DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-29-40
УДК: 725:546.296

Обоснование методических подходов к контролю содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей

А.С. Васильев, И.К. Романович, Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская, К.А. Сапрыкин, Т.А. Балабина

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

Как показывает анализ обращений за методической помощью в Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора им. П.В. Рамзаева, при проведении измерений содержания радона в воздухе эксплуатируемых общественных зданий (в первую очередь, детских учреждений) в рамках контрольно-надзорных мероприятий в субъектах Российской Федерации, как правило, руководствуются (ввиду отсутствия других утвержденных документов) методическими указаниями МУ 2.6.1.2838-11, предназначенными для проведения радиационного контроля общественных зданий и сооружений только при сдаче их в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции. Выполнение требований п. 6.5 МУ 2.6.1.2838-11 приводит здание и помещения в состояние, не соответствующее их нормальному режиму эксплуатации, что в итоге ведет к регистрации более высоких значений содержания радона и принятию в дальнейшем управленческих решений, предусматривающих административное приостановление деятельности на срок до 90 суток, т.е. закрытие отдельных помещений или даже всего здания детского учреждения. Результатом принятия таких решений может быть нарастание социальной напряженности в обществе и провоцирование радиофобии среди населения. В данной работе излагаются конкретные рекомендации по обследованию эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей на основе результатов анализа опыта практического применения различных методов измерения содержания радона в воздухе помещений для оценки среднего его содержания в рабочее время в режиме нормальной эксплуатации зданий. Предложенный подход может быть в дальнейшем положен в основу специальных методических указаний по радиационному контролю эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей.

Ключевые слова: *радон, дочерние продукты распада, объемная активность, эквивалентная равновесная объемная активность, радоновое обследование, экспрессные измерения, интегральные методы, трековый детектор, общественные здания, детские учреждения, Кингисеппский район, Ленинградская область.*

Введение

Охрана здоровья детей является одним из приоритетных направлений деятельности органов государственной власти и необходимым условием для гармоничного физического и психического развития детей[1]. Положение о защите детства обозначено в нормативном правовом акте высшей юридической силы – обновленной версии Конституции Российской Федерации[2]. В соответствии с требованиями Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации»[3] образовательная организация при осуществлении своей деятель-

[1] Статья 7 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 22.12.2020) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». [Article 7 of the Federal Law No. 323-FZ of 21.11.2011 (as amended on 22.12.2020) “On the basics of protecting the health of citizens in the Russian Federation”. (In Russ.)]

[2] Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020). [The Constitution of the Russian Federation (adopted by popular vote on 12.12.1993 with amendments approved during the all-Russian vote on 01.07.2020). (In Russ.)]

[3] Статья 28 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 24.03.2021) «Об образовании в Российской Федерации». [Article 28 of the Federal Law No. 273-FZ of 29.12.2012 (as amended on 24.03.2021) “On the education in the Russian Federation”. (In Russ.)]

Васильев Алексей Серафимович
Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: a.vasilev@niirg.ru

ности обязана создавать безопасные условия обучения, воспитания, ухода и присмотра за обучающимися; она несет ответственность за жизнь и здоровье не только работников, но и обучающихся образовательной организации.

Одним из вредных факторов среды обитания в образовательной организации может являться радиоактивный газ радон, который при определенных условиях имеет тенденцию к накоплению в закрытых помещениях до существенных уровней. Подстилающие грунты и горные породы, содержащие ^{238}U или ^{226}Ra, являются основными источниками поступления радона в воздух помещений [1].

Так как радон не имеет органолептических свойств, единственным способом его обнаружения является проведение измерений радиометрами различных типов. Однако на данный момент методические указания по проведению радиационного контроля и санитарно-эпидемиологической оценки параметров радиационной обстановки в эксплуатируемых общественных зданиях отсутствуют как таковые, в связи с чем не регламентирован выбор и приоритетность использования того или иного метода при проведении измерений содержания радона в воздухе помещений таких зданий. Как показывает анализ обращений за методической помощью во ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, в рамках проведения контрольно-надзорных мероприятий специалисты ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах РФ, как правило, руководствуются (ввиду отсутствия других утвержденных методических документов) МУ 2.6.1.2838-11[4], предназначенными для проведения радиационного контроля общественных зданий и сооружений только при сдаче их в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции. Для проведения измерений чаще всего используются экспрессные методы определения ЭРОА изотопов радона в воздухе, а помещения при этом подготавливаются для измерений в соответствии с требованиями п. 6.5 указанных МУ, т.е. здание и помещения предварительно выдерживаются при закрытых окнах, дверях и штатном режиме работы принудительной вентиляции (при ее наличии) не менее 12 ч. С учетом того, что, как правило, в рамках контрольно-надзорных мероприятий обследуются детские учреждения (ДУ), расположенные в зданиях старой постройки, в которых система приточно-вытяжной вентиляции отсутствует как таковая или давно не функционирует, выполнение требований п. 6.5 МУ 2.6.1.2838-11 приводит здание и помещения в состояние, не соответствующее их нормальному режиму эксплуатации, что в итоге ведет к регистрации более высоких значений содержания радона (единичных, как правило) и принятию в дальнейшем Управлениями Роспотребнадзора в субъектах РФ управленческих решений, предусматривающих в соответствии со ст. 6.4 КоАП РФ административное приостановление деятельности на срок до 90 суток, т.е. закрытие отдельных помещений, этажей или даже всего здания ДУ. Результатом принятия таких решений является нарастание социальной напряженности в обществе и провоцирование радиофобии (радиотревожности) среди населения.

Как известно, достоверность оценки нормируемого показателя – среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе помещений – увеличивается с ростом продолжительности измерения. По этой причине в МУ 2.6.1.2838-11 методы измерения ранжированы в порядке возрастания достоверности определения этого показателя следующим образом: экспрессные (мгновенные, инспекционные, кратковременные), квазиинтегральные и интегральные. Однако в случае проведения обследований эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей (например, ДУ) необходимо принимать во внимание, что критерием принятия решения о несоответствии помещений установленному нормативу должно быть не просто среднегодовое содержание радона в воздухе помещений, а среднее его содержание именно в те периоды времени, когда сотрудники и воспитанники находятся в здании.

