

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№5 (61) 2015

сентябрь-октябрь

II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

“МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГО-
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ”



СИМФЕРОПОЛЬ, СУДАК,
28 СЕНТЯБРЯ - 2 ОКТЯБРЯ 2015 г.

Теория инженерных сооружений.
Строительные конструкции

The theory of engineering
constructions. Construction
design

Безопасность зданий
и сооружений

Building and structure
safety

Архитектура
и градостроительство

Architecture
and urban development

Строительные материалы
и технологии

Building materials
and technology



Научно-технический журнал
Издается с 2003 года.
Выходит шесть раз в год.

№5 (61) 2015
(сентябрь-октябрь)

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голенков В.А. д.т.н., проф., председатель
Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. к.т.н., доц., секретарь
Астафичев П.А. д.ю.н., проф.
Иванова Т.Н. д.т.н., проф.
Киричек А.В. д.т.н., проф.
Колчунов В.И. д.т.н., проф.
Константинов И.С. д.т.н., проф.
Новиков А.Н. д.т.н., проф.
Попова Л.В. д.э.н., проф.
Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.
Колесникова Т.Н. д. арх., проф.
Коробко В.И. д.т.н., проф.

Редколлегия:

Бок Т. д.т.н., проф. (Германия)
Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Гордон В.А. д.т.н., проф.
Емельянов С.Г. советник РААСН, д.т.н., проф.
Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Клюева Н.В. советник РААСН, д.т.н., проф.
Коробко А.В. д.т.н., проф.
Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Рымшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Сергейчук О.В. д.т.н., проф. (Украина)
Серник И.Н. д.т.н., проф.
Тамразян А.Г. д.т.н., проф.
Тур В.В. д.т.н., проф. (Белоруссия)
Турков А.В. д.т.н., проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Шах Р. д.т.н., проф. (Германия)

Ответственный за выпуск:

Савин С.Ю. к.т.н.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство:
ПИ № ФС77-47354 от 03 ноября 2011 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному
каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014

Содержание

Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции

- Дьяков А.И.** Экспериментальные исследования силового взаимодействия отдельно стоящих фундаментов с грунтовым основанием при малоциклических нагрузках..... 3
- Дьяков И.М.** Экспериментальные исследования живучести массивных подпорных стен при образовании внезапных вывалов..... 11
- Колчунов В.И., Яковенко И.А., Лымарь Я.В.** Жесткость железобетонных плосконапряженных составных конструкций при наличии различных трещин..... 17
- Лютков Л.В.** Анализ работы нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной пластиной..... 26
- Морозов В.В., Морозова Е.В.** Напряженно-деформированное состояние лицевой мембраны мембранной подпорной стенки при различных углах наклона..... 33
- Травуш В.И., Колчунов В.И., Дмитриева К.О.** Длительная прочность и устойчивость сжатых стержней из древесины..... 40
- Федоров В.С., Левитский В.Е., Соловьев И.А.** Модель термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций..... 47

Безопасность зданий и сооружений

- Калайдо А.В.** Оценка облучения радоном в эксплуатируемых многоэтажных зданиях..... 56
- Шишкина И.В., Матюшин Д.В.** Экологическая реконструкция территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства..... 63

Архитектура и градостроительство

- Дворецкий А.Т., Авдоньев Е.Я., Моргунова М.А.** Формообразование стационарных солнцезащитных устройств с использованием суточного конуса солнечных лучей..... 71

Строительные материалы и технологии

- Леснов В.В., Ерофеев В.Т., Салимов Р.Н., Смирнов В.Ф.** Исследование стойкости модифицированных эпоксидных композитов, используемых для каркасных бетонов, в модельной среде продуктов метаболизма грибов..... 78
- Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Шуляк Е.Ю.** Формирование прочности газокarbonата в зависимости от условий твердения..... 84
- Федоров С.С., Клюева Н.В., Бакаева Н.В.** Оптимизация процесса управления системой теплоснабжения зданий..... 90
- Шаленный В.Т., Балакчина О.Л.** Развитие методики оценки себестоимости монтажно-демонтажного процесса по замене элементов покрытия промзданий для обоснования рациональной области применения вертолетов..... 96
- Шевелев А.С.** Использование программных продуктов при расчете строительных конструкций как средство оптимизации расходов в строительстве..... 107

Журнал «Строительство и реконструкция» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.



