

## Система мотивированного сбора информации о содержании радона в помещениях с участием населения

А.М. Маренный<sup>1</sup>, С.Ю. Антропов<sup>1</sup>, Л.Э. Карл<sup>1,2</sup>, Д.В. Щитов<sup>3</sup>, П.А. Сидякин<sup>3</sup>, М.А. Мурзабеков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

<sup>2</sup> Российский университет Дружбы народов, Москва, Россия

<sup>3</sup> Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорск, Россия

*Разработана система мотивированного сбора информации о содержании радона в воздухе помещений. Система базируется на передаче владельцу помещения приборов для интегральных и/или квазиинтегральных измерений объемной активности радона и обмене необходимой информацией об условиях и результатах измерения между ним и измерительной лабораторией с помощью современной онлайн-технологии. Реализованная на сайте система информационной поддержки и использование технологий мобильной связи призваны привлечь дополнительных участников измерений и расширить круг доступных для обследований объектов. При этом убираются посредники между измерительной лабораторией и владельцем помещения. Применение облачных технологий позволяет оптимизировать обмен информацией между участниками, а использование QR-кодов на детекторах — исключить ошибки, связанные с идентификацией детектора и его координатной привязкой к месту обследования. Примененные в системе программные модули автоматизируют процесс ввода этой информации. В системе мотивированного сбора информации применяются приборы на основе пассивных методов измерения. Предполагается, что в качестве основных будут использоваться приборы с трековым детектором. Также возможно применение угольно-адсорбционных пробоотборников, но только для измерений в населенных пунктах, из которых возможна доставка в обрабатывающую лабораторию в течение не более 1 суток. Проведено тестирование возможности практического использования системы лицами, не являющимися специалистами в области радиационного контроля, на примере малого и крупного населенного пункта (станция Кочубеевская и город Пятигорск, Ставропольский край). В целом, тестирование показало работоспособность системы. По результатам в систему были внесены изменения: увеличен размер QR-кодов и изменена их цветовая палитра, а справочная система дополнена информацией о способах входа в режим редактирования без QR-кода. С социальной точки зрения, система мотивированного сбора информации обеспечивает оказание экономически доступной для большинства граждан услуги по определению уровня облучения радоном в воздухе помещений принадлежащих им зданий и помещений. При этом в перспективе достигается значительная экономия бюджетных ассигнований, требуемых для создания карты потенциальной радоноопасности территории страны.*

**Ключевые слова:** радон, обследования, объемная активность радона, ЭРОА радона, доза, помещения, жилые и общественные здания, система мотивированного сбора.

### Введение

Наибольший вклад в суммарную дозу облучения населения создает ингаляция короткоживущих дочерних продуктов распада радона, находящихся в воздухе помещений и атмосферном воздухе [1].

Согласно рекомендациям международных организаций в области радиационной безопасности населения, концентрация радона<sup>1</sup> в помещениях различного назначения не должна превышать определенного значения или быть как можно меньше [2–4]. В соответствии с дей-

<sup>1</sup> Количественно оценивается величинами «Объемная активность радона, Бк/м<sup>3</sup>» (ОА радона) и/или «Эквивалентная равновесная объемная активность радона, Бк/м<sup>3</sup>» (ЭРОА радона).

**Маренный Альберт Михайлович**

Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены

Адрес для переписки: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 40; E-mail: amarennyy@yandex.ru

ствующими российскими нормативными документами<sup>2,3</sup> суммарное среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона ( $\text{ЭРОА}_{\text{гн}} + 4,6 \cdot \text{ЭРОА}_{\text{гн}}$ ) в помещениях эксплуатируемых жилых и общественных зданий не должно превышать  $200 \text{ Бк/м}^3$ , а во вновь построенных (реконструированных) –  $100 \text{ Бк/м}^3$ .