Для проведения крупномасштабных радоновых обследований широкое применение в России и за рубежом получили пассивные интегральные методы, которые позволяют получить среднее значение объемной активности (ОА) радона за все время экспонирования интегральных трековых радиометров радона (ИТРР). Но, к сожалению, данные методы не позволяют оценить уровень содержания радона в отдельно взятые периоды обследования, как, например, при использовании автоматических радоновых мониторов. Регистрация треков альфа-частиц в ИТРР происходит и в ночное время, и в выходные и праздничные дни, и в период каникул, то есть в периоды фактического отсутствия в зданиях ДУ сотрудников и/или детей, когда предусмотренное санитарными правилами[5], [6] регулярное проветривание не осуществляется, вен-

[4] МУ 2.6.1.2838-11 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2011 г. (далее – МУ 2.6.1.2838-11). [Radiation control and sanitary-epidemiological evaluation of residential, public and industrial buildings and facilities after finishing their construction, capital repair, reconstruction. Guidelines MU 2.6.1.2838-11. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 28.01.2011 (hereinafter – MU 2.6.1.2838-11). (In Russ.)]

[5] Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи: Санитарные правила СП 2.4.3648-20. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 г. № 28. [Sanitary and epidemiological requirements for organizations of education and training, recreation and health improvement of children and youth. Sanitary rules SP 2.4.3648-20. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 28.09.2020 No. 28. (In Russ.)]

[6] Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 2. [Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. Sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 28.01.2021 No. 2. (In Russ.)]

тиляция с механическим побуждением может быть выключена, что в совокупности может приводить к росту ОА радона в воздухе помещений. Таким же недостатком обладает и квазиинтегральный метод измерений, основанный на сорбции радона активированным углем. Из этого следует, что интегральные и квазиинтегральные методы завышают реальные значения содержания радона в воздухе помещений в часы присутствия людей, рассчитанные на их основе дозы и, соответственно, риски развития радон-индуцированного рака легкого.

Основная проблема экспрессных методов заключается в том, что измеренное с их помощью значение отражает ситуацию с содержанием радона и его короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) в воздухе только в конкретный момент времени, поскольку оно подвержено значительной суточной, недельной и сезонной вариабельности, основными причинами которой являются изменение метеорологических условий и режима эксплуатации помещения. Таким образом, результаты единичных измерений ЭРОА изотопов радона, проведенных экспрессными методами, с большой долей вероятности также не отражают среднее значение величины в рабочие дни и часы.

Цель исследования – выработка рекомендаций по проведению контрольно-надзорных мероприятий в эксплуатируемых общественных зданиях с некруглосуточным пребыванием людей на основе результатов анализа опыта практического применения различных методов измерения содержания радона в воздухе помещений для оценки среднего его содержания в рабочее время в режиме нормальной эксплуатации зданий.

Материалы и методы

В рамках выполнения инициативной научно-исследовательской работы «Гигиеническая оценка уровней содержания радона в воздухе помещений детских учреждений Ленинградской области», проводимой ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева совместно с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, по результатам измерений, выполненных с помощью ИТРР (длительность экспонирования которых составила 30 суток), в Кингисеппском районе Ленинградской области был выявлен ряд ДУ с высоким содержанием радона в воздухе помещений [2] (табл. 1).

В связи с этим было принято решение о проведении детального радонометрического обследования зданий 4 ДУ, расположенных в деревнях Большая Пустомержа, Ополье и Фалилеево.

Кингисеппский район Ленинградской области считается потенциально радоноопасным ввиду сосредоточения на его территории комплекса горных пород (диктионемовых сланцев) с содержанием ^{238}U (^{226}Ra) выше фонового в 10–100 раз, которые выходят на поверхность или располагаются в непосредственной близости от земной поверхности [3–6] (рис. 1).

Таблица 1

Результаты измерений ОА радона в воздухе помещений некоторых ДУ Кингисеппского района Ленинградской области, обследованных с применением ИТРР в ноябре – декабре 2020 г.

[Table 1

Results of measurements of indoor radon concentration using SSNTDs in some children institutions of the Kingiseppsky district of the Leningrad region (November – December 2020)]

Населенный пункт [Settlement]	Тип здания [Type of institution]	Год постройки [Year of construction]	Помещение [Premise]	Этаж [Floor]	$ОА_{Rn}$, Бк/м^3 [Radon concentration, Bq/m^3]
д. Большая Пустомержа [Bol'shaya Pustomerzha]	Средняя общеобразовательная школа (СОШ) [School]	1964	Кабинет бухгалтера [Accountant's office]	1	1610±644
			Кабинет завуча [Head teacher's office]	1	2200±880
			Кабинет завхоза [Caretaker's office]	1	1155±462
			Медицинский кабинет [Medical room]	1	604±242
			Гардеробная [Dressing room]	1	1345±538
			Коридор [Hall]	1	410±164
д. Ополье [Opol'e]	Детский сад [Kindergarten]	1977	Группа «Буратино», игровая ["Buratino" group, game room]	1	230±92
			Группа «Аленушка», игровая ["Alenushka" group, game room]	1	334±134
			Группа «Теремок», игровая ["Teremok" group, game room]	2	210±84
			Группа «Чебурашка», игровая ["Cheburashka" group, game room]	2	104±42

Окончание таблицы 1

Населенный пункт [Settlement]	Тип здания [Type of institution]	Год постройки [Year of construction]	Помещение [Premise]	Этаж [Floor]	$ОА_{Rn}$, Бк/м^3 [Radon concentration, Bq/m^3]
д. Фалилеево [Falileevo]	Детский сад [Kindergarten]	1968	Группа «Березка», спальня [“Beryozka” group, bedroom]	1	390±156
			Группа «Тополек», спальня [“Topolek” group, bedroom]	1	480±192
			Группа «Елочка», игровая [“Elochka” group, game room]	1	530±212
			Группа «Тополек», игровая [“Topolek” group, game room]	2	360±144
			Группа «Березка», игровая [“Березка” group, game room]	2	267±107
	Основная общеобразовательная школа (ООШ) [School]	1968	Кабинет № 10 [Classroom No. 10]	1	1930±772
			Кабинет № 1 [Classroom No. 1]	1	1010±404
			Кабинет № 5 [Classroom No. 5]	1	1505±602
			Кабинет № 7 [Classroom No. 7]	2	730±292
			Библиотека [Library]	3	870±348

Рис. 1. Карта прогнозной радоноопасности территории Ленинградской области (по данным ОП «РГЭЦ» АО «Урангео») [**Fig. 1.** Radon risk map of the districts of the Leningrad region (“RGETS”, JSC “Urangeo”): red – highest risk; pink – high risk; yellow – moderate risk; grey – low risk]

Детальные радонометрические обследования помещений 4 эксплуатируемых ДУ (школы и детские сады) были проведены в холодный (отопительный период) с 25 февраля по 25 марта 2021 г. и включали повторную установку ИТРР в ранее обследованных помещениях в каждом из 4 ДУ, 5 серий еженедельных экспрессных измерений ЭРОА изотопов радона в тех же помещениях, а также установку в 2 школах радоновых мониторов для непрерывного автоматического измерения ОА радона. Всего было получено 20 результатов измерений ОА радона, полученных с помощью пассивного интегрального метода; 100 результатов измерений ЭРОА изотопов радона, полученных с помощью экспрессного метода, а также 4 серии измерений ОА радона, полученные с помощью радоновых мониторов.

