortality for males (filled icons) and females (empty icons) with the ages over the boundary value. Lines and icons – calculations by formula (5) with the use of the function of survival of the approximation (4) and the survival function, calculated directly from table data. Circles, diamonds and triangles – composite, Japanese and Russian population, respectively. The dotted line on the tab for all solids – the fractions of morbidity]

Таблица 3

Сравнение результатов наших расчётов числа случаев на Зв на 10 000 лиц для всего композитного населения и для рабочих возрастов при выбранных значениях параметров с данными таблицы А.4.1 Публикации 103 МКРЗ [1]

[Table 3]

Comparison of the results of our estimates of the number of cases per Sv per 10,000 individuals for the entire composite population and for working ages for the chosen values of the parameters given in Table. A. 4.1 of Publication 103 ICRP [1]

Локализация рака [Cancer location]	Контингент [Cohort]			
	Всё население [All population]		Рабочие возраста (18–65 лет) [Working ages (18–65 years)]	
	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]
Солидные в целом* [All solids]	646	614	469	446
Пищевод [Oesophagus]	15	21,3	16	10,4
Желудок [Stomach]	79	80,4	60	59,9
Ободочная кишка [Colon]	65	69,3	50	53,7
Печень [Liver]	30	31,4	21	23,6
Лёгкое [Lung]	114	121	127	111
Молочная железа [Breast]	112	94,5	49	52,1
Мочевой пузырь [Bladder]	43	45,7	42	38,9
Другие солидные [Other solid]	188	151	104	96,5

* Без учёта вкладов раков кости и кожи.

[* Excluding contribution of cancers of bone and skin].

В таблице 4 представлены оценки коэффициентов риска, рассчитанных по данным для российского населения и скорректированных на летальность и качество жизни, в сравнении с оценками из таблицы А.4.1 Публикации. Не располагая российскими данными, мы выполнили коррекцию на летальность и качество жизни для российского населения в предположении, что к нему применимы поправки, использованные в Публикации. В этом случае для получения оценок для российского населения достаточно было умножить значения скорректированного номинального риска МКРЗ на отношение коэффициентов риска, рассчитанных нами по российским данным и по данным для композитного населения. Заметим, что в отличие от таблицы 3, здесь значение коэффициента риска для солидных раков в целом включает раки кости и кожи, с приписанными им значениями из таблицы А.4.1.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что суммарный вред от облучения для российского населения меньше оценки, полученной МКРЗ. Разница составляет около 20% и 30% соответственно.

В таблице 5 сравниваются значения относительного вреда для российского населения, рассчитанные в предположении применимости для него скорректированных оценок вреда для раков кости, кожи и костного мозга и для гонад (25,4) из Публикации.

Заключение

Проведённые расчёты показали (см. табл. 4), что оценки коэффициентов риска для всего российского населения и для рабочих возрастов оказались ниже рекомендованных МКРЗ примерно на 20% и на 30% соответственно.

Таким образом, в рамках современных представлений об опасности облучения значения коэффициентов риска и для всего населения, и для работников в новых отечественных НРБ могли бы быть приняты меньшими, чем рекомендует МКРЗ. Однако это поставило бы много других вопросов. Так что применение в отечественных НРБ коэффициентов номинального риска, рекомендованных МКРЗ, создаёт для российского населения своего рода коэффициент запаса по безопасности.

Одновременно наглядно продемонстрирована противоречивость современного критерия радиационной безопасности, из которого следует, что чем здоровее население, тем вреднее для него воздействие радиации.

Действительно, как показало сравнение, среднее значение отношения фоновых ИС от всех солидных раков для российского и композитного населения в возрасте до 80 лет превышает 2. Согласно модели относительного риска, более высокая фоновая ИС от солидных раков предполагает и более высокую радиогенную компоненту ИС. Однако, как показывают функции дожития на рисун-

ке 2 и данные таблицы 1, российское население характеризуется гораздо меньшей продолжительностью жизни, особенно в случае мужчин, по сравнению с композитной популяцией. Вследствие этого у россиян меньше шансов дожить до заболевания фоновым (а следовательно, и радиогенным) раком, которые чаще всего возникают в зрелых возрастах. Следовательно, имеет место действие взаимно компенсирующихся факторов: более высокие по возрасту показатели смертности от рака у российского населения способствуют более высоким показателям радиогенного риска для российского населения, а низкая продолжительность жизни – их снижению.

Действие второго фактора несколько сильнее, вследствие чего доли раков в общей смертности российского населения ниже, чем у композитного населения.

Из результатов работы следует также, что актуален вопрос о выборе календарного периода, для которого принимаются в расчётах радиогенных рисков возрастные зависимости интенсивности заболеваемости раком и смертности по всем причинам, и о необходимости стандартизации видов этих зависимостей.

В целом, представляется оправданным продолжение обсуждения поставленных вопросов для выработки оптимальных решений.

Таблица 4

Сравнение скорректированных коэффициентов риска для российского населения (случаев на 1 Зв и на 10000 лиц) (вред) с оценками, представленными в таблице А.4.1 Публикации

[Table 4]

Comparison of the adjusted risk coefficients for the Russian population (number of cases per 1 Sv and per 10,000 persons) (detriment²) with the estimates presented in the table. A. 4. 1 of the Publication]

Локализация рака [Cancer site]	Контингент [Cohort]			
	Всё население [All population]		Рабочие возраста [Working ages]	
	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]
Солидные в целом [All solids]	487	362	383	255
Пищевод [Oesophagus]	13,1	8,9	14,2	8,2
Желудок [Stomach]	67,7	51,2	51,8	37,3
Ободочная кишка [Colon]	47,9	28,8	43	24,3
Печень [Liver]	26,6	14,3	19,7	9,8
Лёгкое [Lung]	90,3	57,6	121	73,8
Кость [Bone]	5,1	5,1 [*]	3,4	3,4 [*]
Кожа [Skin]	4	4 [*]	2,7	2,7 [*]
Молочная железа [Breast]	79,8	70	32,6	27,4
Мочевой пузырь [Bladder]	16,7	9,4	19,3	10,3
Другие солидные [Other solids]	136	122	75	63,5
Костный мозг [Bone marrow]	61,5	61,5 [*]	23,9	23,9 [*]
Все раки [All cancers]	549	433 ^{**}	407	285 ^{**}

* Значения из таблицы А.4.1 [1].

** Получено в предположении применимости для российского населения оценок вреда для раков кости, кожи и костного мозга из табл. А.4.1.

[* Values from the tab. A.4.1 [1]

** Obtained under the assumption of applicability for the Russian population estimates of detriment for cancers of bone, skin and bone marrow from the table. A. 4. 1.]

Таблица 5

Сравнение относительных долей различных раков в суммарном радиационном ущербе для российского населения с представленными МКРЗ [1]

[Table 5]

Comparison of the relative proportions of fractions of different cancers in the total radiation detriment to the Russian population with those presented by ICRP [1]

Локализация рака [Cancer site]	Контингент [Cohort]				Тканевые весовые множители МКРЗ [Tissue weighting fac- tors, ICRP]
	Всё население [All population]		Рабочие возраста [Working ages]		
	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]	Таблица А.4.1 [1] [Table A.4.1 [1]]	Расчёт по (1), (4) и (7) [Estimates (1), (4) and (7)]	
Пищевод [Oesophagus]	0,023	0,019	0,033	0,026	0,04
Желудок [Stomach]	0,118	0,112	0,12	0,12	0,12
Ободочная кишка [Colon]	0,083	0,063	0,1	0,078	0,12
Печень [Liver]	0,046	0,031	0,046	0,032	0,04
Лёгкое [Lung]	0,157	0,126	0,28	0,238	0,12
Кость [Bone]	0,009	0,011	0,008	0,011	0,01
Кожа [Skin]	0,007	0,009	0,006	0,009	0,01
Молочная железа [Breast]	0,139	0,153	0,075	0,088	0,12
Мочевой пузырь [Bladder]	0,029	0,021	0,045	0,033	0,04
Другие солидные [Other solids]	0,237	0,266	0,174	0,205	0,12*
Костный мозг [Bone marrow]	0,107	0,134	0,055	0,077	0,12
Гонады [Gonads]	0,044	0,055	0,059	0,082	0,08
Сумма [Total]	1	1	1	1	0,94**

* Данное значение относится к иному списку тканей, чем принят в данной работе.

** Отличие от единицы связано с отсутствием в данной таблице некоторых локализаций, учтённых МКРЗ.

[*] This value refers to another list of tissues than adopted in this work.

[**] The difference from unity is due to the absence in this table some of the cancer sites considered by the ICRP]

Литература

1. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / под общей ред. М.Ф. Киселева, Н.К.Шандалы. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
2. Губин, А.Т. Методические проблемы практических оценок радиогенного риска / А.Т. Губин, В.А. Сакович // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 1. – С.16–22.
3. Губин, А.Т. Адаптация моделей радиационного риска, используемых МКРЗ, к российскому населению / А.Т. Губин, В.И. Редько, В.А. Сакович // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 38–42.
4. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. http://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality_rawdata/en/ (дата обращения: 01.09.2016 г.).
5. Злокачественные новообразования в России в 2007 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2009. – 244 с.
6. Злокачественные новообразования в России в 2008 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2010. – 256 с.
7. Злокачественные новообразования в России в 2009 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России. 2011. – 260 с.

8. Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность). Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. // М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «ФМИЦ им.П.А. Герцена» Минздрава России. 2012. – 260 с.
9. Гаврилов, Л.А. Биология продолжительности жизни / Л.А. Гаврилов, Н.С. Гаврилова. – М.: Наука, 1991. – 280 с.
10. Губин, А.Т. Анализ обобщённых моделей радиогенного риска. Часть 1. Модели МКРЗ / А.Т. Губин, В.А. Сакович // Радиация и риск. – 2016. – Т. 25, № 4 (в печати).

Поступила: 09.11.2016 г.

Губин Анатолий Тимофеевич – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией математического моделирования радиационных и химических воздействий Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства. **Адрес для переписки:** 123103, Россия, Москва, ул. Щукинская, д. 40. E-mail: atgubin@rambler.ru

Редько Виктор Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории математического моделирования радиационных и химических воздействий Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Сакович Вадим Алексеевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования радиационных и химических воздействий Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Для цитирования: Губин А.Т., Редько В.И., Сакович В.А. Влияние демографических особенностей популяции на оценки коэффициентов радиогенного риска на примере российского населения // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 26–36. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-26-36

The impact of the demographic characteristics of the population on estimates of the coefficients of radiogenic risk in the Russian population

Anatoliy T. Gubin, Viktor I. Red'ko, Vadim A. Sakovich

Scientific and technical center radiation-chemical safety and hygiene, FMBA of Russia, Moscow, Russia

The aim of this work was to determine the validity of the direct transfer of the recommendations of the ICRP on the nominal risk coefficients and tissue weighting factors in a future revision of the national Radiation Safety Standards (NRB). The article compares the background age and sex distribution, and morbidity and mortality rates of the nominal population, the ICRP used to develop the latest fundamental recommendations, with appropriate indicators for the populations of Russia and Japan as the main source of data for assessment of radiogenic risk in the second half of the last decade. It is revealed that the functions of survival and age-related morbidity and mortality of the Russian population, especially for males, is significantly different from the composite population, while for the Japanese population, the differences are relatively small. The estimates of radiogenic risk coefficients for cancers of various localization using calculation schemes and risk models of the ICRP Publication 103, but based on background data on incidence and mortality of the Russian population were obtained. Baseline incidence and mortality for the Russian population are worse compared to the composite population. Hence, risk coefficients for the Russian population can be taken lower than the recommended ICRP by approximately 20% for the total population and 30% for the persons of working ages. The results clearly demonstrate the inconsistency of the modern criteria of radiation protection, based almost exclusively on the account of carcinogenic effects of ionizing radiation, since it implies that radiation is more harmful for a healthier population. The results also show timeliness of issue of the choice of the calendar period for which the age-dependence of the intensity of cancer incidence and mortality from all causes are taken into account. The article justified the continuation of the discussion of the raised issues, as well as the issues of development the mathematical models used in the estimation of radiogenic risks.

Anatoly T. Gubin

Scientific and technical center radiation-chemical safety and hygiene, FMBA of Russia

Address for correspondence: Shchukinskaya St., 40, Moscow, 123103, Russia; E-mail: atgubin@rambler.ru

Key words: *Radiation Safety Standards, radiation safety criteria, radiogenic risk, nominal risk coefficients, radiogenic risk coefficients, solid cancers, population, workers.*

References

1. Publication 103 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). Ed.: M.F. Kiselev, N.K.Shandala. M., 2009, 312 p. (In Russ.)
2. Gubin A.T., Sakovich V.A. Methodological problems of practical radiogenic risk estimations. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol. 7, № 1, pp.16-22. (In Russ.)
3. Gubin A.T., Red'ko V.I., Sakovich V.A. Adaptation to the Russian population types of radiation risk used by ICRP. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol. 7, № 4, pp.38-42. (In Russ.)
4. Official site of the World Health Organization. http://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality_rawdata/en/ (Accessed: September 01, 2016 r.) (In Russ.)
5. Malignant neoplasms in Russia in 2007 (incidence and mortality). Ed.: V.I. Chissov, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. M.: Moscow Oncology Research Institute, 2009, 244 p. (In Russ.)
6. Malignant neoplasms in Russia in 2008 (incidence and mortality). Ed.: V.I. Chissov, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. M.: Moscow Oncology Research Institute, 2010, 256 p. (In Russ.)
7. Malignant neoplasms in Russia in 2009 (incidence and mortality). Ed.: V.I. Chissov, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. M.: Moscow Oncology Research Institute, 2011, 260 p. (In Russ.)
8. Malignant neoplasms in Russia in 2010 (incidence and mortality). Ed.: V.I. Chissov, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. M.: Moscow Oncology Research Institute, 2012, 260 p. (In Russ.)
9. Gavrilov L.A., Gavrilova N.S. *Biology of lifetime*. M.: Nauka, 1991, 280 p. (In Russ.)
10. Gubin A.T., Sakovich V.A. Analysis of generalized models of radiogenic risk. Part 1. Models of ICRP. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*, 2016, Vol. 25, № 4 (в печати). (In Russ.)

Received: November 09, 2016

For correspondence: Anatoliy T. Gubin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head, Laboratory of Mathematical Modeling of Radiation and Chemical Exposure, Scientific and technical center radiation-chemical safety and hygiene, FMBA of Russia (Shchukinskaya St., 40, Moscow, 123103, Russia; E-mail: atgubin@rambler.ru)

Viktor I. Red'ko – Candidate of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher, Laboratory of Mathematical Modeling of Radiation and Chemical Exposure, Scientific and technical center radiation-chemical safety and hygiene, FMBA of Russia, Moscow, Russia

Vadim A. Sakovich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Research Scientist, Laboratory of Mathematical Modeling of Radiation and Chemical Exposure, Scientific and technical center radiation-chemical safety and hygiene, FMBA of Russia, Moscow, Russia

For citation: Gubin A.T., Red'ko V.I., Sakovich V.A. The impact of the demographic characteristics of the population on estimates of the coefficients of radiogenic risk in the Russian population. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*, 2016, Vol.9, No 4, pp. 26–36. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-26-36

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ВБЛИЗИ УРАНОВЫХ РАЗРАБОТОК

Д.А. Зарединов¹, О.Л. Тен¹, Р.И. Радок², У.С. Салихбаев², Ф.Р. Усманов¹, А.И. Болтаева¹

¹Ташкентский институт усовершенствования врачей, Министерство здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

²Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

Показано, что из каменистой породы рудников уранового производства могут выщелачиваться радионуклиды атмосферными осадками. В кислотной среде степень выщелачивания больше. Целью настоящего исследования явилось изучение распространения радионуклидов урановых разработок и степень их влияния на загрязнение окружающей среды. Материалы и методы. Исследования проводились в два этапа. На первом этапе горная порода из отвала заливалась дистиллированной водой в пропорции: 0,3 кг щебня и 1 л воды. После тридцатидневной выдержки вода была отправлена на гамма-спектрометрический анализ на спектрометр фирмы Canberra (США) с детектором из сверхчистого германия. Анализ спектров проводился с использованием программы Genie-2000. На втором этапе был проведен аналогичный опыт с водой, подкисленной до pH=3. Определена степень загрязненности территории радионуклидами вблизи шахты подземного выщелачивания. При оценке рисков и возможного потребления воды населением были использованы уровни вмешательства и произведен расчет с учетом совместного присутствия в воде нескольких радионуклидов. Результаты проведенных исследований показали, что распространение радионуклидов от источника загрязнения за 30 лет около 360 м. Ручей, вдоль которого отбирались пробы почвы и велись исследования, сформирован рудничными водами, которые по небольшому распадку текут в сторону поселка, тем самым увеличивая вероятность использования воды населением. Заключение. Рудники урановых разработок являются источником радиоактивного загрязнения окружающей среды; радионуклиды не только распространяются из-за эрозии породы, но и выщелачиваются из каменистой породы атмосферными осадками. Степень выщелачивания значительно увеличивается в кислой среде, что имеет место вблизи шахт подземного выщелачивания.

Ключевые слова: радионуклиды, урановые разработки, активность, спектральный анализ, подземное выщелачивание, шахта, окружающая среда, радиоактивные отходы

Введение

Проблема отходов урановой промышленности является актуальной для всех стран Центральной Азии [1]. В этой связи на протяжении ряда последних лет были предприняты совместные усилия специалистов нескольких стран по проведению радиоэкологического мониторинга вдоль основных рек и их притоков в Центральной Азии [2]. При этом было обнаружено, что загрязнение радионуклидами почвы и донных отложений может наблюдаться на расстоянии до 100 км от мест урановых разработок. Отмечалось, что уровень загрязнения может циклически изменяться со временем, иногда синхронно с сезонами [3, 4]. Так, например, уровень активности радионуклида ²¹⁴Pb в донных отложениях вблизи рудника осенью был в два раза выше, чем весной, при этом в почве изменения активности этого же радионуклида отмечается гораздо больше (до восьми раз), но без сезонных корреляций.

По нашему мнению, распространение радионуклидов может быть вызвано эрозией почвы и её размыванием сточными водами. Однако вполне возможно выщелачивание радионуклидов водой из каменистых горных пород. Для изучения этого обстоятельства была проведена серия экспериментов с каменистой породой из отвала уранового рудника. Кроме того, было исследовано распространение радионуклидов вблизи шахты, где проводилось подземное выщелачивание.

Цель исследования – изучение распространения радионуклидов урановых разработок и степень их влияния на загрязнение окружающей среды.

Материалы и методы

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе раздробленная горная порода из отвала заливалась дистиллированной водой в пропорции: 0,3 кг щеб-

Зарединов Дамир Арифович

Ташкентский институт усовершенствования врачей

Адрес для переписки: 100007, Узбекистан, Ташкент, Мирзо-Улугбекский район, ул. Паркентская, д. 51. E-mail: zda_medic@mail.ru

ня и 1 л воды. После тридцатидневной выдержки вода была отправлена на гамма-спектрометрический анализ на спектрометре фирмы Canberra (США) с детектором из сверхчистого германия. Анализ спектров проводился с использованием программы Genie-2000 [5]. В воде обнаружено пять радионуклидов: ^{235}U , ^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{214}Pb и ^{214}Bi . Поведение активностей со временем было различным: активность ^{235}U оставалось неизменной, активности ^{234}Th и $^{234\text{m}}\text{Pa}$ увеличивались, активности ^{214}Pb и ^{214}Bi резко уменьшались (рис. 1).

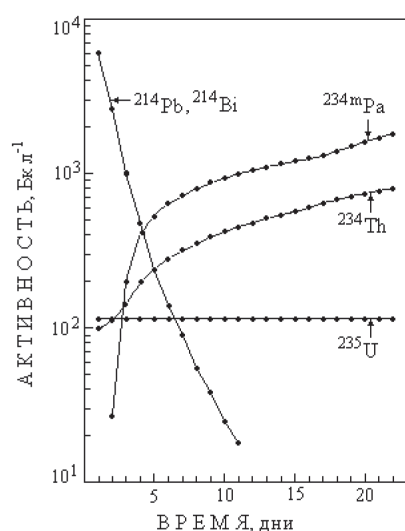


Рис. 1. Зависимость активностей радионуклидов от времени
[Fig. 1. Time dependence of the radionuclides activities]

Длительное наблюдение за поведением активностей и характер их изменений позволили заключить, что дистиллированной водой из каменистой породы выщелачивались U, Pb и Bi. Следов ^{226}Ra в воде не обнаружено. Поведение ^{214}Pb и ^{214}Bi , на наш взгляд, обусловлено наличием в почве материнского радионуклида ^{226}Ra и его продукта ^{222}Rn , они в случае нейтрального pH в водную вытяжку не выщелачиваются. В естественных условиях, когда порода длительное время подвергается атмосферным осадкам, радионуклиды могут попадать в почву и вместе со стоками в реки. Поэтому, учитывая региональный характер поведения изотопов, была крайняя необходимость проведения второго этапа исследований.

На втором этапе был проведен аналогичный опыт с водой, подкисленной до pH=3. В этом случае в воде было обнаружено гораздо больше радионуклидов (табл. 1). Это означает, что вблизи урановых разработок методом подземного выщелачивания кислотой спектр выделяемых радионуклидов должен быть более широким.

На следующем этапе были отобраны пробы почвы вдоль ручья с истоком вблизи шахты подземного выщелачивания. Первая точка отбора находилась в ~300 м от шахты, а остальные девять точек отбора находились через каждые 30 м. Гамма-спектральный анализ проб показал наличие в них радионуклидов всех трех радиоактивных рядов. Активность обнаруженных радионуклидов в каждой точке отбора представлена в таблице 2.

При оценке рисков и возможного потребления воды населением были использованы уровни вмешательства и произведен расчет с учетом совместного присутствия в воде нескольких радионуклидов.

Выщелачивание радионуклидов в кислотной среде из каменистой породы

Таблица 1

[Table 1]

Leaching of radionuclides from the rocks in an acid environment

Нуклид [Radionuclide]	Энергия, кэВ [Energy, keV]	Выход, % [Yield, %]	Объемная активность, Бк·л ⁻¹ [Volume activity, Bq l ⁻¹]
^{40}K	1460,8	10,7	560 ± 101
^{234}Th	63,4	3,9	46000 ± 8280
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	1001,0	0,6	48000 ± 8648
^{226}Ra	186,2	3,3	51000 ± 9180
^{214}Bi	609,3	46,3	5200 ± 936
	1120,3	15,1	6000 ± 1080
^{214}Pb	295,2	19,2	5400 ± 972
	351,9	37,2	5300 ± 954
^{210}Pb	46,8	4,1	11100 ± 1998
^{235}U	143,8	10,5	2700 ± 486
	185,7	54,0	3100 ± 558
^{227}Th	236,0	11,2	1600 ± 288
	256,3	6,8	1400 ± 252
^{223}Ra	269,4	13,6	1400 ± 252
^{219}Rn	271,2	9,9	1400 ± 252,0
^{211}Bi	351,1	12,2	780 ± 141
^{211}Pb	404,7	3,0	720 ± 130

Таблица 2

Радионуклидное загрязнение почвы в точках отбора, Бк·кг⁻¹.

[Table 2]

Soil contamination with radionuclides in the sampling points, Bq·kg⁻¹

Точки/[Points] Нукл./ [Radionuclides]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
²³⁴ Th	2850 ± 513	3700 ± 666	130 ± 23	77 ± 14	53 ± 10	51 ± 9	44 ± 8	54 ± 10	57 ± 10	59 ± 11
²³⁴ mPa	7300 ± 1314	8100 ± 1458	330 ± 60	220 ± 40	190 ± 34	—	—	—	—	130 ± 23
²²⁶ Ra	26000 ± 4680	15500 ± 2790	1700 ± 306	170 ± 31	170 ± 31	120 ± 22	200 ± 36	120 ± 22	170 ± 31	170 ± 31
²¹⁴ Pb	4060 ± 731	6400 ± 1152	510 ± 92	98 ± 18	100 ± 18	79 ± 14	85 ± 16	89 ± 16	90 ± 16	120 ± 22
²¹⁴ Bi	3400 ± 612	5400 ± 972	440 ± 79,2	81 ± 15	86 ± 16	66 ± 12	7 ± 1	75 ± 14	78 ± 14,1	106 ± 19
²¹⁰ Pb	5600 ± 1008	5600 ± 1008	120 ± 22	170 ± 31	140 ± 25	—	130 ± 24	114 ± 21	110 ± 20	140 ± 25
²²⁶ Ac	590 ± 106	280 ± 50,4	150 ± 27	130 ± 23	104 ± 19	130 ± 23	130 ± 24	110 ± 20	140 ± 25	92 ± 17
²²⁴ Ra	600 ± 108	430 ± 77	150 ± 27	150 ± 27	130 ± 23	160 ± 29	160 ± 29	130 ± 24	170 ± 31	99 ± 18
²¹² Pb	390 ± 70,2	340 ± 61	130 ± 23	140 ± 25	110 ± 20	140 ± 25	140 ± 25	110 ± 20	150 ± 27	92 ± 17
²¹² Bi	400 ± 72	330 ± 59	130 ± 23	130 ± 23	110 ± 20	120 ± 22	140 ± 25	110 ± 20	140 ± 25	95 ± 17
²⁰⁶ Tl	120 ± 21,6	100 ± 18	39 ± 7	42 ± 8	34 ± 6	40 ± 7	44 ± 8	35 ± 7	43 ± 8	29 ± 5
²³⁵ U	240 ± 43,2	320 ± 57	11 ± 2	4,8 ± 1	4,5 ± 1	4,3 ± 1	—	5,4 ± 1	7,4 ± 2	6,1 ± 1
²²⁷ Th	450 ± 81	900 ± 162	16 ± 3	5,2 ± 1	8,7 ± 2	—	—	—	—	5,5 ± 1
²²³ Ra	500 ± 90	850 ± 153	—	—	—	—	—	—	—	—
²¹⁹ Rn	500 ± 90	870 ± 157	—	—	—	—	—	—	—	—
²¹¹ Pb	200 ± 36	600 ± 108	20 ± 4	—	—	—	—	—	—	—
²¹¹ Bi	420 ± 75,6	500 ± 90	20 ± 4	—	—	—	—	—	—	—
⁴⁰ K	970 ± 174,6	1060 ± 191	1160 ± 209	980 ± 176	810 ± 146	1030 ± 186	100 ± 18	1120 ± 202	1130 ± 204	1160 ± 208,8
A _{эфф}	27000 ± 4860	16000 ± 2880	2000 ± 360	430 ± 77	380 ± 68	380 ± 68	460 ± 83	360 ± 65	410 ± 74	400 ± 72

Для количественной оценки загрязненности почвы выбрали эффективную активность, включающую активности ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,09 A_K$$

Эффективная активность максимальна в первой точке отбора и составляет 27 000±4860 Бк·кг⁻¹. Во второй точке отбора активность спадает до 16 000 ± 2880 Бк·кг⁻¹. Затем общая загрязненность быстро уменьшается и уже в четвертой точке отбора достигает уровня 380 ± 68 Бк·кг⁻¹. Далее активности практически не изменяются. Наглядное поведение эффективной активности представлено на рисунке 2 вместе с нормативными уровнями загрязненности почвы.

Технологический процесс в исследуемом месте закончился в середине 1980-х гг. [6, 7]. Следовательно, за 30 лет активность распространилась на ~360 м. Большой частью данное обстоятельство, на наш взгляд, объясняется тем, что ранее добыча на участке велась открытым способом, и сезонной маловодностью ручья. Но поскольку ручей, вдоль которого отбирались пробы почвы и велись исследования, всё же сформирован рудничными водами, которые по небольшому распадку текут в сторону поселка, увеличивается вероятность использования воды населением.

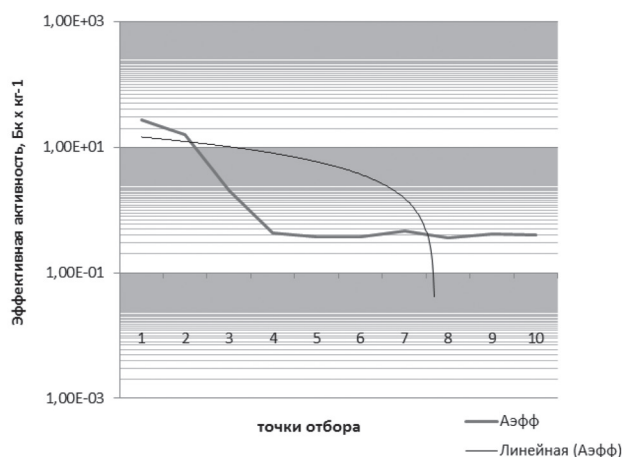


Рис. 2. Уровень загрязнения почвы
[Fig. 2. Level of soil contamination]

Закключение

Рудники урановых разработок являются источником радиоактивного загрязнения окружающей среды. Радионуклиды не только распространяются из-за эрозии породы, но и выщелачиваются из каменистой породы атмосферными осадками. Степень выщелачивания значительно увеличивается в кислой среде, что имеет место вблизи шахт подземного выщелачивания.

Литература

1. Умаров, Н.М. Узбекистан на пути к устойчивому развитию: Национальное сообщение / отв. за вып. Н.М. Умаров; Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы. – 2012. – 75 с.
2. Yuldashev B.S., Passell H.D., Salikhbaev U.S., Radyuk R.I. Et al. Study of transboundary contamination of them Syr-Darya and Amu-Darya rivers and their inflows. Nuclear Risk in Central Asia. Ed.: Brit Salbu, Lindis Skipperud. Springer, Netherland, 2008, pp.181-189.
3. Passell H.D., Solodukhin V., Radyuk R.I. Et al. The Navruz project: cooperative, transboundary monitoring, data sharing and modelling of water resources in Central Asia. Nuclear Risk in Central Asia. Ed.: Brit Salbu, Lindis Skipperud. Springer, Netherland, 2008, pp. 191-199.
4. Бахвалов, Л.А. Разработка моделей и алгоритмов имитационного моделирования распространения радионуклидов в реках эльконского урановорудного района / Л.А. Бахвалов, А.М. Могирев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – Т. 5, № 12. – С. 168–174.
5. Radiation Safety. Amplified. Genie™ 2000 Basic Spectroscopy Software – Available from: http://www.canberra.com/products/radiochemistry_lab/pdf/G2K-BasicSpect-SS-C40220.pdf (Дата обращения: 15.08.2016)
6. Тен, О.Л. Радиоэкологическая характеристика объектов размещения радиоактивных отходов уранового производства и рекомендации по ее улучшению / О.Л. Тен // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 132–134.
7. IAEA – (IAEA RS-G-1.7). International cooperation on rehabilitation, IAEA, VIENNA, 2013. – Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1174_prn.pdf. (Дата обращения: 15.08.2016)

Поступила: 30.09.2016 г.