Для определения значений ОА и ЭРОА радона в помещениях используют различные методы, отличающиеся длительностью и процедурой измерения, а также используемыми средствами измерений [5, 6]:

- мгновенные измерения ОА и/или ЭРОА радона – длительность измерения от минут до часа;
- квазиинтегральные измерения – методы, длительность непрерывного измерения которых составляет от нескольких часов до 4–5 суток.
- интегральные методы – методы, обеспечивающие длительность непрерывного измерения ОА радона от нескольких суток до полугода – года.

Результатом интегральных или квазиинтегральных методов является средняя за период измерения ОА радона, результатом мгновенных методов – мгновенная ОА или ЭРОА радона.

### Организация радоновых обследований зданий

Широкое распространение для проведения масштабных обследований содержания радона в зданиях в мировой практике получили позволяющие проводить интегральные измерения пассивные экспозиметры с твердотельными диэлектрическими трековыми детекторами (ДТД), помещенными в пробоотборную камеру [5]. Эти приборы просты, дешевы, не требуют энергоснабжения и обслуживания в процессе экспонирования. Именно на основании результатов интегральных измерений содержания радона в воздухе помещений, как правило, делается вывод о превышении установленных санитарными нормами допустимых уровней и принимается решение о необходимости проведения радонозащитных мероприятий в здании.

Угольно-адсорбционный метод, относящийся к квазиинтегральным методам, сочетает в себе экспрессность измерений, с одной стороны, и их усредненность, с другой. Это позволяет успешно использовать такие камеры для полуконтактного обследования помещений, приемки в эксплуатацию вновь построенных зданий, а также, при условии многократного экспонирования в одном

и том же помещении, для обследования помещений в существующих зданиях с целью предварительного выявления радоноопасных объектов. Этот метод позволяет относительно быстро получить оценочные данные по содержанию радона в зданиях с разумной достоверностью при наименьших затратах.

В мировой практике измерения с помощью пассивных трековых камер и угольно-адсорбционных пробоотборников являются основными методами масштабных мониторинговых радоновых обследований (см., например, [3, 5, 6]).

Оценка уровней радиационного воздействия природных источников ионизирующих излучений на население возможна только на основе многолетних, территориально масштабных обследований с аккумуляцией результатов в информационно-аналитических ресурсах. В нашей стране такими ресурсами являются Федеральный банк данных по индивидуальным дозам облучения граждан, создаваемым естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном (ФБДОПИ), базирующийся в ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева<sup>4</sup>, ведомственный банк данных в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (сведения по закрытым административным территориальным образованиям – ЗАТО) и база данных информационно-аналитической системы по природным источникам ионизирующих излучений (ИАС ПИИИ) ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России [7].

Важной особенностью банков данных ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева (сведения по всем субъектам Российской Федерации) и ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна является постоянное пополнение данных. В этот процесс вовлечены лаборатории радиационного контроля Центров гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора в субъектах РФ, ФМБА России, других ведомств, а также большое количество аккредитованных на соответствующие виды измерений лабораторий различных форм собственности, не имеющих ведомственной принадлежности и не финансируемых из бюджета.

Основной объем результатов измерений ОА и ЭРОА радона получен с использованием мгновенных или квазиинтегральных методов, каждый из которых в отдельности не может быть основой дозиметрических оценок на длительных интервалах времени, однако статистическая обработка столь значительных объемов данных (несколько сотен тысяч записей) позволяет получить для всех субъ-

<sup>2</sup> Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 г. № 47. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., регистрационный № 14534. [Norms of radiation safety (NRB-99/2009). Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2523-09. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 07.07.2009 No. 47. Registered with the Ministry of justice of the Russian Federation on August 14, 2009, registration No. 14534. (In Russ.)]

<sup>3</sup> Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): Санитарные правила и нормы СП 2.6.1.2612-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 г. № 40. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 г., регистрационный № 18115. [Basic sanitary rules for the provision of radiation safety (OSPORB 99/2010). Sanitary rules and norms SP 2.6.1.2612-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 26.04.2010 No. 40. Registered with the Ministry of justice of the Russian Federation on August 11, 2010, registration No. 18155. (In Russ.)].