Измерения пассивным интегральным методом проводились с использованием комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1М» (Россия), включающего в себя пробоотборные камеры (экспозиметры) типа «РЭИ-4» с трековыми детекторами (ТД) на основе нитроцеллюлозной пленки Kodak LR-115 Type II. Основы метода, принцип работы и порядок проведения измерений детально изложены в аттестованных методиках[7, 8]. Экспозиметры размещались на 30 суток (с 25 февраля по 25 марта) в 5 помещениях каждого обследуемого ДУ преимущественно на первом этаже (при наличии второго и третьего этажа – 1–2 экспозиметра на каждый этаж) в местах, удаленных от окон и отопительных приборов на высоте 1–2 м над уровнем пола (т.е. в зоне дыхания). Для каждого обследованного помещения заполнялся так называемый «паспорт измерения», который со-

[7] Радон. Измерение объемной активности в воздухе помещений интегральным трековым методом: Методика измерений. Разработана ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, ООО «ГК РЭИ». Аттестована ФГУП ВНИИФТРИ, свидетельство № 40090.2И385 от 16.07.2012 г. [Measurements of indoor radon concentration with SSNTDs. Guidelines. Developed by Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene (Federal Medical-Biological Agency of Russia) and LLC “REI Group of Companies”. Certified by VNIIFTRI, certificate No. 40090.2I385 dated 16.07.2012. (In Russ.)]

[8] Радон. Измерение объемной активности интегральным трековым методом в производственных, жилых и общественных помещениях: Методика выполнения измерений 2.6.1.003-99. Аттестована в ЦМИИ ГП «ВНИИФТРИ» Госстандарта РФ. Свидетельство об аттестации № 45090.84769 от 08.12.1998 г. [Radon. Measurements of indoor radon concentration with SSNTDs in industrial, residential and public premises. Guidelines 2.6.1.003-99. Certified by VNIIFTRI, certificate No. 45090.84769 dated 08.12.1998. (In Russ.)]

держал полные адресные данные, период экспонирования ИТТР, а также строительно-конструкционные и иные характеристики здания (год постройки, этажность, основной материал строительных конструкций, тип окон, тип системы отопления и вентиляции). Для используемого комплекта аппаратуры, согласно приложению к свидетельству об утверждении типа средств измерений, предел допускаемой относительной погрешности измерений средней ОА радона в диапазоне от 20 до 2000 Бк/м^3 составляет ±40%.

Согласно п. 6.3 МУ 2.6.1.2838-11, для перехода от измеренных значений ОА радона к ЭРОА радона использовалось значение коэффициента радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР, равное 0,5.

Еженедельные экспрессные измерения ЭРОА изотопов радона в период экспонирования ИТРР проводились в тех же помещениях, в которых были установлены экспозиметры, в рабочее время в режиме нормальной эксплуатации зданий (в присутствии сотрудников и/или детей, при соблюдении кратности и времени проветривания, предписанных санитарными правилами) с применением радиометров «Альфарад плюс А» (Россия), «Альфарад плюс АРП» (Россия), РАА-3-01 «АльфаАЭРО» (Россия) и РАА-10 (Россия), для которых предел допускаемой относительной погрешности, согласно паспортам средств измерений, составляет ±30%. Всего в здании каждого обследуемого ДУ было проведено 25 экспрессных измерений ЭРОА изотопов радона.

Радоновые мониторы AlphaGUARD PQ2000PRO (Германия) были установлены в 2 школах с наиболее высокими зарегистрированными значениями ОА радона по результатам прошлых измерений: в учительской (с 25 февраля по 11 марта) и кабинете завуча (с 11 марта по 25 марта) МБОУ «Пустомержская СОШ» (д. Большая Пустомержа), а также в библиотеке (с 25 февраля по 11 марта) и кабинете № 1 (с 11 марта по 25 марта) МБОУ «Фалилеевская ООШ» (д. Фалилеево). В каждом помещении измерения проводились на протяжении 2 недель, показания сохранялись в памяти мониторов с интервалом в 10 мин (в школе д. Фалилеево) и 1 ч (в школе д. Большая Пустомержа). Предел допускаемой относительной погрешности, согласно паспорту монитора радона, составляет ±20%.

Перед началом статистической обработки была проведена валидация результатов измерений ОА радона и ЭРОА изотопов радона в соответствии с подходом, описанным в [7]: результаты менее нижней границы диапазона измерений (НГДИ), а также результаты измерений пассивным интегральным методом, превышающие предел насыщения ТД, равный 180 кБк·сутки/м^3 (что соответствует метрологическим характеристикам комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1М», указанным в приложении к свидетельству об утверждении данного типа средств измерений), получены не были. Результаты измерений ЭРОА торона не превысили значения НГДИ соответствующих средств измерений и далее не рассматриваются.

Следует отметить, что последние 4 дня непрерывной регистрации ОА радона с помощью мониторов в помещениях «Пустомержской СОШ» и «Фалилеевской ООШ», на которые пришлась и последняя серия еженедельных экспрессных измерений, совпали с периодом школьных весенних каникул, что позволило в дальнейшем выявить некоторые различия в динамике ОА радона в зависимости от присутствия только сотрудников или сотрудников и детей одновременно и, как следствие, соблюдения предписанного режима проветривания.

Результаты и обсуждение

Обобщенные результаты обследований 4 ДУ Кингисеппского района Ленинградской области представлены в таблице 2. Видно, что результаты интегральных измерений среднесуточной ОА радона, пересчитан-

Таблица 2

Обобщенные результаты измерений содержания радона в воздухе помещений обследованных ДУ (интегральный и экспрессный методы)

[Table 2

Averaged results of measurements of indoor radon EEC in four surveyed children institutions of the Kingiseppsky district of the Leningrad region (long-term and instant measurements)]

Детское учреждение [Settlement, institution]	$ЭРОА_{Rn}$ (интегральный метод), Бк/м^3 [Radon EEC (long-term measurements), Bq/m^3]			$ЭРОА_{Rn}$ (экспрессный метод), Бк/м^3 [Radon EEC (instant measurements), Bq/m^3]			$R_{I,/I}$, отн. ед.
	СА [AM]	ИЗ [Range]	СО [SD]	СА [AM]	ИЗ [Range]	СО [SD]	
д. Ополье, детский сад [Opol'e, Kindergarten]	50	21–106	35	12	3–31	7	4,2 (2,0–8,4)
д. Фалилеево, детский сад [Falileevo, Kindergarten]	60	24–81	22	19	6–62	12	3,2 (1,7–5,3)
д. Фалилеево, школа [Falileevo, School]	418	331–476	60	220	30–368	91	1,9 (1,6–3,2)
д. Большая Пустомержа, школа [Bol'shaya Pustomerzha, School]	704	288–1300	377	232	12– 607	172	3,0 (1,6–4,3)