Scientific and technical journal
The journal is published since 2003.
The journal is published 6 times a year.

№5 (61) 2015
(November-December)

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president

Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president

Borzenkov M.I. Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.

Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.

Ivanova T.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Popova L.V. Doc. Ec. Tech., Prof.

Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief assistants:

Danilevich D.V. Candidat Sc. Tech., Assis-
tant Prof.

Kolesnikova T.N. Doc. Arc., Prof.

Korobko V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial committee

Bock T. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

Bondarenko V.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.

Karpenko N.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kljueva N.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Korobko A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Korol E.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Rimshin V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Sergeychuk O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)

Serpik I.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Tamrazyan A.G. Doc. Sc. Tech., Prof.

Tur V.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belorussia)

Turkov A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Fyodorov V.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Chernyshov E.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Schach R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

Responsible for edition:

Savin S.Yu. Candidat Sc. Tech

The edition address: 302006, Orel,
Street Moscow, 77

+7 (4862) 73-43-49

www.gu-unpk.ru

E-mail: oantc@ostu.ru

Journal is registered in Russian federal service
for monitoring communications, information
technology and mass communications
The certificate of registration:
III № ФС77-47354 from 03.04.11 г.

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»
86294

© State University ESPC, 2014

Contents

Theory of engineering structures.

Building units

Dyakov A. Experimental reseach of power iteration of the separate bases with the soil basis at low-cyclic loadings.....	3
Dyakov I. Experimental studies of the survivability of massive retaining walls education in sudden fall out.....	11
Kolchunov V.I., Yakovenko I., Limar V. The rigidity of reinforced concrete flat-strained composite constructions in the presence of different cracks.....	17
Lyutov L. ANSYS analysis of load-bearing behavior and failure mechanism of thin steel plate to timber dowel connection.....	26
Morozov V., Morozova E. Stress-strain state of frontal membranes of retaining walls with different slope angles	33
Travush V., Kolchunov V., Dmitrieva K. Long-term strength and stability of compressed wood rods.....	40
Fedorov V., Levitsky V., Solovyev I. Reinforced concrete termal-power model for plane frame elements.....	47

Building and structure safety

Kalaydo A. Analysis of radon exposure in existing high-rise buildings.....	56
Shishkina I., Matyushin D. Ecological reconstruction of the territory which is in the zone of influence of objects urban transport construction.....	63

Architecture and town-planning

Dvoretzky A., Avdonev E., Morgunova M. Forming of stationary shading devices using of solar rays daily cone.....	71
---	----

Construction materials and technologies

Lesnov V., Erofeev V., Salimov R., Smirnov V. The study of resistance of modified epoxy composites used for carcass concrete, in the modelling media of the products of metabolism of filamentous fungi.....	78
Lyubomirskiy N., Bahtin A., Shulyak E. Formation of a strength of gas-carbonates depending on the consolidation conditions	84
Fedorov S., Klyueva N., Bakaeva N. Optimization of a heat supply management system	90
Shalenniy V. Balakchina O. The development of the estimation methodics to justify rational applying of helicopters for assembly and dismantling processes to replace elements of the covering of industrial buildings	96
Shevelev A. The usage of software products at calculation of building constructions as way to optimize the expenses in building industry.....	107

ОЦЕНКА ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ В ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Облучение природными изотопами радона, содержащимися в воздухе помещений, на данный момент считается второй по частоте причиной возникновения рака легкого после курения. В данном исследовании представлены результаты измерения уровней радона в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко. Показано принципиальное различие в источниках и механизмах поступления радона в помещения нижних и верхних этажей зданий: на нижних этажах имеет место залповое поступление радона из почвы под зданием, тогда как в помещениях верхних этажей доминирующим механизмом является эманирование радона из строительных материалов. Проведен анализ факторов, определяющих активность радона в помещениях, выявлена связь уровней радона с разностью температур внутреннего и наружного воздуха, определена структура дозы облучения в помещениях многоэтажных зданий.

Ключевые слова: радон, дочерние продукты распада (ДПР), эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), ионизирующее излучение, доза, почва

Введение

Радон ^{222}Rn – благородный радиоактивный газ с периодом полураспада 3,8 дней, не имеющий стабильных изотопов. В структуре облучения населения Российской Федерации его вклад составляет порядка 70% годовой эффективной дозы, а на радоноопасных территориях – еще больше. При этом опасен не сам радон, а его короткоживущие дочерние продукты распада (ДПР), содержащиеся в воздухе жилых и рабочих помещений (рис. 1). На данный момент облучение радоном в закрытых помещениях признано второй по частоте (после курения) причиной возникновения рака легкого [1].