<sup>4</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 16.06.1997 № 718 «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан». [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 718 of 16.06.1997 "On the procedure for establishing a unified state system for monitoring and recording individual doses to citizens". (In Russ.)]

ектов РФ средние значения ОА и ЭРОА радона [8], на основе чего могут быть выявлены наиболее радоноопасные субъекты.

База данных ИАС ПИИИ, в отличие от названных банков данных, содержит, в основном, результаты интегральных измерений концентрации радона в помещениях населенных пунктов субъектов РФ и ЗАТО [7], полученные сотрудниками НТЦ РХБГ в рамках выборочных обследований населенных пунктов. Объем базы данных составляет более 23 000 результатов измерений ОА радона. Результаты интегральных измерений позволяют производить дозиметрические оценки на основании существенно меньших объемов данных и адресно выявлять радоноопасные объекты в масштабе отдельных участков местности и зданий.

Формирование выборок для проведения интегральных измерений возможно на основании следующих подходов [5]:

- предварительный случайный выбор объектов измерений с использованием математического аппарата по МР 11-2/206-09<sup>5</sup>;
- случайный выбор объектов, учитывающий возможность последующего привлечения персонала учреждений и предприятий к проведению обследований.

Второй подход применяется в НТЦ РХБГ уже около 15 лет, так как во многих ситуациях только так можно провести выборочное радоновое обследование населенного пункта. Это обусловлено тем, что доступ во многие здания, выбранные случайным образом, ограничен. Известно, что при применении средств интегральных измерений (пассивных экспозиметров) отсутствует необходимость личного присутствия на объектах обследования квалифицированного оператора, установка и сбор детекторов может осуществляться владельцами помещений на основании понятной для них инструкции.

Суть подхода к выбору объекта обследования состоит в следующем [5]: «Совместно с территориальным ЦГиЭ ФМБА России намечается сеть базовых организаций, относительно равномерно размещенных по территории населенного пункта (школы, детские сады, другие учебные заведения, предприятия обслуживания и т.п.) с относительно большим количеством работников (сотрудники медицинских и санитарно-гигиенических органов, учителя и учащиеся образовательных учреждений и т.д.).»

При выборе организаций учитываются как рекомендации МР 11-2/206-09, так и возможность доступа в здание. Экспозиметры передаются уполномоченным лицам организаций. Часть экспозиметров размещается для измерений в служебных зданиях, а основное количество (вместе с инструкцией и опросной формой с указанием места, периода и адреса экспонирования) передается сотрудникам, учащимся и т.д. для самостоятельной установки по месту жительства. Продолжительность экс-

понижения в помещениях составляет обычно от 2 до 4 месяцев. Экспозиметры размещаются на всех этажах зданий в жилых и общественных помещениях, преимущественно отдаётся первым этажам и помещениям с наиболее длительным пребыванием населения, часть экспозиметров размещается в подвалах. После окончания экспонирования приборы возвращаются ответственному лицу по месту работы или учёбы для пересылки в лабораторию, осуществляющую «обработку результатов измерений».

Очевидно, что результаты обследований с участием владельцев помещений приводят к отклонениям от результатов представительной случайной выборки, и это необходимо учитывать при обработке результатов обследования. Тем не менее, обработка полученных результатов измерений на первых и более высоких этажах при учете демографии, строительных характеристик зданий и т.д. даёт оценку среднегодовых значений ЭРОА и доз облучения радоном для населения данного населенного пункта<sup>6</sup>, а обработка результатов измерений в подвалах и на первых этажах зданий без подвалов позволяет выделить зоны разной потенциальной радоноопасности на территории города. Кроме того, вне зависимости от объема выборки, выявляются попавшие в неё отдельные объекты, нуждающиеся в противорадионных мероприятиях.