СА – среднее арифметическое значение; ИЗ – интервал значений; СО – стандартное отклонение; $R_{I,/I}$ – отношение среднего арифметического значения по результатам интегральных измерений к среднему арифметическому значению по результатам экспрессных измерений (с диапазоном по отдельным помещениям)

[AM – arithmetic mean; SD – standard deviation; $R_{I,/I}$ – ratio of AM of long-term measurement results to AM of instant measurement results (range by individual premises). Standard Russian value of equilibrium factor F=0.5 is used throughout the paper for conversion of radon concentration into EEC where necessary (long-term and radon monitor measurement results)]

ные в значения ЭРОА с помощью стандартного значения коэффициента равновесия между радоном и его ДПР, равного 0,5, превышают средние результаты многократных экспрессных измерений в 2–4 раза.

В помещениях МБОУ «Фалилеевская ООШ» и МБОУ «Пустомержская СОШ» высокие значения ЭРОА радона по результатам экспрессных измерений были зафиксированы 25 марта, в период школьных весенних каникул (с 22 по 28 марта 2021 г.), а в помещениях МБОУ «Пустомержская СОШ» не только в период каникул, но и 25 февраля, когда все учащиеся были задействованы в проведении внешкольного мероприятия и не находились в здании (рис. 2). В остальные дни при одновременном присутствии детей и сотрудников и соблюдении предписанного режима проветривания содержание радона в воздухе помещений было заметно ниже.

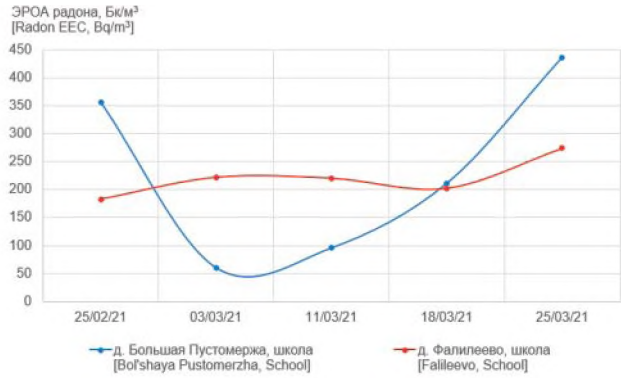

Рис. 2. Временная серия средних результатов измерений ЭРОА радона в воздухе помещений 2 обследованных школ экспрессным методом
[**Fig. 2.** Time series of average indoor radon EEC instant measurement results in two surveyed schools of the Kingiseppsky district of the Leningrad region]

Необходимо отметить хорошую сходимость результатов, полученных пассивным интегральным методом, и средних результатов измерений мониторами радона (расхождение составляет от 3 до 20%). Отношение полученных с помощью мониторов результатов после пересчета в ЭРОА радона к результатам экспрессных измерений с использованием коэффициента равновесия F=0,5 также составляет 2–3 раза (табл. 3).

Наибольший интерес представляет разбиение всего массива результатов измерений с помощью мониторов радона на отдельные временные периоды: дневное и ночное время, рабочие и выходные дни. Из данных, представленных в таблице 4, видно, что в дневное время результаты измерений с помощью мониторов превышают результаты экспрессных измерений от 1,5 до 4 раз, при этом в рабочие дни – только в 1,5–2 раза. Ночные значения стабильно превышают дневные вне зависимости от деления на рабочие и выходные дни (табл. 5). Результаты пассивных интегральных измерений немного превышают результаты, полученные с помощью мониторов в дневное время (в среднем в 1,1–1,3 раза), а максимальная сходимость наблюдается в ночное время (в среднем отношение составляет 0,9–1,1 раза).

На временных сериях результатов измерений с помощью мониторов (рис. 3–6) выявляются характерные паттерны суточного изменения ОА радона в воздухе, обусловленного изменением режима эксплуатации помещений (выделены на графиках рамками): снижение с началом рабочего дня и повышение с его окончанием. При этом на общий ход кривой оказывают влияние атмос-

Таблица 3

Сопоставление средних результатов измерений содержания радона в воздухе помещений обследованных ДУ (3 метода)

[Table 3

Comparison of the average results of measurements of indoor radon EEC in surveyed children institutions (3 measurement methods)]

Детское учреждение, помещение [Settlement, institution, premise]	$ЭРОА_{Rn}$ (интеграл), Бк/м³ [Radon EEC (long-term measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (монитор), Бк/м³ [Radon EEC (radon monitor measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (экспресс), Бк/м³ [Radon EEC (instant measurements), Bq/m³]	$R_{M/I}$, отн. ед.
д. Большая Пустомержа, школа, учительская [Bol'shaya Pustomerzha, School, teachers' lounge]	556	525	226 c_v=0,67	2,3
д. Большая Пустомержа, школа, кабинет завуча [Bol'shaya Pustomerzha, School, Head teacher's office]	784	876	272 c_v=0,75	3,2
д. Фалилеево, школа, библиотека [Falileevo, School, library]	476	464	294 c_v=0,20	1,6
д. Фалилеево, школа, кабинет № 1 [Falileevo, School, classroom No. 1]	415	331	129 c_v=0,28	2,6

c_v – коэффициент вариации; $R_{M/I}$ – отношение среднего арифметического значения по результатам измерений с помощью монитора радона к среднему арифметическому значению по результатам экспрессных измерений
[c_v – coefficient of variation; $R_{M/I}$ – ratio of arithmetic mean of radon monitor measurement results to arithmetic mean of instant measurement results]

Таблица 4

Сопоставление результатов измерений содержания радона в воздухе помещений обследованных ДУ с помощью монитора радона в дневное время с другими методами

[Table 4

Comparison of the results of measurements of indoor radon EEC in surveyed children institutions using radon monitor during the daytime with other methods]