Для количественной оценки содержания радона в воздухе помещений используются радиометрические единицы – объемная активность (ОА), применяемая в документах международных организаций [2, 3] или эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), используемая в отечественных документах. В РФ нормы радона установлены отдельно для эксплуатируемых (≤ 200 Бк/м³) и проектируемых (≤ 100 Бк/м³) зданий, по сути представляющие собой уровни вмешательства [4].

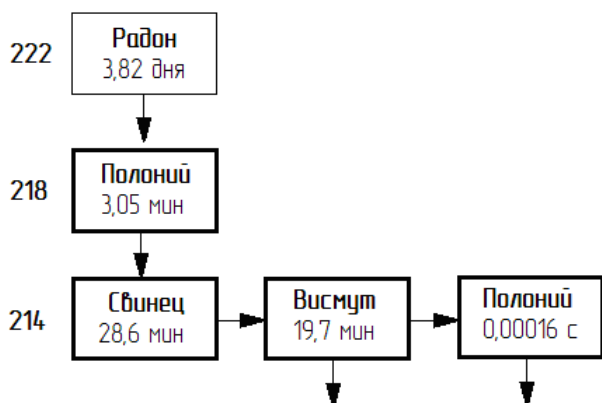


Рисунок 1 – Радон-222 и его короткоживущие продукты распада

Для уровней радона в жилищах характерны значительные суточные и сезонные вариации, поэтому корректная оценка среднегодовой ЭРОА в воздухе помещений, а также выявление факторов, определяющих динамику концентрации радона, являются актуальными задачами. Особенно важна данная проблема применительно к многоэтажным зданиям, для которых слабо изучены механизмы поступления и накопления радона.

1. Материалы и методы исследований

1.1. Радоновое обследование помещений университета

Закономерности формирования уровней радона в воздухе многоэтажных зданий исследовались на примере Луганского университета имени Тараса Шевченко. Луганская область недостаточно исследована в плане облучения населения ДПР радона, что можно объяснить следующими причинами:

- в Украине радоноопасными традиционно считались области, расположенные в пределах Украинского кристаллического щита, к числу которых она не относится. Хотя в условиях горных разработок, характерных для Донбасса, имеет место разрушение рельефа, приводящее к наложению на естественный радоновый фон загрязнения радоном жилых помещений;
- систематический контроль облучения населения источниками ИИ в Украине проводился в наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС Киевской, Сумской, Винницкой и Черкасской областях;
- крайне низкий уровень жилищного и промышленного строительства, обусловленный перманентным экономическим кризисом в Украине, привел к тому, что обязательные измерения уровней радона при введении зданий и сооружений в эксплуатацию носили случайный характер, не позволяющий сделать статистически достоверный вывод о радоноопасности отдельных районов Луганска.

В течение 2013 – 2015 гг. было произведено обследование всех без исключения помещений университета, находящихся на территории Луганска. Оно включало в себя мгновенные и циклические измерения ЭРОА радона, а также измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения строительных материалов. На территории студгородка были проведены исследования в учебных корпусах № 1 (1939 год постройки, 5 этажей без цокольного, отсутствие монолитного фундамента), № 2 (1974 год постройки, 5 этажей, учебные аудитории и столовая на цокольном этаже), № 3 (1997 год постройки, 7 этажей, фундамент, учебные аудитории на цокольном этаже) и в трех студенческих общежитиях, а также в обособленных подразделениях, находящихся в других частях города.

Измерения проводились в закрытых (не открывавшихся на протяжении не менее 24 часов) учебных и служебных помещениях, параллельно фиксировались температуры внутри и снаружи здания. Измерения проводились экспресс-методом с помощью радиометра дочерних продуктов радона «АТЛЕШ-1М» (рис. 2), измеряющего ЭРОА радона путем прокачки 200 л воздуха через аналитический фильтр, с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Большой объем прокачиваемого воздуха позволяет измерять ЭРОА от 5 Бк/м³, время измерения фона – 3 мин, прокачки и анализа активности фильтра – 5 мин.