К сожалению, объем финансируемых из бюджета радоновых обследований с учетом количества населенных пунктов и эксплуатируемых зданий в стране крайне мал<sup>6</sup>. В связи с этим представляется актуальным снижение стоимости обследований за счет дальнейшего развития практики привлечения к измерениям радона непосредственно работников или жильцов обследуемых объектов.

Авторами был намечен и частично реализован комплекс технических и организационных мероприятий, названных «системой мотивированного сбора», целями которых являются:

- развитие заинтересованности в выполнении измерений ОА радона или в участии в таких измерениях со стороны населения;
- разработка технических и программных средств, упрощающих процесс участия в обследованиях, как населения, так и сотрудников лабораторий;
- организационные меры, обеспечивающие возможность взаимодействия населения с НТЦ РХБГ, как через посредничество измерительных лабораторий, так и напрямую с помощью сайта ИАС ПИИИ.

В данной статье представлена концепция, методические и программные особенности системы мотивированного сбора информации (СМС), а также предварительная информация о проведенном тестировании системы в «натурных» условиях.

<sup>5</sup> Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения: Методические рекомендации МР 11-2/206-09. Утверждены заместителем Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 29.08.2000 г. [Sample survey of residential buildings for assessment of the radiation doses to the population. Guidelines MR 11-2/206-09. Approved by the Deputy Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 29.08.2000. (In Russ.)].

<sup>6</sup> Общее количество помещений в России, обследованных интегральным методом, не превышает даже количества помещений, обследованных в рамках поддерживаемых государством программ в ряде европейских стран, в частности, в существенно меньшей по территории и численности населения Норвегии (29 тысяч жилищ уже к 2003 г.) [6, раздел 7.1.2]

### Концепция СМС

Основной отличительной чертой предложенной системы мотивированного сбора «радоновой» информации является то, что из цепочки «лаборатория – уполномоченная организация – сотрудники организации» возможно убрать посредника – уполномоченную организацию. Однако для реализации такого подхода потребовалась разработка простой (для пользователя) процедуры проведения измерений, при использовании которой, тем не менее, достигается высокая достоверность получаемых результатов. Это обеспечивается тем, что в основе предлагаемой СМС лежит процедура строгой идентификации и учета средств измерений (СИ), преимущественно пробоотборных камер (экспозиметров), передаваемых непрофессиональным участникам измерений.

Описываемая система мотивированного сбора данных использует ресурсы ИАС ПИИИ, разработанной и функционирующей во НТЦ РХБГ. ИАС ПИИИ представляет собой базу данных с результатами измерений радиационных характеристик ПИИИ, набор сетевых сервисов для обмена данными с системой, информационный сайт<sup>7</sup>, включающий в себя, в частности, картографическое отображение результатов измерений и набор вспомогательных сервисов и программ для автоматизации процесса измерений ОА радона трековыми детекторами.

Технические и программные средства, упрощающие процесс измерения, разрабатывались как дополнение к ИАС ПИИИ. Благодаря этому она представляет собой облачный сервис, доступный из любой точки на территории России, охваченной сетью Интернет и мобильной связью.

Сайт ИАС содержит интерактивную карту с отображаемыми на ней результатами измерений. Само по себе наличие публичной карты и возможности увидеть на ней собственные результаты измерений является одним из мотивирующих стимулов для участия в измерениях.

Перенос функций принятия решения о месте экспонирования детектора и ввода справочной информации об исследуемом объекте с сотрудника специализированной лаборатории на неспециалиста требует обеспечения его со стороны системы:

- информационной поддержкой, обеспечивающей правильный выбор места и установку детектора;
- ограниченным доступом к базе данных, позволяющим, с одной стороны, редактировать информацию об условиях экспонирования собственных детекторов, а с другой – обеспечивающим защиту от доступа к данным, введенным другими пользователями.

Для обеспечения информационной поддержки была разработана инструкция по размещению и экспонированию трековых детекторов, которая размещена на сайте ИАС ПИИИ. Также на сайте представлены справочные информационные ресурсы, касающиеся воздействия радона на человека и методов его измерений.