Детское учреждение, помещение [Settlement, institution, premise]	$ЭРОА_{Rn}$ (экспресс), Бк/м³ [Radon EEC (instant measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (интеграл), Бк/м³ [Radon EEC (long-term measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (монитор), Бк/м³ [Radon EEC (radon monitor measurements), Bq/m³] Дневное время (08:00–18:00) [Daytime (08:00–18:00)]		
			Все дни [All days]	Рабочие дни [Working days]	Выходные дни [Weekend]
д. Большая Пустомержа, школа, учительская [Bol'shaya Pustomerzha, School, teachers' lounge]	226	556	428 $R_{M/I}$=1,9 $R_{L/M}$=1,3	355 $R_{M/I}$=1,6 $R_{L/M}$=1,6	545 $R_{M/I}$=2,4 $R_{L/M}$=1,0
д. Большая Пустомержа, школа, кабинет завуча [Bol'shaya Pustomerzha, School, Head teacher's office]	272	784	800 $R_{M/I}$=2,9 $R_{L/M}$=1,0	569 $R_{M/I}$=2,1 $R_{L/M}$=1,4	995 $R_{M/I}$=3,7 $R_{L/M}$=0,8
д. Фалилеево, школа, библиотека [Falileevo, School, library]	294	476	428 $R_{M/I}$=1,5 $R_{L/M}$=1,1	449 $R_{M/I}$=1,5 $R_{L/M}$=1,1	391 $R_{M/I}$=1,3 $R_{L/M}$=1,2
д. Фалилеево, школа, кабинет №1 [Falileevo, School, classroom No. 1]	129	415	302 $R_{M/I}$=2,3 $R_{L/M}$=1,4	307 $R_{M/I}$=2,4 $R_{L/M}$=1,4	298 $R_{M/I}$=2,3 $R_{L/M}$=1,4

$R_{M/I}$ – отношение среднего арифметического значения по результатам измерений с помощью монитора радона к среднему арифметическому значению по результатам экспрессных измерений; $R_{L/M}$ – отношение результата пассивного интегрального измерения к среднему арифметическому значению по результатам измерений с помощью монитора радона
[$R_{M/I}$ – ratio of arithmetic mean of radon monitor measurement results to arithmetic mean of instant measurement results; $R_{L/M}$ – ratio of the long-term measurement result to arithmetic mean of radon monitor measurement results]

Таблица 5

Сопоставление результатов измерений содержания радона в воздухе помещений обследованных ДУ с помощью монитора радона в ночное время с другими методами

[Table 5

Comparison of the results of measurements of indoor radon EEC in surveyed children institutions using radon monitor during the nighttime with other methods]

Детское учреждение, помещение [Settlement, institution, premise]	$ЭРОА_{Rn}$ (экспресс), Бк/м³ [Radon EEC (instant measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (интеграл), Бк/м³ [Radon EEC (long-term measurements), Bq/m³]	$ЭРОА_{Rn}$ (монитор), Бк/м³ [Radon EEC (radon monitor measurements), Bq/m³] Ночное время (19:00–07:00) [Nighttime (19:00-07:00)]		
			Все дни [All days]	Рабочие дни [Working days]	Выходные дни [Weekend]
д. Большая Пустомержа, школа, учительская [Bol'shaya Pustomerzha, School, teachers' lounge]	226	556	606 $R_{M/I}$=2,7 $R_{L/M}$=0,9	429 $R_{M/I}$=1,9 $R_{L/M}$=1,3	843 $R_{M/I}$=3,7 $R_{L/M}$=0,7
д. Большая Пустомержа, школа, кабинет завуча [Bol'shaya Pustomerzha, School, Head teacher's office]	272	784	940 $R_{M/I}$=3,5 $R_{L/M}$=0,8	785 $R_{M/I}$=2,9 $R_{L/M}$=1,0	1094 $R_{M/I}$=4,0 $R_{L/M}$=0,7
д. Фалилеево, школа, библиотека [Falileevo, School, library]	294	476	495 $R_{M/I}$=1,7 $R_{L/M}$=1,0	486 $R_{M/I}$=1,7 $R_{L/M}$=1,0	512 $R_{M/I}$=1,7 $R_{L/M}$=0,9
д. Фалилеево, школа, кабинет №1 [Falileevo, School, classroom No. 1]	129	415	356 $R_{M/I}$=2,8 $R_{L/M}$=1,2	366 $R_{M/I}$=2,8 $R_{L/M}$=1,1	347 $R_{M/I}$=2,7 $R_{L/M}$=1,2

$R_{M/I}$ – отношение среднего арифметического значения по результатам измерений с помощью монитора радона к среднему арифметическому значению по результатам экспрессных измерений; $R_{L/M}$ – отношение результата пассивного интегрального измерения к среднему арифметическому значению по результатам измерений с помощью монитора радона
[$R_{M/I}$ – ratio of arithmetic mean of radon monitor measurement results to arithmetic mean of instant measurement results; $R_{L/M}$ – ratio of the long-term measurement result to arithmetic mean of radon monitor measurement results]

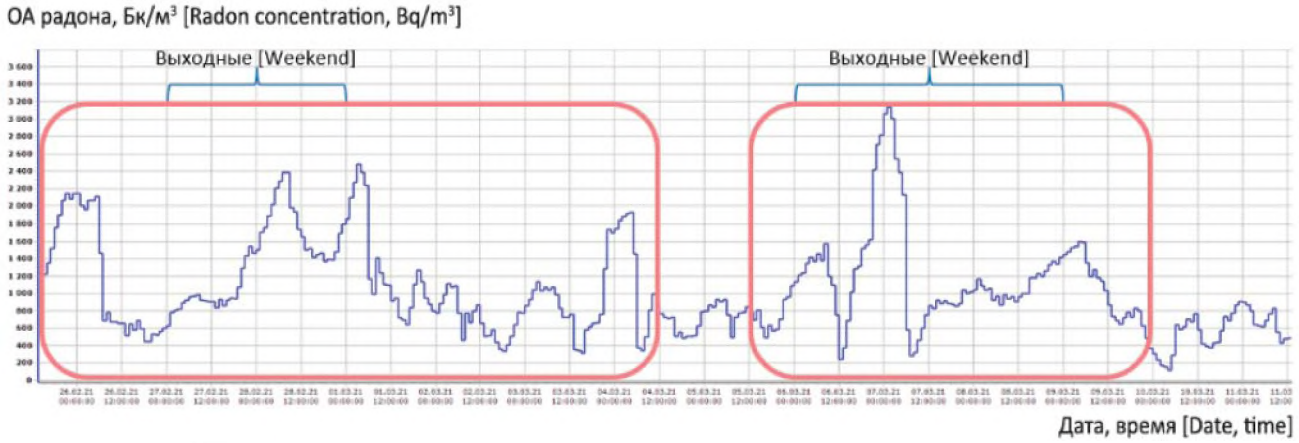

Рис. 3. Временна́я серия результатов измерений ОА радона с помощью монитора AlphaGUARD в МБОУ «Пустомержская СОШ» (учительская, 25 февраля – 11 марта 2021 г.)
[**Fig. 3.** Time series of radon concentration measurement results (AlphaGUARD) at Bol'shaya Pustomerzha, School, teachers' lounge (February 25 – March 11, 2021). Characteristic patterns of daily variation in radon concentration due to changes in the operating mode of premises are marked with frames]