Исследования динамики ЭРОА радона проводились этим же радиометром в режиме циклических измерений с периодичностью в один час. Измерение мощности гамма-излучения в помещениях (МЭД_{пом}) выполнялось поисковым дозиметром гамма-излучения «Ритм-1М» ДБР-02, аттестованным в диапазоне 0,01 мкЗв/час. Оба прибора были сертифицированы и прошли поверку в порядке, установленном законодательством.

1.2. Анализ источников и механизмов поступления радона

Почва является главным источником поступления радона в дома посредством диффузии и конвекции, ее радиоактивность вызвана наличием радионуклидов трех семейств (238U, 232Th, 235U) и 40K, еще часть радиоактивных изотопов попадает в почву вместе с атмосферными



Рисунок 2 – Радиометр дочерних продуктов радона «АТЛЕШ-1М»

осадками. Однако высокие ЭРОА в воздухе помещений возможны только при одновременном высоком содержании радия в почве, наличии путей переноса и отсутствующей или недостаточной вентиляции [5].

Интенсивность выделения радона из почв зависит от их дисперсности, времени суток, сезона и метеоусловий: повышение температуры и влажности почв увеличивает выделение радона, а повышение атмосферного давления уменьшает; промерзание почвы и снеговой покров мешают выходу радона в атмосферный воздух, приводя к его накоплению в поверхностном слое [6].

Вторым по мощности источником поступления радона в помещения являются стройматериалы, обеспечивающие до 10% его поступления [7], в [8] верхний предел вклада радона, выделяющегося из строительных материалов, составляет 16%. Интенсивность выделения радона из стройматериалов определяется содержанием ^{226}Ra и их эманлирующей способности, зависящей от зернистости [9]. Эксхалляция торона из строительных материалов также принимается во внимание при изучении радиационного облучения в помещениях. Исследование [10] показало, что эффективная доза от ДПР торона составила 0,09 мЗв/год, а полная эффективная доза от ДПР радона и торона – 0,38 мЗв/год.

Естественная радиоактивность атмосферного воздуха обусловлена выделением из почв изотопов радона и их ДПР, находящихся в аэрозольной форме. До 90% ДПР радона сорбированы на частицах диаметром не более 5 мкм, основная часть активности приходится на аэрозоли диаметром от 0,1 до 1 мкм [11]. ЭРОА радона в воздухе несущественно зависит от температуры и вне помещений редко превышает 15 Бк/м³.

Расчет вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения в [12] предлагается производить по формуле

$$A = \frac{0,032 \cdot R \cdot S}{k \cdot V_0},$$

где k – среднегодовая кратность воздухообмена, час⁻¹;

R – плотность потока радона с поверхности отделочного материала, Бк/(м²·час);

S – площадь поверхности облицовочных материалов, м²;

V_0 – объем помещения, м³.

Для используемых материалов и размеров современных и жилых помещений при средней кратности воздухообмена 0,5 вклад в облучение за счет эманирования радона с поверхности облицовочных материалов не превышает 10 мкЗв/год. Поэтому данным источником формирования годовой дозы облучения в помещениях можно пренебречь.

На концентрацию радона внутри помещений также оказывает влияние возраст здания. С течением времени любая постройка оседает, в фундаменте образуются трещины, и поступление радона может увеличиться. Поэтому даже благополучное здание время от времени необходимо тестировать на наличие радона, однако однозначная связь между возрастом зданий и уровнями в них радона пока не установлена.

2. Анализ результатов исследования

2.1. Определение механизмов поступления радона

Изучение механизмов поступления радона в помещения университета производилось путем исследования суточной динамики уровней радона. В качестве объектов исследований были выбраны: учебная лаборатория 0-06 «Сопротивление материалов и детали машин», расположенная на цокольном этаже учебного корпуса 3, и преподавательская кафедры охраны труда 5-20, расположенная на пятом этаже данного корпуса. Исследование включало 4 цикла измерений ЭРОА радона на протяжении 5 – 7 суток в закрытых помещениях с периодичностью 1 час в период положительных (июль и октябрь) и отрицательных (ноябрь) температур, а

также в период резкого похолодания (декабрь) с выпадением снежного покрова толщины 40 см.

На нижнем этаже здания динамика уровней радона для всех циклов измерений имела следующий вид: ярко выраженный максимум (чаще всего один за сутки) и чередование выступов и провалов меньшей амплитуды. Максимумы ЭРОА регистрировались в произвольное время суток, изменения ЭРОА не повторяли циклических изменений суточной температуры. По характеру диаграммы можно сделать вывод о залповом поступлении радона в помещения нижнего этажа, что свидетельствует о преобладающей роли геофизических процессов в формировании уровней радона в помещениях нижних этажей.