Зарединов Дамир Арифович – доктор медицинских наук, профессор, главный радиолог Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, заведующий кафедрой гигиены Ташкентского института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан. **Адрес для переписки:** 100007, Узбекистан, Ташкент, Мирзо-Улугбекский район, ул. Паркентская, 51; e-mail: zda_medic@mail.ru

Тен Оксана Лемовна – магистр, старший научный сотрудник-соискатель кафедры гигиены, руководитель научно-исследовательской испытательной радиологической лаборатории Ташкентского института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

Радюк Раиса Ивановна – кандидат физико-математических наук, начальник службы радиационной безопасности Института ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан (1997–2016), Ташкент, Узбекистан

Салихбаев Умар Сагитович – доктор физико-математических наук, директор Института ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан (2002–2016), Ташкент, Узбекистан

Усманов Фазлиддин Рузимуродович – начальник Навоийского областного управления здравоохранения Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Навоий, Навоийская обл., Узбекистан

Болтаева Альфира Идрисовна – старший научный сотрудник-соискатель кафедры гигиены Ташкентского института усовершенствования врачей Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

Для цитирования: Зарединов Д.А., Тен О.Л., Радюк Р.И., Салихбаев У.С., Усманов Ф.Р., Болтаева А.И. Распространение радионуклидов вблизи урановых разработок // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 37–42. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-37-42

RADIONUCLIDES DISTRIBUTION NEAR FORMER URANIUM MINING

Damir A. Zaredinov¹, Oksana L. Ten¹, Raisa I. Radyuk², Umar S. Salikhbaev², Fazliddin R. Usmanov¹, Alfira I. Boltaeva¹

¹Tashkent Institute of Postgraduate Medical Education of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

²Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

The paper shows, that radionuclides from the stony rocks of uranium mines can be leached by atmospheric precipitations. In acid conditions, a degree of leaching is greater. Goal. The aim of this investigation was to study the distribution of radionuclides in uranium minings and their impact on the environmental contamination. Materials and methods. The study was carried out in two stages. In the first stage, a blade of rock was mixed with distilled water in proportions of 0,3 kg of gravel and 1 liter of water. After thirty days of soaking, water was sent to the gamma-spectrometric analysis to Canberra's spectrometer (USA) with a high-purity germanium detector. In the second stage, we carried out the similar experiment with water, which was acidified to pH = 3. Contamination levels of areas near the in-situ leaching mine were determined. Intervention levels were used to estimate risk and possible water consumption by the population. Estimations were carried out taking into account the combined presence of several radionuclides in the water. Results. The results of these studies have shown that the distribution of radionuclides from the source of the contamination is about 360 meters during the 30 y period. The stream, along which samples of soil were collected and studied, was formed by the miner waters that flow along small ruts towards a village, thereby increasing the likelihood of water use by the public. Conclusions. The uranium mines are the source of radioactive contamination. Radionuclides are distributed due to the erosion of rocks and leached out of the stony rock by precipitations. The extent of leaching is significantly increased in an acidic environment, which takes place near the in-situ leaching mines.

Key words: radionuclides, uranium mining, activity, spectral analysis, in-situ leaching, mine, environment, radioactive waste.

References

1. Umarov N.M. Uzbekistan on the way to the sustainable development: National report. State Committee for Nature protection of the Republic of Uzbekistan. 2012, 75 p. (In Russ)
2. Yuldashev B.S., Passell H.D., Salikhbaev U.S., Radyuk R.I. Et al. Study of transboundary contamination of them Syr-Darya and Amu-Darya rivers and their inflows. Nuclear Risk in Central Asia. Ed.: Brit Salbu, Lindis Skipperud. Springer, Netherland, 2008, pp. 181-189.
3. Passell H.D., Solodukhin V., Radyuk R.I. Et al. The Navruz project: cooperative, transboundary monitoring, data sharing and modelling of water resources in Central Asia. Nuclear Risk in Central Asia. Ed.: Brit Salbu, Lindis Skipperud. Springer, Netherland, 2008, pp. 191-199.
4. Bakhvalov L.A., Mogirev A.M. Development of Models and algorithms of imitation simulation of radionuclides distribution in rivers of Elcon uranium ores area. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal), 2010, Vol. 5, №12, pp. 168-174. (In Russ)
5. Radiation Safety. Amplified. Genie™ 2000 Basic Spectroscopy Software – Available from: http://www.canberra.com/products/radiochemistry_lab/pdf/G2K-BasicSpect-SS-C40220.pdf (Accessed: August 15, 2016)
6. Ten O.L. The radioecological characteristic of the radioactive waste disposal sites of uranium production and recommendations for their improvement. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 2, pp. 132-134. (In Russ)
7. IAEA – (IAEA RS-G-1.7). International cooperation on rehabilitation, IAEA, VIENNA, 2013. – Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1174_prn.pdf. (Accessed: August 15, 2016)

Received: September 30, 2016

For correspondence: Damir A. Zaredinov – Doctor of Medical Science, Professor, Chief Radiologist of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Head, Hygiene department, Tashkent Institute Of Postgraduate Medical Education, Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan (Parkentskaya St., 51, Tashkent, Mirzo-Ulugbekskiy rayon, 100007, Uzbekistan; E-mail: zda_medic@mail.ru)

Damir A. Zaredinov

Tashkent Institute Of Postgraduate Medical Education

Address for correspondence: Parkentskaya St., 51, Tashkent, Mirzo-Ulugbekskiy rayon, 100007, Uzbekistan; E-mail: zda_medic@mail.ru

Oksana L. Ten – Magister, Senior Scientific Researcher – external student, Hygiene Department, Head, Scientific Research Testing Radiological Laboratory, Tashkent Institute Of Postgraduate Medical Education, Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Raisa I. Radyuk – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Chief, Radiation Safety Service, Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Umar S. Salikhbaev – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Director, Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Fazliddin R. Usmanov – Chief, Navoijsk Regional Health department, the Republic of Uzbekistan, Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan Navoiy, Navoiyskaya obl., Uzbekistan

Alfira I. Boltaeva – Senior Scientific Researcher – external student, Hygiene Department, Tashkent Institute Of Postgraduate Medical Education, the Republic of Uzbekistan, Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

For citation: Zaredinov D.A., Ten O.L., Radyuk R.I., Salikhbaev U.S., Usmanov F.R., Boltaeva A.I. Radionuclides distribution near former uranium mining. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 4, pp. 37–42. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-37-42

КАРТА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Л.А. Чунихин¹, А.Л. Чеховский², Д.Н. Дроздов²

¹Гомельский государственный медицинский университет, Министерство образования Республики Беларусь, Гомель, Республика Беларусь

²Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Министерство образования Республики Беларусь, Гомель, Республика Беларусь

В условиях определения суммарных доз облучения населения важной является естественная компонента радиационного фона, обусловленная, в основном, радоном. В мировой практике для расчета радоновой составляющей применяют картирование территории по радоновому риску или радоновому потенциалу. Целью настоящей работы являлось картирование территории Республики Беларусь по радоновому риску для оценки радоновой обстановки и определению критических зон радоноопасности. Материалы и методы: основой для построения карты являлись измеренные значения объемной активности радона в жилых помещениях различных населенных пунктов 6 областей Республики Беларуси — более 3500 измерений. Объемная активность определялась при помощи интегральных трековых радиометров радона на основе полимерной пленки Kodak LR-115. Время экспозиции находилось в диапазоне 90–120 суток. Картограмма была построена при помощи пакета прикладных программ MAPINFO. Результаты: были установлены низкие концентрации радона в Брестской и Гомельской областях, а также в южных районах Минской и юго-западных районах Могилевской области. Отмечены высокие концентрации радона в ряде районов Витебской и Гродненской областей, а также в северо-восточных районах Могилевской области. Неравномерность распределения радона по населенным пунктам республики в среднем составляет 2–5 раз. Отмечено наличие критических зон радоновой опасности с концентрацией радона в пределах 200–400 Бк/м³ в некоторых районах Витебской, Гродненской и Могилевской областей. Заключение: картирование территории Республики Беларусь по радоновой опасности позволяет в полной мере и адекватно оценить существующие радиационные риски возможных радиационных эффектов и, с учетом низкой эффективности контрмер в отдаленном периоде после чернобыльской аварии, повысить уровень радиационной безопасности путем проведения противорадоновых мероприятий или изменения подхода к нормированию облучения.

Ключевые слова: радон, объемная активность, концентрация радона, радоноопасность, картирование территории, критическая зона, радоновый риск, радоновый потенциал.

Введение

В Республике Беларусь сформировалась сложная радиационная обстановка в связи с загрязнением значительной части территории чернобыльскими радионуклидами. В то же время наблюдается неравномерность распределения естественного радиоактивного газа радона [1, 2]. Согласно оценке Научного комитета по действию атомной радиации ООН, радон и его дочерние продукты распада (ДПР) определяют примерно 2/3 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно половину дозы от всех источников радиации [3]. Согласно положениям, изложенным в Публикациях МКРЗ [4, 5], доказательство наличия связи между объемной активностью радона в воздухе помещений и онкологическими заболеваниями других локализаций, кроме легкого, в настоящее время отсутствуют.

Поступление радона в помещения зданий обусловлено, в основном, различием содержания урана в почвах и породах, их проницаемостью для радона, а также спецификой водного режима почвы. При этом точное определение концентрации радона в помещениях зданий требует существенных финансовых и временных затрат. В Публикации МКРЗ № 65 один из основных принципов исследований по радону заключается в нахождении критических зон радоноопасности, позволяющих сконцентрировать усилия по проведению противорадоновых мероприятий [6]. К критическим зонам, согласно

Чунихин Леонид Александрович

Гомельский государственный медицинский университет,

Адрес для переписки: 246001, Беларусь, Гомель, ул. Ланге, д. 5. E-mail: leochun_rcrm@mail.ru

Публикации № 65 МКРЗ [6], относят территории, на которых 1 % помещений имеет десятикратное превышение среднереспубликанского значения объемной активности (ОА) радона. Для выявления критических зон применяют картирование радонового риска при использовании в качестве параметра ОА радона в помещениях зданий или радонового потенциала при использовании ОА радона в почвенном воздухе [7].

Цель исследования – разработка карты радонового риска Республики Беларусь для определения критических зон радоноопасности.

Материалы и методы

Для составления карты радонового риска были использованы результаты исследований, проведенных ОИЭиЯИ (г. Минск, Сосны) в течение 2004–2015 гг. [1, 2], по методике, позволяющей проводить мониторинг радона: «Методики определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц» (МВИ. МН. 1808-2002) [8].

Были обследованы 6 областей Республики Беларусь и город Минск. Плотность размещения дозиметров была обусловлена распределением населенных пунктов на данной территории. В среднем равномерность размещения дозиметров соответствует начальным европейским требованиям: ячейка 10 на 10 км [9]. Количество измерений по областям: Брестская – 178 измерений в 71 населенном пункте (НП), Витебская – 372 в 90 НП, Гомельская – 960 в 48 НП, Гродненская – 900 в 101 НП, Минская – 201 в 54 НП, г. Минск – 398 измерений, Могилевская – 585 в 89 НП. Всего для составления карты было использовано 3594 измерения в 454 НП.

При обследовании населенного пункта измерения радона интегральными трековыми радонометрами проводились для нескольких одноэтажных жилых зданий, типичных для данного населенного пункта: детекторы устанавливались пропорционально взвешенному распределению зданий по типам строительных материалов: деревянные, кирпичные, бетонные, панельные. Для многоэтажных зданий измерения проводились в квартирах, расположенных на первом этаже.

Для измерений ОА радона в помещении радонометры устанавливались на расстоянии не менее 1 м от возможных источников поступления радона – водопровода, газовой плиты, колонки и строительных конструкций (стен, пола, потолка и т.д.) в комнате наибольшего времени пребывания жителей (спальня, жилая комната).

Экспозицию радонометра в помещении проводили в течение 90–120 суток (в зависимости от предполагаемой ОА радона), что позволяло учесть колебания концентрации радона за время экспозиции, в том числе изменения концентраций, связанных с частотой открытия дверей, проветриванием помещения и т.п.

По истечении заданного времени экспозиции проводился сбор радонометров из обследуемых помещений. Радонометры хранились до химической обработки не более 3 суток в герметичных пакетах.

Объемная активность радона в воздухе помещения рассчитывается по формуле (1):

$$A = \frac{\overline{N} - N_0}{\varepsilon_0 T_s}, \quad (1)$$

где A – объемная активность радона, Бк·м⁻³;
 $\overline{N}$ – плотность треков на детекторе, трек·см⁻²;
 T_s – длительность экспозиции, сут.;
 N_0 – уровень собственного фона трекового детектора, трек·см⁻²;
 ε_0 – чувствительность комплекса КСИОАР-01, трек·см⁻²·Бк⁻¹·м³·сут.⁻¹.

Значения N_0 и ε_0 приведены в Свидетельстве о поверке комплекса КСИОАР-01 (Республика Беларусь) [8].

Для построения карты ОА радона в помещениях зданий была сформирована пространственно-скоординированная база данных результатов измерений с применением программного продукта Excel 2003, что значительно оптимизировало проведение работы. База данных включала в себя следующие позиции: географические координаты долготы и широты места измерения, ОА радона. Процедура построения карты радонового риска была выполнена с применением программного продукта MapInfo 10.5. Для построения карты использовалась топооснова со слоями населенных пунктов, границами районов и областей, на которую наносились, согласно географическим координатам, значения ОА радона. Построение карты проводилось соответствующими программными процедурами с нанесением на рабочую поверхность изолиний согласно 5 градациям значений ОА радона, указанных на легенде к рисунку. Каждая из 5 градаций была раскрашена в соответствующий контрастный цвет.

Результаты и обсуждение

Карта ОА радона в помещениях жилых зданий Республики Беларусь приведена на рисунке. Отметим, что наблюдается существенная неоднородность в распределении концентрации радона по территории Республики Беларусь. В НП южных и центральных районов Республики (Брестская, Гомельская, южные районы Минской и юго-западные районы Могилевской областей) наблюдаются относительно низкие уровни концентрации радона в помещениях, а на территории Витебской, севере Могилевской и западе Гродненской областей средние значения ОА радона выше в 2–5 раз. На карте определены «радоновые пятна» с потенциальным критическим уровнем радоноопасности – концентрацией радона в диапазоне 200–400 Бк/м³.

Для комплексной оценки радиационной обстановки на территории Республики Беларусь, сложившейся после аварии на ЧАЭС, интересно сопоставить карту загрязнения территории ¹³⁷Cs [10] с картограммой, характеризующей потенциальную радоноопасность территории. Интересно, что чернобыльское загрязнение и уровень радоноопасности на территории Республики Беларусь являются разнонаправленными: наиболее загрязненными по ¹³⁷Cs являются территории Гомельской, южной части Могилевской и восточной части Брестской областей. Наименее загрязненными являются территории Витебской, север Могилевской и запад Гродненской областей. В настоящее время, в отдаленном периоде после аварии на ЧАЭС величины доз облучения населения от

чернобыльских радионуклидов зачастую меньше разницы в уровнях облучения от радона в так называемых «чистых» областях (Витебская, Гродненская, северо-восток Могилевской области) и в загрязненных чернобыльскими радионуклидами Гомельской и Брестской областях. Из приведенных данных следует, что медико-биологические последствия облучения от чернобыльских радионуклидов необходимо рассматривать, учитывая дозы от радона.

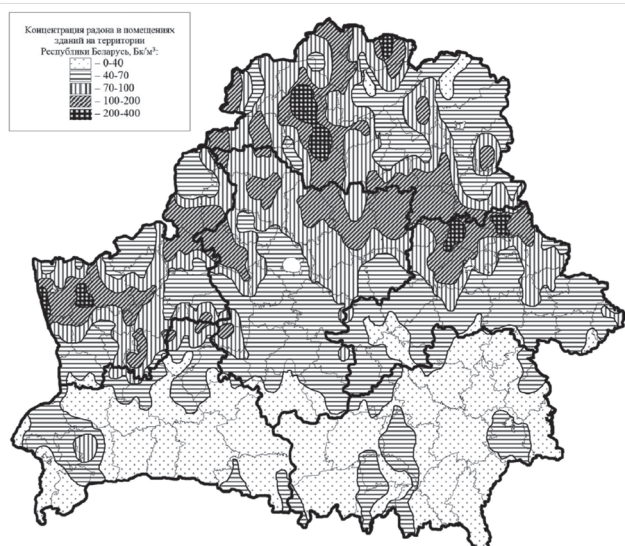


Рис. Карта ОА радона в помещениях жилых зданий на территории Республики Беларусь
[Fig. The Republic of Belarus radon indoor map]

Заключение

Анализ радиационной ситуации, сложившейся в настоящее время в Республике Беларусь, должен включать оценку доз от основных источников радиации, главными из которых являются чернобыльские радионуклиды и радон [4]. Представленная карта радонового риска территории Республики Беларусь позволит в полной мере и

адекватно оценить существующие радиационные риски возможных радиационных эффектов и, с учетом чрезвычайно низкой в настоящее время эффективности контрмер после чернобыльской аварии, повысить уровень радиационной безопасности путем проведения противорадоновых мероприятий или изменения подхода к нормированию облучения.

Литература

- 1 Чеховский, А.Л. Обоснование применения компонентов радонового показателя для картирования радонового потенциала / А.Л. Чеховский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2014. – № 6 (87). – С. 100–106.
- 2 Карабанов, А.К. Радон и дочерние продукты его распада в воздухе зданий на территории Беларуси / А.К. Карабанов [и др.] // Природопользование. – Вып. 27. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2015. – С. 49–53.
- 3 Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 года с научными приложениями. – М., 2002. – Т. 2. – 319 с.
- 4 Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / под общей ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
- 5 Публикации 115 МКРЗ. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина. – М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013. – 92 с.
- 6 Публикации № 65 МКРЗ. Защита от радона-222 в жилых помещениях и на рабочих местах / под ред. М.В. Жуковского, А.В. Кружалова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 68 с.
- 7 Akerblom G., Clavensjö R. The Radon Book. Stockholm, SSM, 1994, 256 p.
- 8 Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонметров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц. – МВИ. МН 1808-2002. – Минск, 2002. – 18 с.
- 9 Friedmann H. Final results of the Austrian radon project. Health Physics, Vol. 89, № 4, 2005, pp. 339–348.
- 10 Нацыянальны атлас Беларусі / Рэд. кал. М.У. Мясніковіч [і інш.]. – Мінск: Белкартаграфія, 2002. – 292 с.

Поступила: 22.07.2016 г.

Чунихин Леонид Александрович – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей гигиены, радиационной медицины и экологии Гомельского государственного медицинского университета Министерства образования Республики Беларусь. Адрес для переписки: 246001, Беларусь, Гомель, ул. Ланге, д. 5; e-mail: leochun_rcrm@mail.ru

Чеховский Артур Леонидович – ассистент кафедры зоологии, физиологии и генетики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины Министерства образования Республики Беларусь, Гомель, Беларусь

Дроздов Денис Николаевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины Министерства образования Республики Беларусь, Гомель, Беларусь

Для цитирования: Чунихин Л.А., Чеховский А.Л., Дроздов Д.Н. Карта радоновой опасности территории Республики Беларусь // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 43–46.
DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-43-46

THE REPUBLIC OF BELARUS RADON DANGER MAP

Leonid A. Chunikhin¹, Artur L. Chekhovsky², Denis N. Drozdov²

¹Gomel State Medical University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, The Republic of Belarus

²Gomel State University after F. Skaryna, Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, The Republic of Belarus

Radon is the major contributor to the background exposure of the population. In the world practice, the radon risk or radon potential mapping are used for the radon dose assessment. The aim of this work was a radon danger mapping of the Republic of Belarus to assess the radiation situation and determine the radon hazard critical areas. Materials and methods: The mapping is based on measured values of radon volume activity in the living rooms of different buildings on the territory of the six regions of the Republic of Belarus. We have performed more than 4000 measurements. Integral track radon radiometers based on the polymer Kodak LR-115 film were used to evaluate radon volume activity. Exposure time ranged from 90 to 120 days. The cartogram was built with using the MAPINFO software package. Results: The low levels of radon concentrations were determined in the Brest and Gomel regions, as well as in the southern districts of Minsk and south-western districts of the Mogilev region. The high levels radon concentrations were determined in some districts of the Vitebsk and Grodno regions, as well as in the north-eastern districts of the Mogilev region. About 2–5 times nonuniformity of radon distribution in settlements of the Republic was observed. The radon hazard critical areas with radon concentrations in the range of 200–400 Bq/m³ were found in some districts of the Vitebsk, Grodno and Mogilev regions. Conclusions: The radon risk map of the Republic of Belarus gives the possibility to estimate the existing radiation risk. Taking into account the low efficiency of countermeasures long after the Chernobyl accident, it is necessary to increase the level of radiation protection through the radon mitigation activities or to change the radon normative documents.

Key words: radon, radon volume activity, radon concentration, mapping, critical area, radon risk, radon potential.

References

- 1 Chekhovsky A.L. Justification for the use of the components of radon index for radon potential mapping. *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny* = Proceedings of the F. Skorina Gomel State University, Gomel, GGU, 2014, №6 (87), pp. 100–106. (In Russ.)
- 2 Karabanov A.K., Chunikhin L.A., Chekhovsky A.L., Drozdov D.N., Yaroshevich O.Ya., Zhuk I.V., Konopelko M.V., Matveev A.V. Radon and its daughters in the buildings air within the territory of Belarus. *Prirodopolzovanie* = Natural management, Vol. 27, Minsk, Institute for Nature Management NAS of Belarus, 2015, pp. 49–53. (In Russ.)
- 3 Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. M., 2002, Vol.2, 319 p. (In Russ.)
- 4 ICRP Publication 103. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ed.: M.F. Kiselev, N.K.Shandala. M., 2009, 312 p. (In Russ.)
- 5 ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. Ed.: M.V. Zhukovsky, S.M. Kiselev, A.T. Gubin. M., 2013, 92 p. (In Russ.)
- 6 ICRP Publication 65. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. Ed.: M.V. Zhukovsky, A.V. Kruzhlov. M.: Energoatomizdat, 1995, 68 p. (In Russ.)
- 7 Akerblom G., Clavensjo R. The Radon Book. Stockholm, SSM, 1994, 256 p.
- 8 The methods of the determination of radon volume activity at home and at work with integral radonmeters on base of solid-state tracking alpha particles detectors. Procedure of measurements. MN 1808-2002. Minsk, 2002, 18 p. (In Russ.)
- 9 Friedmann, H. Final results of the Austrian radon project. *Health Physics*, Vol. 89, № 4, 2005, pp. 339–348.
- 10 National Belarus atlas. Ed.: M.U. Myasnikovich. Minsk, Belkartagrfiya, 2002, 292 p. (In Belarus.)

Received: July 22, 2016

For correspondence: Leonid A. Chunikhin – Candidate of Biological Science, Associate Professor, Department of Common Hygiene, Radiation medicine and ecology, Gomel State Medical University, Ministry of Education of the Republic of Belarus (Lange St., 5, 246001, Gomel, Belarus; E-mail: leochun_rcrm@mail.ru)

Artur L. Chekhovsky – Teaching Assistant, Department of Zoology, Physiology and Genetics, Francisk Skorina Gomel State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

Denis N. Drozdov Candidate of Biological Science, Associate Professor, Department of Zoology, Physiology and Genetics, Francisk Skorina Gomel State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus

For citation: Chunikhin L.A., Chekhovsky A.L., Drozdov D.N. The Republic of Belarus radon danger map. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol. 9, No 4, pp. 43–46. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-43-46

Leonid A. Chunikhin

Gomel State Medical University

Address for correspondence: Lange St., 5, Gomel, 246001, Belarus; E-mail: leochun_rcrm@mail.ru

Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г.

А.Н. Барковский¹, Р.Р. Ахматдинов¹, Н.К. Барышков¹, А.А. Братилова¹, Т.А. Кормановская¹,
С.И. Кувшинников², Л.В. Репин¹, И.П. Стамат¹, О.Е. Тутельян²

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 Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

В статье представлены результаты обобщенного анализа сведений о дозах техногенного облучения персонала радиационных объектов, медицинского облучения пациентов и существующего облучения населения за счет природных источников и техногенно-измененного радиационного фона. Данные получены в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан РФ за 2015 г. Анализ выполнен на основе данных, содержащихся в формах федерального статистического наблюдения № 1-ДОЗ (индивидуальные дозы персонала), № 2-ДОЗ (дозы аварийного облучения), № 3-ДОЗ (дозы медицинского облучения пациентов) и № 4-ДОЗ (дозы облучения за счет природных источников и техногенно-измененного фона) за 2015 г., представленных организациями и территориями, государственный санитарно-эпидемиологический надзор за которыми осуществляется Роспотребнадзором. Представлены сравнения с соответствующими данными, получаемыми в рамках радиационно-гигиенической паспортизации. В 2015 г. 16 769 организаций, осуществляющих обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения, представили формы № 1-ДОЗ, содержащие сведения о дозах облучения персонала общей численностью 134 812 человек, из которых 123 404 человека — персонал группы А и 11 408 человек — персонал группы Б, для которого дозы получены по результатам индивидуального дозиметрического контроля. Средняя годовая эффективная доза техногенного облучения персонала группы А в 2015 г. составила 1,14 мЗв, а персонала группы Б — 0,79 мЗв. Формы № 3-ДОЗ, содержащие сведения о дозах медицинского облучения пациентов за 2015 г., представили 11 720 медицинских учреждений. Общее число рентгено-диагностических процедур, проведенных в Российской Федерации в 2015 г., составило более 272 млн. Средняя годовая эффективная доза медицинского облучения в расчете на одного жителя России в 2015 г. составила 0,48 мЗв, а на одну рентгенодиагностическую процедуру — 0,26 мЗв. В представленных формах № 4-ДОЗ субъектов Российской Федерации за 2015 г. содержатся результаты 8681 измерения мощности дозы гамма-излучения в деревянных домах, 12 642 измерений в одноэтажных каменных домах, 160 174 измерений в многоэтажных каменных домах и 217 746 измерений на открытой местности, а также результаты 4441 измерения уровня содержания радона в деревянных домах, 5565 измерений в одноэтажных каменных домах и 61 541 измерений в многоэтажных каменных домах. Средняя годовая эффективная доза облучения жителей Российской Федерации за счет природных источников в 2015 г. составила 3,44 мЗв, а средние значения для субъектов Российской Федерации лежат в диапазоне от 1,6 мЗв (Сахалинская область) до 11,4 мЗв (Еврейская автономная область). В статье даны Приложения с итоговыми формами Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации за 2015 г., полученными на основе обобщения информации, содержащейся в формах государственного статистического наблюдения № 1, 3 и 4-ДОЗ субъектов Российской Федерации.

Ключевые слова: годовые эффективные дозы облучения, природное облучение, медицинское облучение, техногенное облучение, персонал, пациенты, население, Единая государственная система контроля индивидуальных доз.

Барковский Анатолий Николаевич

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: ANBarkovski@yandex.ru

Введение

В соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», начиная с 2001 г., в Российской Федерации функционирует Единая государственная система контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД). Функционально ЕСКИД представляет собой совокупность федеральной, региональной и ведомственных систем контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан. В системе Роспотребнадзора в состав ЕСКИД входят 4 Федеральных банка данных (ФБД):

- ФБД по индивидуальным дозам облучения персонала предприятий (ФБД ДОП);
- ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан, получаемым при радиационных авариях (ФБД ДРА);
- ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан при проведении медицинских диагностических рентгено-радиологических процедур (ФБД М);
- ФБД по индивидуальным дозам облучения граждан, создаваемым естественным и техногенно измененным радиационным фоном (ФБД ОПИ).

Сбор данных ЕСКИД осуществляется ежегодно по формам федерального статистического наблюдения № 1-ДОЗ, № 2-ДОЗ, № 3-ДОЗ и № 4-ДОЗ с использованием единого программного обеспечения, разработанного специалистами Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева и находящегося в свободном доступе на сайте института (www.niirg.ru).

Результаты анализа информации о дозах техногенного, медицинского и природного облучения населения публикуются в ежегодных сборниках «Дозы облучения населения Российской Федерации» [1–15]. Начиная с 2008 г., итоги функционирования ЕСКИД публикуются в журнале «Радиационная гигиена» [16–24]. Ряд вопросов по отдельным проблемам ЕСКИД отражен в материалах конференций, в сборниках научных трудов и др. [25–30].

1. Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений (форма № 1-ДОЗ)

Общее число организаций, представивших форму № 1-ДОЗ за 2015 г., составило 16 769, 13 315 из которых (более 79%) медицинские учреждения. На рисунке 1 отражены данные о численности организаций, представивших в различные годы форму № 1-ДОЗ. Как видно из представленного рисунка, число таких организаций постоянно увеличивается.

Численность персонала организаций, представивших в ФБД ДОП отчеты за 2015 г. по форме № 1-ДОЗ, составила 134 812 человек, из которых 123 404 – персонал группы А и 11 408 – персонал группы Б, дозы облучения которого получены по данным инструментального контроля.

Фактическая численность персонала, индивидуальные дозы облучения которого отражены в формах № 1-ДОЗ, меньше, поскольку лица, совмещающие свою работу в нескольких организациях, учитываются в этих формах несколько раз. Анализ данных, представленных в формах № 1-ДОЗ, показал, что количество работников, осуществляющих работу с техногенными источниками ионизирующего излучения по совместительству в нескольких организациях, в 2015 г. составило 6409 человек.

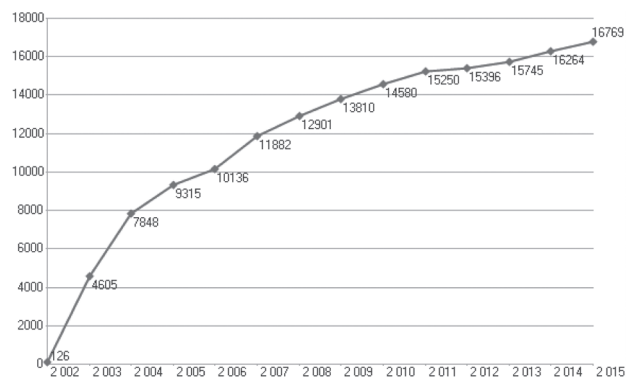


Рис. 1. Динамика числа организаций, представивших форму № 1-ДОЗ в Федеральный банк данных Роспотребнадзора с 2002 по 2015 г.

[Fig. 1. Dynamics of number of organizations submitted form № 1-DOZ in the Federal Data base of Rospotrebnadzor from 2002 to 2015]

Коллективная эффективная доза техногенного облучения персонала за счет нормальной эксплуатации радиационных объектов составила в 2015 г. 136,9 чел.-Зв/год, из которых 127,9 чел.-Зв/год приходится на персонал группы А. Это составляет менее 0,03 % от коллективной дозы населения Российской Федерации за счет всех источников ионизирующего излучения.