Для организации ограниченного доступа к базе данных используются QR-коды. Сканирование QR-кода,

расположенного на детекторе, камерой мобильного телефона загружает форму для редактирования информации о месте его расположения и условиях экспонирования. В случае наличия соответствующих разрешений со стороны владельца телефона программное обеспечение считывает координаты установки детектора с GPS-приемника телефона.

Выпуск трековых детекторов осуществляется партиями. Для каждой партии определяется чувствительность детекторов, которая определяется на основании экспериментов в радоновой камере. Детекторы размещаются внутри контейнеров-экспозиметров с нанесенными на них номерами и QR-кодами. Информация о партии детекторов и соответствии их номеров QR-кодам и номерам на корпусе экспозиметров заносится в отдельную, локальную базу данных, не связанную с общим банком результатов измерений НТЦ РХБГ. При сканировании QR-кода пользователю предоставляется доступ к редактированию информации о детекторе. Дата первого считывания QR-кода автоматически предлагается как дата начала измерения, даты последующих считываний – как дата окончания измерений. Редактирование всей ранее введенной информации возможно после любого считывания QR-кода.

Оператор в НТЦ РХБГ имеет доступ ко всем записям партии детекторов и может контролировать процесс измерений и ввода информации. По окончании измерений детекторы пересылаются в лабораторию, где происходит их вскрытие, травление и подсчет треков. Результаты измерений заносятся в базу данных, где идентифицируются с записями партии детекторов. Полученная таблица проходит верификацию – проверку адресов и их коррекцию в соответствии с классификатором КЛАДР<sup>8</sup>, проверку введенной справочной информации сотрудником НТЦ РХБГ на основании открытых источников данных, а затем загружается в банк результатов измерений, который отображается на сайте.

Предусматривается, что заказчик измерения в переданном ему отчетном документе сможет, помимо полученных результатов измерений, ознакомиться и с краткой информацией о радоне, а также рекомендацией о дальнейших действиях (ничего дополнительно не делать, проветривание помещений, дополнительные измерения и т.д.).

### Тестирование СМС

Тестирование возможности практического использования системы лицами, не являющимися специалистами в области радиационного контроля, проводилось с участием учащихся средней школы в станице Кочубеевская (Ставропольский край).

В целом, тестирование показало работоспособность системы. Выявленные недостатки были связаны с невозможностью сканирования QR-кодов отдельными телефонами школьников. По результатам в систему были внесены изменения: увеличен размер QR-кодов и изменена их цветовая палитра, а справочная система дополнена

<sup>7</sup> В настоящее время сайт находится в режиме опытной эксплуатации. После решения некоторых организационных вопросов, в том числе полного соответствия помещенной на нём информации законодательству РФ, предполагается публикация статьи о сайте с указанием его общедоступного адреса.

<sup>8</sup> Рассматривается возможность перехода на Федеральную информационную адресную систему (ФИАС).



информацией о способах входа в режим редактирования без QR-кода.

Привлечение энтузиастов и заинтересованных в обследовании собственного жилища жителей не может являться самодостаточной основой выборочного обследования. Очевидно, что набор точек обследования в полученном массиве данных (наличие тех или иных типов зданий или помещений, их доля в общем количестве обследуемых объектов и др.) должен корректироваться для получения «правильной» выборки с участием специалиста. Это может быть сделано за счет дополнительных обследований, проводимых уже централизованно с участием лабораторий, специализирующихся на подобных измерениях. Разработанные технические и программные средства должны при этом упрощать процесс обследований и уменьшать вероятность ошибок при вводе и передаче информации.

Тестирование возможности использования новых наборов детекторов с QR-кодами специализированной лабораторией проводилась в лаборатории Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске. В течение весны и лета 2021 г. лабораторией были проведены измерения с новыми наборами детекторов, охватившие около 400 помещений в детских садах, школах и в жилых помещениях. Выбор мест размещения, установку и снятие детекторов производили, в основном, студенты и аспиранты университета, сотрудники лаборатории. Проблем со считыванием QR-кодов и с правильным заполнением опросных форм сотрудниками не возникло. Использование мобильного телефона, автоматически привязывающего номер детектора к координате, считываемой по GPS-приемнику в момент сканирования, позволило исключить возможные ошибки, возникающие при фиксации и передаче этой информации через бумажный носитель.