Качественно иная картина характерна для верхних этажей зданий (рис. 3, б) – наблюдается выход ЭРОА радона на насыщение в течение двух-трех часов после начала измерений и дальнейшие незначительные колебания уровней около данного значения на протяжении всего времени дальнейших измерений. При этом не были выявлены сезонные вариации ЭРОА радона.

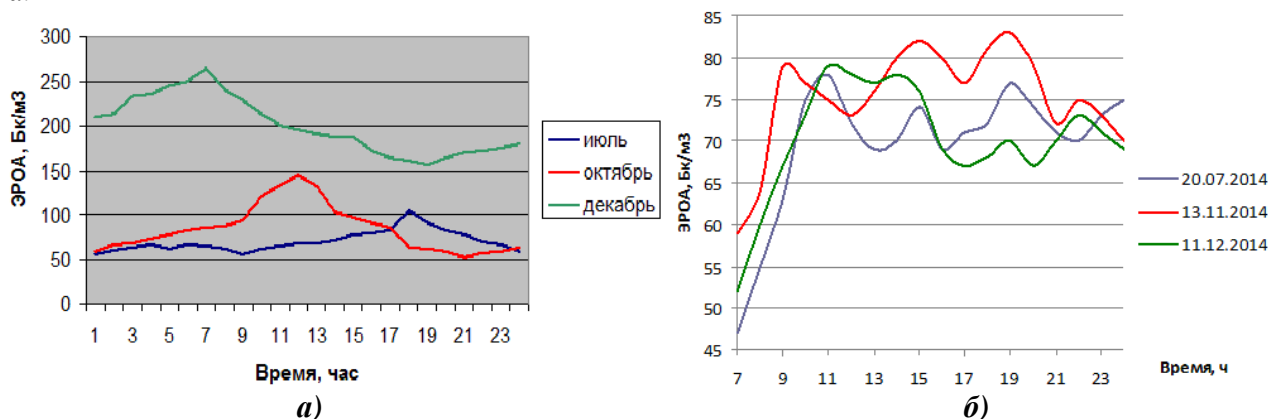


Рисунок 3 – Суточные вариации радона в помещениях нижнего (а) и верхнего (б) этажей

Статистическая обработка результатов измерений уровней радона на цокольном этаже методами корреляционного анализа показала сильную зависимость ЭРОА радона от разности температур внутри и снаружи помещения ($r_{ЭРОА-T} = 0,875$), что подтверждает диффузионный механизм поступления радона из почвы в помещения нижнего этажа. Для верхних этажей подобная зависимость не наблюдалась, разность давлений и скорость ветра не оказывают сколь-нибудь значимого влияния на формирование уровней радона. Средние значения уровней радона по циклам измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследования динамики уровней радона

Объект исследования	ЭРОА радона (<i>max/min</i>), Бк/м ³			
	июль	октябрь	ноябрь	декабрь
Цокольный этаж (0-06)	73,9 ± 6,4 (50...105)	68,6 ± 2,8 (48...99)	153,0 ± 10,1 (61...263)	98,0 ± 5,7 (61...179)
Пятый этаж (5-20)	70,5 ± 2,4 (45...80)	68,8 ± 2,0 (53...79)	70,3 ± 2,3 (52...83)	69,1 ± 2,2 (59...80)

Было выполнено усреднение результатов по периодам измерений:

– для теплого периода времени измерений уровни радона составили

$$ЭРОА_{мен} = 71,3 \pm 4,6 \text{ Бк/м}^3,$$

- для холодного периода времени измерений

$$ЭРОА_{хол} = 125,5 \pm 7,9 \text{ Бк/м}^3.$$

В результате коэффициент сезонных вариаций составил

$$K_{сез} = 1,76 \pm 0,12.$$

2.2. Оценка распределения уровней радона по высоте зданий

Большой практический интерес представляет вопрос о распределении уровней радона по высоте зданий. Традиционно считается, что радон – проблема исключительно нижних этажей, но в последнее время все больше работ ставят под сомнение это утверждение. На рис. 4 показано распределение уровней радона по высоте учебных корпусов №№ 1 – 3, полученное при проведении радиационного мониторинга.