Средняя годовая индивидуальная эффективная доза техногенного облучения персонала в 2015 г. практически не изменилась и составила 1,14 мЗв для персонала группы А и 0,79 мЗв для персонала группы Б. Средняя индивидуальная доза персонала группы А не превышает 30% от средней индивидуальной дозы облучения населения Российской Федерации от всех ИИИ.

По сравнению с данными за 2014 г. численность персонала, включенного в ФБД ДОП, возросла на 4124 человека. На рисунке 2 представлена динамика изменения численности персонала, данные об индивидуальных дозах техногенного облучения которого включены в ФБД ДОП с 2002 по 2015 г.

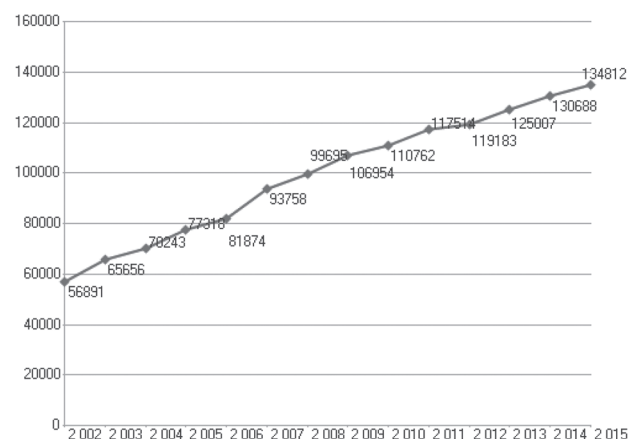


Рис. 2. Численность персонала, годовые индивидуальные дозы которого поступили в ФБД ДОП (по годам)

[Fig. 2. The amount of personnel, for which the annual individual doses are submitted in Federal Data Base of personnel exposure doses (by years)]

Как видно из представленного рисунка, данная величина возрастает из года в год практически линейно в среднем за последние 5 лет на 4810 человек в год. Следует отметить, что это персонал радиационных объектов, санитарно-эпидемиологический надзор за которыми осуществляет Роспотребнадзор. По данным радиационно-гигиенической паспортизации, численность персонала группы А радиационных объектов, государственный санитарно-эпидемиологический надзор за которыми осуществляют органы Госсанэпиднадзора ФМБА России, Минобороны России, МВД России, ФСБ России, ФСИН России и УДП России, составляет еще около 90 000 человек.

Структура индивидуальных доз техногенного облучения персонала группы А в 2015 г. приведена в таблице 1. В первой строке представлены данные ЕСКИД, а во второй – радиационно-гигиенической паспортизации. Как видно из представленных данных, лишь около 15% персонала группы А имеют годовые эффективные дозы более 2 мЗв. Заметно больший объем данных в РГП определяется тем, что они включают данные о персонале атомных электростанций и некоторых других особо радиационно и ядерноопасных объектов, надзор за которыми осуществляет ФМБА России.

В 2015 г. в ЕСКИД зарегистрированы 7 человек (по данным РГП – 11 человек) персонала группы А, годовые индивидуальные эффективные дозы для которых превышают 20 мЗв и составляют от 21,9 мЗв до 42,2 мЗв. Пять из них имели место в Ленинградской области у гамма-дефектоскопистов АО «Ленгазспецстрой». Доз, превышающих 50 мЗв, в 2015 г. не зарегистрировано. Данные о числе случаев превышения годовой эффективной дозы техногенного облучения 20 мЗв/год для персонала группы А за период с 2002 по 2015 г. представлены на рисунке 3. Как видно, данная величина существенно изменяется по годам, и за последние 10 лет колебалась от 4 до 18 случаев в год при среднем значении около 10.

Более подробные сведения о дозах облучения персонала радиационных объектов приведены в обобщенной форме № 1-ДОЗ Российской Федерации за 2015 г., представленной в Приложении 1.

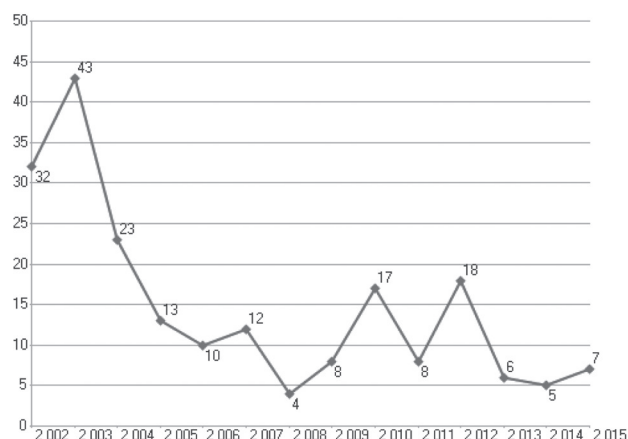


Рис. 3. Число зарегистрированных в отчетном году значений годовых эффективных доз персонала группы А, превышающих 20 мЗв

[Fig. 3. Number of elevated (more than 20 mSv) values of annual effective doses registered for the personnel group A]

2. Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях радиационной аварии или планируемого повышенного облучения, а также лиц из населения, подвергшегося аварийному облучению (форма № 2-ДОЗ)

Сведения по форме № 2-ДОЗ за 2015 отчетный год поступили из Свердловской области, на территории которой был зарегистрирован один случай аварийного облучения персонала группы А. Также были выявлены три случая планируемого повышенного облучения персонала группы А в Пензенской области (2 случая) и в Белгородской области (1 случай).

3. Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований (форма № 3-ДОЗ)

Поступление информации в Федеральный банк данных по дозам медицинского облучения населения (ФБДМ)

Дозы облучения персонала группы А по данным ЕСКИД и радиационно-гигиенической паспортизации за 2015 г.

Таблица 1

[Table 1]

The personnel group A exposure doses (based on the USIDC and radiation-hygiene passportization data in 2015)]

Численность персонала, чел. [Amount of personnel, person]	Численность персонала, имеющего индивидуальную дозу в диапазоне, мЗв/год [Amount of personnel with individual dose in the range of: mSv/year]							Средняя индивидуальная доза [Average individual dose]	Коллективная Доза [Collective dose]
	0–1	1–2	2–5	5–12,5	12,5–20	20–50	>50		
ЕСКИД [USIDC]	78984	35218	7401	1571	223	7		1,14	127,9
РГП [radiation-hygiene passportization]	114 896	48616	15 688	5 023	756	11		1,28	237,6

обеспечивается в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) на основе ежегодного заполнения и представления в установленном порядке формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ всеми юридическими и физическими лицами, осуществляющими диагностические исследования пациентов с использованием источников ионизирующего излучения.

Сбор данных по форме федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ ведется с 2000 г. За 16 лет процедура сбора данных, обработки и учета информации по дозам облучения пациентов была полностью автоматизирована. Используется программное обеспечение, посредством которого вся необходимая информация передается в единых форматах из медицинских организаций в региональные банки данных (РБДМ) и далее в ФБДМ. Начиная с 2010 г., сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований представляли в ФБДМ все 83 субъекта Российской Федерации. В 2015 г. добавилось два новых субъекта – Республика Крым и г. Севастополь, которые также сдали полные сведения о дозах облучения. Всего в 2015 г. формы № 3-ДОЗ представили 11 720 учреждений.

Суммарное количество диагностических рентгено-радиологических процедур, проведенных в учреждениях Российской Федерации в 2015 г., по данным ЕСКИД составило 272 млн. Из них 197 млн (почти 73%) получены по результатам инструментальных измерений. На рисунке 4 представлена динамика количества расчетных и измеренных доз медицинского облучения по годам. Из рисунка 4 видно, что процент измеренных доз постоянно возрастает. Тем не менее, более 27% доз пациентов все еще оцениваются расчетными методами.

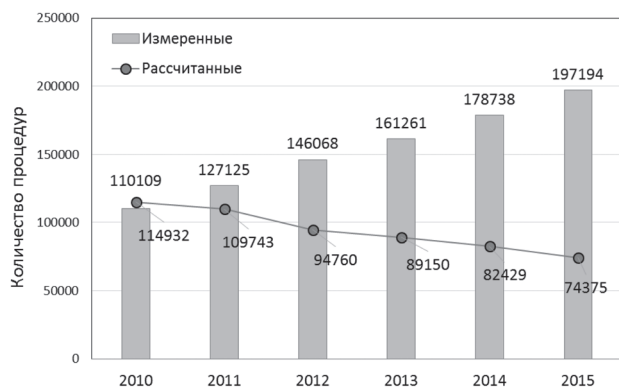


Рис. 4. Динамика количества расчетных и измеренных доз медицинского облучения пациентов по годам

[Fig. 4. Dynamics of amount of calculated and measured medical exposure doses for patients]

В таблице 2 представлены обобщенные характеристики проведенных в 2015 г. рентгенорадиологических исследований по данным ЕСКИД и по данным радиационно-гигиенической паспортизации.

Наблюдается хорошее согласование данных ЕСКИД и радиационно-гигиенической паспортизации. Как видно из представленных данных, среднее значение на проце-

дуру доз, полученных расчетными методами, вдвое меньше, чем для измеренных доз. Это определяется тем, что для наиболее дозозатратных видов процедур процент измеренных доз значительно выше. Это хорошо иллюстрируют данные, приведенные в таблице 3.

На рисунке 5 представлены данные по изменению количества различных видов процедур в 2015 г. по сравнению с 2014 г. Как можно заметить, количество большинства видов рентгенорадиологических процедур в 2015 г. возросло, за исключением радионуклидных и рентгеноскопических исследований, число которых уменьшилось. Наибольший рост (на 15%) имел место для компьютерной томографии. Этот вид исследований достаточно интенсивно развивается в последние годы. Это связано с увеличением популярности данного вида исследования как у врачей, так и у пациентов в связи с его высокой диагностической информативностью и широким внедрением КТ-томографов в медицинскую практику.

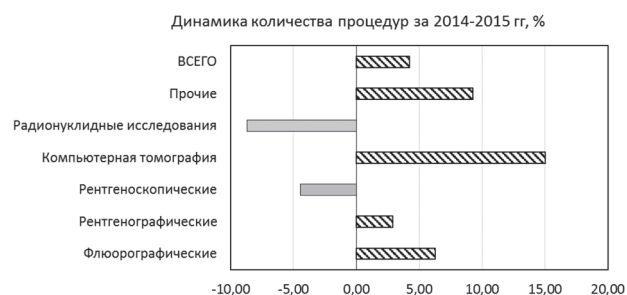


Рис. 5. Изменение количества различных видов процедур в 2015 г. по сравнению с 2014 г. (в %)

[Fig. 5. Change of number of different kinds of examinations in 2015 in comparison with 2014 (in %)]

Более подробная информация о медицинском облучении населения Российской Федерации приведена в форме № 3-ДОЗ Российской Федерации, представленной в Приложении 2.

4. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно-измененного радиационного фона (форма № 4-ДОЗ)

В отчетах Управлений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека субъектов Российской Федерации за 2015 г. статистическая отчетная форма № 4-ДОЗ поступила из 85 регионов, причем в 80 из них сформированы региональные банки данных. Из 5 субъектов Федерации (Республика Дагестан, Чеченская Республика, Ульяновская область, Республика Крым, Севастополь) отчетная форма № 4-ДОЗ представлена только на бумажном носителе. Впервые в 2016 г. представили отчетную форму № 4-ДОЗ службы Роспотребнадзора Ненецкого АО, Республики Крым и Севастополя (данные по измерениям уровней природного облучения Севастополя включены в отчетную форму Республики Крым).

Всего в Российской Федерации в 2015 г. было проведено 8681 измерение мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения в деревянных домах, 12 642 измерения – в одноэтажных каменных домах, 160 174 измерения – в многоэтажных каменных домах. На открытой местности на территории населенных пунктов России было проведено 217 746 измерений МЭД.

Характеристики проведенных в 2015 г. рентгенорадиологических исследований

Таблица 2

[Table 2]

Characteristics of X-ray examinations conducted in 2015]							
Оцениваемая доза [Estimated dose]		Коллективная доза [Collective dose]		Количество процедур [Number of examinations]		Средняя доза, мЗв [Average dose, mSv]	
		тыс. чел.-Зв [thous. manSv]	%	млн шт. [mln pcs.]	%	на проц. [on exam.]	на жителя [on person]
Рентгено- диагностика [X-ray diagnostic]	Расчетные [Calculated]	14,8	21	74,4	27	0,20	0,10
	Измеренные [Measured]	53,7	77	197,2	73	0,40	0,37
Радионуклидные исследования [Radioisotopic examination]		1,2	2	0,5	–	2,52	0,01
ИТОГО (ЕСКИД) Total (the USIDC)		70,0	100	272,1		0,26	0,48
РГП России [Radiation-hygiene passportization of Russia]		71,3		273,8		0,26	0,49

Структура медицинского облучения населения России в 2015 г.

Таблица 3

[Table 3]

Structure of medical exposure in Russia in 2015]					
Процедуры [Examinations]		Количество, тыс. шт. [Number, thous. pcs.]	Коллективная доза, Чел.-Зв [Col. dose, manSv]	Средняя доза, мЗв [Average dose, mSv]	% измеренных доз [% of measured doses]
Флюорография [Fluorography]	Расч. [Calc.]	19919	2562	0,13	77
	Измер. [Measur.]	66910	4163	0,06	
Рентгенография [Radiography]	Расч. [Calc.]	52812	6040	0,11	70
	Измер. [Measur.]	120664	12835	0,11	
Рентгеноскопия [Radioscopy]	Расч. [Calc.]	225	647	2,9	88
	Измер. [Measur.]	1686	4120	2,5	
Компьютерная томография [Computer tomography]	Расч. [Calc.]	1336	5078	3,8	83
	Измер. [Measur.]	6663	26276	3,9	
Специальные исследования [Special examinations]	Расч. [Calc.]	78	434	5,6	94
	Измер. [Measur.]	1127	6158	5,6	
Прочие [Other]	Расч. [Calc.]	4,7	3,8	0,79	97
	Измер. [Measur.]	143	115	0,80	

Средние по регионам значения измерений мощности дозы гамма-излучения в 2015 г. находятся в диапазоне: 0,07–0,17 мкЗв/ч – для деревянных домов; 0,03–0,19 мкЗв/ч – для одноэтажных каменных домов; 0,04–0,23 мкЗв/ч – для многоэтажных каменных домов; 0,03–0,16 мкЗв/ч – для открытой местности на территории населенных пунктов. Значения средних годовых эффективных доз внешнего терригенного облучения жите-

лей субъектов Федерации лежат в диапазоне от 0,21 мЗв/год (Республика Хакасия) до 1,18 мЗв/год (Забайкальский край). Оценка дозы внешнего облучения невозможна для населения Кабардино-Балкарской Республики, где измерения МЭД в 2015 г. не проводились.

В 2015 г. на территории Российской Федерации было проведено 4441 измерение уровней содержания радона в деревянных домах, 5565 измерений – в одноэтажных

каменных домах, 61 541 измерение – в многоэтажных каменных домах.

Средние по регионам значения ЭРОА изотопов радона находятся в диапазоне: 4,5–193,1 Бк/м³ – для деревянных домов; 7,5–89,3 Бк/м³ – для одноэтажных каменных домов; 3,0–164,0 Бк/м³ – для многоэтажных каменных домов. По сравнению с данными по мощности дозы гамма-излучения в зданиях, этот параметр радиационной обстановки обладает значительно большей вариабельностью, достигающей порядка и более. Значения средних годовых эффективных доз внутреннего облучения жителей субъектов Российской Федерации за счет ингаляции изотопов радона и их дочерних продуктов распада (ДПР) лежат в диапазоне от 0,39 мЗв/год (Сахалинская область) до 9,67 мЗв/год (Еврейская АО). Оценка доз внутреннего облучения за счет ингаляции изотопов радона и их ДПР не проводилась для жителей Республик Ингушетия и Кабардино-Балкария, а также Магаданской области, где измерений ЭРОА изотопов радона в 2015 г. не проводилось.

По данным форм № 4-ДОЗ за 2015 г., на территории Российской Федерации было проведено 14 657 исследований уровней содержания природных радионуклидов в питьевой воде (в том числе 10 323 анализа содержания в питьевой воде ²²²Rn). Наибольшие в стране средние дозы внутреннего облучения за счет потребления питьевой воды в 2015 г. характерны для жителей Челябинской и Курской областей (0,14 мЗв/год), а также Республики Хакасия (0,12 мЗв/год).

По данным форм № 4-ДОЗ за 2015 г., на территории Российской Федерации было проведено 1124 исследования уровней содержания природных радионуклидов в продуктах питания.

Средние по субъектам Российской Федерации индивидуальные эффективные годовые дозы облучения населения за счет всех природных источников ионизирующего излучения за 2015 г. лежат в диапазоне от 1,62 мЗв/год (Сахалинская область) до 11,40 мЗв/год (Еврейская АО).

В 6 регионах (Республиках Алтай, Башкортостан и Тыва, Ставропольском и Забайкальском краях, а также в Ивановской области), по данным измерений 2015 г., значения средних годовых доз облучения жителей находятся в диапазоне от 5 до 10 мЗв/год; в Еврейской АО – превышают 10 мЗв/год. Во всех приведенных случаях повышенные и высокие средние значения годовой дозы природного облучения жителей обусловлены высокими уровнями содержания изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе помещений.

По данным измерений 2015 г., группы населения, получающие высокие и повышенные дозы природного облучения, были выявлены в Республиках Адыгея, Башкортостан, Тыва и Бурятия, Ставропольском крае и Иркутской области; подтверждены данные исследований прежних лет о существовании подобных групп жителей в Забайкальском крае и Еврейской АО. Причиной этому также являются высокие уровни содержания изотопов радона и их ДПР в воздухе помещений.

Средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения за счет природных источников ионизирующего излучения, по данным форм государственной статистической отчетности 4-ДОЗ за 2015 г., на одного жителя Российской Федерации составила 3,44 мЗв/год.

В структуре годовой эффективной дозы облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения более 58% приходится на долю дозы внутреннего облучения за счет ингаляции изотопов радона и их ДПР, среднее значение по Российской Федерации которой составляет 2,02 мЗв/год; около 20% – на долю внешнего терригенного облучения (0,68 мЗв/год), чуть менее 12% вносит компонента космического излучения (0,40 мЗв/год), менее 5% – внутреннее облучение за счет ⁴⁰K (0,17 мЗв/год). Доля дозы внутреннего облучения за счет содержания природных радионуклидов в продуктах питания (0,120 мЗв/год) составляет около 3,5%, в питьевой воде (0,043 мЗв/год) – 1,25%. Наименьший вклад в суммарную дозу облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения – менее 0,2% – вносит доза облучения за счет ингаляции долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом (0,006 мЗв/год).

По результатам проведения производственного радиационного контроля в 2015 г. были представлены данные о дозах производственного облучения природными ИИИ 1244 работников 52 предприятий, расположенных на территории 18 регионов России. Значения доз производственного облучения работников этих предприятий за счет природных ИИИ, по данным форм № 4-ДОЗ регионов за 2015 г. находятся в диапазоне от 0,05 до 6,35 мЗв/год. Дозы природного производственного облучения, превышающие 5 мЗв/год, получают 2 сотрудника ОАО «Уралхимпласт» (Свердловская область, ГО г. Нижний Тагил).

В Приложении 3 представлена обобщенная форма № 4-ДОЗ Российской Федерации за 2015 г.

Литература

1. Рамзаев, П.В. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 1999 году : справочник / П.В. Рамзаев [и др.]. – СПб, 2001. – 29 с.
2. Барковский, А.Н. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 2002 году : справочник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2004. – 61 с.
3. Барковский, А.Н. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 2003 году : справочник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2004. – 59 с.
4. Барковский, А.Н. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 2004 году : справочник / А.Н. Барковский, [и др.]. – СПб, 2005. – 61 с.
5. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2005 году : справочник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2006. – 39 с.
6. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2006 году: справочник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2007. – 61 с.
7. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2007 году : информ. сборник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2008. – 66 с.
8. Барковский, А.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2008 году : информ. сборник / А.Н. Барковский [и др.]. – СПб, 2009. – 69 с.
9. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2009 году : информ. сборник / Н.К. Барышков [и др.]. – СПб, 2010. – 67 с.
10. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году : информ. сборник / Н.К. Барышков [и др.]. – СПб, 2011. – 62 с.

11. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2011 году : информ. сборник / Н.К. Барышков [и др.]. – СПб, 2012. – 63 с.
12. Барышков, Н.К. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2012 году : информ. сборник / Н.К. Барышков [и др.]. – СПб, 2013. – 67 с.
13. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2013 году: информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб, 2014. – 60 с.
14. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002–2015 гг.: информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб, 2015. – 40 с.
15. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля индивидуальных доз за 2008 год // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 4. – С. 46–67. DOI:10.21514/1998-426X-2009-2-4-46-67.
16. Кормановская, Т.А. Итоги функционирования подсистемы ЕСКИД на базе статистических отчетных форм № 4-ДОЗ в 2001–2009 гг. / Т.А. Кормановская, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 4. – С. 10–14.
17. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз (формы № 1-ДОЗ, № 3-ДОЗ и № 4-ДОЗ) по данным за 2010 год // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 51–69. DOI:10.21514/1998-426X-2011-4-4-51-69.
18. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз (формы № 1-ДОЗ и № 2-ДОЗ) по данным за 2011 год // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 62–67. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-3-62-67.
19. Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований (Форма № 3-ДОЗ) // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 4. – С. 57–66. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-4-57-66.
20. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз (форма № 4-ДОЗ) по данным за 2011 год // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 68–76. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-3-68-76.
21. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз (формы № 1-ДОЗ, № 3-ДОЗ и № 4-ДОЗ) по данным за 2012 год // Радиационная гигиена. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 63–86.
22. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз по данным за 2013 год // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 54–81.
23. Репин, В.С. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2014 год / В.С. Репин [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 86–115. DOI:10.21514/1998-426X-2015-8-3-86-115.
24. Романович, И.К. Радиационная обстановка на территории Российской Федерации по результатам радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД. Задачи по совершенствованию паспортизации и обеспечению радиационной безопасности / И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1 (спецвыпуск). – С. 11–17.
25. Романович, И.К. Медицинское облучение населения: проблемы, задачи и пути решения / И.К. Романович // Актуальные вопросы обеспечения радиационной безопасности в медицине: сб. тезисов науч.-практ. конф. – СПб, 2007. – С. 3–7.
26. Барковский, А.Н. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – важный элемент информационного обеспечения радиационной безопасности в Российской Федерации / А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, И.К. Романович // Актуальные вопросы радиационной гигиены: сб. тезисов науч.-практ. конф. 21–25 июня 2004 года. – СПб, 2004. – С. 55–57.
27. Кормановская, Т.А. Дозы облучения населения Российской Федерации за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона: первые итоги функционирования федерального банка данных на базе форм № 4-ДОЗ / Т.А. Кормановская // Радиационная гигиена: сб. науч. трудов. – СПб, 2004. – С. 39–44.
28. Репин В.С. Дозы облучения персонала в 2002 году по данным статистической отчетности по форме № 1-ДОЗ / В.С. Репин, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков // Радиационная гигиена: сб. науч. трудов. – СПб, 2003. – С. 69–74.
29. Балонов, М.И. Современные уровни медицинского облучения в России / М.И. Балонов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 67–79. DOI:10.21514/1998-426X-2015-8-3-67-79.

Поступила: 11.08.2016 г.

Барковский Анатолий Николаевич – руководитель Федерального радиационного 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: ANBarkovski@yandex.ru.

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

Барышков Николай Константинович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

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

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

Кувшинников Сергей Иванович – эксперт-физик лаборатории радиационного контроля и физических факторов отдела лабораторного дела Федерального центра гигиены и эпидемиологии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

Репин Леонид Викторович – руководитель 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

Стамат Иван Павлович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Тутельян Ольга Евгеньевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией радиационного контроля и физических факторов отдела лабораторного дела Федерального центра гигиены и эпидемиологии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

Для цитирования: Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Барышков Н.К., Братилова А.А., Кормановская Т.А., Кувшинников С.И., Репин Л.В., Стамат И.П., Тутельян О.Е. Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г. // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 47–73. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-47-73

The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation citizens based on the 2015 data

Anatoliy N. Barkovsky¹, Ruslan R. Akhmatdinov¹, Nikolay K. Baryshkov¹, Anzhelika A. Bratilo¹, Tatyana A. Kormanovskaya¹, Sergey I. Kuvshinnikov², Leonid V. Repin¹, Ivan P. Stamat¹, Olga E. Tutelyan²

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 Federal Center of Hygiene and Epidemiology, Federal Service for Surveillance on Consumer rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

Abstract

The article presents the outcomes of the generalized analysis of personnel, patients, and population radiation doses information obtained from the Unified System of Individual Dose Control (USIDC) for 2015. The analysis is conducted on the basis of the annual information from the forms of Federal State Statistical. Observation No.1-DOZ (personnel individual doses), No.2-DOZ (emergency doses), No.3-DOZ (patients' exposure doses) and No.4-DOZ (population exposure doses from natural and technogenically impacted background). The information is submitted by the organizations and territories accountable to the Rospotrebnadzor. The article presents a comparison with data obtained within the framework of Radiation-Hygiene passportization. In 2015, 16769 organizations providing management with artificial radiation sources submitted the form No.1-DOZ. The form No.1-DOZ contains data on 134 812 personnel individual doses, 123 404 of the personnel group A and 11 408 the personnel group B with personnel monitoring. In 2015, the average individual dose for the personnel group A was 1,14 mSv, the personnel group B – 0,79 mSv. In 2015, 11 720 healthcare organizations submitted the form No.3-DOZ. According to the No.3-DOZ data, more than 272 mln X-ray diagnostics were conducted in the Russian Federation in 2015. An average medical radiation dose per capita was 0,48 mSv/year and a mean medical radiation dose per an X-ray examination was 0,26 mSv. In 2015, the form No.4-DOZ contains results of 8 681 measurements of gamma dose rate in wooden houses, 12 642 measurements in one-storey stone houses, 160 174 measurements in multi-storey stone houses and 217 746 measurements on the open ground. Results of 4 441 measurements of radon concentration levels in wooden houses, 5 565 measurements in one-storey stone houses, 61 541 measurements in multi-storey stone houses are given. The population's average effective dose from natural ionizing radiation sources amounted to 3.44 mSv/year, the average values for the subjects of the Russian Federation fall in the range from 1,6 mSv/year (Sakhalin Oblast) to 11,4 mSv/year (Jewish Autonomous Oblast). The article includes the Annexes with the

Anatoliy N. Barkovsky

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

Address for correspondence: Mira St., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: ANBarkovski@yandex.ru

final generalized forms of the Unified System of Individual Dose Control in 2015 based on the forms of statistical observations No. 1-, 3- and 4-DOZ.

Key words: *annual effective doses, natural exposure, medical exposure, artificial exposure, personnel, patients, population, the Unified System of Individual Dose Control.*

References

1. Ramzaev P.V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Titova T.N. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 1999, SPb., 2001, 29 p. (In Russ.)
2. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Bruk G.Ya., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2002, SPb., 2004, 61 p. (In Russ.)
3. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2003, SPb., 2004, 59 p. (In Russ.)
4. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Tutelyan O.E. Guide. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2004, SPb., 2005, 61 p. (In Russ.)
5. Barkovsky A.N. [et al.] Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2005: Guide, SPb., 2006, 39 p. (In Russ.)
6. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Titova T.N., Tutelyan O.E. Guide: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2006, SPb., 2007, 61 p. (In Russ.)
7. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2007, SPb., 2008, 66 p. (In Russ.)
8. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2008, SPb., 2009, 69 p. (In Russ.)
9. Baryshkov N.K., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Medvedev A.Yu., Perminova G.S., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Timofeeva M.A., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2009, SPb., 2010, 67 p. (In Russ.)
10. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Medvedev A.Yu., Repin V.S., Romanovich I.K., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2010, SPb., 2011, 62 p. (In Russ.)
11. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Repin V.S., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2011, SPb., 2012, 63 p. (In Russ.)
12. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., Repin V.S., Stamat I.P., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2012, SPb., 2013, 67 p. (In Russ.)
13. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stamat I.P., Repin L.V., Akhmatdinov R.R., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation in 2013, SPb., 2014, 60 p. (In Russ.)
14. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Kuvshinnikov S.I., Matyukhin S.V., Stepanov V.S., Tutelyan O.E. Information packet: Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation according to the results of the USIDC in 2002-2015, SPb., 2015, 40 p. (In Russ.)
15. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning during 2008. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2009, Vol. 2, № 4, pp. 46-67. DOI:10.21514/1998-426X-2009-2-4-46-67. (In Russ.)
16. Kormanovskaya T.A. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning on the base of the statistical observations forms №4-DOZ in 2001-2009. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2010, Vol.3, № 4, pp. 10-14. (In Russ.)
17. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning (forms №1-DOZ, №3-DOZ, and №4-DOZ) on the basis of 2010 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2011, Vol. 4, № 4, pp. 51-69. DOI:10.21514/1998-426X-2011-4-4-51-69. (In Russ.)
18. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning (forms №1-DOZ, №2-DOZ) on the basis of 2011 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2012, Vol. 5, № 3, pp. 62-67. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-3-62-67. (In Russ.)
19. Data on patients exposure doses from medical x-ray examinations (form № 3 DOS). Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2012, Vol.5, № 4, pp. 57-66. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-4-57-66. (In Russ.)
20. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning (form №4-DOZ) on the basis of 2011 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2012, Vol.5, № 3, pp. 68-76. DOI:10.21514/1998-426X-2012-5-3-68-76. (In Russ.)
21. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning (forms №1-DOZ, №3-DOZ, and №4-DOZ) on the basis of 2012 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2013, Vol.6, № 3, pp. 63-86. (In Russ.)
22. Results of Unified System of Individual Dose Control functioning on the basis of 2013 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2014, Vol.7, № 3, pp. 54-81. (In Russ.)
23. Repin V.S., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Varfolomeeva K.V., Goncharova Yu.N., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Romanovich I.K., Svetovidov A.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of the functioning of Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation Citizens based on 2014 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 3, pp. 86-115. DOI:10.21514/1998-426X-2015-8-3-86-115. (In Russ.)
24. Romanovich I.K. [et al.] Radiation situation on the territory of the Russian Federation on the base of functioning radiation-hygienic passportization and USIDC. Improvement of passportization and providing of radiation safety tasks. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2008, Vol. 1 (special edition), pp. 11-17. (In Russ.)
25. Romanovich I.K. Medical exposure of the population: issues, tasks, and solution approach. A collection of abstracts of the

- scientific-practical conference Actual problems of radiation hygiene in medicine, SPb, 2007, pp. 3–7. (In Russ.)
26. Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Romanovich I.K. Radiation-hygienic passportization and USIDC are important elements of providing of radiation safety in the Russian Federation. A collection of abstracts of the scientific-practical conference Actual problems of radiation June 21-25, 2004, SPb, 2004, pp. 55–57. (In Russ.)
 27. Kormanovskaya T.A. Radiation exposure doses of the population of the Russian Federation from natural and technogenically impacted background: first results of functioning federal forms №4-DOZ database. A collection of research papers Radiation hygiene, SPb, 2004, pp. 39–44. (In Russ.)
 28. Repin V.S., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K. Personnel exposure doses in 2002 on the base of the observation forms №1-DOZ. A collection of research papers Radiation hygiene SPb., 2003, pp. 69–74. (In Russ.)
 29. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Zvonova I.A., Kalnitsky S.A., Repin V.S., Sarycheva S.S., Chipiga L.A. Current levels of medical exposure in Russia. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2015, Vol. 8, № 3, pp.67-79. DOI:10.21514/1998-426X-2015-8-3-67-79. (In Russ.)