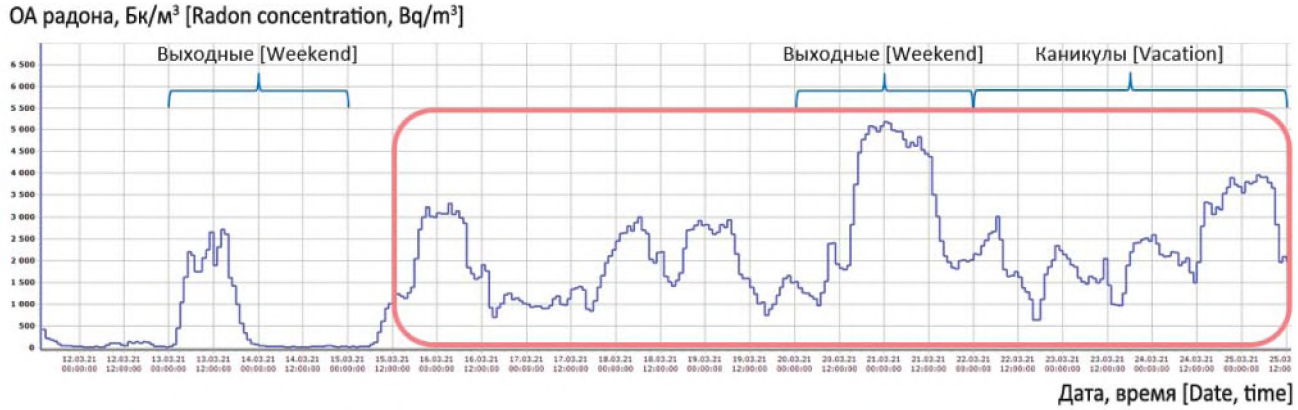

Рис. 4. Временна́я серия результатов измерений ОА радона с помощью монитора AlphaGUARD в МБОУ «Пустомержская СОШ» (кабинет завуча, 11–25 марта 2021 г.)
[**Fig. 4.** Time series of radon concentration measurement results (AlphaGUARD) at Bol'shaya Pustomerzha, School, Head teacher's office (March 11–25, 2021). Characteristic patterns of daily variation in radon concentration due to changes in the operating mode of premises are marked with frames]

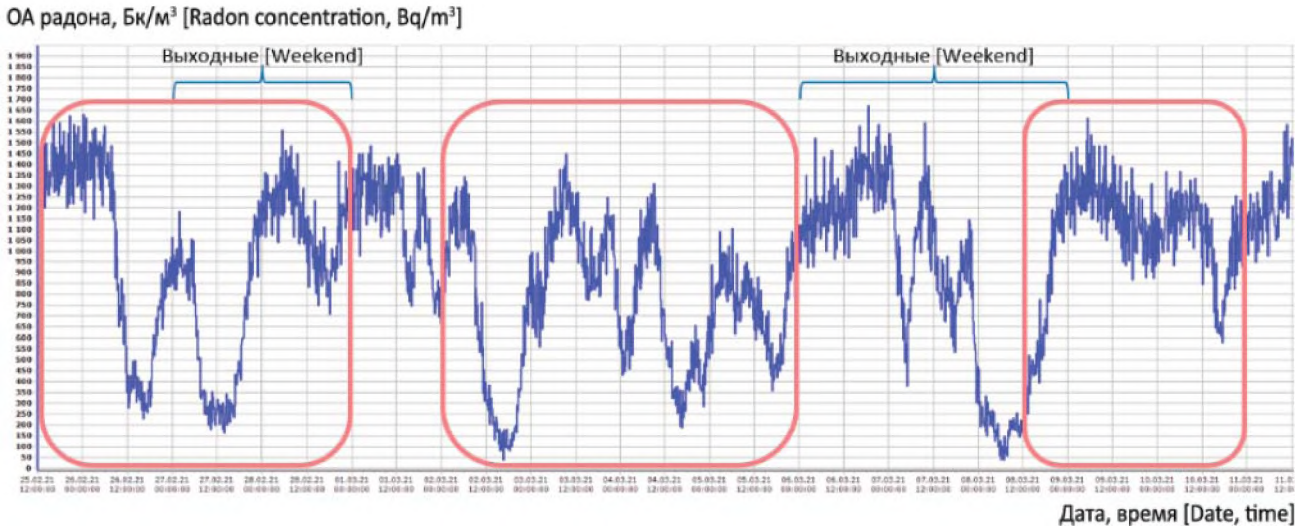

Рис. 5. Временна́я серия результатов измерений ОА радона с помощью монитора AlphaGUARD в МБОУ «Фалилеевская ООШ» (библиотека, 25 февраля – 11 марта 2021 г.)
[**Fig. 5.** Time series of radon concentration measurement results (AlphaGUARD) at Falileevo, School, library (February 25 – March 11, 2021). Characteristic patterns of daily variation in radon concentration due to changes in the operating mode of premises are marked with frames]

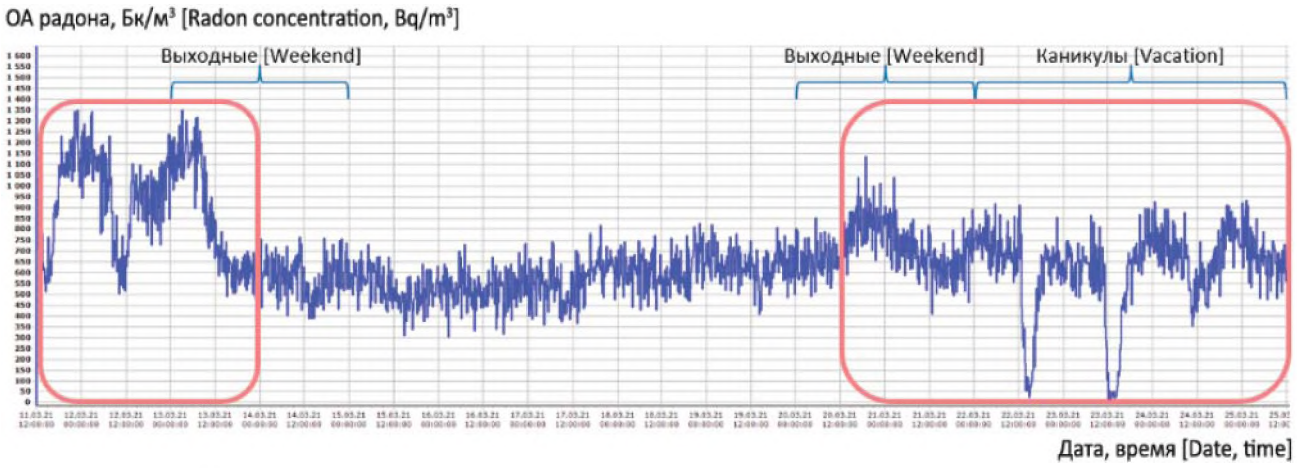

Рис. 6. Временная серия результатов измерений ОА радона с помощью монитора AlphaGUARD в МБОУ «Фалилеевская ООШ» (кабинет № 1, 11–25 марта 2021 г.)
[**Fig. 6.** Time series of radon concentration measurement results (AlphaGUARD) at Falileevo, School, classroom No. 1 (March 11–25, 2021). Characteristic patterns of daily variation in radon concentration due to changes in the operating mode of premises are marked with frames]

ферные параметры, и в ряде случаев оно оказывается значительнее влияния режима эксплуатации помещений.