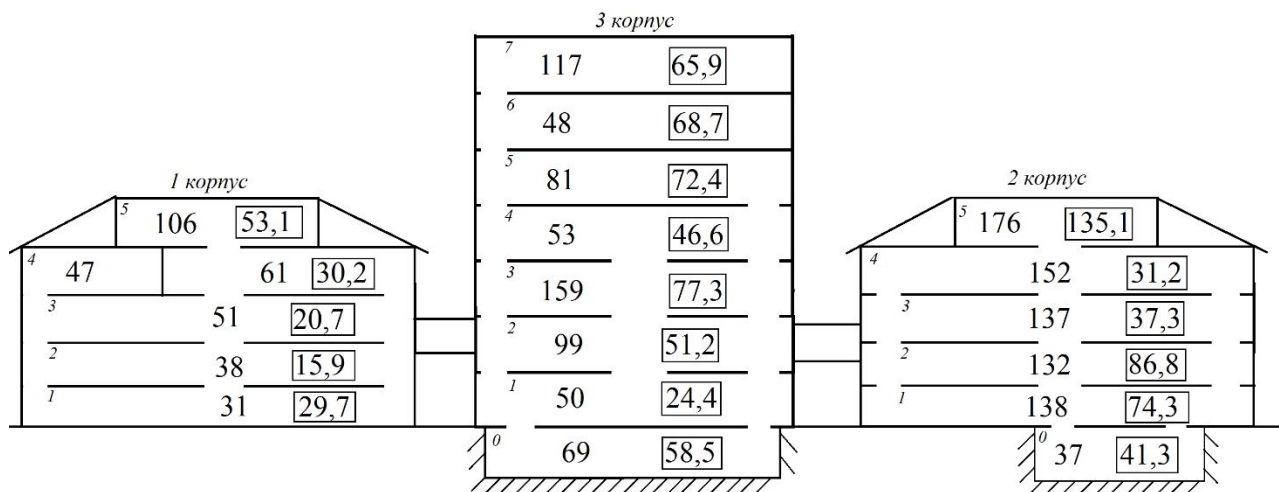


Рисунок 4 – Распределение уровней радона по этажам в коридорах и в закрытых помещениях (в прямоугольнике)

В 17 случаях из 19 отмечены более высокие значения ЭРОА в коридорах зданий, что может быть объяснено различием механизмов поступления радона: в учебные аудитории он поступает из только строительных материалов, а в коридоры – еще и из почвы под зданием. Поскольку для коридоров не отмечено снижение ЭРОА с увеличением этажа, можно считать доказанным факт вовлечения радона в движение конвективных потоков внутри здания.

Исследование показало, что значения ЭРОА радона в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко не превышают национальный контрольный уровень для зданий, находящихся в эксплуатации (200 Бк/м³). По результатам измерений:

- среднегодовая ЭРОА радона в помещениях университета составила

$$ЭРОА_{сред} = 53,3 \pm 3,8 \text{ Бк/м}^3,$$

- средняя МЭД внешнего гамма-излучения строительных материалов составила

$$МЭД_{сред} = 0,102 \pm 0,002 \text{ мкЗв/час.}$$

Кроме того, статистический анализ результатов экспериментов показал логарифмически-нормальный характер распределения помещений университета по величине ЭРОА и нормальное распределение данных помещений по величине МЭД.

2.3. Расчет среднегодовой дозы производственного облучения в помещениях университета

Годовая доза облучения в помещениях формируется за счет внешнего гамма-излучения строительных материалов и внутреннего облучения ДПР радона. В расчетах значение коэффициента дозового перехода от экспозиции к дозе, согласно рекомендаций НКДАР ООН 2000, принималось равным

$$k = 9 \text{ нЗв/(Бк}\cdot\text{ч/м}^3\text{)}.$$

При расчете дозы от ДПР радона время пребывания человека на рабочем месте считалось равным 2 000 часов/год, в результате доза облучения от ДПР радона составила

$$D_{Rn} = 0,96 \text{ мЗв/год},$$

а доза облучения от строительных материалов

$$D_{Rn} = 0,20 \text{ мЗв/год}.$$

Исследования показали, что в закрытых помещениях основным дозообразующим фактором является внутреннее облучение ДПР радона, на долю которого приходится более 80% суммарной дозы.