Received: August 11, 2016

For correspondence: Anatoliy N. Barkovsky – The head of Federal Radiological Centre, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira St., 8, St. Petersburg, 197101, Russia; E-mail: ANBarkovski@yandex.ru).

Ruslan R. Akhmatdinov – Senior research fellow of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Nikolay K. Baryshkov – Candidate of Technical Sciences, Leading research fellow of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Anzhelika A. Bratilova – Research fellow of internal radiation laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Tatyana A. Kormanovskaya – Holder of Doctoral Degree in Biological Sciences, leading research fellow of natural sources dosimetry laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Sergey I. Kuvshinnikov – Radiation Control and Physical Factors Laboratory physicist expert, Laboratory Studies Department of Federal Hygiene and Epidemiology Center of Federal Service for Surveillance on Consumer rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

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

Ivan P. Stamat – Doctor of Biological Sciences, head of natural sources dosimetry laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Olga E. Tutelyan – Candidate of Medical Sciences, Radiation Control and Physical Factors Laboratory Head, Federal Hygiene and Epidemiology Center Laboratory Studies Department, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Москва, Россия

For citation: Barkovsky A.N., Akhmatdinov R.R., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Repin L.V., Stamat I.P., Tutelyan O.E. The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation citizens based on the 2015 data. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 4, pp.47–73. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-47-73.

Приложение 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ ГАРАНТИРУЕТСЯ ПОЛУЧАТЕЛЕМ ИНФОРМАЦИИ

Нарушение порядка представления статистической информации, а равно представление недостоверной статистической информации влечет ответственность, установленную статьей 13.19 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях

от 30.12.2001 № 195-ФЗ, а также статьей 3 Закона Российской Федерации от 13.05.92 № 2761-1 "Об ответственности за нарушение порядка представления государственной статистической отчетности"

ВОЗМОЖНО ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

СВЕДЕНИЯ О ДОЗАХ ОБЛУЧЕНИЯ ЛИЦ ИЗ ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ за 2015 г.

Предоставляют:	Сроки предоставления	Форма №
юридические лица, использующие источники ионизирующих излучений:	1 апреля после отчетного периода	1-ДОЗ Приказ
- ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте Российской Федерации;		Росстата:
- ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту» (по принадлежности);		Об утверждении формы
- Федеральному медико-биологическое агентству; структурным подразделениям Министерства обороны Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации, Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Федеральной службы охраны Российской Федерации, Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков, Федеральной службы исполнения наказаний, Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации и Управления делами Президента Российской Федерации соответственно в Вооруженных силах Российской Федерации, других войсках, воинских формированиях и органах, на объектах обороны и оборонного производства, безопасности, внутренних дел и иного специального назначения, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 05.06.2013 г. № 476		от 16.10.2013 № 411
(по принадлежности)		О внесении изменений (при наличии)
ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте Российской Федерации, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту»:	10 апреля после отчетного периода	от _____ № _____
- управлению Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации, Управлению Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту (по принадлежности)		от _____ № _____
управления Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации, Управление Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту:	1 мая после отчетного периода	
- ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора		
ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора:		
- Роспотребнадзору		Годовая
Федеральное медико-биологическое агентство, структурные подразделения Министерства обороны Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации, Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Федеральной службы охраны Российской Федерации, Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков, Федеральной службы исполнения наказаний, Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации и Управления делами Президента Российской Федерации соответственно в Вооруженных силах Российской Федерации, других войсках, воинских формированиях и органах, на объектах обороны и оборонного производства, безопасности, внутренних дел и иного специального назначения, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 05.06.2013 г. № 476,	1 июня после отчетного периода	
сводный отчет	1 июня после отчетного периода	
- Роспотребнадзору		

Наименование отчитывающейся организации _ ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора _

Почтовый адрес 117105, Москва, Варшавское ш., 19А

Код формы по ОКУД	Код отчитывающейся организации по ОКПО		
1	2	3	4
0609309	01909971		

Эффективные дозы облучения персонала

Код	Наименование субъекта РФ	Численность персонала чел.	Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне:							Средняя индивидуальная доза мЗв / год чел.	Коллективная доза Зв/год
			мЗв / год								
			0–1	1–2	2–5	5–12,5	12,5–20	20–50	>50		
01	Республика Адыгея	301	210	83	5	3				0.89	0.26774
02	Республика Башкортостан	3308	2260	681	255	105	7			1.24	4.10051
03	Республика Бурятия	629	279	279	70	1				1.20	0.75617
04	Республика Алтай	140	71	51	18					1.07	0.14945
05	Республика Дагестан	820	662	116	29	12	1			0.67	0.54814
06	Республика Ингушетия	137	137							0.37	0.05134
07	Кабардино-Балкарская Республика	336	327	8	1					0.29	0.09640
08	Республика Калмыкия	179	22	84	14					1.46	0.17569
09	Карачаево-Черкесская Республика	252	186	60	6					0.81	0.20309
10	Республика Карелия	705	611	82	10	2				0.73	0.51126
11	Республика Коми	1206	796	299	69	39	3			1.24	1.49135
12	Республика Марий Эл	416	85	320	7	4				1.21	0.50470
13	Республика Мордовия	542	454	19	29	40				0.90	0.48800
14	Республика Саха (Якутия)	1513	1085	332	85	11				0.83	1.25361
15	Республика Северная Осетия-Алания	375	95	271	9					1.23	0.46192
16	Республика Татарстан	4488	3879	538	64	7				0.71	3.17556
17	Республика Тыва	216	167	33	16					0.68	0.14654
18	Удмуртская Республика	1293	1113	151	24	4		1		0.63	0.80952
19	Республика Хакасия	350	326	24						0.31	0.10700
20	Чеченская Республика	300	286	4	10					0.64	0.19106
21	Чувашская Республика	708	317	344	43	4				1.17	0.82999
22	Алтайский край	1768	1383	334	47	4				0.85	1.50360
23	Красноярский край	2878	1718	1027	120	13				0.94	2.70546
24	Краснодарский край	3944	3351	474	60	52	7			0.76	2.99854
25	Приморский край	1540	1073	399	48	17	3			0.99	1.52687
26	Ставропольский край	1758	1201	413	96	44	4			1.07	1.88083
27	Хабаровский край	1275	810	295	165	5				1.01	1.28963
28	Амурская область	617	357	198	43	5	5			1.21	0.73386
29	Архангельская область	1192	895	256	35	6				0.80	0.95668
30	Астраханская область	1105	935	107	38	22	3			0.74	0.81855
31	Белгородская область	1431	1377	36	16	2				0.46	0.65737
32	Брянская область	1051	961	77	13					0.63	0.66226
33	Владимирская область	766	665	80	19	2				0.73	0.55651
34	Волгоградская область	2303	1613	628	58	4				0.68	1.56654
35	Вологодская область	876	265	519	79	13				1.42	1.24485
36	Воронежская область	1593	1121	389	42	41				0.95	1.50794
37	Ивановская область	719	630	85	4					0.60	0.43237
38	Иркутская область	2367	836	1175	338	17				1.35	3.20392
39	Калининградская область	1001	971	16	7	7				0.44	0.43746
40	Калужская область	751	578	122	42	5	4			0.94	0.70330
41	Камчатский край	430	403	24	3					0.47	0.20015
42	Кемеровская область	1890	1127	413	316	34				1.40	2.64617
43	Кировская область	882	802	54	16	9	1			0.72	0.63300
44	Костромская область	436	339	77	18	2				0.80	0.34826
45	Курганская область	620	549	61	8		2			0.79	0.49219
46	Курская область	808	747	28	27	5	1			0.75	0.60609
47	Ленинградская область	1976	1307	596	48	14	6	5		0.95	1.87987
48	Липецкая область	1076	847	179	48	2				0.68	0.72964
49	Магаданская область	260	177	62	21					0.72	0.18726
50	Московская область	5450	3963	1203	242	42				0.78	4.24402
51	Мурманская область	1039	899	111	13	12	4			0.74	0.77404

ЕСКИД и радиационно-гигиеническая паспортизация

Код	Наименование субъекта РФ	Численность персонала чел.	Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне:							Средняя индивидуальная доза мЗв / год чел.	Коллективная доза -Зв/год
			мЗв / год								
			0–1	1–2	2–5	5–12,5	12,5–20	20–50	>50		
52	Нижегородская область	2846	2640	160	41	5				0.58	1.64923
53	Новгородская область	510	417	70	12	7	4			1.06	0.54166
54	Новосибирская область	2760	1852	680	212	14	1			0.99	2.73377
55	Омская область	1920	595	1101	213	10	1			1.36	2.60959
56	Оренбургская область	2071	672	1058	300	40		1		1.45	3.00385
57	Орловская область	615	563	45	6	1				0.59	0.36174
58	Пензенская область	815	354	399	48	12	2			1.26	1.02923
59	Пермский край	3296	905	1590	650	55	96			2.05	6.74147
60	Псковская область	595	283	298	13	1				1.06	0.62855
61	Ростовская область	3293	1427	1673	145	48				1.19	3.91500
62	Рязанская область	995	898	75	13	8	1			0.74	0.74047
63	Самарская область	3433	2270	934	205	22	2			1.06	3.64375
64	Саратовская область	1814	1682	119	10	3				0.52	0.93501
65	Сахалинская область	809	647	117	43	2				0.66	0.53176
66	Свердловская область	4057	3144	624	239	45	5			0.94	3.79819
67	Смоленская область	634	152	452	21	9				1.25	0.79191
68	Тамбовская область	578	334	159	76	9				1.07	0.61612
69	Тверская область	694	444	159	83	8				1.13	0.78602
70	Томская область	1582	1269	233	71	9				0.76	1.20262
71	Тульская область	1273	1035	141	44	51	2			1.12	1.42469
72	Тюменская область	1414	1068	251	70	24	1			0.96	1.35564
73	Ульяновская область	902	869	21	7	5				0.47	0.42425
74	Челябинская область	3215	2180	945	68	22				0.97	3.12113
75	Забайкальский край	819	462	296	54	7				1.01	0.82927
76	Ярославская область	1005	773	187	42	1	2			0.88	0.87996
77	Москва	16309	8086	7678	503	40	2			1.02	16.57744
78	Санкт-Петербург	7768	3046	4230	331	133	28			1.30	10.13394
79	Еврейская автономная область	101	88	6	7					0.71	0.07143
83	Ненецкий автономный округ	238	166	65	6	1				0.74	0.17536
86	Ханты-Мансийский автономный округ	4483	2402	911	961	200	9			1.61	7.19537
87	Чукотский автономный округ	147	137	9	1					0.29	0.04224
89	Ямало-Ненецкий автономный округ	1805	730	444	433	182	16			2.17	3.91471

Распределение численности персонала по дозовым диапазонам в целом по Российской Федерации

Численность персонала, чел	Численность персонала (чел.), имеющего индивидуальную дозу в диапазоне:							Средняя индивидуальная доза мЗв / год	Коллективная доза чел.-Зв/год
	мЗв / год								
	0 – 1	1 – 2	2 – 5	5 – 12,5	12,5–20	20–50	>50		
134812	86925	38350	7722	1585	223	7		1.015	136.85405

Данные первичного учета индивидуальных доз персонала
Код по ОКЕИ: доза – 639

№ п/п	Сведения о персонале						Сведения об облучении				
	Идентификаторы						Эффективная доза, мЗв		Эквивалентная доза, мЗв		
	Цифровые			Прочие			Вид ИИ ⁴⁾	Доза от внеш-ного об-лучения	Доза от вну-треннего облучения	Часть тела ⁵⁾	Доза
	СНИЛС	Дата рождения	Код профессии ¹⁾	Наименование профессии ²⁾	Статус ³⁾	Пол (м, ж)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Данные первичного учета индивидуальных доз персонала содержатся в Федеральном банке данных по индивидуальным дозам облучения персонала организаций (ФБД ДОП), который ведется на базе ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора

Информация, содержащаяся в ФБД ДОП, прилагается в электронном виде.

ФБД ДОП зарегистрирован в государственном регистре баз данных, регистрационное свидетельство № 12278 от 20.03.2009 г.

^{1), 2)} – соответственно код профессии и ее наименование в соответствии с ОКПДТР «общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных размеров» ОК 016-94 с изменениями.

³⁾ – статус работника: записывается код, состоящий из двух позиций (первая – цифра от 1 до 5, вторая – буква А, Б или П,): 1 – работал весь отчетный год; 2 – прикомандирован в отчетном году (дозы указываются за все время прикомандирования), 3 – уволился (дозы указываются с начала года до увольнения); 4 – вышел на пенсию; 5 – умер.

А – персонал группы А, Б – персонал группы Б (в отношении которого проводилось ИДК), П – персонал, работающий с природными источниками ионизирующего излучения.

⁴⁾ – вид ионизирующего излучения (ИИ): 1 – рентгеновское, 2 – α -, 3 – β -, 4 – γ -излучения, 5 – нейтронное, 6 – другие, 7 – поступление радионуклидов в организм.

⁵⁾ – часть тела: 1 – хрусталик, 2 – кожа, 3 – кисти, стопы

Должностное лицо, ответственное за предоставление статистической информации (лицо, уполномоченное предоставлять статистическую информацию от имени юридического лица)	Вр.и.о. главного врача О.И. Аксенова	
	(должность)	(Ф.И.О.)
	(495) 954-15-00	E-mail: radgig@fcgie.ru
	(номер контактного телефона)	«29 « мая 2016 год
		(дата составления документа)

Приложение 2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ ГАРАНТИРУЕТСЯ ПОЛУЧАТЕЛЕМ ИНФОРМАЦИИ

Нарушение порядка представления статистической информации, а равно представление недостоверной статистической информации влечет ответственность, установленную статьей 13.19 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях

от 30.12.2001 № 195-ФЗ, а также статьей 3 Закона Российской Федерации от 13.05.92 № 2761-1 "Об ответственности за нарушение порядка представления государственной статистической отчетности"

СВЕДЕНИЯ О ДОЗАХ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МЕДИЦИНСКИХ РЕНТГЕНОРАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ за 2015 г.

Предоставляют:	Сроки предоставления	Форма № 3-ДОЗ
юридические лица, использующие источники ионизирующих излучений в медицинских целях:	1 апреля после отчетного периода	Приказ Росстата: Об утверждении формы от 16.10.2013 № 411 О внесении изменений (при наличии) от _____ № ____ от _____ № ____ Годовая
-органу управления здравоохранения субъекта Российской Федерации; - Федеральному медико-биологическому агентству, структурным подразделениям Министерства обороны Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации, Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Федеральной службы охраны Российской Федерации, Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков, Федеральной службы исполнения наказаний, Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации и Управления делами Президента Российской Федерации соответственно в Вооруженных Силах Российской Федерации, других войсках, воинских формированиях и органах, на объектах обороны и оборонного производства, безопасности, внутренних дел и иного специального назначения, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 05.06.2013 г. № 476 (по принадлежности)	1 мая после отчетного периода	
органы управления здравоохранения субъектов Российской Федерации: -ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте Российской Федерации	15 мая после отчетного периода	
ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъекте Российской Федерации:	1 июня после отчетного периода	
- управлению Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации управления Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации:	1 июля после отчетного периода	
- ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева»	1 июля после отчетного периода	
ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева»: - Роспотребнадзору		
Федеральное медико-биологическое агентство, структурные подразделения Министерства обороны Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации, Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Федеральной службы охраны Российской Федерации, Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков, Федеральной службы исполнения наказаний, Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации и Управления делами Президента Российской Федерации соответственно в Вооруженных силах Российской Федерации, других войсках, воинских формированиях и органах, на объектах обороны и оборонного производства, безопасности, внутренних дел и иного специального назначения, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 05.06.2013 г. № 476, сводный отчет: - Роспотребнадзору		

Наименование отчитывающейся организации

Почтовый адрес

Код формы по ОКУД Код отчитывающейся организации по ОКПО

0609311

*Раздел 1. Эффективные дозы облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований,
полученные на основании расчета*

(1000)

Код по ОКЕИ: единица- 642

	№ строки	Годовые коллективные дозы пациентов по видам процедур, чел.-Зв								Суммарная кол- лективная доза, чел.-Зв (сумма граф с 3 по 10)
		флюорограммы		рентгенограм- мы		рентге- носко- пии	компью- терные томогра- фии	специ- альные исследо- вания	прочие	
		пле- ночные	цифро- вые	пле- ночные	цифро- вые					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
органы грудной клетки	01	1 775	768	713	56	107	1 563	125	1,5	5 109
в т.ч. за счет профилактических процедур	02	1 309	548	72	10					1 939
конечности	03	0,13	0,08	106	14	2,3	3,8	16	0,05	142
шейные позвонки	04	2,9	0,92	211	7,4	0,05	107	11	0,29	341
грудные позвонки	05	1,6	0,38	349	8,9	0,05	150	2,9	0,03	512
поясничные позвонки	06	4,4	0,09	1 052	23	0,23	416	8,4		1 504
таз и бедро	07	2,9	0,22	708	21	0,23	591	6,1	0,26	1 330
ребра и грудина	08	3,4	0,32	261	8,1	0,74	0,08	0,14	0,01	274
органы брюшной полости	09			505	26	72	1 253	32	0,84	1 888
верхняя часть желудочно- кишечного тракта	10			268	14	162		11		455
нижняя часть желудочно- кишечного тракта	11			331	23	298		1,4		653
череп, челюстно-лицевая область	12	0,27	0,52	137	25	0,36	948	3,5	0,05	1 114
зубы	13			72	17		15		0,08	104
почки, мочевыводящая система	14			417	13	3,2	1,5	23	0,29	459
молочная железа	15			571	69					640
в т.ч. за счет профилактических процедур	16			372	43					415
прочие	17			14	1,6	1,7	30	193	0,39	240
Всего	18	1 791	771	5 714	326	647	5 078	434	3,8	14 764
Средние индивидуальные дозы, мЗв	19	0,40	0,05	0,14	0,03	2,9	3,8	5,6	0,79	0,20

Число процедур с рассчитанными дозами облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований

(1100)

Код по ОКЕИ: единица- 642

	№ строки	Количество процедур по видам, тыс. шт.								Суммарное количество процедур, (сумма граф с 3 по 10)	Общее количество проведенных исследований, тыс. шт.
		флюорограммы		рентгенограммы		рентгено-скопии	компьютерные томографии	специальные исследования	прочие		
		плеченочные	цифровые	плеченочные	цифровые						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
органы грудной клетки	01	4 437	15 366	7 133	1 857	71	261	21	1,2	29 146	25 199
в т.ч. за счет профилактических процедур	02	3 272	10 970	717	337					15 296	13 936
конечности	03	13	7,5	10 560	1 376	2,5	38	8,4	0,09	12 006	6 157
шейные позвонки	04	29	31	1 406	246	0,05	36	2,9	0,91	1 751	924
грудные позвонки	05	7,8	9,4	872	148	0,07	30	1,0	0,06	1 068	633
поясничные позвонки	06	4,4	0,87	1 503	290	0,46	76	2,0		1 876	1 108
таз и бедро	07	2,0	0,72	1 012	211	0,46	84	1,8	0,72	1 313	993
ребра и грудина	08	2,6	3,2	522	81	0,43	0,01	0,03	0,18	609	482
органы брюшной полости	09			459	128	18	179	4,7	0,23	789	619
верхняя часть желудочно-кишечного тракта	10			335	143	70		2,6		551	227
нижняя часть желудочно-кишечного тракта	11			331	114	58		0,81		505	182

ЕСКИД и радиационно-гигиеническая паспортизация

	№ строки	Количество процедур по видам, тыс. шт.								Суммарное количество процедур, (сумма граф с 3 по 10)	Общее количество проведенных исследований, тыс. шт.
		флюорограммы		рентгенограммы		рентгено-скопии	компьютерные томографии	специальные исследования	прочие		
		плечные	цифровые	плечные	цифровые						
череп, челюстно-лицевая область	12	1,3	3,1	2 731	613	0,13	474	1,3	0,08	3 825	3 031
зубы	13			7 226	5 514		149		0,72	12 890	11 109
почки, мочевыводящая система	14			695	134	2,1	0,40	6,8	0,19	839	434
молочная железа	15			5 706	1 388					7 094	2 619
в т.ч. за счет профилактических процедур	16			3 724	856					4 580	1 683
прочие	17			70	8,1	0,39	9,3	24	0,32	112	88
Всего	18	4 498	15 421	40 559	12 253	225	1 336	78	4,7	74 375	53 805

Раздел 2. Эффективные дозы облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований, полученные на основе контроля доз

(2000)

Код по ОКЕИ : единица- 642

	№ строки	Годовые коллективные дозы пациентов по видам процедур, чел.-Зв								Суммарная коллективная доза, чел.-Зв (сумма граф с 3 по10)
		флюорограммы		рентгенограммы		рентгено-скопии	компьютерные томографии	специальные исследования	прочие	
		плечо-ные	цифро-вые	плечо-ные	цифро-вые					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
органы грудной клетки	01	1 212	2 920	1 782	331	645	7 544	2 965	27	17 427
в т.ч. за счет профилактиче-ских процедур	02	1 037	2 431	158	44					3 670
конечности	03	0,02	0,34	209	79	47	38	117	7,4	498
шейные позвонки	04	1,6	3,4	378	57	5,1	447	65	0,45	957
грудные позвонки	05	0,05	0,94	704	82	3,6	541	22	0,50	1 354
поясничные позвонки	06		0,18	2 137	218	11	1 486	80	7,7	3 940
таз и бедро	07	0,04	0,05	1 260	142	13	1 909	58	9,1	3 391
ребра и грудина	08	0,04	0,66	401	45	0,65	26	0,04		473
органы брюшной полости	09		0,76	575	129	324	7 744	346	2,7	9 122
верхняя часть желудочно-кишечного тракта	10			518	121	1 226	154	38	0,91	2 057
нижняя часть желудочно-кишечного тракта	11			636	149	1 702	140	29	0,26	2 656
череп, челюстно-лицевая область	12	0,67	6,4	319	109	3,7	4 405	125	2,7	4 972
зубы	13		14	106	39	0,03	17	0,16	0,20	176
почки, мочевыводящая система	14			727	123	55	1 197	367	17	2 486
молочная железа	15			989	369					1 358
в т.ч. за счет профилактиче-ских процедур	16			737	146					884
прочие	17		0,41	73	31	84	629	1 944	38	2 799
Всего	18	1 215	2 948	10 812	2 023	4 120	26 276	6 158	115	53 666
Средние индивидуальные дозы, мЗв	19	0,33	0,05	0,14	0,04	2,5	3,9	5,6	0,80	0,27

2.1. Число процедур с измеренными дозами при проведении рентгенологических исследований

(2100)

Код по ОКЕИ: единица- 642

	№ строки	Количество процедур по видам, тыс. шт.								Суммарное количество процедур, (сумма граф с 3 по 10)	Общее количество проведенных исследований, тыс. шт.
		флюорограммы		рентгенограммы		рентгено-скопии	компьютерные томографии	специальные исследования	прочие		
		плечные	цифровые	плечные	цифровые						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
органы грудной клетки	01	3 725	62 930	15 173	9 016	507	1 428	502	24	93 306	73 789

ISDCR and Russian Federation radiation-hygiene passportization

	№ строки	Количество процедур по видам, тыс. шт.								Суммарное количество процедур, (сумма граф с 3 по 10)	Общее количество проведенных исследований, тыс. шт.
		флюорограммы		рентгенограммы		рентгено-скопии	компьютерные томографии	специальные исследования	прочие		
		плечевые	цифровые	плечевые	цифровые						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
в т.ч. за счет профилактических процедур	02	3 240	51 371	1 360	2 229					58 199	50 270
конечности	03	0,87	26	19 034	8 190	39	167	63	11	27 531	15 271
шейные позвонки	04	6,9	104	2 962	1 652	4,1	161	17	0,86	4 907	2 540
грудные позвонки	05	0,11	20	1 933	1 016	2,9	119	5,9	0,66	3 097	1 721
поясничные позвонки	06		2,5	3 410	1 860	8,6	279	19	22	5 601	3 100
таз и бедро	07	0,08	0,34	2 017	1 123	8,7	291	20	26	3 486	2 644
ребра и грудина	08	0,05	7,6	1 029	513	0,44	4,9	0,14	0,04	1 556	1 211
органы брюшной полости	09		3,1	750	571	119	1 044	59	1,6	2 548	2 002
верхняя часть желудочно-кишечного тракта	10		0,00	831	1 052	559	24	10	0,68	2 476	739
нижняя часть желудочно-кишечного тракта	11			759	720	371	20	6,1	0,49	1 877	564
череп, челюстно-лицевая область	12	1,3	69	5 271	3 218	4,7	2 560	27	18	11 169	8 409
зубы	13		9,2	9 002	8 554	4,7	183	2,1	11	17 766	14 819
почки, мочевыводящая система	14			1 455	883	32	220	119	9,7	2 719	1 453
молочная железа	15			11 470	6 563					18 033	6 195
в т.ч. за счет профилактических процедур	16			7 977	3 145					11 122	3 931
прочие	17		5,0	450	185	26	163	278	16	1 122	809
Всего	18	3 734	63 176	75 547	45 117	1 686	6 663	1 127	143	197 194	135 268

Раздел 3. Количество проведенных радионуклидных исследований и полученные при этом эффективные дозы облучения пациентов

(3000)

	№ стро-ки	Количество исследований, ед			Общее количество проведенных исследо-ваний, ед (сумма граф с 4 по 6)	Годовые коллективные дозы паци-ентов, чел.-Зв			Суммарная коллектив-ная доза, чел.-Зв (сумма граф с 7 по 9)	Средняя индиви-дуальная доза, мЗв
		Функцио-нальные исследо-вания	Сцинти-графии	Прочие		Функцио-нальные исследо-вания	Сцинти-графии	Прочие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Легкие	01	493	10 317	1 036	11 846	1,3	14	2,0	17	1,4
Сердце	02	1 876	25 980	2 171	30 027	9,1	86	7,6	102	3,4
Скелет	03	5,0	189 632	2 015	191 652	0,01	437	2,7	439	2,3
Желудочно-кишечный тракт	04	798	3 901	1 003	5 702	1,7	10,0	0,75	12	2,2
Головной мозг	05	3 030	1 668	1 032	5 730	11	10	0,84	22	3,8
Щитовидная железа	06	7 196	37 789	1 660	46 645	3,4	81	2,0	87	1,9
Почки	07	65 411	49 291	2 469	117 171	92	73	6,1	171	1,5
Печень	08	1 613	12 148	1 543	15 304	6,1	30	1,6	38	2,5
Прочие	09	3 464	18 879	36 421	58 764	8,0	48	274	330	5,6
Всего	10	83 886	349 605	49 350	482 841	133	787	297	1 218	2,5

ЕСКИД и радиационно-гигиеническая паспортизация

Руководитель организаци	Директор	Романович Иван Константинович	
	(должность)	(Ф.И.О. полностью)	(подпись)
Должностное лицо, ответственное за предоставление статистической информации (лицо, уполномоченное предоставлять статистическую информацию от имени юридического лица)	Научный сотрудник	Братилова Анжелика Анатольевна	
	(должность)	(Ф.И.О. полностью)	(подпись)
	(812)-233-48-43	bratilova@gmail.com	«13» июля ____ 2016 год
	(номер контактного телефона)	E-mail	(дата составления документа)

Приложение 3

ФЕДЕРАЛЬНОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ ГАРАНТИРУЕТСЯ ПОЛУЧАТЕЛЕМ ИНФОРМАЦИИ

Нарушение порядка представления статистической информации, а равно представление недостоверной статистической информации влечет ответственность, установленную статьей 13.19 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ, а также статьей 3 Закона Российской Федерации от 13.05.92 № 2761-1 "Об ответственности за нарушение порядка представления государственной статистической отчетности"

ВОЗМОЖНО ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

СВЕДЕНИЯ О ДОЗАХ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА за 2015 г.