По результатам тестирования были высказаны пожелания о модернизации системы. В частности, наличие в каждом наборе детекторов карточки с дополнительным QR-кодом, сканирование которой открывало бы доступ ко всем записям набора детекторов. В этом случае оператор может быстро расположить все детекторы по помещениям здания, фиксируя по их QR-кодам только соответствие номера детектора и координаты. Затем, уже работая с конструкторской документацией здания, можно открыть при помощи дополнительной карточки весь список детекторов и дополнить его информацией о каждом помещении, используя при этом возможности быстрого копирования повторяющейся информации для соседних помещений. Реализовать такую возможность планируется в последующих выпусках комплектов детекторов.

На основе результатов тестирования дополнительно были предприняты организационные меры, обеспечивающие возможность взаимодействия заинтересованных в измерениях частных лиц с НТЦ РХБГ:

- сайт ИАС ПИИИ был дополнен модулями обратной связи для подачи заявки на участие в обследованиях;
- разработана транспортная упаковка для детекторов, исключая воздействие радона на детектор в процессе его перевозки «Почтой России» или другими транспортными организациями;
- предусмотрено наличие резерва готовых к измерениям детекторов в НТЦ РХБГ.

## Заключение

Доступ в обследуемые помещения невозможен без согласия или привлечения к измерениям собственников или уполномоченных ими лиц. Создание мотивирующих стимулов, поиск заинтересованных лиц и их привлечение к измерениям является неотъемлемой частью процесса обследований населенных пунктов. Реализованная на сайте система информационной поддержки и использование технологий мобильной связи призваны привлечь дополнительных участников измерений и расширить круг доступных для обследований объектов.

Трековый метод измерений ОА радона предполагает наличие разделенных в пространстве и времени нескольких участников измерительного процесса – сотрудников лаборатории, выпускающей детектор, сотрудников, осуществляющих его установку и экспонирование, и непосредственно измерительной лаборатории, осуществляющей подсчет треков и расчет ОА. Применение облачных технологий позволяет оптимизировать обмен информацией между участниками, а использование QR-кодов на детекторах – исключить ошибки, связанные с идентификацией детектора и его координатной привязкой к месту обследования.

Реализованный на сайте ИАС ПИИИ публичный доступ к результатам обследований с отображением информации на карте способствует популяризации измерений радона и является одним из мотивирующих стимулов для участия в исследованиях.

Для последующего формирования соответствующих структуре общества выборок данных, их статистического анализа и выполнения дозиметрических оценок необходима фиксация справочной информации об измерении. Примененные в системе программные модули автоматизируют процесс ввода этой информации.

Организация СМС на основе других типов детекторов, например, угольно-адсорбционных пробоотборников, которые должны быть доставлены в лабораторию для измерения в течение суток после окончания экспонирования, представляется реальным в масштабе страны только для населенных пунктов, из которых возможна оперативная доставка детекторов в лабораторию, подключенную к СМС.

Дальнейшее развитие системы должно происходить по пути децентрализации процесса сбора и обработки экспонированных детекторов, развития на базе лабораторий ФМБА измерительных центров и пунктов сбора детекторов, а также создания заинтересованности лабораторий в использовании инструментов системы при проведении собственных работ и обследований.

С социальной точки зрения, СМС обеспечивает оказание экономически доступной для большинства граждан услуги по определению уровня облучения радона в воздухе помещений принадлежащих им зданий и помещений. При этом в перспективе достигается значительная экономия бюджетных ассигнований, требуемых для создания карты потенциальной радоноопасности территории страны.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке ФМБА России в рамках реализации ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года», а также при*

финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90291.