Выводы

Произведена оценка среднегодовой ЭРОА радона ($55,3 \pm 3,8 \text{ Бк/м}^3$) и МЭД гамма-излучения строительных материалов ($0,102 \pm 0,002 \text{ мкЗв/час}$) в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко, показавшая соответствие условий труда требованиям НРБ-99/09.

Выявлены источники поступления радона в помещения университета: на нижнем этаже доминирует диффузия из почвы под зданием; тогда как на верхних – эманирование радона из строительных материалов. Отмеченное увеличение поступления радона в помещения отмечено после перехода атмосферных температур в отрицательную область можно объяснить промерзанием грунта и перекрытием путей выхода радона в атмосферу.

Установлен залповый механизм поступления радона из почвы в воздух помещений с периодичностью 1 – 2 раза за сутки, не имеющий временных закономерностей. Значения ЭРОА радона на нижних этажах помещений университета характеризуются широким диапазоном вариаций, что определяет необходимость дифференцированного подхода к выбору средств и методов обеспечения их радиационной безопасности.

В результате исследования пространственного распределения уровней радона по этажам корпусов университета отмечены высокие значения ЭРОА для коридоров верхних этажей, что указывает на перенос радона потоками воздуха.

Определено отношение зима/лето для ЭРОА радона в помещениях нижних этажей корпусов университета ($1,76 \pm 0,12$). Для закрытых помещений верхних этажей показано отсутствие суточных и сезонных вариаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen J., Moir D., MacLellan K., Leigh E., Nunez D., Murphy S., Ford K.. Soil radon measurements in the Canadian cities // Radiat Prot Dosim. 2012. No. 151(1). Pp. 172 – 174.
2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Recommendation of the ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP 38. 2008. 332 p.
3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах [Текст] // Публикация 65 МКРЗ: Международная комиссия по радиационной защите [пер. с англ. под ред. А.В. Кружалова]. М.: Энергоатомиздат, 1995. 68 с.
4. Санитарно-эпидемиологические правила «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения» (СП 2.6.1. 1292-03): утв. 18 апреля 2003 года, введены в действие с 20 июня 2003 г.
5. Андреев, А.И. Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения [Текст] / А.И. Андреев, М.Б. Медведева // Вестник ТОГУ. Физико-математические науки. – 2011. – № 3 (22). – С. 37 – 45.
6. Костенецкий, М.І. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні [Текст] / М.І. Костенецкий, А.І. Севальнев, А.В. Куцак // Запорожский мед. журнал. – 2012. – № 1 (70). – С. 89 – 91.
7. Ярмошенко, И.В. Моделирование поступления радона в жилища [Текст] / И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский, А.А. Екидин // АНРИ. – 1999. – N 4. С. 17 – 26.
8. Кендиван, О. Д.-С. Объемная активность радона в воздухе зданий дошкольных учреждений Кызыла [Текст] / О. Д.-С. Кендиван., А.Т. Куулар // Вестн. Омского ун-та. – 2014. – № 2. – С. 76–78.
9. Bikit I., Mrda D., Grujic S., Kozmidis-Luburic U. Granulation effects on the radon emanation rate. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145 (2 – 3). Pp. 184 – 188.
10. De With G., De Jong P. CFD modelling of thoron and thoron progeny in the indoor environment. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145(2 – 3). Pp. 138 –144.
11. Mostafa A. M., Tamaki K. Moriizumi J., et. al. The weather dependence of particle size distribution of indoor radioactive aerosol associated with radon decay products. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 146(1 – 3). Pp. 19 – 22.

12. Стамат, И.П., Световидов А.В., Стамат А.И., Горский Г.А., Венков В.А. Оценка вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения / И.П. Стамат, А.В. Световидов, А.И. Стамат, Г.А. Горский, В.А. Венков // Радиационная гигиена. Т. 2, № 4. – 2009. С. 16 – 22.

Калайдо Александр Витальевич

Луганский университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск

Старший преподаватель кафедры БЖД, охраны труда и гражданской защиты

E-mail: kalaydo18@mail.ru

A. KALAYDO

ANALYSIS OF RADON EXPOSURE IN EXISTING HIGH-RISE BUILDINGS

Naturally occurring isotopes of radon in indoor air are identified as the second leading cause of lung cancer after tobacco smoking. This study presents the results of radon levels measurements in the Luhansk Taras Shevchenko University apartments. Show a fundamental difference in the sources and mechanisms of radon transport into lower and upper floor apartments. Soil under the building is the main radon source on the lower floor, and the the radon emanation from building materials is the dominant mechanism of radon transport into upper floors apartments. Also show a corelation between the radon levels in indoor air and internal and external temperature difference and determine the structure of radiation dose in high-rise apartments.