Предоставляют:	Сроки предоставления	Форма № 4-ДОЗ
юридические лица, имеющие лаборатории радиационного контроля:	1 апреля года, следующего за отчетным годом	Приказ Росстата: Об утверждении формы
- ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии" в субъекте Российской Федерации	1 мая года, следующего за отчетным годом	от 16.10.2013 № 411
ФБУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии" в субъектах Российской Федерации:	15 мая года, следующего за отчетным годом	О внесении изменений (при наличии) от _____ № _____
- управлению Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации	1 июня года, следующего за отчетным годом	от _____ № _____
управления Роспотребнадзора по субъектам Российской Федерации:		Годовая
- ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева»		
ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева»:		
- Роспотребнадзору		
Наименование отчитывающейся организации	Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева»	
Почтовый адрес	197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д.8, Россия	
Код формы по ОКУД	Код	
	отчитывающейся организации по ОКПО	территории по ОКТО
0609312	01966503	73.10
		40288562000

Коды по ОКЕИ: тыс. человек – 792, единицы – 642, доза – 639

Субъект РФ ¹⁾	Код ²⁾	Число жителей, ³⁾ тыс. чел	Число измерений и мощность дозы ⁴⁾						Число измерений и ЭРОА района ⁵⁾						Годовая эффективная доза, мЗв/год																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
			МКЗв/ч			МК			ОМ			Д			МК			К-40			Кос-мика ⁷⁾			ВО ⁸⁾			Радон			Пища			Атм. Во-да ¹¹⁾			Полная ¹³⁾																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ

67

Субъект РФ ¹⁾	Код ²⁾	Число жителей, ³⁾ тыс. чел	Число измерений и мощность дозы ⁴⁾				Число измерений и ЭРОА района ⁵⁾				Годовая эффективная доза, мЗв/год													
			Число измерений и мощность дозы ⁴⁾		Число измерений и ЭРОА района ⁵⁾		Число измерений и мощность дозы ⁴⁾		Число измерений и ЭРОА района ⁵⁾		Число измерений и мощность дозы ⁴⁾		Число измерений и ЭРОА района ⁵⁾											
			Д	МК	Д	МК	Д	МК	Д	МК	Д	МК	Д	МК										
ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД	ЧИ	МЭД							
Саратовская область	64	2493,023	-	-	-	322	0,13	123	0,12	-	-	-	183	15,3	0,17	0,40	0,79	1,25	0,12	0,01	0,006	2,75		
Сахалинская область	65	488,391	1	0,08	-	-	3	0,10	162	0,07	1	4,5	-	3	3,0	0,17	0,40	0,52	0,39	0,12	0,01	0,006	1,62	
Свердловская область	66	4327,473	350	0,10	429	0,11	1748	0,10	10677	0,08	294	36,8	379	46,6	1467	0,17	0,40	0,61	2,76	0,12	0,01	0,006	4,07	
Смоленская область	67	958,630	-	-	-	-	911	0,14	1565	0,12	-	-	-	-	37	20,4	0,17	0,40	0,83	1,46	0,12	0,01	0,006	3,00
Тамбовская область	68	1062,421	-	-	10	0,11	453	0,10	125	0,13	-	-	10	37,4	478	0,17	0,40	0,67	2,46	0,12	0,01	0,006	3,83	
Тверская область	69	1304,745	619	0,12	1285	0,12	7394	0,10	2741	0,09	113	20,5	116	23,0	1688	0,17	0,40	0,64	1,48	0,12	0,11	0,006	2,93	
Томская область	70	1074,453	502	0,09	84	0,11	1544	0,11	1736	0,10	-	-	2	15,0	940	0,17	0,40	0,63	1,33	0,12	0,01	0,006	2,67	
Тульская область	71	1506,447	-	-	-	-	1165	0,12	552	0,12	-	-	-	871	31,7	0,17	0,40	0,73	2,22	0,12	0,10	0,006	3,74	
Туменская область	72	1454,626	-	-	-	-	24	0,11	7	0,10	-	-	-	24	8,8	0,17	0,40	0,64	0,69	0,12	0,01	0,006	2,04	
Ульяновская область*)	73	1262,549	4	0,10	6	0,10	22775	0,09	11401	0,09	-	-	-	403	10,0	0,17	0,40	0,59	0,77	0,13	0,02	0,006	2,08	
Челябинская область	74	3500,361	185	0,11	1128	0,12	16925	0,12	23108	0,12	37	33,3	122	37,8	4447	0,17	0,40	0,74	2,44	0,12	0,14	0,006	4,02	
Забайкальский край	75	1087,453	16	0,15	20	0,19	785	0,23	4011	0,15	120	133,8	-	-	599	96,4	0,17	0,40	1,18	7,38	0,12	0,12	0,006	9,38
Ярославская область	76	1271,912	-	-	-	-	5461	0,09	1542	0,09	-	-	-	840	30,3	0,17	0,40	0,56	2,12	0,12	0,01	0,006	3,39	
Москва	77	12197,596	-	-	-	-	591	0,11	2443	0,10	-	-	-	182	23,0	0,17	0,40	0,67	1,64	0,12	0,09	0,006	3,09	
Санкт-Петербург	78	5225,690	12	0,11	14	0,13	2227	0,13	347	0,13	12	21,8	14	19,2	1957	0,17	0,40	0,82	1,74	0,12	0,08	0,006	3,33	
Еврейская АО	79	167,254	42	0,17	20	0,16	117	0,17	50	0,14	42	140,3	20	82,9	117	164,0	0,17	0,40	1,02	9,67	0,12	0,01	0,006	11,40
Ненецкий АО	83	43,371	-	-	-	-	77	0,14	254	0,12	-	-	-	13	10,0	0,17	0,40	0,83	0,77	0,12	0,01	0,006	2,31	
Ханты-Мансийский АО	86	885,641	212	0,07	8	0,09	407	0,08	305	0,07	212	12,4	8	11,6	407	15,7	0,17	0,40	0,46	1,13	0,12	0,01	0,006	2,30
Чукотский АО	87	50,373	-	-	12	0,19	84	0,16	241	0,16	-	-	-	16	8,4	0,17	0,40	0,99	0,67	0,12	0,01	0,006	2,37	
Ямало-Ненецкий АО	89	534,105	10	0,14	-	-	143	0,09	559	0,07	10	14,6	-	-	143	10,9	0,17	0,40	0,68	0,98	0,12	0,01	0,006	2,37
Республика Крым*)	91	1937,185	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Севастополь*)	92	418,987	-	-	-	-	3400	0,11	9018	0,11	-	-	-	-	238	19,7	0,17	0,40	0,67	1,37	0,12	0,02	0,006	2,75
Российская Федерация		145824,713	8681	0,07- 0,17	12642	0,03- 0,19	160174	0,04- 0,23	217746	0,03- 0,16	4441	4,5- 193,1	5565	7,5- 89,3	3,0- 164,0	0,17	0,40	0,68	2,02	0,120	0,043	0,006	3,44	

*) – при заполнении Формы № 4-ДОЗ субъекта Российской Федерации единое программное обеспечение не использовалось.

1) Название субъекта Российской Федерации.

2) Код субъекта Российской Федерации.

3) Число жителей, проживающих в субъекте Российской Федерации.

4) Число проведенных измерений (ЧИ) мощности эквивалентной (экспозиционной) дозы в различных типах жилых домов (Д, 1К, МК) и на открытой местности (ОМ) и средние значения результатов измерений (МЭД).

5) Число проведенных измерений (ЧИ) эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона в воздухе помещений в различных типах жилых домов (Д, 1К, МК) и средние значения результатов измерений (ЭРОА).

6) Среднее значение годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет К-40.

7) Среднее значение годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет космического излучения.

8) Среднее значение годовой эффективной дозы внешнего облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет ингаляционного поступления природных радионуклидов с пылью.

9) Среднее значение годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет радона с учетом вклада материнских радионуклидов ²²⁰Rn и ²²²Rn.

10) Среднее значение годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет потребления пищи.

11) Среднее значение годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет потребления питьевой воды.

12) Среднее значение годовой эффективной дозы внутреннего облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет ингаляционного поступления природных радионуклидов с пылью.

13) Среднее значение суммарной годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона.

Среднее значение годовой эффективной дозы облучения за счет потребления питьевой воды

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Потреб- ление ³⁾ , кг/год	Число измерений и средняя удельная активность радионуклида в воде ⁴⁾ , мБк/кг												Годовая эффективная доза ⁶⁾ , мЗв/год		
			²²⁶ Ra	ЧИ	²²⁸ Ra	ЧИ	²¹⁰ Pb	ЧИ	²¹⁰ Po	ЧИ	²³⁸ U+ ²³⁴ U	ЧИ	ЧИ	ЧИ			
Российская Федерация		730	1150	0,1- 284,7	798	0,1- 182,4	805	0,5- 131,0	877	0,2- 85,0	704	1,0- 4250,0	10323	4,3- 90669,9	-	-	0,043

¹⁾ Название района, округа, муниципального образования и других территориальных единиц субъекта Российской Федерации, а также отдельных входящих в них населенных пунктов.

²⁾ 1 – город, 2 – поселок городского типа, 3 – сельский населенный пункт (деревня, село). Заполняется только для населенных пунктов.

³⁾ Среднее годовое потребление питьевой воды взрослыми жителями района (населенного пункта).

⁴⁾ Число проведенных измерений (ЧИ) удельной активности радионуклидов в воде источников питьевого водоснабжения жителей района (населенного пункта) и средние значения удельной активности i-го радионуклида в питьевой воде.

⁵⁾ Средние значения удельной активности других природных радионуклидов в питьевой воде, не перечисленных в таблице.

⁶⁾ Среднее значение годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет потребления питьевой воды.

Среднее значение годовой эффективной дозы облучения за счет потребления продуктов питания

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Продукт питания ³⁾	Пот- ребление ⁴⁾ , кг/год	Число измерений и средняя удельная активность радионуклида в продукте питания ⁵⁾ , мБк/кг												Годо- вая эффе- ктив- ная доза ⁶⁾ , мЗв/год
				ЧИ	²³⁸ U+ ²³⁴ U	ЧИ	²²⁶ Ra	ЧИ	²²⁸ Ra	ЧИ	²¹⁰ Pb	ЧИ	²¹⁰ Po	ЧИ	⁶⁾	
Российская Федерация		Хлеб	133,7	46	16-20	46	41-80	46	43-60	52	89-114	46	49-100	-	-	-
		Картофель	107,6	39	3-5	39	28-30	2	40	40	20-50	39	28-30	-	-	-
		Овощи	97,0	3	5	3	18	3	10	12	19-86	3	17	-	-	-
		Молоко	238,2	40	1-2	40	5-10	40	5-9	46	33-70	40	55-60	-	-	0,120
		Мясо	37,2	46	2	46	11-15	46	10	50	61-80	46	54-60	-	-	-
		Рыба	16,0	52	27-30	52	60-100	52	10	57	123- 234	52	180- 2000	-	-	-

¹⁾ Название района, округа, муниципального образования и других территориальных единиц субъекта Российской Федерации, а также отдельных входящих в них населенных пунктов.

²⁾ 1 – город, 2 – поселок городского типа, 3 – сельский населенный пункт (деревня, село). Заполняется только для населенных пунктов.

³⁾ Компонент рациона питания взрослых жителей района (населенного пункта).

⁴⁾ Среднее годовое потребление продукта питания взрослыми жителями района (населенного пункта).

⁵⁾ Число проведенных измерений (ЧИ) удельной активности радионуклидов в данном продукте питания жителей района (населенного пункта) и средние значения удельной активности i-го радионуклида в продукте питания.

⁶⁾ Средние значения удельной активности других радионуклидов в компоненте рациона питания, не перечисленных в таблице.

⁷⁾ Среднее значение годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей района (населенного пункта) за счет потребления компонента рациона питания.

Раздел 4. Годовые эффективные дозы облучения работников природными источниками излучения в производственных условиях

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Предприятие	Код пр-ва ³⁾	Число работников, которые подверга- ются облучению за счет ПИИ ⁴⁾	Доза, мЗв/год		Число работников с дозой более 5 мЗв/ год ⁵⁾
					мин.	макс. средняя	
Республика Северная Осетия-Алания Владикавказ	1	Открытое акционерное общество «Керамик»	26.1	14	0,19	0,19	0
Республика Северная Осетия-Алания Владикавказ	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью «Строймост»	45.21.2	24	0,17	0,18 0,17	0

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Предприятие	Код пр-ва ³⁾	Число работников, которые подверга- ются облучению за счет ПИИ ⁴⁾	Доза, мЗв/год		Число работников с дозой более 5 мЗв/ год ⁵⁾
					мин.	макс.	
Алтайский край Р-н Бийский район, Амурский	2	ООО «Карьер «Амурский»	45.21.2	4	0,51	0,63	0
Алтайский край Р-н Солтонский район, Ненинка	3	ООО «Солтонское ДРСУ»	45.21.2	5	0,46	0,59	0
Алтайский край Р-н г.Бийск, Бийск	1	ЗАО «Песчано-гравийный карьер»	45.21.2	4	0,37	0,45	0
Алтайский край г.Бийск, Бийск	1	ОАО «Бийскэнерго»	40	4	0,46	0,73	0
Алтайский край г.Бийск, Бийск	1	Станция обезжелезивания	41	4	0,46	0,60	0
Алтайский край г. Белокуриха, Белокуриха	1	Санаторий «Белокуриха»	41	4	0,70	0,82	0
Алтайский край Каменский район, Малтино	3	ОАО «Мальтинский каменный карьер»	26.7	5	0,66	0,72	0
Алтайский край Р-н Локтевский район, Масальский	3	ООО «Масальский ТВС»	41	3	0,49	0,57	0
Алтайский край Михайловский район, р.п.Малиновое Озеро	3	ООО «Торговый дом Малиновое озеро»	41	3	0,49	0,53	0
Алтайский край г.Славгород, Славгородское	3	ООО «ЖБИ»	45.21.2	3	0,49	0,60	0
Вологодская область Череповец	1	Муниципальное унитарное пред- приятие г. Череповца «Водоканал»	41	8	1,27	1,86	0
Вологодская область Череповец	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью «Соваль»	11	6	2,70	2,70	0
Вологодская область Череповец	1	Публичное акционерное производ- ство «Северсталь», сталеплави- льное производство	27	36	0,90	0,90	0
Воронежская область Воронеж	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью «РВК-Воронеж»	41	12	1,67	1,67	0
Воронежская область Р-н Павловский, Павловск	1	Открытое акционерное общество «Павловск Неруд»	14	61	0,27	0,28	0
Воронежская область Р-н Россошанский, Россошь	1	Открытое акционерное общество «Минудобрения»	24.15	12	0,26	0,32	0
Ивановская область Иваново	1	ООО ГУО ЖХХ 1	41	3	0,97	0,97	0
Ивановская область Иваново	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью НПО «Дорога»	45.21.54	9	1,45	1,49	0
Ивановская область Р-н Ивановский, с.Железнодорожный	3	Федеральное государственное казенное учреждение государ- ственного резерва «Комбинат «Зеленый» ООО «Восход»	41	55	1,77	2,05	0
Ивановская область Р-н Ивановский, д.Коляново	3	Федеральное государствен- ное бюджетное учреждение «Россельхозцентр»	24.15	10	1,17	1,32	0

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Предприятие	Код пр-ва ³⁾	Число работников, которые подверга- ются облучению за счет ПИИ ⁴⁾	Доза, мЗв/год		Число работников с дозой более 5 мЗв/ год ⁵⁾
					мин.	макс. средняя	
Калужская область Р-н Кировский, Киров	1	ЗАО «Кировская керамика»	26.2	12	1,19	1,19	0
Калужская область Р-н Бабынинский, Бабынино	1	ЗАО «Уракерам»	26.2	4	1,52	1,52	0
Мурманская область Ковдорский р-н, Ковдор	1	Акционерное общество «Ковдорский горнообогатитель- ный комбинат»	10	68	0,49	2,05	1,47
Мурманская область Ловозерский р-н, Ревда	2	Общество с ограниченной от- ветственностью «Ловозерский горнообогатительный комбинат»	10	296	1,15	3,78	3,06
Омская область Омск	1	Индивидуальный предпринима- тель Бриц Сергей Петрович	26.2	10	0,11	0,31	0,18
Омская область Омск	1	ООО «ПроектСтройКомплекс»	26.3	20	0,29	0,35	0,31
Омская область Омск	1	ООО «Стройсервис»	26.3	22	0,09	0,28	0,20
Орловская область Орёл	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью «Керама Мараци»	26.3	79	0,82	0,82	0,82
Пермский край Р-н Юсьвинский, Майкор	2	«РИТЭК-Уралойл» Открытое акци- онерное общество «РИТЭК»	11	3	0,34	0,34	0,34
Пермский край Р-н Ильинский, Ильинский	2	производственное предприятие «РИТЭК-Уралойл» Открытое акци- онерное общество «РИТЭК»	11	18	0,31	0,31	0,30
Ростовская область Шахты	1	ООО «Эсмальглас-Итака Русия»-	26.3	10	1,0	2,0	1,5
Ростовская область Шахты	1	ОАО «Стройфарфор»	26.3	10	1,0	2,0	1,5
Ростовская область Шахты	1	ОАО «РЭМЗ»	27	30	1,0	2,0	1,5
Ростовская область Таганрог	1	ОАО «Тагмет»	27	30	1,0	2,0	1,5
Ростовская область Семикапкорск	2	ЗАО «Аксинья»	26.2	15	1,0	1,0	1,0
Самарская область Отрядный	1	ОАО «Самаранефтегаз»	11	165	0,32	0,42	0,37
Сахалинская область Нолики	2	Компания «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани»	11	5	0,05	0,06	0,06
Сахалинская область Р-н Охинский, Одопу	3	Компания «Эксон Нефтегаз Лимитед»	11	12	0,05	0,05	0,05
Сахалинская область Р-н Углегорский, Никольское	3	ООО «Сахалинуголь»	10	5	0,10	0,10	0,10
Сахалинская область Р-н Углегорский, Шахтерск-2	3	ООО «Обогатительная фабрика»	10	2	0,08	0,08	0,08

Название района ¹⁾ (населенного пункта)	Код ²⁾	Предприятие	Код пр-ва ³⁾	Число работников, которые подверга- ются облучению за счет ПИИ ⁴⁾	Доза, мЗв/год			Число работников с дозой более 5 мЗв/ год ⁵⁾
					мин.	макс.	средняя	
Свердловская область ГО г. Нижний Тагил	1	ОАО «Уралхимпласт»	26.26	2	6,35	6,35	6,35	2
Свердловская область ГО Ревда	1	ОАО «Ревдинский завод по обра- ботке цветных металлов»	27	17	1,14	1,46	1,24	0
Свердловская область ГО Ревда	1	ОАО «Среднеуральский медепла- виный завод»	27	41	1,14	3,16	1,78	0
Тверская область Тверь	1	Открытое акционерное общество «ВНИИСВ»	41	15	0,26	1,66	0,84	0
Тверская область Тверь	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью «Тверская генерация» ТЭЦ-3	41	9	0,41	0,48	0,45	0
Тверская область Тверь	1	Общество с ограниченной ответ- ственностью Тверь Водоканал	41	5	2,29	2,29	2,29	0
Тверская область Р-н Конаковский, Конаково	1	Филиал «Конаковская ГРЭС» ПАО «Энел Россия»	40	30	0,21	0,44	0,39	0
Томская область Р-н Томский район, Октябрьское	3	Акционерное общество «Туганский горнообогатительный комбинат Ильменит»	14	7	0,16	1,43	0,56	0
Тульская область Р-н Новомосковский, Новомосковск	1	Общество с ограниченной от- ветственностью «КНАУФ ГИПС НОВОМОСКОВСК»	14	3	0,35	0,35	0,35	0
Челябинская область Златоуст	1	ЗАО «Златоустовский абразивный завод»	26.81	10	0,47	0,80	0,57	0
Российская Федерация			10, 11, 14, 24.15, 41, 40, 26.1, 26.2, 26.3, 26.26, 26.7, 26.81, 27, 45.21.2, 45.21.54					
		Число предприятий – 52		1244	0,05 – 6,35	0,05 – 6,35	0,05 – 6,35	2

¹⁾ Название района, округа, муниципального образования и других территориальных единиц субъекта Российской Федерации, а также отдельных входящих в них населенных пунктов.

²⁾ 1 – город, 2 – поселок городского типа, 3 – сельский населенный пункт (деревня, село). Заполняется только для населенных пунктов.

³⁾ Код производства принимается в соответствии с перечнем видов производства, на которых происходит облучение работников природными источниками излучения.

⁴⁾ Указывается число работников организации, которые подвергаются облучению природными источниками излучения (ПИИ). Конкретные рекомендации по отнесению работников орга-
низации к их числу приведены в инструкции по заполнению данной формы.

⁵⁾ Приводятся только данные о числе работников, которые подвергаются облучению природными источниками излучения в дозах более 5 мЗв/год, которые отнесены по условиям труда к персоналу группы А. Сведения о дозах облучения этих работников заносятся в отчетные формы федерального государственного статистического наблюдения № 1-ДОЗ «Сведения о дозах облучения лиц из персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений»

Перечень основных отраслей промышленности, на которых происходит облучение работников природными источниками излучения

Код ОКВЭД	Отрасль промышленности	Код ОКВЭД	Отрасль промышленности
10	Добыча каменного угля, бурого угля и торфа	26.7	Резка, обработка и отделка камня
11	Добыча сырой нефти и природного газа; предоставление услуг в этих областях	26.81	Производство абразивных изделий
13	Добыча металлических руд	27	Металлургическое производство

14	Добыча прочих полезных ископаемых	29	Производство машин и оборудования
14.50.23	Добыча природных абразивов, кроме алмазов, пемзы, наждака	31	Производство электрических машин и электрооборудования
24.15	Производство удобрений и азотных соединений	33.4	Производство оптических приборов, фото- и кинооборудования
26.1	Производство стекла и изделий из стекла	34	Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов
26.15.81	Производство оптических элементов из стекла без оптической обработки	40	Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды
26.2	Производство керамических изделий, кроме используемых в строительстве	41	Сбор, очистка и распределение воды
26.26	Производство огнеупоров	45.21.2	Производство общестроительных работ по строительству мостов, надземных автомобильных дорог, тоннелей и подземных дорог
26.3	Производство керамических плиток и плит	45.21.54	Производство общестроительных работ по строительству сооружений для горнодобывающей и обрабатывающей промышленности
Справочная информация:		Всего листов	12
Общее число измерений ЭРОА изотопов радона в воздухе на открытой местности на территории субъекта Российской Федерации		145824,713	тыс. чел. измерений
Среднее значение ЭРОА изотопов радона в воздухе на открытой местности на территории субъекта Российской Федерации по результатам всех измерений		6,5	Бк/м ³
Средства измерений:		МКТБ01, РГ01Т, РГГ-02Т, комплекс «Прогресс», комплекс «Прогресс Б-Г-Ар», РРА01М01, комплекс «Камера», радиометр «AlphaGUARD», комплекс «КСИОАР-01», экосиметры «ТРЕК-РЭИ», «ТРЕК-РЭИ-1М», МКС-01А «Мультирад-гамма»	
ОА радона в воздухе		РАА10, Рамон, РГА01Т, РГА02Т, Рамон01, Рамон-01М, РРА10, РАА-20П2 «Поиск», РАА-3-01 «Альфа АЭРО», Альфарад Плюс	
ЭРОА радона в воздухе		РАА10, Рамон, РГА01Т, РГА02Т, Рамон01, Рамон-01М, РРА10, РАА-20П2 «Поиск», РАА-3-01 «Альфа АЭРО», Альфарад Плюс	
ЭРОА торона в воздухе		ДРГ01Т, ДРГ01Т 1, ДБГ06Т, ДКГ «Греч», «Арбитр», ДКГ03Д, ДКСАТ1123, МКС-АТ1117М, МКС-АТ6130, МКС-АТ1125, ИСП-РМ1401, ДКС-96, ДРПБ-03, ДКГ-02У, ДКС-96П	
Мощность дозы			
Директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева»		И.К. Романович	
		(Ф.И.О.)	
		(подпись)	
Лицо, ответственное за составление формы		Т.А. Кормановская	
		(должность)	
(812) 2327463		30	2016
(номер контактного телефона)		мая	года
		(дата составления документа)	
		(подпись)	

История развития лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1987–2005 годы

И.П. Стамат, Э.П. Лисаченко, Н.А. Королева

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

Первые 5–7 лет рассматриваемого периода в истории лаборатории дозиметрии природных источников Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены пришлось на очень сложные времена, которые переживала вся страна. Резкое сокращение в середине 1990-х гг. финансирования Института потенциально создало угрозу потери наиболее энергичных и высокопрофессиональных специалистов среднего поколения. В этих условиях фактически единственным и, как оказалось в последующем, наиболее эффективным вариантом сохранения Института как целостного научного учреждения была организация Федерального радиологического центра под руководством А.Н. Барковского. В состав Федерального радиологического центра вошли все физические лаборатории, включая и лабораторию дозиметрии природных источников, при фактически полном отсутствии бюджетного финансирования. Тем не менее, как показано ниже, этот период деятельности лаборатории в итоге оказался наиболее плодотворным как по теоретическим и экспериментальным исследованиям, так и в плане разработки нормативных правовых и инструктивно-методических документов. За эти годы было разработано и внедрено в практику около 10 санитарных правил и гигиенических нормативов, более 20 методических документов, была создана система сбора данных по дозам природного облучения населения на базе отчетных форм федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ. На этот период приходится разработка и утверждение на правительственном уровне первой федеральной целевой программы «Радон» и радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий, в которых самое активное участие принимал Э.М. Крисюк. В эти же годы было обследовано большое количество предприятий неядерных отраслей, выполнены масштабные исследования уровней облучения населения отдельных территорий и др. В настоящей статье дана лишь краткая характеристика основных результатов, полученных в наиболее значимых направлениях научных исследований и практических разработок лаборатории в рассматриваемый период.

Ключевые слова: природные радионуклиды, предприятия неядерных отраслей, нефтегазовый комплекс, металлолом, производственная среда, производственные отходы, изотопы радона, минеральное сырье с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Введение

Начальный период становления лаборатории дозиметрии природных источников излучения ЛНИИРГ авторы рассмотрели в статьях [1, 2]. После 1987 г. лаборатория снова практически полностью переключилась на теоретические и экспериментальные исследования в области природной радиоактивности. Последующие пятнадцать лет стали ключевыми в накоплении объективной информации о проявлениях природных источников излучения в различных областях хозяйственной деятельности людей, в понимании процессов формирования радиационной обстановки на предприятиях неядерных отраслей промышленности. По мере накопления

экспериментальных данных и опыта постепенно пришло и понимание острой необходимости нормативно-правового и инструктивно-методического обеспечения радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения в производственных и коммунальных условиях. Эти годы стали исключительно плодотворными в деятельности лаборатории: было разработано более 10 санитарных правил и гигиенических нормативов, свыше 20 методических указаний и рекомендаций [3, 4]. Были получены обширные инструментальные сведения, характеризующие структуру доз и уровни облучения населения природными источниками излучения в производственных и коммунальных условиях. Наиболее значимые результаты деятельности лабо-

Стамат Иван Павлович

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: istamat@mail.ru

ратории в рассматриваемый период были достигнуты в следующих основных направлениях:

- нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения;
- нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли Российской Федерации;
- система инструктивно-методических документов для обеспечения внедрения в практику требований санитарных правил и гигиенических нормативов по ограничению облучения населения природными источниками излучения в производственных и коммунальных условиях;
- разработка Федеральной целевой программы снижения уровней облучения населения Российской Федерации за счет природных источников ионизирующего излучения;
- разработка и внедрение системы радиационно-гигиенической паспортизации и Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан;
- исследования структуры доз и уровней облучения населения и работников предприятий неядерных отраслей промышленности природными источниками излучения;
- аппаратно-методическое и метрологическое обеспечение измерений объемной активности (ОА) радона и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе для оценки доз облучения населения природными источниками излучения в производственных и коммунальных условиях.

Даже из простого перечисления видно, насколько расширилась область научной и практической деятельности лаборатории в этот период. Естественно, что исследования по большинству направлений велись параллельно, поэтому в изложении материала трудно было соблюдать строгую хронологию. Учитывая это, авторы старались, по возможности, придерживаться тематического единства, кратко характеризую основные достижения по каждому из этих направлений.

Нормативно-правовое обеспечение ограничения облучения населения природными источниками ионизирующего излучения

Первым в ряду нормативных документов стали разработанные под руководством Э.М. Крисюка «Временные критерии для организации контроля и принятия решений» (Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Временные критерии для принятия решения и организации контроля. Документ МЗ РСФСР № 43-10/796 от 5.12.1990 г.), которые были внедрены в практику в 1991 г. Следует отметить, что в этом документе цель нормирования воздействия природных источников излучения на население впервые сформулирована как ограничение доз облучения населения от природных источников до возможно низкого уровня. Временными критериями были введены ограничения на облучение населения за счет основных природных источников излучения: по мощности дозы гамма-излучения и среднегодовому значению ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений жилых зданий, а также эффективной

удельной активности природных радионуклидов ($A_{эфф}$) в строительном сырье и материалах.

Интересно отметить, что нормативы по ЭРОА изотопов радона в воздухе жилых зданий, принятые во Временных критериях (Документ МЗ РСФСР № 43-10/796 от 5.12.1990 г.), в последующем вошли в НРБ-96 практически без изменений. Однако уже в НРБ-99 было утеряно одно из важных требований к ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений, которое было введено во Временных критериях и НРБ-96. Уровень ЭРОА изотопов радона 400 Бк/м³ в воздухе эксплуатируемых жилых зданий во Временных критериях и НРБ-96 имел смысл предельного значения, при превышении которого должен был рассматриваться вопрос о переселении жильцов (с их согласия) и перепрофилировании зданий или части помещений. В НРБ-99 и НРБ-99/2009 это требование стало более мягким и фактически сформулировано как рекомендация. Незначительные изменения по сравнению с Временными критериями в последующем были внесены и в нормативы по $A_{эфф}$ в строительных материалах: для материалов III класса норматив был увеличен с 1350 до 1500 Бк/кг, а запрет на использование в строительстве введен только для строительного сырья и материалов с $A_{эфф}$ более 4000 Бк/кг.

Интересно, что принятые в документе «Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Временные критерии для принятия решения и организации контроля. МЗ РСФСР № 43-10/796 от 5.12.1990 г.» 25 лет назад в нашей стране нормативы по содержанию изотопов радона в воздухе помещений оказались близкими к современным рекомендациям Публикации 103 МКРЗ [5] и Международных основных норм безопасности [6] как по величине данного фактора, так и по идеологии их применения на практике.

С введением Временных критериев, начиная уже с НРБ-96, в российском нормировании постепенно происходит разделение требований по нормированию радиационной безопасности населения при воздействии природных и техногенных источников излучения. В законодательной форме это было закреплено в Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ введением отдельной Статьи 15 «Обеспечение радиационной безопасности при воздействии природных радионуклидов». В нее вошли фактически все современные требования по ограничению облучения населения природными источниками ионизирующего излучения в производственных и коммунальных условиях.

В НРБ-96 и НРБ-99 требования к защите от природного облучения в производственных условиях уже выделены отдельным разделом, а требования к ограничению природного облучения населения в коммунальных условиях сформулированы в отдельном подразделе. В последующем нормирование природного облучения населения становится все более самостоятельной областью нормативно-правового обеспечения радиационной безопасности населения. Логическим завершением этого стала разработка и утверждение в 2003 г. Санитарных правил СП 2.6.1.1292-03 (Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.6.1.1292-

03. Утверждены 18.04.2003), в которых впервые была введена современная классификация уровней облучения населения природными источниками излучения, основанная на реальных уровнях и структуре доз облучения населения в коммунальных условиях. Эти данные были собраны и обобщены по результатам радиационно-гигиенической паспортизации территорий и отчетных форм федерального государственного статистического наблюдения № 4-ДОЗ. Кроме того, в СП 2.6.1.1292-03 впервые были конкретизированы общие требования НРБ-99 к обеспечению радиационной безопасности работников для отдельных неядерных отраслей промышленности, в числе которых были выделены подземные производства, нефтегазовая и перерабатывающая отрасли. В них были также сохранены требования к ограничению облучения экипажей самолетов, которое классифицировалось как облучение работников природными источниками излучения в производственных условиях.

Следует отметить исключительно большой вклад в формулировку основных положений СП 2.6.1.1292-03 П.В. Рамзаева, Э.М. Крисюка и В.Я. Голикова (в то время – заведующего кафедрой РМАПО в Москве). Обсуждение отдельных пунктов проекта документа иногда могло длиться часами и завершиться лишь черновой формулировкой, которая в окончательной редакции часто становилась неузнаваемой.