На рисунках 4 и 6 обращают на себя внимание различия в суточном ходе ОА радона в выходные дни и в период каникул. Во втором случае заметен характерный паттерн, связанный с регулярным изменением режима эксплуатации помещений, поскольку для сотрудников школ каникулы являются рабочими днями, и даже если предписанный режим проветривания в отсутствие учеников не соблюдается, то открывание-закрывание дверей и эпизодические проветривания оказывают заметное влияние на содержание радона и его ДПР в помещении.

Заключение

Пассивный интегральный метод измерения ОА радона имеет ряд неоспоримых преимуществ, таких как простота установки ИТТР в помещениях, что дает возможность провести ее силами самих сотрудников обследуемых учреждений при наличии соответствующей инструкции, а также возможность отправки ИТРР почтовой связью в отдаленные регионы, что может обеспечить одномоментный охват большого числа населенных пунктов в разных регионах и возможность проведения таких обследований при неблагоприятной санитарно-эпидемиологической обстановке на территориях. Но, несмотря на перечисленные достоинства, интегральный метод за счет усреднения ОА радона за весь период экспонирования ИТРР завышает реальные значения содержания радона в атмосфере помещений, в которой находятся дети и/или сотрудники ДУ, в среднем от 2 до 4 раз по сравнению со значениями, полученными на основе многократных экспрессных измерений в рабочее время. При этом ИТРР завышают результаты измерения ОА радона по сравнению с показаниями мониторов радона в дневное время не более чем на 30%, а полная сходимость их результатов наблюдается в ночное время.

Исходя из этого, использование результатов измерений ОА радона пассивным интегральным методом в сочетании со стандартным значением коэффициента радиоактивного равновесия F=0,5 (при отсутствии реальных значений, полученных по результатам специальных многократных синхронных измерений ОА и ЭРОА радона в воздухе) для принятия решений о соответствии помещений ДУ с некруглосуточным режимом работы требованиям санитарных правил является некорректным.

Одной из актуальных на сегодняшний день задач является проведение измерений содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых общественных зданий старой постройки, в которых не проводилось радиационное обследование перед вводом в эксплуатацию, а также зданий, введенных в эксплуатацию после внесения в 2006 г. изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации[9], согласно которым органы Роспотребнадзора не принимают участие в государственной приемке объектов законченного строительства[10]. Преобладание таких зданий требует проведения массовых радонометрических обследований, при которых использование автоматических радоновых мониторов, предназначенных для решения исследовательских задач, практически нереально в виду дороговизны и ма-

[9] Федеральный закон от 18.12.06 № 232-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Federal Law No. 232-FZ of 18.12.06 “On Amendments to the Urban Planning Code of the Russian Federation and certain Legislative Acts of the Russian Federation”. (In Russ.)]

[10] Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 14.02.07 № 0100/1541-07-32 «О работе органов Роспотребнадзора в связи с принятием Федерального закона Российской Федерации «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации»». [Letter of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing dated 14.02.07 No. 0100/1541-07-32 “On the work of Rospotrebnadzor bodies in connection with the adoption of the Federal Law of the Russian Federation «On Amendments to the Urban Planning Code of the Russian Federation and certain Legislative Acts of the Russian Federation»”. (In Russ.)]

лочисленности парка такого оборудования. Экспрессный метод также не может обеспечить значительного количества одновременно обследуемых объектов, в отличие от интегрального, и требует присутствия в зданиях ДУ специалистов, проводящих радонометрическое обследование, и следовательно, использование этого метода может являться нежелательным со стороны служб безопасности ДУ и затруднительным в условиях карантинных ограничений. Кроме того, из-за суточной, недельной и сезонной вариабельности содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых зданий для корректной оценки среднего значения ЭРОА изотопов радона в рабочее время в режиме нормальной эксплуатации здания с помощью экспрессного метода требуется проведение многократных измерений в разные периоды времени и разные дни недели.

Об использовании «контрольно-измерительных приборов для измерения содержания радона и продуктов его распада в жилых помещениях с применением интегральных методов» с целью «совершенствования государственного контроля (надзора) за воздействием на здоровье человека природных источников ионизирующего излучения, в том числе радона и продуктов его распада, в жилых домах, детских учреждениях, общественных и производственных зданиях» прямо говорится в Указе Президента РФ от 13.10.2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». С учетом вышеизложенного, считаем целесообразным предложить использование результатов измерений пассивным интегральным методом при проведении массовых «скрининговых» обследований эксплуатируемых общественных зданий на содержание радона в качестве предварительной оценки (по аналогии с подходом к оценке радиационной безопасности питьевой воды). Если по результатам радонометрического обследования здания с использованием пассивного интегрального метода в холодный (отопительный) период года расчетное значение ЭРОА радона с использованием стандартного значения коэффициента радиоактивного равновесия F=0,5 и с учетом неопределенности результата измерения не превышает установленный гигиенический норматив 200 Бк/м^3, то здание признается соответствующим требованиям нормативных документов (надежность такой оценки гарантируется консервативностью результатов, получаемых этим методом) и не включается в план дополнительных обследований. В случае, если расчетное значение ЭРОА радона превышает 200 Бк/м^3, необходимо проведение детального обследования здания в рабочее время в режиме нормальной эксплуатации с использованием других радонометрических методов – экспрессных или непрерывных с использованием мониторов радона. Решение о несоответствии эксплуатируемого общественного здания (кроме функционирующих в круглосуточном режиме) требованиям санитарных правил на основании превышения гигиенического норматива по результатам пассивных интегральных измерений не принимается, пока результаты не уточнены с использованием методов, позволяющих проводить обследование в конкретные часы пребывания людей в здании при соблюдении кратности и времени проветривания, предписанных санитарными правилами.

Проведение дополнительных измерений в эксплуатируемых ДУ с некруглосуточным пребываем людей (школы, детские сады и др.) в теплый период года для полноценной оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона считаем нецелесообразным ввиду отсутствия в летние месяцы школьных занятий, а также естественного увеличения кратности и длительности проветривания помещений в детских садах, что, в свою очередь, приводит к существенному снижению содержания радона в воздухе помещений.