Keywords: radon, progeny, equivalent equilibrium radon concentration (EERC), ionizing radiation, dose, soil

BIBLIOGRAPHY

1. Chen J., Moir D., MacLellan K., Leigh E., Nunez D., Murphy S., Ford K.. Soil radon measurements in the Canadian cities // Radiat Prot Dosim. 2012. No. 151(1). Pp. 172 – 174.
2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Recommendation of the ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP 38. 2008. 332 p.
3. Zashchita ot radona-222 v zhilykh zdaniyakh i na rabochikh mestakh [Tekst] // Publikatsiya 65 MKRZ: Mezhdunarodnaya komissiya po radiatsionnoy zashchite [per. s angl. pod red. A.V. Kruzhalova]. M.: Energoatomizdat, 1995. 68 s.
4. Sanitarno-epidemiologicheskiye pravila «Gigiyenicheskiye trebovaniya po ogranicheniyu oblucheniya nasele-niya za schet prirodnykh istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya» (SP 2.6.1. 1292-03): utv. 18 aprelya 2003 goda, vvedeny v deystviye s 20 iyunya 2003 g.
5. Andreyev, A.I. Eksperimental'nyye issledovaniya dinamiki postupleniya radona v sluzhebnyye pomeshcheniya [Tekst] / A.I. Andreyev, M.B. Medvedeva // Vestnik TOGU. Fiziko-matematicheskoye nauki. – 2011. – № 3 (22). – S. 37 – 45.
6. Kostenets'kiy, M.Í. Grunt píd budinkom – osnovne dzherelo radonu v primíshchenní [Tekst] / M.Í. Kostenets'kiy, A.Í. Seval'nêv, A.V. Kutsak // Zaporozhskiy med. zhurnal. – 2012. – № 1 (70). – S. 89 – 91.
7. Yarmoshenko, I.V. Modelirovaniye postupleniya radona v zhilishcha [Tekst] / I.V. Yarmoshenko, M.V. Zhukovskiy, A.A. Yekidin // ANRI. – 1999. – N 4. S. 17 – 26.
8. Kendivan, O. D.-S. Ob"yemnaya aktivnost' radona v vozdukh zdanij doskol'nykh uchrezhdeniy Kyzyla [Tekst] / O. D.-S. Kendivan., A.T. Kuular // Vestn. Omskogo un-ta. – 2014. – № 2. – S. 76–78.
9. Bikit I., Mrda D., Grujic S., Kozmidis-Luburic U. Granulation effects on the radon emanation rate. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145 (2 – 3). Pp. 184 – 188.
10. De With G., De Jong P. CFD modelling of thoron and thoron progeny in the indoor environment. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145(2 – 3). Pp. 138 –144.
11. Mostafa A. M., Tamaki K. Moriizumi J., et. al. The weather dependence of particle size distribution of indoor radioactive aerosol associated with radon decay products. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 146(1 – 3). Pp. 19 – 22.
12. Stamat, I.P., Svetovidov A.V., Stamat A.I., Gorskiy G.A., Venkov V.A. Otsenka vklada emanirovaniya radona s poverkhnosti oblitsovochnykh izdeliy v oblucheniye naseleniya / I.P. Stamat, A.V. Svetovidov, A.I. Stamat, G.A. Gorskiy, V.A. Venkov // Radiatsionnaya gigiyena. T. 2, № 4. – 2009. S. 16 – 22.

A. Kalaydo

Luhansk Taras Shevchenko state university, Luhansk

Senior lecturer of the department of BC, health and civil protection

E-mail: kalaydo18@mail.ru

Учредитель журнала
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Адрес учредителя журнала
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29

Контактные данные учредителя
+7 (4862) 42-00-24
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции
302006, г. Орел, ул. Московская, 77.

Контактные данные редакции
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru/science/journal/sir
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор С.Ю. Савин
Компьютерная верстка С.Ю. Савин

Подписано в печать 20.10.2015 г.
Формат 70×108 1/16. Печ. л. 7,0.
Тираж 400 экз.
Заказ №_____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической
базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.