Исследования процессов формирования радиационной обстановки в неядерных отраслях промышленности (в основном, в перерабатывающей отрасли, в металлургии, огнеупорной промышленности, производстве керамики и др.) постепенно привели к пониманию того, что для этих отраслей нужны отдельные санитарные правила, регламентирующие радиационную безопасность. Так, в 2000 г. появились Санитарные правила «Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов» (СП 2.6.1.798-99), в которых была учтена специфика формирования радиационной обстановки в этих отраслях промышленности. При разработке СП 2.6.1.798-99 впервые были обоснованы подходы к классификации минерального сырья и материалов, а также производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Довольно быстрому утверждению этого документа и внедрению его в практику радиационного контроля и осуществления санитарно-эпидемиологического надзора, по-видимому, способствовало то, что на рубеже веков началось интенсивное развитие отраслей промышленности, в которых минеральное сырье и материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов стали использоваться в огромных количествах.

В этот же период были разработаны и утверждены Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при заготовке и реализации металлолома (СанПиН 2.6.1.993-00). История разработки этого документа достойна того, чтобы посвятить ей отдельную статью. В рамках данной публикации дать полную характеристику тому методическому разнообразию, которое наблюдалось в этот период в области радиационного контроля металлолома, крайне трудно. На 1990-е гг. как раз пришелся максимум экспорта металлолома, которого в стране было много, но никто, кроме школьников, им до этого особенно не интересовался. С другой стороны,

именно в эти годы начала формироваться система таможенного контроля делящихся и радиоактивных материалов на границе, поэтому часто в металлоломе находили довольно серьезные радионуклидные источники.

Рабочая встреча специалистов в то время Госсанэпиднадзора, метрологов и практиков на базе ВНИИМ им. Д.И. Менделеева показала, что все участники рынка металлолома в стране к радиационному контролю металлолома подходят совершенно по-разному. Стало очевидным, что основной причиной этого является отсутствие критериев оценки металлолома по показателям радиационной безопасности и единых подходов к радиационному контролю металлолома.

Поэтому специалисты Института (А.Н. Барковский и И.П. Стамат) в оперативном порядке формулировали идеологию санитарных правил, выполняли расчеты по обоснованию критериев и нормативов оценки показателей радиационной безопасности металлолома. Естественно, что при разработке санитарных правил, а в последующем и методических указаний по радиационному контролю металлолома, учитывалось еще и довольно бедное на то время аппаратное обеспечение измерений. Нужно отметить, что, несмотря на крайне сжатые сроки разработки, СанПиН 2.6.1.993-00 был подготовлен вполне добротно, а сама идеология радиационного контроля и обеспечения радиационной безопасности металлолома в последующем показала свою высокую эффективность. При переработке этого документа уже в наше время изменения потребовались, в основном, в связи с введением новых нормативных требований и адаптацией его к современному парку аппаратуры и произошедшими за последние 15 лет изменениями в санитарном законодательстве страны.

Нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности нефтегазовой отрасли Российской Федерации

Описание истории исследований лаборатории в этом направлении выделено отдельно в силу того, что, во-первых, она начиналась значительно раньше рассматриваемого периода и, во-вторых, сама история создания и внедрения нормативно-правового обеспечения радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли представляет отдельный значительный интерес.

Нельзя сказать, что лаборатория дозиметрии природных источников была пионером в области исследований проблем радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли. Первые исследования на нефтепромыслах страны были выполнены сотрудниками радиохимической лаборатории Института еще в 1970 г. [7]. Наша лаборатория начала работы на нефтепромыслах с 1990 г. На нефтегазовых месторождениях Ставропольского края в районе Нефтекумск было обследовано более 100 объектов (Ю.В. Хрисанфов, В.Н. Киренков). А уже начиная с середины 1990-х гг. усилиями, в основном, специалистов лаборатории были выполнены масштабные исследования радиационной обстановки на нефтегазовых месторождениях в Самарской, Саратовской, Калининградской и Оренбургской областях, Ставропольском крае и др. Большинство ранних исследований радиационной обстановки на предприятиях нефтегазовой отрасли в значительной мере носили теоретический характер [7, 8].

В отличие от этого, в наших исследованиях, кроме теоретических аспектов проблемы, одновременно рассматривались и вопросы практического обеспечения радиационной безопасности в отрасли [9–13].

В результате были получены инструментальные данные о дозах облучения работников на различных технологических операциях добычи и первичной подготовки нефти и газа, изучены специфические особенности образования производственных отходов, содержащих природные радионуклиды, получены общие сведения о количестве накопленных отходов в отдельных нефтегазовых районах страны и их радиологических характеристиках. В этих исследованиях было показано, что образование производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов в цикле добычи и первичной подготовки нефти обусловлено выносом на дневную поверхность исключительно трех изотопов радия – ^{226}Ra из природного ряда ^{238}U , а также ^{224}Ra и ^{228}Ra из природного ряда ^{232}Th [3, 14]. Было установлено, что удельная активность материнских радионуклидов в этих рядах оказалась на 3–4 порядка ниже удельной активности соответствующих изотопов радия, то есть вековое радиоактивное равновесие в рядах ^{238}U и ^{232}Th в производственных отходах нефтегазовой отрасли резко нарушено. Основными источниками загрязнения технологического оборудования и окружающей среды природными радионуклидами при добыче и первичной подготовке нефти и газа являются отложения природных радионуклидов, содержащихся в промысловых водах, на внутренней поверхности нефтегазопромыслового оборудования, а также утечки и сбросы промысловых вод на поверхность земли.

Результаты наших исследований были опубликованы в целом ряде статей [9, 11–13], доложены и обсуждены на форумах, посвященных проблемам топливно-энергетического комплекса России [10, 13]. Постепенно стало очевидным, что процессы формирования радиационной обстановки на предприятиях нефтегазовой отрасли, обусловленные выносом гигантских количеств изотопов радия и образованием производственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов, имеют принципиальные отличия от большинства других предприятий неядерных отраслей. Вследствие этого и нормативно-правовое регулирование радиационной безопасности в этой отрасли требовало специальных подходов.

Учитывая это, в 2001 г. в Министерстве энергетики Российской Федерации было проведено рабочее совещание, посвященное вопросам нормирования радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли. Инициатором совещания были наш Институт (Э.М. Крисюк, А.Н. Барковский, И.П. Стамат) и Управление радиационной безопасности Министерства энергетики Российской Федерации, которое возглавлял тогда А.Д. Шрамченко. Участниками совещания были также представители основных на то время нефтегазодобывающих компаний. Совещание проходило довольно тяжело, однако благодаря научным аргументам Института, которые в основном излагал Э.М. Крисюк, и неумной энергии и авторитету А.Д. Шрамченко по итогам совещания было принято решение о необходимости разработки специальных нормативных документов по регулированию радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли. Более того, нефтегазодобывающие компании даже согласились финан-

сировать разработку этих документов, что было исключительно важно в тот период.

Так, за довольно короткий период были дважды разработаны и утверждены санитарные правила, регламентирующие радиационную безопасность в нефтегазовой отрасли. В 2002 г. введены в действие СанПиН 2.6.6.1169-02 «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации». А уже в следующем году были утверждены СП 2.6.1.1291-03 «Санитарные правила по обеспечению радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России», основной целью которых было введение в действие системы критериев, правил и требований, гарантирующих обеспечение радиационной безопасности населения и работников предприятий отрасли. Принципиально новыми в указанных документах являются следующие основные положения.

Во-первых, в СанПиН 2.6.6.1169-02 впервые была обоснована и введена классификация производственных отходов предприятий неядерных отраслей промышленности по величине эффективной удельной активности природных радионуклидов $A_{\text{эфф}}$.

Во-вторых, были получены формулы расчета величины $A_{\text{эфф}}$ для специфических условий формирования радионуклидного состава производственных отходов нефтегазовой отрасли, когда в рядах ^{238}U и ^{232}Th отсутствуют материнские изотопы, а радиоактивность отходов исходно обусловлена поступлением в них только трех изотопов радия – ^{226}Ra , ^{224}Ra и ^{228}Ra .

В-третьих, в СанПиН 2.6.6.1169-02 также впервые были введены общие требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с производственными отходами II категории с $A_{\text{эфф}}$ свыше 1,5 Бк/г до 10,0 кБк/кг. А для производственных отходов III категории с большим содержанием природных радионуклидов требования по обеспечению радиационной безопасности были сформулированы «как с низкоактивными радиоактивными отходами». Такая формулировка фактически означала, что в нефтегазовой отрасли традиционные РАО в строгом понимании этого термина, согласно НРБ-99, не образуются. Принципиально это соответствовало и определению радиоактивных отходов (РАО) в СПОРО-2002, в пункте 1.4 которых указано, что эти правила не распространяются на производственные отходы с повышенным содержанием природных радионуклидов, а в пункт 3.1 перечислены источники образования РАО.

Наконец, в СанПиН 2.6.6.1169-02 впервые было введено требование к обследованию территорий проектируемых предприятий до начала разработки месторождений с оценкой их основных радиационно-гигиенических характеристик: мощность дозы гамма-излучения, содержание природных радионуклидов в поверхностных слоях почв и воде ближайших рек и озер и др. В дальнейшем, при прекращении эксплуатации предприятий в проекте реабилитации территорий требовалось предусмотреть мероприятия по реабилитации территорий с нормализацией параметров радиационной обстановки до значений, максимально близких к их исходным уровням.

Следует отметить, что СанПиН 2.6.6.1169-02 были разработаны и утверждены до появления аналогичного

документа МАГАТЭ [14], посвященного радиационной защите при обращении с производственными отходами нефтегазовой отрасли, в котором эти отходы еще именовались радиоактивными.

Система инструктивно-методических документов по радиационному контролю природных источников ионизирующего излучения

Одновременно с нормативно-правовыми документами шла разработка и инструктивно-методического обеспечения радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения в производственных и коммунальных условиях. За рассматриваемый период специалистами лаборатории было разработано и внедрено в практику радиационного контроля более 20 методических документов [3, 4]. Одни из них, такие как Методические рекомендации «Оценка пыле-радиационного фактора при работе с неурановым минеральным сырьем» (1988 г.), Методические рекомендации МР № 11-2/221-09 «Радиационный контроль на предприятиях огнеупорной промышленности» (2000 г.) и др. были призваны решать вопросы радиационного контроля в отдельных отраслях промышленности. Ряд других документов, таких как МР № 11-2/206/09 «Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения (2000 г.), МР № 11-02/283-09 «Форма государственного статистического наблюдения № 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона» (2001 г.) и др. имели более широкую область распространения.

В рамках одной статьи трудно охарактеризовать всю систему методических документов, поэтому остановимся на тех из них, которые, на наш взгляд, оказали наибольшее влияние на обеспечение радиационной безопасности населения в нашей стране. С введением Временных критериев и последующим утверждением НРБ-96 и принятием Закона о радиационной безопасности населения возникла острая необходимость в методическом инструментарии по контролю соответствия жилых и общественных зданий установленным гигиеническим нормативам. Причем этот инструментарий должен был опираться на достаточно бедный на тот период времени парк средств измерений в стране.

И если с контролем зданий по мощности дозы гамма-излучения все обстояло вполне удовлетворительно, в целом, была понятна и технология определения среднегодовых значений ЭРОА в существующих зданиях, то оценка ЭРОА изотопов радона во вновь построенных зданиях оказалась исключительно непростой. Дело в том, что на тот период инструментальные сведения о сезонной изменчивости содержания радона в воздухе зданий были единичными, т.к. большинство этих данных было получено для модельных домов. Тем не менее, коллективу авторов Методических указаний МУ 2.6.1.715-98 «Проведение радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий» удалось найти оригинальное решение, которое обеспечивало возможность оценки среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе новых зданий. Это решение было основано на использовании понятия «оценка максимального значения среднегодовой ЭРОА изотопов радона в воздухе» с учетом коэффициентов сезонности при раз-

ной длительности измерений. Как показала практика применения МУ 2.6.1.715-98, эти коэффициенты имели достаточно большой запас, что иногда создавало определенные трудности при сдаче в эксплуатацию жилых домов и общественных зданий. Однако десятилетний период применения МУ 2.6.1.715-98 показал, что практически все вновь построенные за этот период здания жилищного и общественного назначения соответствовали установленному гигиеническому нормативу по ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений [15].

В числе методических документов, которые были разработаны в рассматриваемый период и сыграли значительную роль в обеспечении радиационной безопасности населения, отметим методические указания МУ 2.6.1.1088-02 «Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения», МУ 2.6.1.1868-04 «Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в том числе продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга», МУК 2.6.1.1087-02 «Радиационный контроль металлолома» и др.

Федеральная целевая программа «Радон»

В последние два десятилетия прошлого века во многих зарубежных странах начинались обширные национальные программы исследования по оценке уровней облучения населения за счет радона в воздухе помещений, содержания природных радионуклидов в источниках питьевого водоснабжения, эпидемиологические исследования по оценке последствий облучения населения радона в жилых домах и на различных производствах [16–18]. Однако большинство национальных программ, охватывая с разной степенью детализации всю страну, главным образом, были направлены на исследование проблем обеспечения радонобезопасности жилых домов.

В нашей стране постепенно также накапливались инструментальные сведения об уровнях облучения населения за счет природных источников излучения как на разных производствах (подробнее будет сказано ниже), так и в коммунальных условиях. Однако эти данные были в значительной мере разрозненными, измерения выполнялись различными методами с использованием самого разного, зачастую кустарно изготовленного оборудования в условиях крайне слабо развитой метрологии и редко были сопоставимы между собой. Со временем стало очевидным, что решение проблем обеспечения радиационной безопасности населения при воздействии природных источников излучения, как на территории отдельных субъектов Российской Федерации, так и в целом по стране, возможно только в рамках национальной целевой программы.

Постановлением Правительства Российской Федерации № 809 от 06.07.1994 г. была утверждена Федеральная целевая программа снижения уровней облучения населения Российской Федерации за счет природных источников ионизирующего излучения (ФЦП «Радон»). В отличие от большинства национальных программ в зарубежных странах, ФЦП «Радон» с самого начала формировалась как комплексная программа. В рамках этой программы предусматривались мероприятия по различным направлениям ее правового

го, научно-методического и аппаратного обеспечения, метрологического сопровождения и практической реализации.

В числе основных направлений ФЦП «Радон» достаточно назвать аппаратно-методическое и метрологическое обеспечение радиационного контроля, разработку инженерно-строительных мероприятий по снижению содержания изотопов радона в воздухе зданий, адресные программы радиологических обследований на территориях с повышенной потенциальной радоноопасностью, эпидемиологические исследования, мероприятия по снижению неблагоприятных медицинских последствий облучения населения и ряд других.

Постановлением правительства № 809 от 06.07.1994 г. органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации было предписано разработать региональные целевые программы «Радон» и осуществлять их финансирование за счет бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов и внебюджетных источников. В целом ряде субъектов Российской Федерации такие региональные целевые программы «Радон» были разработаны, утверждены и постепенно стали реализовываться. Однако уже менее чем через два года после утверждения ФЦП «Радон» при рассмотрении хода ее реализации на заседании Правительственной комиссии 28.02.1996 г. было отмечено, что выполнение программы фактически сорвано из-за крайне неудовлетворительно-го ее финансирования.

Несмотря на такой короткий период существования ФЦП «Радон», она сыграла определенную роль в том, что основные требования по ограничению облучения населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения вошли отдельной статьей 15 в Федеральный закон «О радиационной безопасности населения», который был принят в 1996 г.

Радиационно-гигиеническая паспортизация территорий и ЕСКИД

Уже в следующем 1997 г. вышли два постановления Правительства Российской Федерации: № 93 «О порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий» от 28.01.1997 г. и № 718 «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» от 16.06.1997 г. Для реализации постановления Правительства Российской Федерации от 28.01.1997 г. № 93 в короткое время была разработана форма радиационно-гигиенических паспортов организаций (РГПО) и территорий (РГПТ). Одновременно были разработаны и утверждены Методические указания «Порядок заполнения и ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий» (опубликованы в сборнике официальных документов «Радиационно-гигиеническая паспортизация организаций и территорий». СПб, 1998. С. 17–61).

В радиационно-гигиенических паспортах территорий содержится раздел, характеризующий средние по субъектам Российской Федерации уровни облучения населения за счет природных источников излучения в коммунальных условиях. Формы РГПО и РГПТ и порядок их заполнения были разработаны рабочей группой, в состав которой от Института входили М.И. Балонов, А.Н. Барковский,

Е.В. Иванов, Э.М. Крисюк, П.В. Рамзаев, А.Н. Либерман, А.И. Тихонова и В.Н. Шутов. Разработчиком единого программного обеспечения радиационно-гигиенической паспортизации, а в дальнейшем и Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) был Н.К. Барышков.

Уже в 1999 г. появился первый «Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации» за 1998 г. Через год был собран уже достаточно богатый материал, и по итогам радиационно-гигиенической паспортизации за 1999 г. подготовлен первый справочник «Дозы ионизирующего излучения населения Российской Федерации в 1999 году», который в последующем стал публиковаться регулярно. Как это часто бывает в масштабных проектах, в начальный период информация о дозах облучения населения за счет природных источников излучения в первых радиационно-гигиенических паспортах была довольно скромной. Но не нужно забывать, что в этот период и средства измерений для радиационного контроля природных источников излучения в стране были достаточно скромными как по количеству, так и по их возможностям. Возможно, что введение радиационно-гигиенической паспортизации и в последующем ЕСКИД в определенной мере послужило также и оживлению на рынке средств измерений в стране.

Во исполнение Постановления Правительства Российской Федерации от 16.06.1997 г. № 718 приказами Минздрава Российской Федерации от 31.07.2000 г. № 298 и от 27.06.2001 г. № 224 в нашей стране был создан Федеральный банк данных по дозам облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона (ФБДОПИ). Начиная с 2001 г., ФБДОПИ функционирует в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан на базе нашего Института под руководством Т.А. Кормановской.

В отличие от методологии радиационно-гигиенической паспортизации и подсистем ЕСКИД на базе отчетных форм федерального статистического наблюдения № 1-ДОЗ, № 2-ДОЗ и № 3-ДОЗ, региональные и федеральный банки по дозам облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона на базе отчетной формы № 4-ДОЗ с самого начала была реализована как кумулятивная. Это связано с тем, что по данным измерений за 1–2 года оценить дозы природного облучения населения субъекта Федерации невозможно в принципе. Поэтому измерительная информация за каждый отчетный год добавляется в общий массив данных, так что со временем, по мере увеличения его объема, оценки структуры доз и уровней облучения населения отдельных субъектов Российской Федерации и страны в целом становятся все более достоверными.

Более подробно эти вопросы мы планируем обсудить в следующей публикации, которая охватывает последнее десятилетие деятельности лаборатории. Здесь только укажем, что по итогам сбора сведений в рамках ФБДОПИ уже за первые 2 года стало очевидным, что классификация уровней природного облучения населения в коммунальных условиях, введенная в ОСПОРБ-99, является не совсем корректной. В реальности средние дозы облучения населения оказались примерно в два раза выше, чем 2 мЗв/год. Поэтому при подготовке первых санитарных

правил по ограничению природного облучения населения СП 2.6.1.1292-03 она была пересмотрена и приняла современную формулировку, которая в последующем вошла в ОСПОРБ-99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10. Согласно современным представлениям, степень радиационной безопасности населения характеризуют эффективные дозы облучения населения от всех основных природных источников излучения.

Для Российской Федерации при эффективных дозах населения менее 5 мЗв/год уровень природного облучения считается приемлемым, при дозах свыше 5 до 10 мЗв/год – повышенным, а при более высоких дозах (свыше 10 мЗв/год) облучение населения считается высоким.

Исследования по оценке уровней облучения населения и работников предприятий неядерных отраслей природными источниками излучения

На этот период приходятся масштабные исследования лаборатории по оценке доз облучения работников предприятий неядерной отрасли. В числе обследованных до 1991 г. были предприятия горнодобывающей и перерабатывающей отраслей практически по всей территории бывшего СССР. В последующий период эти исследования проводились на территории Российской Федерации, а в период после 1996 г. специалисты лаборатории неоднократно выезжали на горнодобывающие и перерабатывающие предприятия КНР, которые поставляли в Российскую Федерацию огнеупорную продукцию, абразивные материалы и т.п. с повышенным содержанием природных радионуклидов. Общее представление о

географии работ лаборатории по обследованию производственных предприятий и уровней природного облучения населения в жилых и общественных зданиях в эти годы дает рисунок.

В общей сложности за этот период было обследовано более 100 горнодобывающих предприятий (шахты и рудники по добыче золота, серебра, полиметаллов, руд цветных металлов, минералов и т.д.) и обогащательных производств, около 10 заводов по производству огнеупоров. Обследовано около 20 предприятий по производству керамических изделий с использованием компонент с повышенным содержанием природных радионуклидов, более 20 нефтегазодобывающих предприятий в Калининградской, Оренбургской, Самарской и Саратовской областях и Ставропольском крае. Также были обследованы десятки месторождений природных строительных материалов, ряд предприятий черной и цветной металлургии и т.д.

В тех случаях, когда на обследуемых предприятиях использовались термические процессы и/или химические технологии, как и прежде, работы проводились совместно с сотрудниками радиохимической лаборатории института. В необходимых случаях по результатам обследования разрабатывались конкретные рекомендации по улучшению радиационной обстановки на предприятиях. Анализ и обобщение результатов изучения радиационной обстановки на предприятиях горнодобывающей отрасли сделан М.В. Терентьевым в кандидатской диссертации (1990 г.), посвященной проблемам обеспечения радиационной безопасности шахтеров неядерной отрасли [19].



Рис. География работ лаборатории в период 1987–2005 гг.
[Fig. Geography of the Laboratory's activities in 1987–2005]

Подробный анализ результатов радиационного обследования предприятий горнодобывающей отрасли содержится в [20].

В 1990-е гг. специалистами лаборатории была выполнена большая работа по исследованию процессов формирования радиационной обстановки на строящемся Северо-Муйском тоннеле Байкало-Амурской магистрали. Было установлено, что основными источниками поступления радона в воздух тоннелей были вода и, в меньшей степени, массив окружающей породы. Анализ формирования радиационной обстановки в строящемся тоннеле позволил обосновать систему мероприятий по обеспечению радиационной безопасности работников. В итоге этих исследований в 1999 г. Р.П. Терентьевым была подготовлена и защищена кандидатская диссертация, посвященная обеспечению радиационной безопасности при строительстве транспортных тоннелей [21].

Анализ информации, получаемой при обследовании предприятий неядерных отраслей промышленности, позволил выявить ряд специфических особенностей использования на многих предприятиях больших объемов минеральных материалов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Причем минеральное сырье и материалы с повышенным содержанием природных радионуклидов, используемые на многих предприятиях, как правило, были импортными. Это и бокситы, применяемые в производстве огнеупоров, и шлифовальные порошки для оптического производства, и полировочные пасты, и ряд красителей для керамического производства, и абразивные материалы и изделия и т.п. В наших исследованиях была установлена необходимость оценки радиационной обстановки при использовании на различных предприятиях цирконовых материалов (часто высокодисперсных), характеризующихся повышенным содержанием природных радионуклидов. Заметим, что отчет МАГАТЭ [22], посвященный этой проблеме, был опубликован только в 2007 г. Как отмечалось выше, для обеспечения радиационной безопасности при обращении с такими материалами были разработаны Санитарные правила «Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием природных радионуклидов» (СП 2.6.1.798-99).

В ходе ранее выполненных исследований для ряда минеральных материалов была выявлена зависимость удельной активности природных радионуклидов от дисперсности и обогащения производственной пыли природными радионуклидами по сравнению с перерабатываемыми материалами [2]. Результаты этих исследований легли в основу методических рекомендаций «Оценка пылерадиационного фактора (ПРФ) при работе с неурановым минеральным сырьем» (1988 г.). Это было важно, поскольку, как показал наш практический опыт, в условиях производств, связанных с добычей, переработкой и использованием минерального сырья, облучение за счет этого фактора практически нигде не контролировалось из-за отсутствия методических документов по организации контроля. В 1997 г. специалистами лаборатории была сделана оценка поступления природных радионуклидов в окружающую среду с отходами и выбросами неурановых предприятий [23]. Материалы МАГАТЭ по этим вопросам появились значительно позже [24].

В завершение описания этого направления деятельности лаборатории несколько подробнее остановимся

на одной из самых интересных работ, которая по не зависящим от нас обстоятельствам осталась незавершенной. В 1986 г. сотрудники лаборатории В.И. Пархоменко и Э.П. Лисаченко по заданию Минздрава РСФСР выехали в поселок Акчатау Карагандинской области Казахской ССР для проведения предварительного обследования и оценки радиационной обстановки на руднике по добыче закрытым способом вольфрамовых и молибденовых руд. Уже из первых результатов измерений стало очевидным, что на данном предприятии необходимо провести детальное обследование для изучения закономерностей формирования радиационной обстановки. В последующие два года под руководством М.В. Терентьева специалисты лаборатории (Р.П. Терентьев, Н.А. Королева, Е.В. Некрасов, А.В. Колотвина, И.Г. Матвеева и др.) провели комплексное радиационное обследование предприятия. Были выполнены измерения объемной активности радона и дочерних продуктов радона и торона в рудничном воздухе, мощности дозы гамма-излучения на рабочих местах. Были отобраны образцы руд и вмещающих пород, в которых определялась удельная активность природных радионуклидов. Основным методом исследования баланса радона в воздухе являлась радоновая съемка, суть которой заключалась в определении дебита радона-222 отдельных горных выработок и рудника в целом путем проведения измерений объемной активности радона и скорости движения воздуха в выбранных пикетах. В итоге были установлены основные закономерности формирования радиационной обстановки на руднике, что позволило обосновать радонозащитные мероприятия.

Анализ результатов измерений основных радиационных факторов позволил определить их вклад в суммарную эффективную дозу облучения шахтеров. Ведущим радиационным фактором на предприятии являлись дочерние продукты радона. Этот вывод позволил в дальнейшем сосредоточить основные усилия на изучении закономерностей формирования радиационной обстановки за счет поступления в рудничную атмосферу радона и ДПР. Анализ полученных данных позволил обосновать мероприятия по снижению содержания радона в воздухе рудника, которые оказались достаточно эффективными. Если до проведения защитных мероприятий в руднике годовые эффективные дозы облучения горняков за счет основных радиационных факторов достигали 1300 мЗв, то после их реализации они снизились более чем в 10 раз, хотя на отдельных рабочих местах все еще составляли до 120 мЗв.

Параллельно с работами на руднике вплоть до 1991 г. с целью оценки доз облучения населения поселка было проведено более 250 измерений объемной активности радона и его короткоживущих дочерних продуктов распада в жилых домах, детских учреждениях и административных зданиях. Среднее значение эквивалентной равновесной объемной активности радона в обследованных жилых помещениях составило 440 Бк/м³ при максимальных значениях, достигающих 60 000 Бк/м³. Были проведены более детальные исследования с целью выявления источников поступления радона в воздух жилых помещений. Основными источниками поступления радона в здания оказались почва под ними, обладающая высокой эманирующей способностью, и отдельные виды строительных материалов с повышенным содержанием природных ра-

дионуклидов, также обладающие высокой эманулирующей способностью (саман, природный камень, песок из хвостов обогащения руд и др.).

Были разработаны рекомендации по ограничению поступления радона в помещения из почвы под зданием. В качестве радонозащитного материала для ограничения притока радона применялся линолеум для покрытия полов с заделкой щелей под плинтусами синтетическим каучуком или битумно-вазелиновой смесью. В результате таких простейших мероприятий в некоторых случаях удавалось снизить значения ЭРОА радона в помещениях до 10 раз. В двух домах из погребов, имевших выход в жилые помещения, были установлены вентиляционные трубы с выводением их до уровня крыши. При установке в вентиляционной трубе бытового вентилятора удавалось снизить значения ЭРОА радона в 5–10 раз. Это был наш первый опыт работы по проведению радонозащитных мероприятий на руднике и в жилых домах.

Учитывая исключительно высокие уровни облучения населения поселка за счет радона в домах и на производстве, были запланированы специальные исследования по изучению неблагоприятных медицинских последствий облучения населения. С этой целью была сформирована бригада специалистов во главе с Е.В. Ивановым, которая даже успела эти работы начать. Однако в 1991 г. все работы в поселке с участием Института были прекращены.

В этот же период были начаты масштабные исследования уровней облучения населения Ханты-Мансийского автономного округа за счет природных источников излучения в коммунальных условиях, которые продолжались около 10 лет. Довольно большая аналогичная работа была выполнена в Санкт-Петербурге, Ленинградской области и Алтайском крае, в которой участвовали специалисты нескольких организаций. Правда, на Алтае проводились в основном исследования по оценке доз облучения населения за счет радона в жилых домах. Тогда же были начаты работы по комплексному радиационному обследованию уровней природного облучения жителей г. Балей Забайкальского края, которые были завершены только в 2008 г. Проблема природного облучения жителей г. Балей заслуживает отдельного рассмотрения, поэтому мы на ней здесь останавливаться не будем.

Аппаратурно-методическое и метрологическое обеспечение измерений ОА радона и ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений

Одним из основных направлений деятельности лаборатории в рассматриваемый период, как и ранее, были аппаратурно-методические разработки, к которым вплотную примыкала еще и проблема метрологического обеспечения измерений. Довольно подробно деятельность лаборатории в области разработки средств и методов измерений ОА радона и ЭРОА изотопов радона в воздухе рассмотрена в [3, 25]. Поэтому несколько подробнее здесь рассмотрим только вопросы метрологического обеспечения этих измерений, которое в настоящее время, на наш взгляд, все еще остается одним из наиболее уязвимых мест в радиометрии радона.

В основу государственной системы обеспечения единства измерений ОА аэрозолей ДПР ранее был положен ГЭТ 39-78 по ГОСТ 8.090-79 (ГОСТ 8.090-79. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема

для средств измерений объемной активности радиоактивных аэрозолей). Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 января 2015 г. № 129 эталону ГЭТ 39-78 после усовершенствования был присвоен номер ГЭТ 39-2014 при сохранении действия ГОСТ 8.090-79. Поверочная схема средств измерений ОА радона в воздухе основана на государственном эталоне ГЭТ 39-78 (с 2015 г. ГЭТ 39-2014) по ГОСТ 8.090-79, а в качестве государственного рабочего эталона единицы объемной активности радона-222 в воздухе используется радиометр радона AlphaGUARD PQ-2000 PRO (номер в Государственном реестре средств измерений 44760-10). Диапазон воспроизведения и измерения ОА радона в воздухе для рабочего эталона принят равным $1 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^6$ Бк/м³ с характеристикой погрешности во всем диапазоне $\pm 6\%$.