Авторы заявляют, что у них нет известных конкурирующих финансовых интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, описанную в этой статье.

Авторы благодарны администрациям ФМБА России, РУДН и а СКФУ за поддержку на всех стадиях выполнения данной работы. Авторы признательны Андрею Анатольевичу Цапалову за весьма полезное сотрудничество на стадии разработки концептуальных подходов к СМС.

## Литература

1. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I: Sources. Annex B: Exposures from natural radiation sources. New York: United Nations, 2000. 76 p.
2. Радиологическая защита от облучения радоном. Перевод публикации 126 МКРЗ / под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015. 92 с.
3. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: WHO Press, 2009. 110 p.
4. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. IAEA Safety Standards Series No. SSG-32. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015. 90 p.
5. Маренный А.М. Методические аспекты измерений средней объемной активности радона в помещениях интегральным трековым методом // АНРИ. 2012. № 4 (71). С. 13–20.
6. Киселев С.М., Жуковский М.В., Стамат И.П., Ярмошенко И.В. Радон: От фундаментальных исследований к практике регулирования. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2016. 432 с.
7. Маренный А.М., Киселёв С.М., Семёнов С.Ю. О проблеме обеспечения защиты населения России от природных источников ионизирующего излучения. Часть 2. Развитие подходов и практические мероприятия // Медицина экстремальных ситуаций. 2019. Т. 21, № 4. С. 527–539.
8. Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. 432 с.

Поступила: 09.11.2021 г.

**Маренный Альберт Михайлович** – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией природных источников ионизирующих излучений Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства России. Адрес для переписки: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 40; E-mail: amarennyu@yandex.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6142-0234>

**Антропов Сергей Юрьевич** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории природных источников ионизирующих излучений Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

**Карл Лидия Эдуардовна** – научный сотрудник лаборатории природных источников ионизирующих излучений Научно-технического центра радиационно-химической безопасности и гигиены Федерального медико-биологического агентства России, Москва, Россия

**Щитов Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства Пятигорского института (филиала) Северо-Кавказского федерального университета, Пятигорск, Россия

**Сидякин Павел Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры строительства Пятигорского института (филиала) Северо-Кавказского федерального университета, Пятигорск, Россия

**Мурзабеков Мурат Ануарович** – старший преподаватель кафедры строительства Пятигорского института (филиала) Северо-Кавказского федерального университета, Пятигорск, Россия

Для цитирования: Маренный А.М., Антропов С.Ю., Карл Л.Э., Щитов Д.В., Сидякин П.А., Мурзабеков М.А. Система мотивированного сбора информации о содержании радона в помещениях с участием населения // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 1. С. 96–103. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-96-103

## The system of acquisition of information on indoor radon concentration with the motivated participation of the population

Albert M. Marennyy<sup>1</sup>, Sergey Yu. Antropov<sup>1</sup>, Lidiya E. Karl<sup>1,2</sup>, Dmitry V. Shchitov<sup>3</sup>, Pavel A. Sidyakin<sup>3</sup>,  
Murat A. Murzabekov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene, Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> People's Friendship University of Russia, Moscow, Russia

<sup>3</sup> North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, Russia

*A system of acquisition of information on indoor radon concentration was developed. The system is based on the transfer of devices for integral and/or quasi-integral measurements of radon concentration to the owner of the premises and the exchange of necessary information about the conditions and measurement results between the owner and the measuring laboratory using modern online technology. The information support system implemented on the website and the use of mobile communication technologies are designed to attract additional measurement participants and expand the range of objects available for surveys. At the same time, intermediaries between the measuring laboratory and the owner of the premises are excluded. The use of cloud technologies makes it possible to optimize the exchange of information between participants, and the use of QR codes on detectors eliminates errors associated with the identification of the detector and its coordinate reference to the measurement point. The software modules used in the system automate the process of entering this information. It is assumed that devices with a track detector will be used as the main ones. It is also possible to use carbon-adsorption samplers, but only for measurements in settlements, from which delivery to the processing laboratory is possible within no more than one day. Testing of the possibility of practical use of the system by persons who are not specialists in the field of radiation control was carried out on examples of a small and large settlement (the village of Kochubeyevskaya and the city of Pyatigorsk, Stavropol Krai). In general, the testing showed the operability of the system. As a result, changes were made to the system: the size of QR codes was increased and their color palette was changed, and the supporting system was supplemented with information on entering the editing mode without a QR code. From a social point of view, the system provides economically affordable services for most citizens to determine the level of radon exposure in the air of residential, public and other buildings. At the same time, in the future, significant savings are achieved in budget allocations required to create a potential radon risk map of the country.*