Накопленный к настоящему моменту опыт методической помощи Управлениям Роспотребнадзора в субъектах РФ позволяет однозначно судить о несовершенстве существующих методических подходов к радоновому контролю эксплуатируемых общественных зданий, особенно с некруглосуточным пребыванием людей (в первую очередь, детских учреждений). Актуальность разработки специальных указаний по обследованию таких объектов не вызывает сомнения, поскольку минимизация применения избыточных санкций со стороны надзорных органов (закрытие отдельных помещений, этажей или всего здания целиком на основе результатов однократных измерений содержания радона в воздухе, выполненных лишь одним методом) исключит или как минимум поможет снизить негативные социальные последствия и уровень радиофобии среди подрастающего поколения и населения субъектов Российской Федерации в целом.

Литература

1. 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.
2. Кормановская Т.А., Историк О.А., Романович И.К., и др. Исследование уровней содержания радона в воздухе помещений зданий детских учреждений // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 2. С. 6–20. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-6-20.
3. Балахонова А.С. Рениевое оруденение в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна (Ленинградская область): дис. ... канд. геол.-мин. наук. СПб., 2014. 125 с.
4. Михайлов В.А., Вялов В.И., Миронов Ю.Б., и др. Новые данные по ураноносности диктионемовых сланцев Прибалтийского бассейна (Кайболово-Гостилицкая площадь, Ленинградская область) // Разведка и охрана недр. 2015. № 10. С. 56–60.
5. Вялов В.И., Богомолов А.Х., Михайлов В.А., и др. Ураноносность диктионемовых сланцев Кайболово-Гостилицкой площади Прибалтийского бассейна (Ленинградская область) // Вестник Московского Университета. Серия 4: Геология. 2017. № 4. С. 25–30.
6. Ефремова У.С. Влияние радиоактивных свойств диктионемовых сланцев на экологическую обстановку территории Балтийско-Ладожского глинта (Ленинградская область) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2018. Т. 29, № 3. С. 39–52. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-3-39-52.
7. Кононенко Д.В. Анализ распределений значений объемной активности радона в воздухе помещений в субъектах Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 1. С. 85–103. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-1-85-103.

Поступила: 04.08.2021 г.

Васильев Алексей Серафимович – исполняющий обязанности младшего научного сотрудника лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: a.vasilev@niirg.ru

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кононенко Дмитрий Викторович – 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

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

Сапрыкин Кирилл Александрович – старший научный сотрудник, 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

Балабина Татьяна Анатольевна – ведущий инженер-исследователь 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: Васильев А.С., Романович И.К., Кононенко Д.В., Кормановская Т.А., Сапрыкин К.А., Балабина Т.А. Обоснование методических подходов к контролю содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 3. С. 29-40. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-29-40

Substantiation of methodical approaches to the control of indoor radon concentration in existing public buildings with non-round-the-clock stay of people

Alexey S. Vasilyev, Ivan K. Romanovich, Dmitry V. Kononenko, Tatyana A. Kormanovskaya, Kirill A. Saprykin, Tatyana A. Balabina

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

According to the analysis of requests for methodological assistance to the Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, measurements of radon concentration (or radon EEC) in existing operated public buildings (primarily children institutions) in the framework of surveillance actions in the regions of the Russian Federation, as a rule, are taken according to Guidelines MU 2.6.1.2838-11, intended for radiation control of public buildings only when they are put into operation after construction, major repairs or reconstruction, due to the absence of special guidelines. Compliance with the requirements of paragraph 6.5 of MU 2.6.1.2838-11 means that the building and premises are in a state that is not equal to their normal operation mode. Registration of high values of indoor radon concentration in this case leads to management decisions, including administrative suspension of activities for up to ninety days, i.e. the closure of individual premises or even the entire building of a children institution. The consequences of making such decisions may include an increase in social tension in society and provoking radiophobia among the popula-

Alexey S. Vasilyev
Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev
Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101; Russia. E-mail: a.vasilev@niirg.ru

tion. The paper presents specific recommendations for the radon survey for existing operated public buildings with non-round-the-clock stay of people, which are based on the results of the analysis of the experience of practical application of various methods of measuring indoor radon concentrations in such buildings in order to assess average radon concentration during working hours in the normal operation mode. The proposed approach can be further used as the basis for developing special guidelines for radiation control of existing operated public buildings with non-round-the-clock stay of people.

Key words: *radon, progeny, radon concentration, equilibrium equivalent concentration, survey, instant measurement, long-term measurement, SSNTD, public building, children institution, Kingiseppsky district, Leningrad region.*

References

1. 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)
2. Kormanovskaya TA, Istorik OA, Romanovich IK, Eremina LA, Koroleva NA, Balabina TA, et al. Radon surveys in the buildings of children institutions. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene.* 2021;14(2): 6–20. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-2-6-20. (In Russian)
3. Balakhonova AS. Rhenium mineralization in dictyonema shales of the Baltic basin (Leningrad region). PhD thesis. St. Petersburg; 2014. 125 p. (In Russian)
4. Mikhaylov VA, Vyalov VI, Mironov YuB, Iskyul GS, Lodygin AN. New data on uranium-bearing shale dictyonema at Baltic Sea (Kaybolovo-Gostilitsy area, Leningrad region). *Razvedka i okhrana nedr = Prospect and protection of mineral resources.* 2015;10: 56–60. (In Russian)
5. Vyalov VI, Bogomolov AH, Mihailov VA, Semenov EV. Uranium of dictyonema shale of Kajbolovo-Gostilitsky area of Baltic basin (Leningrad region). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 4: Geologiya = Moscow University Geology Bulletin.* 2017;4: 25–30. (In Russian)
6. Efremova US. Influence of radioactive properties of dictyonema shales on the environment of the territory of the Baltic klint (Leningrad region). *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem = Ecological monitoring and ecosystem modelling.* 2018;29(3): 39–52. DOI: 10.21513/0207-2564-2018-3-39-52. (In Russian)
7. Kononenko DV. Analysis of distributions of indoor radon concentrations in the regions of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene.* 2019; 12(1): 85–103. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-1-85-103. (In Russian)

Received: August 04, 2021

For correspondence: Alexey S. Vasilyev – Acting junior researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.vasilev@niirg.ru)

Ivan K. Romanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician 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 Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Dmitry V. Kononenko – Researcher of the Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Tatyana A. Kormanovskaya – PhD, Leading researcher of the Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Kirill A. Saprykin – Senior researcher, Head of the Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Tatyana A. Balabina – Leading research engineer of the Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Vasilyev A.S., Romanovich I.K., Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Saprykin K.A., Balabina T.A. Substantiation of methodical approaches to the control of indoor radon concentration in existing public buildings with non-round-the-clock stay of people. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*.2021. Vol. 14, No. 3. P. 29-40. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-29-40