Однако государственный эталон ГЭТ 39-78 (ГЭТ 39-2014) не обеспечивает воспроизведение единицы ОА радона и контроль ее величины методами абсолютных измерений, что прямо вытекает из его названия «Государственный первичный специальный эталон единицы объемной активности радиоактивных аэрозолей». Имеющееся техническое оснащение ГЭТ 39-78 (ГЭТ 39-2014) фактически обеспечивает передачу размера единицы ОА радона от первичного эталона, которого нет, к рабочему эталону и рабочим средствам измерения ОА радона, аналогично ГОСТ 8.090-79.

Несмотря на недостатки современной системы метрологического обеспечения измерений ОА и ЭРОА радона в воздухе, ее не сравнить с тем, с чем мы столкнулись в начале 1990-х гг. В 1991 г. по инициативе Э.М. Крисюка в Выборге были организованы первые межлабораторные сличения средств измерений ОА и ЭРОА радона в воздухе, в которых участвовали все желающие лаборатории и специалисты Санкт-Петербурга. Результаты сличений оказались настолько неожиданными, что решено было отчет о них не публиковать. С этого момента в лаборатории началась работа по созданию своей метрологической базы измерений ОА и ЭРОА радона в воздухе, которая завершилась в конечном итоге аттестацией Госстандартом метрологической службы Института на право поверки этих средств измерений.

Созданная в лаборатории образцовая поверочная установка в комплекте с генераторами радона на основе образцовых источников радия позволяла воспроизводить размер единицы ОА радона, для измерения которой использовался радиометр газов РГБ-07, аттестованный во ВНИИФТРИ в качестве образцового средства измерений. Для поверки средств измерений ЭРОА радона в воздухе применялся уникальный по тем временам радиометр аэрозолей РАС-03. Метрологическая база и опыт специалистов лаборатории (Н.А. Королева, И.П. Стамат, М.В. Терентьев и др.), которые прошли обучение на курсах во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, позволили, кроме текущей деятельности по поверке радиометров радона, провести большую работу по государственным испытаниям радиометра радона AlphaGUARD PQ-2000 и «Комплекса средств измерений интегральной объемной активности радона в воздухе трековым методом (КСИРА-2010Z)». Естественно, что эти испытания проводились под эгидой ВНИИМ им. Д.И. Менделеева (И.А. Харитонов, С.Г. Трофимчук, С.В. Сэпман). Через три года, когда срок

действия аттестата аккредитации метрологической службы заканчивался, было принято решение его не продлевать. Однако свою главную цель деятельность лаборатории в этом направлении достигла: у сотрудников появился большой опыт, и значительно выросла ответственность к качеству измерений и соблюдению стандартизованных процедур.

В этом направлении отдельного рассмотрения заслуживает также первый опыт лаборатории по организации и проведению межлабораторных сличений в области гамма-спектрометрии. В 1987 г. по инициативе Э.М. Крисюка была разработана и утверждена ВНИИМ им. Д.И. Менделеева методика «Источники гамма-излучения объемные специального назначения, содержащие равновесные урановые и ториевые руды и калий-40. Методика изготовления и метрологической аттестации» (Крисюк Э.М., Юдин М.Ф., Кочин А.Е.). Объемные источники гамма-излучения специального назначения (ОИГИ-С-) предназначались для градуировки гамма-спектрометров, используемых для определения содержания природных радионуклидов в объектах внешней среды.

По этой методике источники изготавливались из государственных стандартных образцов (ГСО) состава урановой (ОИГИ-С-Ra) и ториевой (ОИГИ-С-Th) руд и химически чистого хлористого калия (ОИГИ-С-K) путем внесения их в материалы – наполнители разной плотности. В нашей лаборатории были изготовлены и аттестованы десятки таких источников для самой лаборатории и ряда лабораторий практических организаций.

С помощью набора созданных источников была проведена новая калибровка повышенной точности гамма-спектрометра СГС-200. Это обеспечивало возможность проведения лабораторией унифицированного сличения результатов гамма-спектрометрического анализа содержания природных радионуклидов в объектах окружающей среды, выполняемого центрами Госкомсанэпиднадзора (1995 г.). Целью межлабораторных сличений было оказание практической помощи спектрометрическим лабораториям службы.

Для проведения межлабораторных сличений были разработаны методика приготовления специальных объемных образцов (СОО) для взаимного сравнения, согласованная с ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, и документация по организации межлабораторных сличений результатов измерений спектрометрических лабораторий Госсанэпиднадзора. По этой методике были сформированы 3 большие партии однородных материалов, различающихся по плотности ($1-1,5 \text{ г/см}^3$), по коэффициентам эманирования (до 25%) и удельной активности (от фоновых уровней до 2000 Бк/кг).

Образцы этих материалов направлялись в лабораторию для измерений, а анализ полученных результатов позволил выявить типичные ошибки измерений. Всем участникам были даны подробные рекомендации по устранению выявленных ошибок. В первых сличениях в 1996 г. приняли участие 6 областей, пострадавших от Чернобыльской аварии, и 20 других регионов страны.

В рассматриваемый период серьезные изменения происходили как в стране, так и в Институте и, естественно, в нашей лаборатории. В 1995 г. Приказом Председателя Госкомсанэпиднадзора России от 20.12.1995 г. № 132 был создан Федеральный радиологический центр, который

был оформлен как структурное подразделение Института Приказом директора П.В. Рамзаева 10.01.1996 г. № 1/К. В состав Федерального радиологического центра вошли пять лабораторий, в том числе и лаборатория дозиметрии внешней среды под руководством Э.М. Крисюка. Руководителем Федерального радиологического центра был назначен А.Н. Барковский.

В 1989 г. лаборатория дозиметрии внешней среды была административно разделена на лабораторию спектрометрии (руководитель Э.М. Крисюк) и лабораторию дозиметрии радона (руководитель М.В. Терентьев). Однако сотрудники обеих лабораторий фактически продолжали оставаться единым коллективом и, по существу, решать общие задачи. А уже в 1999 г. лаборатории дозиметрии радона и спектрометрии объединились, и объединенная лаборатория получила свое современное название «лаборатория дозиметрии природных источников» Федерального радиологического центра, ее руководителем был назначен И.П. Стамат.

Заключение

Таким образом, несмотря на очень непростой во многих отношениях период, который переживала не только лаборатория и Институт, но и вся страна, лаборатории удалось сохранить очень дружный и работоспособный коллектив. За этот период удалось выполнить огромный объем экспериментальных и теоретических исследований. Фактически за эти годы была подготовлена научная основа современной системы регулирования радиационной безопасности при воздействии природных источников излучения в производственных и коммунальных условиях. Оставалось все сделанное проанализировать, добавить недостающие детали, осмыслить и четко сформулировать требования по ограничению природного облучения населения при переработке системы нормативного и инструктивно-методического обеспечения радиационной безопасности населения.

Литература

1. Лисаченко, Э.П. История становления лаборатории дозиметрии природных источников в институте Радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1956–1970 годы / Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 62–73.
2. Лисаченко, Э.П. История становления лаборатории дозиметрии природных источников в институте Радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1970–1986 годы / Э.П. Лисаченко, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 45–57.
3. Стамат, И.П. Система гигиенических требований по ограничению облучения населения Российской Федерации природными источниками излучения : автореф. дис. д-ра биол. наук: 05.26.02 / И.П. Стамат; Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. – СПб, 2012. – 47 с.
4. Стамат, И.П. Проблемы нормативно-правового регулирования ограничения облучения населения природными источниками ионизирующего излучения / И.П. Стамат [и др.] // Актуальные вопросы радиационной гигиены: материалы науч.-практ. конф. – СПб, 2004. – С. 40–42.
5. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / под общей ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. – М.: ООО ПКФ «Алана», 2009. – 312 с.
6. IAEA Safety Standards for protecting people and environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources:

- International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. Part 3 No GSR Part 3. Vienna, 2014, 436 p.
7. Попов, Д.К. Естественная радиоактивность на нефтепромыслах / Д.К. Попов [и др.] // Гигиена и санитария. – 1972. – № 4. – С. 111–113.
 8. Алексеев, Ф.А. Радиохимические и изотопные исследования подземных вод нефтегазоносных областей СССР / Ф.А. Алексеев, Р.П. Готтих, С.А. Сааков, Э.В. Сокольский. – М.: Недра, 1975. – 262 с.
 9. Стамат, И.П. Задачи обеспечения радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России / И.П. Стамат [и др.] // Здоровье Населения и Среда Обитания. – 2000. – № 3 (84). – С. 32–35.
 10. Стамат, И.П. Основные требования СП 2.6.6.1169-02 по обеспечению радиационной безопасности в нефтегазовой отрасли России / И.П. Стамат [и др.] // Топливо-энергетический комплекс России: региональные аспекты: сб. материалов форума. – СПб., 2003. – С. 217–218.
 11. Стамат, И.П. Задачи обеспечения радиационной безопасности на объектах нефтегазового комплекса России / И.П. Стамат [и др.] // Здоровье Населения и Среда Обитания. – 2004. – № 4 (133). – С. 32–35.
 12. Лисаченко, Э.П. Формирование радионуклидного состава производственных отходов на объектах нефтегазового комплекса / Э.П. Лисаченко, И.Г. Матвеева, И.П. Стамат // Радиационная гигиена : сб. науч. трудов СПб НИИРГ. – СПб., 2004. – С. 45–50.
 13. Гращенко, С.М. Актуальные проблемы радиационной безопасности в топливно-энергетическом комплексе (материалы к решению конференции) / С.М. Гращенко [и др.] // Топливо-энергетический комплекс России: региональные аспекты: сб. матер. 4-го междунар. форума. – СПб., 2004. – С. 308–310.
 14. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. Safety Reports Series No. 34. Vienna, IAEA, 2003, 139 p.
 15. Горский, Г.А. К оценке эффективности предупредительного надзора за обеспечением радиационной безопасности населения при облучении природными источниками ионизирующего излучения / Г.А. Горский, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2008 – Т. 1, № 3. – С. 41–45.
 16. Zhi Zhongji and the Writing Group of the Nationwide Survey of Environmental Radioactivity Level in China. Survey of environmental natural penetrating radiation level in China. (1983–1990). Radiat. Prot. (Taiyuan) 1992, № 2, pp.120–122.
 17. Hughes J.S., Raberts G.C. National Radiation Protection Board: Report NRPB-R 173. London, 1984, pp. 237–344.
 18. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. // European Commission Contract № FIRI-CT-2001-20142. Ireland, Radiological Protection Institute of Ireland, March 2005, 27 p.
 19. Терентьев, М.В. Радиационная безопасность шахтеров неурановых рудников: автореф. дис. к-та техн. наук: 05.26.01 / М.В. Терентьев; ВНИИОТ. – Л., 1990. – 32 с.
 20. Королева, Н.А. Уровни облучения природными источниками излучения работников подземных предприятий неурановой промышленности / Н.А. Королева [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 4. – С. 26–30.
 21. Терентьев, Р.П. Формирование радиационной обстановки и обеспечение радиационной безопасности при проходке транспортных тоннелей : автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.26.01 / Р.П. Терентьев ; С.-Пб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова. – СПб. – 1999. – 23 с.
 22. Radiation protection and NORM residue management in the zircon and zirconia industries. Safety Report Series No. 51. Vienna, IAEA, 2007.
 23. Лисаченко, Э.П. Поступление природных радионуклидов в окружающую среду с отходами и выбросами неурановых предприятий / Э.П. Лисаченко, Ю.А. Белячков // Тез. док. 2-й междунар. конф. Экология и развитие Северо-Запада России. – СПб., 1997. – С. 110.
 24. Regulatory and management approaches for control of environmental residues containing naturally occurring radioactive material (NORM). Proc. of technical meeting held in Vienna, 6–10 Dec. 2004. IAEA, 2006.
 25. Королева, Н.А. Аппаратурно-методические разработки и метрологическое обеспечение средств измерений объемной активности радона и дочерних продуктов распада в воздухе помещений / Н.А. Королева, И.П. Стамат, М.В. Терентьев // Радиационная гигиена : сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 52–60.

Поступила: 25.10.2016 г.

Стамат Иван Павлович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: istamat@mail.ru

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

Королева Надежда Андреевна – старший научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия.

Для цитирования: Стамат И.П., Лисаченко Э.П., Королева Н.А. История развития лаборатории дозиметрии природных источников в институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1987–2005 годы // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 74–86. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-74-86

The history of establishment of the Natural Sources Dosimetry Laboratory in the Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1987–2005

Ivan P. Stamat, Elvira P. Lisachenko, Nadezhda A. Koroleva

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

The first 5–7 years of the period under review in the history of the Natural Sources Dosimetry Laboratory happened to be in very hard period, which had a time the entire country. A severe funding reduction of the Institute in the 90-s created a threat of loss of the most active and highly professional middle-aged specialists. In these conditions, the only and the most efficient way to maintain Institute as a scientific establishment was to organize the Federal Radiological Center under the guidance of Dr. A.N. Barkovskiy. The Federal Radiological Center consisted of the all physical laboratories, including the Natural Sources Dosimetry Laboratory, without government funding. Nevertheless, as it is shown below, this period was the most fruitful for theoretical and experimental researches, and for development of legal documents and instructional guidance documents. Over these years, more than 10 sanitary regulations and hygienic standards, and more than 20 guidance documents were developed and implemented. Doses of the population due to the natural exposure data-collecting system on the base of federal statistical observation №4-DOZ form were designed. At this period, the first Federal Target Program «Radon» and the System of radiation and hygienic passportization of organizations and territories were developed and authorized. Dr. E.M. Krisiuk was fully engaged in these activities. In these years a great number of non-nuclear companies were examined. Large-scale studies of levels of exposure of the population on specific territories were conducted. The paper examines a summary of the main results, which were obtained in the most important areas of research and practical studies in the period under review.

Key words: radionuclides of natural origin, non-uranium companies, oil and gas sector, scrap metal, working environment, industrial waste, radon isotopes, mineral raw materials with a high concentration of natural radionuclides.

References

1. Lisachenko E.P., Stamat I.P. The history of the natural sources dosimetry laboratory in St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev: 1956–1970. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*, 2015, Vol. 8, № 4, pp. 62–73. (In Russ.)
2. Lisachenko E.P., Stamat I.P. Development history of natural sources dosimetry laboratory at the Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev: 1970–1986. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*, 2016, Vol. 9, № 1, pp. 45–57. (In Russ.)
3. Stamat I.P. System of hygienic requirements to the population of the Russian Federation exposure from natural radiation sources limitation. Synopsis of thesis of Doctor of Biological Science. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, SPb, 2012, 47 p. (In Russ.)
4. Stamat I.P., Perminova G.S., Lipatova O.V., Gorskiy A.A. Issues of normative legal regulation of the population exposure from natural radiation sources limitation. Actual questions of radiation hygiene. Proceedings of the conference = Actual questions of radiation hygiene. Proceedings of the conference, SPb, 2004, pp. 40–42. (In Russ.)
5. Publication 103 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). Ed.: M.F. Kiselev, N.K. Shandala. M., 2009, 312 p. (In Russ.)
6. IAEA Safety Standards for protecting people and environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. Part 3 No GSR Part 3. Vienna, 2014, 436 p.
7. Popov D.K., Drichko V.F. [Et al.] Natural radioactivity in oil-fields. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 1972, № 4, pp. 111–113. (In Russ.)
8. Alekseev F.A., Gottikh R.P., Saakov S.A., Sokolsky E.V. Radiochemical and isotope studies of underground waters of the oil-and-gas bearing region of USSR. M., 1975, 262 p. (In Russ.)
9. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Stupina V.V., Gorsky A.A., Perminova G.S., Gorsky G.A. Problems of provision for radiation safety in the oil and gas industry facilities of Russia. *Zdorove Naseleniya i Sreda Obitaniya = Public Health and Environment*, 2000, № 3 (84), pp. 32–35. (In Russ.)
10. Stamat I.P., Barkovsky A.N., Krisiuk E.M. [Et al.] Basic requirements SP 2.6.6.1169-02 on radiation safety in the oil and gas industry of Russia. Fuel and energy complex of Russia: regional aspects: proceedings of forum. SPb, 2003, pp. 217–218. (In Russ.)
11. Stamat I.P., Kormanovskaya T.A., Stupina V.V., Gorsky A.A., Perminova G.S., Gorsky G.A. Problems of provision for radiation safety in the oil and gas industry facilities of Russia. *Zdorove Naseleniya i Sreda Obitaniya = Public Health and Environment*, 2004, № 4 (133), pp. 32–35. (In Russ.)
12. Lisachenko E.P., Matveeva I.G., Stamat I.P. Formation of radionuclide composition in the oil and gas sectors' facilities. Radiation hygiene. Collection of studies. SPb., 2004, pp. 45–50. (In Russ.)
13. Grashchenko S.M., Stamat I.P., Barkovsky A.N. [Et al.] Actual problems of radiation protection in fuel and energy industry (conference proceedings). Russian fuel and energy industry:

Ivan P. Stamat

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

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

- regional aspects. Proceedings of the 4 international forum. SPb, 2004, pp. 308-310. (In Russ.)
14. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. Safety Reports Series No. 34. Vienna, IAEA, 2003, 139 p.
 15. Gorsky G.A., Stamat I.P. On estimation of the efficient of preventive control under population radiation protection providing in the case of exposure from natural ionizing irradiation sources.. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2008, Vol. 1, № 3, pp. 41-45. (In Russ.)
 16. Zhi Zhongji and the Writing Group of the Nationwide Survey of Environmental Radioactivity Level in China. Survey of environmental natural penetrating radiation level in China. (1983-1990). Radiat. Prot. (Taiyuan) 1992, № 2, pp.120-122.
 17. Hughes J.S., Raberts G.C. National Radiation Protection Board: Report NRPB-R 173. London, 1984, pp. 237-344.
 18. European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action. // European Commission Contract № FIRI-CT-2001-20142. Ireland, Radiological Protection Institute of Ireland, March 2005, 27 p.
 19. Terentev M.V. Radiation safety of mine workers of non-uranium minings. Synopsis of thesis of Candidate of Technical Science. VNIOT., Leningrad, 1990, 32 p. (In Russ.)
 20. Koroleva N.A., Stamat I.P., Terentev M.V., Terentev R.P. Exposure levels for personnel of non-uranium underground enterprises from natural irradiation sources. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2008, Vol. 1, № 4, pp. 26-30. (In Russ.)
 21. Terentev R.P. Formation of radiological environment and radiation protection in transport tunneling. Synopsis of thesis of Candidate of Technical Science, the G. V. Plekhanov Leningrad State Mining Institute. G. V. Plekhanov. SPb, 1999, 23 c. (In Russ.)
 22. Radiation protection and NORM residue management in the zircon and zirconia industries. Safety Report Series No. 51. Vienna, IAEA, 2007.
 23. Lisachenko E.P. Belyachkov Yu.A. Radionuclides intake in environment with waste and discharge of non-uranium companies. Book of reports of the second International Conference Ecology and Development of the North-West of Russia. SPb, 1997, p. 110. (In Russ.)
 24. Regulatory and management approaches for control of environmental residues containing naturally occurring radioactive material (NORM). Proc. of technical meeting held in Vienna, 6-10 Dec. 2004. IAEA, 2006.
 25. Koroleva N.A. Stamat I.P., Terentev M.V. Instrumental and methodical developments and metrological support of measuring equipment for indoor radon and its progenies concentration. Radiation hygiene. Proceedings. SPb, 2006, pp. 52-60. (In Russ.)

Received: October 25, 2016

For correspondence: Ivan P. Stamat – Doctor of Biological Sciences, head of natural sources dosimetry laboratory of St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira St., 8, 191101, St. Petersburg, Russia; E-mail: istamat@mail.ru)

Elvira P. Lisachenko – Candidate of Technical Science, Senior Research Scientist, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, St. Petersburg, Russia

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

For citation: Stamat I.P., Lisachenko E.P., Koroleva N.A. The history of establishment of the Natural Sources Dosimetry Laboratory in the Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1987-2005. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 4, pp. 74–86. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-74-86

Тритий в моче людей в зоне влияния Белоярской АЭС

М.Я. Чеботина¹, О.А. Николин¹, Л.Г. Бондарева^{2,3}, В.Н. Ракитский²

¹ Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

² Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, Мытищи, Россия

³ Сибирский федеральный университет, Министерство образования и науки Российской Федерации, Красноярск, Россия

Цель исследования. Выявить зависимости содержания трития в биологических жидкостях (моче) людей, проживающих в зоне действия Белоярской атомной станции, от концентрации трития в питьевой воде. Материалы и методы. Исследуемое население (мужчины и женщины). Образцы мочи были получены в клинической лаборатории медсанчасти г. Заречный. Количество испытуемых составляло 50 человек. Пациенты различались по возрасту и полу. Пробы воды отбирались произвольно, в течение всего времени проведения исследований, т.е. с января по ноябрь 2015 г. Режим отбора и определения содержания трития был произвольный, но не реже двух раз в месяц. Содержание трития в исследуемых пробах измеряли с использованием жидкостно-сцинтилляционного спектрометра низкофонового альфа-бета-радиометра Quantuluse-1220 (США). Для выделения трития использована установка, разработанная Л.Г. Бондаревой и позволяющая отделить матрицу, в значительной степени влияющую на определение содержания трития. Результаты. Исследована моча населения, проживающего в зоне влияния Белоярской АЭС, в городском поселении Заречный. Во всех случаях выявлена зависимость концентраций трития в моче от содержания трития в питьевой воде. Установлена высокодостоверная корреляционная связь между исследуемыми параметрами (коэффициент корреляции 0,98; уровень значимости 0,007). Определены, в соответствии с расчетами, приведенными в работе Harrison, Khursheed, Lambert, значения индивидуальных доз для населения. Значения дозы варьируются в интервале 0,32–1,2, при учете потребления 100 л/месяц питьевой воды (согласно нормативам потребления питьевой воды для исследуемого региона), что составляет 0,032–0,12% от предела дозы для населения (1 мЗв/год). Установлено, что радионуклид поступает в организм людей данного региона преимущественно из питьевой воды. Полученные значения значительно меньше уровня вмешательства для трития, приведенного в НРБ-99/2009, приложение 2а, значение которого составляет 7600 Бк/л.

Ключевые слова: тритий, моча, люди, жидкостно-сцинтилляционная спектрометрия, Белоярская АЭС, азеотропная смесь.

Введение

β -частица ^3H обладает низкой проникающей способностью (максимальный пробег в воздухе при нормальных условиях 5,4 мм и 6,5 мкм в биологической ткани) и при внешнем облучении полностью поглощается в верхних слоях покровов организмов [1]. Наиболее опасен радионуклид как источник внутреннего облучения при поступлении в организм.

Обладая наименьшей из всех радиоизотопов энергией β -частиц, ^3H создает значительную плотность ионизации тканей (число пар ионов, образуемых заряженной частицей на единице ее пути). Кроме того, пробег β -частицы ^3H значительно меньше геометрических размеров клеток, поэтому действие ^3H локализуется возле самого источника, и общий биологический эффект зависит от гео-

метрии его распределения в тканях организма и микрогеометрии распределения в клетке [2, 3]. Окись трития (тригидратная вода) хорошо всасывается через неповрежденную кожу и слизистые. Распределяется он быстро и равномерно в жидкой фазе организма и частично депонируется в виде более прочно фиксируемой в органических соединениях фракции, биологическое значение ее неясно.

Период биологического полувыведения тритийсодержащей воды колеблется от 9 до 14 сут для разных людей (в среднем 12 сут) [4, 5]. Такие уровни облучения персонала наблюдались в ранние сроки освоения ядерных технологий как в плановых, так и в аварийных ситуациях. При всех способах попадания в организм тригидратная вода очень легко проникает в плазму крови и приходит в равновесие со всеми жидкостями тела.

Бондарева Лидия Георгиевна

Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора.

Адрес для переписки: 141014, Россия, Московская область, Мытищи, ул. Семашко, д. 2. E-mail: lydiabondareva@gmail.com

В настоящее время основной метод контроля эффективной дозы внутреннего облучения людей от трития предполагает исследование содержания радионуклида в моче или в конденсате паров воды из выдыхаемого воздуха [3, 6]. Поэтому изучение закономерностей поступления трития в организм человека в районах размещения предприятий ЯТЦ является важной научной и практической задачей.

Цель исследования – выявить зависимости содержания трития в биологических жидкостях (моче) людей, проживающих в зоне действия Белоярской атомной станции, от концентрации трития в питьевой воде.

Задачи исследования

1. Проведение измерений содержания трития в моче населения, проживающего в городском поселении г. Заречном, в непосредственной близости от атомной станции.
2. Выявить возможную корреляцию между содержанием трития в питьевой воде и моче.

Материалы и методы

В настоящей работе местом исследования служила территория Белоярской АЭС. Объектом исследования была моча местного населения, жителей г. Заречный. Образцы были получены в клинической лаборатории медсанчасти городского поселения. Количество испытуемых составляло 50 человек. Пациенты различались по возрасту и полу. Исследования проводились в период с января по ноябрь 2015 г.

Исследования проводились среди подростков в возрасте 15–18 лет, а также среди взрослого трудоспособного населения, в возрастных интервалах 20–25, 27–39 и 45–57 лет. Возрастные группы были составлены в соответствии с испытуемым персоналом, согласившимся выступить в качестве добровольцев, без каких либо предпочтений исследователей. Для исследований были предоставлены пробы мочи объемом 200 мл. Все испытуемые проживают в г. Заречном. Данные по содержанию трития в пробах питьевой воды из системы городского водоснабжения были получены непосредственно нами, а также использованы статистические результаты, приведенные в работах М.Я. Чеботиной и др., где также описываются источники водоснабжения исследуемого региона [7, 8]. Пробы воды отбирались произвольно, в течение всего времени проведения исследований, т.е. с января по ноябрь 2015 г. Режим отбора и определения содержания трития был произвольный, но не реже двух раз в месяц. Отбор производился из одних и тех же источников водоснабжения (т.е. одни и те же пункты: квартиры, административные учреждения), в одно и то же время.

В лаборатории пробы мочи подвергали очистке. Для устранения матрицы, содержащей значительное количество солей, пробы мочи очищались методом отгонки азеотропной смеси с толуолом на установке, созданной автором статьи [9, 10]. После отделения матрицы водный раствор очищали от возможных окрашенных соединений для устранения эффекта гашения в соответствии с проведенными ранее исследованиями [11] и с рекомендациями [12, 13].

Пробы воды не требовали дополнительной очистки и непосредственно перед измерением фильтровались через мембранный фильтр, с диаметром пор 0,45 мкм.

Перед измерениями в чистые вials наливали сцинтилляционный коктейль Ultima Gold AB ($V = 12$ мл). Охлаждали до заданной температуры в отсутствии света. Затем пипеткой отбирали необходимый объем исследуемого образца ($V = 8$ мл) и вводили в вial. Вialу закрывали пробкой и встряхивали до полного смешивания пробы со сцинтилляционным коктейлем. Перед измерениями смесь выдерживалась в темном и прохладном месте в течение 24 ч для стабилизации люминесценции.

Стандартные и фоновые пробы готовили одновременно с основными пробами, чтобы свести к минимуму ошибку измерения. Время измерения исследуемых проб составляло 8–24 ч.

Содержание трития в исследуемых пробах измеряли с использованием жидкостно-сцинтилляционного спектрометра низкофоновой альфа-бета-радиометра Quantulus-1220, производства Perkin Elmer (США).

Все полученные результаты подвергались статистической обработке, согласно руководству Другова и Родина [14].

Рассчитывали среднее значение из каждой совокупности данных по каждому определяемому параметру:

$$X_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n}$$

где X – значение определяемого параметра, n – количество измерений, X_{cp} – среднее значение измеряемого параметра.

Далее рассчитывали среднеквадратичную ошибку вызванную разбросом экспериментальных данных:

$$S_x^2 = \frac{1}{(n-1)n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{cp}})^2$$

После этого, используя значение коэффициента Стьюдента ($t_{\text{ан}}$), при доверительной вероятности $p=0,95$, при $n=2-3,4$, при $5-2,8$ и т.д. при $n=12-2,1$. Рассчитывали доверительный интервал по следующей формуле:

$$\Delta = t_{\text{ан}} \cdot \sqrt{S_x^2}$$

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены результаты определения трития в моче исследуемых людей разного пола и возраста. Приведенные результаты получены для всех групп в одинаковые временные интервалы. В период всего исследования принимали участие одни и те же люди, за незначительными единичными исключениями, что практически не повлияло на общее количество испытуемых.

Как видно из представленных результатов, среднее содержание трития в пробах мочи варьируется от 12 до 65 Бк/л, общее среднее составляет ~ 39 Бк/л. При этом различие содержания трития в пробах мочи мужчин и женщин, отобранных в один и тот же период времени, было незначимым, т.е. находилось в пределах статистической погрешности. Полученные результаты, представленные в таблице 1, указывают на наличие определенной зависимости содержания трития от возраста. Так, в группе испытуемых в возрастной группе 15–25 лет среднее содержание трития составляет ~ 21 Бк/л, тогда как в более старшей группе среднее содержание трития в моче составляло ~ 57 Бк/л.

Таблица 1

Средняя концентрация трития в пробах мочи исследуемых лиц, г. Заречный, и доверительный интервал ($\pm\Delta$)

[Table 1]

Average tritium urine concentration in samples of studying population, Zarechny town, confidence interval ($\pm\Delta$)

Возраст [Age]	15–18 лет [15–18 years old]		20–25 лет [20–25 years old]		27–39 лет [27–39 years old]		45–57 лет [45–57 years old]	
Пол (число лиц) [Sex (Number of persons)]	Мужской [Man] (3)	Женский [Female] (2)	Мужской [Man] (7)	Женский [Female] (2)	Мужской [Man] (10)	Женский [Female] (12)	Мужской [Man] (5)	Женский [Female] (9)
$C_{cp} (^3H) \pm \Delta$, Бк/л $Bq l^{-1}$	31 $\pm$ 17	23 $\pm$ 19	19 $\pm$ 9	12 $\pm$ 3	65 $\pm$ 21	50 $\pm$ 12	60 $\pm$ 15	55 $\pm$ 17

В таблице 2 приведены результаты определения трития в питьевой воде, отобранной в водопроводной системе г. Заречный в период исследования.

На рисунке приведена корреляционная зависимость между средней концентрацией трития в пробах мочи исследуемых лиц в определенный период и средней концентрацией трития в питьевой воде в этот же период (на основании среднестатистических исследований по г. Заречный и собственных результатов). Возрастные группы были составлены в соответствии с испытуемым персоналом, согласившимся выступить в качестве добровольцев, без каких-либо предпочтений исследователей.

В исследуемый период содержание трития в питьевой воде варьировалось в интервале от 15 до 55 Бк/л. Соотношение между содержанием трития в моче и питьевой воде составило 0,979, уровень значимости 0,007.