**Key words:** radon, survey, radon concentration, radon equilibrium equivalent concentration, dose, premises, residential and public buildings, motivational collection system.

### References

1. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I: Sources. Annex B: Exposures from natural radiation sources. New York: United Nations; 2000. 76 p.
2. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. *Ann. ICRP*. 2014;43(3): 73. (In Russian).
3. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: WHO Press; 2009. 110 p.
4. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. IAEA Safety Standards Series No. SSG-32. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2015. 90 p.
5. Marennyy AM. Methodical aspects of measurements average indoor radon volume activity using the integral track method. *ANRI=ANRI*. 2012;4(71): 13–20. (In Russian).
6. Kiselev SM, Zhukovsky MV, Stamat IP, Yarmoshenko IV. Radon: From fundamental research to regulatory practice. Moscow: Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical-Biological Agency; 2016. 432 p. (In Russian).
7. Marennyy AM, Kiselev SM, Semenov SYu. On the problem of protection of the Russian population from natural sources of ionizing radiation. Part 2. The development of approaches and practical activities. *Medsina ekstremal'nykh situatsiy = Extreme Medicine*. 2019;21(4): 527–539. (In Russian).
8. Romanovich IK, Stamat IP, Kormanovskaya TA, Kononenko DV. Natural sources of ionizing radiation: radiation doses, radiation risks, preventive measures. Saint-Petersburg: FBUN NIIRG im. P.V. Ramzaeva; 2018. 432 p. (In Russian).

Received: November 09, 2021

**Albert M. Marennyy**

Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene

**Address for correspondence:** Shchukinskaya Str., 40, Moscow, 123182, Russia; E-mail: amarennyy@yandex.ru

**For correspondence: Albert M. Marennyy** – PhD, Head of Laboratory of Natural Sources of Ionizing Radiation, Federal State Unitary Enterprise Research and Technical Center of Radiation-Chemical and Hygiene of the Federal Medical-Biological Agency of Russia (Shchukinskaya Str., 40, Moscow, 123182, Russia; E-mail: amarennyy@yandex.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6142-0234>

**Sergey Yu. Antropov** – PhD, Senior researcher of Laboratory of Natural Sources of Ionizing Radiation, Federal State Unitary Enterprise Research and Technical Center of Radiation-Chemical and Hygiene of the Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

**Lidiya E. Karl** – The researcher of Laboratory of Natural Sources of Ionizing Radiation, Federal State Unitary Enterprise Research and Technical Center of Radiation-Chemical and Hygiene of the Federal Medical-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

**Dmitry V. Shchitov** – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Construction of Pyatigorsk Institute (branch) of North Caucasian Federal University, Pyatigorsk, Russia

**Pavel A. Sidyakin** – PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Construction of Pyatigorsk Institute (branch) of North Caucasian Federal University, Pyatigorsk, Russia

**Murat A. Murzabekov** – Senior Lecturer of the Construction Department of Pyatigorsk Institute (branch) of North Caucasian Federal University, Pyatigorsk, Russia

**For citation: Marennyy A.M., Antropov S.Yu., Karl L.E., Shchitov D.V., Sidyakin P.A., Murzabekov M.A.** The system of acquisition of information on indoor radon concentration with the motivated participation of the population. *Radiatsionnaya Gygiena* = *Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 1, P. 96-103. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-96-103