Статистическая обработка всей совокупности данных с помощью компьютерной программы Statistica по методу Фишера позволила установить наличие достоверной прямой корреляционной связи между концентрацией трития в моче людей и концентрацией трития в питьевой воде, что не противоречит полученным ранее данным для других исследований по представленной теме [13, 15–18].

В связи с тем, что тритий, поступивший в виде тритиевой воды (НТО), достаточно быстро выводится. При этом в организме протекают быстрые физиологические процессы, связанные с обменом тритиевой воды с жидкостью организма, в частности с переводом в продукты выделения – мочу.

Определены, в соответствии с расчетами, приведенными в работе Harrison, Khursheed, Lambert [6], значения индивидуальных доз для населения. Значения дозы варьируются в интервале от 0,32–1,2 мкЗв/год, при учете потребления 100 л/месяц питьевой воды (согласно нормативама потребления питьевой воды для исследуемого региона), что составляет 0,032–0,12% от предела дозы для населения (1 мЗв/год) [6].

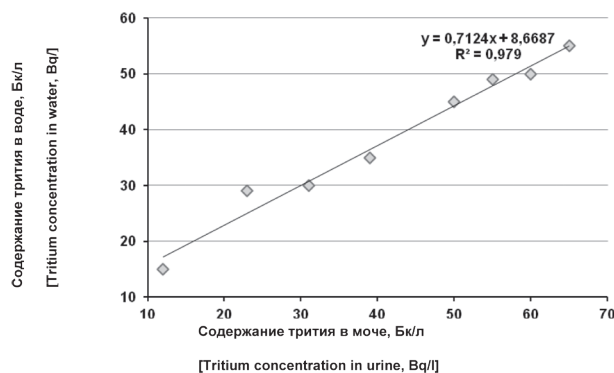


Рис. Корреляционная зависимость между содержанием трития в моче и питьевой воде

[Fig. 1. Relationship between tritium concentrations in urine and drinking water]

Заключение

Результаты представленных исследований показывают следующее.

В зоне, расположенной вблизи предприятия ЯТЦ – Белоярской АЭС, уровень содержания трития в водной среде (питьевая вода и моча человека), полученные значения значительно меньше уровня вмешательства для трития, приведенного в НРБ-99/2009, приложение 2а, значение которого составляет 7600 Бк/л. При этом подтверждена прямая зависимость между содержанием трития в питьевой воде и моче человека. Авторами подтверждены полученные ранее данные об основном источнике поступления трития в организм человека через питьевую воду.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 05-16-00205.

Таблица 2

Средняя концентрация трития в питьевой воде в январе – ноябре 2015 г. и доверительный интервал ($\pm\Delta$)

[Table 2]

Average tritium drinking water concentration in January – November, 2015 and confidence interval ($\pm\Delta$)

Содержание трития в питьевой воде, Бк/л [Concentration of tritium in drinking water, Bq l ⁻¹]											
Месяц [Month]	Январь [January]	Февраль [February]	Март [March]	Апрель [April]	Май [May]	Июнь [June]	Июль [July]	Август [August]	Сентябрь [September]	Октябрь [October]	Ноябрь [November]
$C_{cp} \pm$	15 $\pm$ 3	16 $\pm$ 2	21 $\pm$ 4	18 $\pm$ 3	32 $\pm$ 6	55 $\pm$ 5	53 $\pm$ 3	42 $\pm$ 7	34 $\pm$ 5	19 $\pm$ 6	27 $\pm$ 4

Литература

1. Москалев, Ю.И. Окись трития / Ю.И. Москалев. – М.: Атомиздат, 1968. – 256 с.
2. Иваницкая, М.В. Источники поступления трития в окружающую среду / М.В. Иваницкая, А.И. Малофеева // Тритий – это опасно. – Челябинск, 2001. – С. 22–29.
3. Балонов, М.И. Дозиметрия и нормирование трития / М.И. Балонов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 149 с.
4. Радиационная медицина: руководство: в 4 т. / под ред. Л.Н. Ильина. – М.: ИздАТ, 2004. – Т.1: Теоретические основы радиационной медицины. – 988 с.
5. Robin L., Hiland J., Jonson R. Metabolism and dosimetry of tritium. *Health Phys*, 1993, 65 (6), pp. 628–647.
6. Harrison J.D. Khursheed A., Lambert B.E. Uncertainties in dose and coefficients for intakes of tritiated water and organically bound forms of members of the public. *Radiation Protection Dosimetry*, 2002, Vol. 98, No 3, pp. 299–311.
7. Chebotina M. Y. Nicolin O. A. Tritium in water systems of Ural region. *Radiation risk estimates in normal and emergency situations*. Ed.: A. A. Cigna M. Durante. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 187–196.
8. Чеботина, М.Я. Миграция трития от предприятий ядерного технологического цикла в источники питьевого водоснабжения на Урале / М.Я. Чеботина, О.А. Николин // Водное хозяйство России. – 2013. – № 4. – С. 90–100.
9. Bondareva L. Natural Occurrence of Tritium in the Ecosystem of the Yenisei River. *Fusion Science and Technology*. 2011, Vol. 60, No 4, pp. 1304–1307.
10. Bondareva L.G. Tritium content of some components of the middle Yenisei ecosystem. *Radiochemistry*, Vol. 57, Issue 5, pp. 557–563.
11. Бондарева, Л.Г. Изучение влияния различных типов тушения на эффективность измерений трития в объектах окружающей среды / Л.Г. Бондарева, Н.В. Помозова // Журнал СФУ. Химия. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 56–60.
12. Методы измерения трития. Рекомендации Национального комитета по радиационной защите и измерениям США. – М.: Атомиздат, 1978. – 91с.
13. Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений: метод. руководство: в 2 т. / под общ. ред. В.И. Гришмановского. – М.: Энергоиздат, 1980 – Т.2: Индивидуальный контроль; Радиометрия проб. – 204 с.
14. Другов, Ю.С. Пробоподготовка в экологическом анализе / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 855 с.
15. Schell W. R., Gauzay G., Payne W. R. World distribution of environmental tritium. *Phys. Behav. Radioactive Contaminated Atmos.* Vienna, 1974, pp. 375.
16. Baumgartner F., Kim M.A Tritium – protium fractionation near and inside DNA. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2000, Vol. 243, No 2, pp. 295–298.
17. Baumgartner F., Kardinal Ch., Mullen G. Distribution of tritium between water and exchangeable hydrogen bridges of biomolecules. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2001, Vol. 249, No 2, pp. 513–517.
18. Чеботина, М.Я. Современные уровни концентраций трития в моче людей в зоне предприятий ядерно-топливного цикла / М.Я. Чеботина, О.А. Николин // Доклады Академии Наук. – 2012. – Т. 447, № 6. – С. 1–2.
19. ICRP, 1997. Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (preface and glossary missing). ICRP Publication 78. *Ann. ICRP* 27 (3-4).

Поступила: 30.06.2016 г.

Чеботина Маргарита Яковлевна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории общей радиозологии Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Николин Олег Анатольевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории общей радиозологии Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Бондарева Лидия Георгиевна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела аналитических методов контроля Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 141071, Россия, Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, д. 2; e-mail: lydiabondareva@gmail.com

Ракитский Валерий Николаевич – академик РАН, и.о. директора Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Московская область, г. Мытищи, Россия

Для цитирования: Чеботина М.Я., Николин О.А., Бондарева Л.Г., Ракитский В.Н. Тритий в моче людей в зоне влияния Белоярской АЭС // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 87–92. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-87-92

Tritium in urine of people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP

Margarita Ya. Chebotina ¹, Oleg A. Nikolin ¹, Lidiya G. Bondareva ^{2,3}, Valeriy N. Rakitsky ²¹. Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia². Federal Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Moskovskiy region, Russia³. Siberian Federal University, the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

The goal of the research is to determine relationship between tritium concentration in the body fluid (urine) of people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP and tritium concentration in drinking water. Materials and methods. Studied population (men and women). Urine samples were collected in the clinical laboratory of a medical unit in Zarechny town. There were 50 individuals in the studied group. Patients were different on age and weight. Water samples were collected in an arbitrary way, through the all study period, from October to November in 2015 year. Tritium concentrations were determined with the ultra-low level liquid scintillation spectrometer Quantulus-1220 (USA). The facility developed by L.G. Bondareva was used for tritium extraction. The method allows to separate the template, which significantly effects determination of tritium. Results. The urine samples from people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP in Zarechny town were analyzed in the study. There was positive relationship between tritium concentration in drinking water and tritium concentration in urine. Statistically significant correlation between analyzed parameters was found (correlation coefficient 0.98; significance level 0,007). Individual doses were estimated according to Harrison, Khursheed, Lambert. The Doses vary from 0,32 to 1,12 with an allowance for consumption of drinking water 100 l y⁻¹ (according to the consumption standard for the analyzed region), which amounts 0,032–0,12 % from dose limit for population (1 mSv y⁻¹). It was determined what drinking water is the main source of the radionuclide in human body in this region. The determined values of tritium concentration in drinking water are significantly lower than the intervention level for tritium of 7600 Bq l⁻¹ (Radiation Safety Standards-99/2009, Appendix 2a).

Key words: tritium, urine, human, liquid scintillation spectrometry, Beloyarskaya NPP, azeotropic mixture.

References

1. Moskalev Yu.I. Tritium oxide. M., Atomizdat., 1968, 256 p. (In Russ.)
2. Ivanitskaya M.V., Malofeeva A.I. Sources of tritium in environment. Tritium is dangerous. Chelyabinsk, 2001, pp. 22-29. (In Russ.)
3. Balonov M.I. Tritium dosimetry and regulation, M., Energoatomizdat, 1983, 149 p. (In Russ.)
4. Radiation medicine. Theoretical basis of radiation medicine. M., IzdAT, 2004, Vol. 1, 988 p. (In Russ.)
5. Robin L., Hiland J., Jonson R. Metabolism and dosimetry of tritium. Health Phys, 1993, 65 (6), pp. 628-647.
6. Harrison J.D., Khursheed A., Lambert B.E. Uncertainties in dose and coefficients for intakes of tritiated water and organically bound forms of members of the public. Radiation Protection Dosimetry, 2002, Vol. 98, No 3, pp. 299–311.
7. Chebotina M.Y., Nikolin O. A. Tritium in water systems of Ural region. Radiation risk estimates in normal and emergency situations. Ed.: A. A. Cigna M. Durante. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 187-196.
8. Chebotina M.Ya., Nikolin O.A. Tritium Migration from Nuclear Fuel Enterprises to Drinking Water Sources in the Urals. Vodnoe khozyaystvo Rossii = Water sector of Russia, 2013, № 4, pp. 90-100. (In Russ.)
9. Bondareva L. Natural Occurrence of Tritium in the Ecosystem of the Yenisei River. Fusion Science and Technology. 2011, Vol. 60, No 4, pp. 1304–1307.
10. Bondareva L.G. Tritium content of some components of the middle Yenisei ecosystem. Radiochemistry, Vol. 57, Issue 5, pp. 557-563.
11. Bondareva L.G., Pomozova N.V. Investigation of the Influence of Various Quenching Types on Efficiency of Measuring Tritium in Environmental Objects Journal of Siberian Federal University. Khimiya = Chemistry, 2009, Vol. 2, № 1. pp. 56–60. (In Russ.)
12. Tritium measurement techniques. Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements of the USA., M., Atomizdat, 1978, 91p. (In Russ.)
13. Dosimetric and radiometric control in nuclear work and work with radiation source. Individual control; Samples radiometry. Ed.: V. I. Grishmanovsky, M. Energoizdat, 1980, Vol.2, 204 p. (In Russ.)
14. Drugov Yu.S., Rodin A.A. Sample preparation in ecological analyze. M., Binom., Laboratory of knowledge, 2009, 855 p. (In Russ.)
15. Schell W. R., Gauzay G., Payne W. R. World distribution of environmental tritium. Phys. Behav. Radioactive Contaminated Atmos. Vienna, 1974, pp. 375.

Lidiya G. Bondareva

Federal Budgetary Establishment of Science Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F.Erisman

Address for correspondence: Semashko St., 2, Mytishchi, Moskovskaya oblast', 141071, Russia;

E-mail: lydiabondareva@gmail.com

16. Baumgartner F., Kim M.A. Tritium – protium fractionation near and inside DNA. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2000, Vol. 243, No 2, pp. 295–298.
17. Baumgartner F., Kardinal Ch., Mullen G. Distribution of tritium between water and exchangeable hydrogen bridges of bio-molecules. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2001, Vol. 249, No 2, pp. 513–517.
18. Chebotina M.Ya., Nikolin O.A. Modern levels of tritium concentration in the urine of people living in the zone of Nuclear Fuel Enterprises. Doklady Akademii nauk = Reports Academy of Sciences, 2012, Vol.447, № 6, p. 1–2. (In Russ.)
19. ICRP, 1997. Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (preface and glossary missing). ICRP Publication 78. Ann. ICRP 27 (3–4).

Received: June 30, 2016

Margarita Ya. Chebotina – Doctor of Technical Science, leading researcher, Laboratory of Common Radioecology, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Oleg A. Nikolin – Candidate of Biological Science, Researcher, Laboratory of Common Radioecology, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

For correspondence: Lidiya G. Bondareva – Candidate of Chemical Science, Senior researcher, Department of analytic methods of control Federal Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Semashko St., 2, Mytishchi, Moskovskaya oblast', 141071, Russia; E-mail: lydiabondareva@gmail.com)

Valeriy N. Rakitsky – Academic of the Russian Academy of Sciences, Acting Director, Federal Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moskovskaya oblast', Mytishchi, Russia

For citation: Chebotina M.Ya., Nikolin O.A., Bondareva L.G., Rakitsky V.N. Tritium in urine of people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016, Vol.9, No 4, pp.87–92. (In Russ.) DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-87-92

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. Центер. 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. Подрисовочные 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 YY, David S, Rasmus D, Gerdtz N, Ross A, Katz L, Herwaldt LA. Risk factors for groin wound infection after femoral artery catheterization: a case-control study. Infect Control Hosp Epidemiol [Internet]. 2006 Jan [cited 2007 Jan 5];27(1):34-7. Available from: <http://www.journals.uchicago.edu/ICHE/journal/issues/v27n1/2004069/2004069.web.pdf>

Richardson ML. Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging [Internet]. Version 2.0. Seattle (WA): University of Washington School of Medicine; c2000 [revised 2001 Oct 1; cited 2006 Nov 1]. Available from: <http://www.rad.washington.edu/mskbook/index.html>

Статьи, принятые к печати:

Горский, Г.А. О необходимости радиационного обследования зданий после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции / Г.А. Горский, А.В. Еремин, И.П. Стамат // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – Деп. 10.02.2010 г.

Патенты:

Пат. № 2268031 Российская Федерация, МПК А61Н23.00. Способ коррекции отдаленных последствий радиационного воздействия в малых дозах / Карамуллин М.А., Шутко А.Н., Сосюкин А.Е. и др.; опубл. 20.01.2006, БИ № 02.

Патенты на английском языке:

Cho ST, inventor; Hospira, Inc., assignee. Microneedles for minimally invasive drug delivery. United States patent US 6,980,855. 2005 Dec 27.

Poole I, Bissell AJ, inventors; Voxar Limited, assignee. Classifying voxels in a medical image. United Kingdom patent GB 2 416 944. 2006 Feb 8. 39 p.

Из газеты:

Фомин, Н.Ф. Выдающийся ученый, педагог, воспитатель / Н.Ф. Фомин, Ф.А. Иванович, Е.И. Веселов // Воен. врач. – 1996. – № 8 (1332). – С. 5.

Фомин, Н.Ф. Выдающийся ученый, педагог, воспитатель / Н.Ф. Фомин, Ф.А. Иванович, Е.И. Веселов // Воен. врач. – 1996. – 5 сент.

Диссертация и автореферат диссертации:

Фенухин, В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северо-Кавказского региона : дис... канд. полит. наук: защищена 22.01.02 : утв. 15.07.02. / Фенухин В.И. – М., 2002. – 215 с. – 04200201565.

Кадука, М.В. Роль грибов в формировании дозы внутреннего облучения населения после аварии на Чернобыльской АЭС : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Кадука М.В. – Обнинск, 2001. – 23 с.

Диссертация и автореферат диссертации на английском языке:

Jones DL. The role of physical activity on the need for revision total knee arthroplasty in individuals with osteoarthritis of the knee [dissertation]. [Pittsburgh (PA)]: University of Pittsburgh; 2001. 436 p.

Roguskie JM. The role of Pseudomonas aeruginosa 1244 pilin glycan in virulence [master's thesis].

23. Второй список литературы (References) полностью соответствует первому списку литературы. При этом в библиографических источниках на русском языке фамилии и инициалы авторов, а также название журнала и издания должны быть транслитерированы. Название работы (если требуется) переводится на английский язык и/или транслитерируется. 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 neimunnykh lits (diagnostika, patogenez, lecheniye, profilaktika) [Tropical malaria in non-immune individuals (diagnosis, pathogenesis, treatment, prevention)] [dissertation]. Moscow (Russia): Sechenov Moscow Medical Academy; 2000. 236 p (in Russian).

Патенты (фамилия и инициалы авторов, название транслитерируются)

Bazhenov A.N., Ilyushina L.V., Plesovskaya I.V., inventors; Bazhenov AN, Ilyushina LV, Plesovskaya IV, assignee. Metodika lecheniia pri revmatoidnom artrite. Russian Federation patent RU 2268734; 2006 Jan 27 (in Russian).

Из сборника конференций (тезисы) (фамилия и инициалы автора транслитерируются, название тезисов транслитерируется и дается перевод названия на английский язык, выходные данные конференции транслитерируются и дается перевод названия на английский язык)

Kiryushenkova VV, Kiryushenkova SV, Khramov MM, et al. Mikrobiologicheskii monitoring vzbuditeley ostrykh kishhechnykh infektsiy u vzroslykh g. Smolenska [Microbiological monitoring of pathogens of acute intestinal infections in adults in Smolensk]. In: Materialy mezhdunarodnogo Yevro-aziatskogo kongressa po infektsionnym boleznyam [International Euro-Asian Congress on Infectious Diseases]. Vol. 1. Vitebsk; 2008. P. 53. (in Russian).

Boetsch G. Le temps du malheur: les representations artistiques de l'epidemie. [Tragic times: artistic representations of the epidemic]. In: Guerici 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) 309-56-72 (доб. 105) и (812) 233-50-16 (редакция журнала «Радиационная гигиена»). Факс: (812) 233-53-63, 233-42-83.

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА Том 9 № 1, 2016

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

И.К. Романович, Г.Я. Брук, А.Н. Барковский, А.А. Братилова, А.В. Громов, М.В. Кадука

Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения 6

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР

А.Н. Барковский, Г.Я. Брук, А.А. Братилова, О.С. Кравцова
Основные итоги работ, выполненных научно-исследовательским институтом радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева в рамках реализации федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» и «Программы совместной деятельности по преодолению последствий Чернобыльской катастрофы в рамках Союзного государства на период до 2016 года» 19

А.Н. Барковский, М.В. Кадука
Межрегиональные семинары по радиационной гигиене для специалистов территориальных органов и организаций Роспотребнадзора в 2015 г. 32

Ю.И. Стёпкин, М.К. Кузмичёв, О.В. Клепиков
Оценка последствий радиационного загрязнения территории Воронежской области за тридцатилетний период после Чернобыльской катастрофы 38

ОБЗОРЫ

Лисаченко Э.П., Стамат И.П., Н.А. Королева
История становления лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1970–1986 гг. 45

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Н.У. Хакимова, Е.Ю. Малышева, Ш.Г. Шосафарова, У.М. Мирсаидов
Мониторинг индивидуальных доз облучения сотрудников рентгенкабинетов стоматологических поликлиник г. Душанбе Республики Таджикистан 58

ЮБИЛЕИ

Л. А. Ильин
Академик Ф.Г. Кротков – основоположник отечественной радиационной гигиены 61

С.И. Иванов, Н.А. Акопова, Е.П. Ермолина
К 120-летию со дня рождения академика Академии медицинских наук, Героя Социалистического Труда Ф.Г. Кроткова 64

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» 67

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА Том 9 № 2, 2016

От главного редактора 6

ОБЗОРЫ

Онищенко Г.Г.
Чернобыль – 30 лет спустя. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия аварии 10

Воронов С.И.
Обеспечение безопасности проживания населения на радиоактивно загрязненных территориях 20

Стожаров А.Н., Тернов В.И., Кенигсберг Я.Э.
Роль национальной комиссии Беларуси по радиационной защите в минимизации последствий аварии на Чернобыльской АЭС 26

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР

Власова Н.Г., Висенберг Ю.В., Матарас А.Н.
Обоснование перехода от зонирования радиоактивно загрязнённой территории к классификации населённых пунктов по средним годовым эффективным дозам облучения в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС 31

Ашитко А.Г., Золочевский Д.В., Овсянникова Л.В., Рожкова С.А.
Радиационная обстановка на территории Калужской области 30 лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС 40

Болдырева В.В., Овчарова В.Н.
Итоги 30-летнего радиационно-гигиенического мониторинга на территориях Тульской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС 48

Захарченко Г.Л., Переверзева Е.Н., Васильев А.А., Полякова Е.Н., Милованов С.Н.
Состояние радиационной обстановки на территории Орловской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС 56

Чичура Т.М., Ломовцев А.Э., Хожаинов А.Ю.
Радиационно-гигиенический мониторинг и оценка доз облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях Тульской области 63

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» 69

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА Том 9 № 3, 2016

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Романович И.К.

Гигиеническая характеристика радиационной обстановки на акватории Ладожского озера при подъеме радиоактивно загрязненного опытового судна «Кит»6

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.....14

Поцелуев Н.Ю., Салдан И.П., Баландович Б.А., Околелова О.В., Филиппова С.П.

Гигиеническая оценка индивидуальных годовых доз природного облучения населения модельных территорий Алтайского края28

Уткин С.С.

О роли Теченского каскада водоемов в долгосрочном прогнозе радиоактивного загрязнения реки Течи36

ОБЗОРЫ

Большов Л.А., Арутюнян Р.В., Линге И.И., Абалкина И.Л.

Ядерные аварии: последствия для человека, общества и энергетики.....43

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР

Стамат И.П., Венков В.А., Тутельян О.Е., Кувшинников С.И., Горский Г.А.

Оценка доз внешнего облучения населения с учетом структуры аппаратного обеспечения для контроля мощности дозы фотонного излучения в организациях Роспотребнадзора53

Пивоварова Е.А., Пивоваров А.А.

Радиационно-гигиеническая оценка источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населения на территории Республики Хакасия.....61

Стёпкин Ю.И., Кузмичёв М.К., Клепиков О.В.

Оценка доз облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений по данным единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД).....69

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Кайдановский Г.Н., Шлеенкова Е.Н.

О проблемах контроля доз облучения хрусталика глаза75

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА

«РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА»81

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА Том 9 № 4, 2016

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

И.К. Романович, И.П. Стамат, Н.И. Санжарова, А.В. Панов

Критерии реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами в результате прошлой деятельности:
Часть 1. Выбор показателей для обоснования критериев реабилитации 6

М.И. Балонов, Л.А. Чипига

Оценка дозы от поступления окиси трития в организм человека: роль включения трития в органическое вещество тканей 16

А.Т. Губин, В.И. Редько, В.А. Сакович

Влияние демографических особенностей популяции на оценки коэффициентов радиогенного риска на примере российского населения 26

Д.А. Зарединов, О.Л. Тен, Р.И. Радюк, У.С. Салихбаев, Ф.Р. Усманов, А.И. Болтаева

Распространение радионуклидов вблизи урановых разработок 37

Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов

Карта радоновой опасности территории Республики Беларусь 43

ЕСКИД И РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ

А.Н. Барковский, Р.Р. Ахматдинов, Н.К. Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская, С.И. Кувшинников, Л.В. Репин, И.П. Стамат, О.Е. Тутельян

Итоги функционирования Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2015 г. 47

ИЗ ИСТОРИИ ГИГИЕНЫ

И.П. Стамат, Э.П. Лисаченко, Н.А. Королева

История развития лаборатории дозиметрии природных источников в Институте радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева: 1987–2005 годы 74

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М.Я. Чеботина, О.А. Николин, Л.Г. Бондарева, В.Н. Ракитский

Тритий в моче людей в зоне влияния Белоярской АЭС 87

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА

«РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА» 93

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE Vol. 9 № 1, 2016

RESEARCH ARTICLES

Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovskiy A.N., Bratilova A.A., Gromov A.V., Kaduka M.V.

Substantiation of the concept of transfer to conditions of normal population activity of the settlements considered to be zones of radioactive contamination after the Chernobyl NPP accident 16

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE

Barkovskiy A.N., Bruk G.Ya., Bratilova A.A., Kravtsova O.S.

Major outcomes of the work performed by St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev on the implementation of the Federal targeted program "Mitigation of the radiation accidents' consequences until 2015" and of the "Joint activities program on mitigation of the Chernobyl Disaster within the Union State for the period until 2016" 29

Barkovskiy A.N., Kaduka M.V.

The 2015 Inter-regional seminars on radiation hygiene for local agencies and organizations' specialists of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being 37

Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V.

The evaluation of Voronezh Region radiation contamination impact over thirty years' period following the Chernobyl accident 43

REVIEWS

Lisachenko E.P., Stamat I.P., Koroleva N.A.

Development history of natural sources dosimetry laboratory at the Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev: 1970–1986 55

BRIEF REPORTS

Hakimova N.U., Malysheva E.Yu., Shosafarova Sh.G., Mirsaidov U.M.

Monitoring of individual doses for medical workers of dental polyclinic's X-ray rooms in Dushanbe, the Republic of Tadjikistan 60

ANNIVERSARIES

Ilyin L.A.

Academician F.G. Krotkov, Founder of Russian radiation hygiene 63

Ivanov S.I., Akopova N.A., Ermolina E.P.

To the 120th anniversary of F.G.Krotkov, AMS Academician, Hero of Socialist Labor 66

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 67

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE Vol. 9 № 2, 2016

Editorial 8

REVIEWS

Onishchenko G.G.

The Chernobyl – Thirty Years After The Post – Accidental Radiological – Hygienic and Medical Consequences 17

Voronov S.Iv.

Ensuring the population living safety in the contaminated areas 24

Stozharov A.N., Ternov V.Iv., Kenigsberg Ya.E.

The role of Belarus national commission on radiation protection in the minimization of consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant 29

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE

Vlasova N.G., Visenberg Yu.V., Mataras A.N.

Justification of transition from zoning of contaminated territories to settlements classification at an average annual effective doses in remote period after the Chernobyl NPP accident 38

Ashitko A.G., Zolocheskiy D.V., Ovsyannikova L.V., Rozhkova S.A.I.

Radiation conditions in kaluga region 30 years after Chernobyl NPP accident 46

Boldyreva V.V., Ovcharova V.N.

The Thirty Years' Results of Radiation Hygienic Monitoring of Tula Region territories contaminated due to the Chernobyl NPP accident 55

Zakharchenko G.L., Pereverzeva E.N., Vasilev A.A.I., Polyakova E.V., Milovanov S.N.

Radiation conditions in the Oryol region territory impacted by radioactive contamination caused by the Chernobyl NPP accident. 61

Chichura T.M., Lomovtsev A.Ed., Khozhainov A.Yu.

Radiation hygienic monitoring and assessment of population doses in radioactively contaminated areas of Tula region 67

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS 69

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE Vol. 9 № 3, 2016

RESEARCH ARTICLES

Romanovich I.K.

Hygienic Characteristics of radiation situation in the water area of The Ladoga Lake during salvaging of the radioactively contaminated experimental vessel "KIT"12

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

Динамика содержания ^7Be , ^{40}K , ^{134}Cs и ^{137}Cs в эпифитных лишайниках (род *Usnea*) на островах Кунашир и Сахалин после аварии на АЭС «Фукусима-1»26

Potseluev N.Yu., Saldan I.P., Balandovich B.A., Okolelova O.V., Filippova S.P.

Annual individual hygienic assessment of natural exposure doses of the Altai territory model areas population34

Utkin S.S.

On the Techa's reservoirs cascade influence on the long-term forecast of the Techa river radioactive contamination41

REVIEWS

Bolshov L.A., Arutyunyan R.V., Linge I.I., Abalkina I.L.

Nuclear Accidents: Consequences for Human, Society and Energy Sector.....51

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE

Stamat I.P., Venkov V.A., Tutelyan O.E., Kuvshinnikov S.I., Gorskiy G.A.

Assessment of population external irradiation doses with consideration of Rospotrebnadzor bodies equipment for monitoring of photon radiation dose59

Pivovarova E.A., Pivovarov A.A.

The Radiological Hygienic Assessment of the Sources of Utility and Drinking Water Supply for the Population of Khakasia Republic67

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).....73

BRIEF REPORTS

Kaydanovsky G.N., Shleenkova E.N.

On problems of the lens of the eye radiation dose monitoring79

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....81

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE Vol. 9 № 4, 2016

RESEARCH ARTICLES

I.K. Romanovich, I.P. Stamat, N.I. Sanzharova, A.V. Panov

Criteria for rehabilitation of facilities and territories contaminated with radionuclides as a result of past activities: Part 1. The choice of indicators for justification of the criteria for rehabilitation14

M.I. Balonov, L.A. Chipiga

Dose assessment for intake of tritiated water in humans: role of tritium incorporation in organic matter23

A.T. Gubin, V.I. Red'ko, V.A. Sakovich

The impact of the demographic characteristics of the population on estimates of the coefficients of radiogenic risk in the Russian population.....35

D.A. Zaredinov, O.L. Ten, R.I. Radyuk, U.S. Salikhbaev, F.R. Usamanov, A.I. Boltaeva

Radionuclides distribution near former uranium mining41

L.A. Chunikhin, A.L. Chekhovsky, D.N. Drozdov

The Republic of Belarus radon danger map46

ISDCR AND RUSSIAN FEDERATION RADIATION-HYGIENE PASSPORTIZATION

A.N. Barkovsky, R.R. Akhmatdinov, N.K. Baryshkov, A.A. Bratilova, T.A. Kormanovskaya, S.I. Kuvshinnikov, L.V. Repin, I.P. Stamat, O.E. Tutelyan

The outcomes of functioning of the Unified System of Individual Dose Control of the Russian Federation citizens based on the 2015 data54

HYGIENE HISTORY

I.P. Stamat, E.P. Lisachenko, N.A. Koroleva

The history of establishment of the Natural Sources Dosimetry Laboratory in the Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, 1987–2005.....85

BRIEF REPORTS

M.Ya. Chebotina, O.A. Nikolin, L.G. Bondareva, V.N. Rakitsky

Tritium in urine of people living in the area of influence of the Beloyarskaya NPP91

JOURNAL OF RADIATION HYGIENE – INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....93