



Научно-технический журнал  
Издается с 2013 года.  
**№4, 2015**  
**(октябрь-декабрь)**

Главный редактор:

**Ильичев В.А.** академик, первый вице-президент РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

**Емельянов С.Г.** д.т.н., проф.

**Колчунов В.И.** академик РААСН, д.т.н., проф.

Редколлегия:

**Азаров В.Н.** д.т.н. проф.

**Алексашина В.В.** д-р арх., проф.

**Асеева И.А.** д.ф.н., проф.

**Бок Т.** д.т.н., проф. (Германия)

**Брандль Н.** д.т.н., проф. (Австрия)

**Бредихин В.В.** к.т.н., доц.

**Булгаков А.Г.** д.т.н., проф.

**Волков А.А.** д.т.н. проф.

**Егорушкин В.А.** к.с.-х.н., доц.

**Ежов В.С.** д.т.н., проф.

**Клюева Н.В.** д.т.н., проф.

**Кобелев Н.С.** д.т.н., проф.

**Колчунов В.И.** д.т.н., проф.

**Крыгина А.М.** к.т.н., доц.

**Леденев В.И.** д.т.н., проф.

**Неделин В.М.** проф.

**Осипов В.И.** академик РАН, д.т.н., проф.

**Пилипенко О.В.** д.т.н., проф.

**Сергейчук О.В.** д.т.н., проф. (Украина)

**Сикора З.** д.т.н., проф. (Польша)

**Сусликов В.Н.** д.ю.н., проф.

**Теличенко В.И.** д.т.н., проф., акад. РААСН

**Тур В.В.** д.т.н. проф. (Белоруссия)

**Федоров В.С.** д.т.н., проф.

**Чернышов Е.М.** д.т.н., проф., акад. РААСН

**Шах Р.** д.т.н., проф. (Германия)

**Шубин И.Л.** д.т.н. проф.

Ответственные за выпуск:

**Плотников В.В.**, д.т.н., профессор,

**Цублова Е.Г.**, д.б.н., доцент

Адрес редакции:

305040, Россия, г. Курск,

ул. 50 лет Октября, д.94

Тел.: +7 (4712) 50-45-70

www.swsu.ru

E-mail: biosfera\_swsu@mail.ru

Подписной индекс **94005** по объединенному каталогу «Пресса России»

ПИ № ФС77-47354 от 03.04.11 г.

ЮЗГУ, 2013

# БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ: ЧЕЛОВЕК, РЕГИОН, ТЕХНОЛОГИИ

Учредители – ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ); ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»; ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»; ИИИСФ РААСН; ЦНИИП градостроительства РААСН

## Содержание

<b>Раздел 1. Вопросы теории биосферной совместимости городов и поселений .....</b>	<b>4</b>
<b>Самохова Н.А.</b> Закономерности распределения автотранспортных выбросов в атмосферном воздухе рекреационных территорий города ...	4
<b>Раздел 2. Экологический мониторинг, гуманитарный баланс и нормирование .....</b>	<b>11</b>
<b>Азаров В.Н., Донцова Т.В., Хегай Д.С.</b> Основы балансового метода оценки поступления вредных веществ в район крупного города в рамках концепции биосферной совместимости .....	11
<b>Бакаева Н.В., Калайдо А.В.</b> Экспериментальные исследования факторов, формирующих радиационный фон зданий .....	21
<b>Раздел 3. Биосферосовместимые технологии .....</b>	<b>28</b>
<b>Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Левкович Ф.Н., Макеенко К.В.</b> Исследование причин возникновения трещин в монолитных бетонных покрытиях дорожных одежд .....	28
<b>Плотников В.В., Ботаговский М.В.</b> Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства .....	35
<b>Плотникова С.В., Викторов Д.А.</b> Влияние ограждающих конструкций на обеспечение экологической безопасности зданий .....	45
<b>Ульянов А.А., Шилин Б.И.</b> Разработка модели обезвреживания нефтепродуктов фильтрованием в пористых средах .....	52
<b>Раздел 4. Проблемы и программы развития регионов ....</b>	<b>58</b>
<b>Устинов М.В., Устинов М.М.</b> Общность и специфичность факторов при районировании лесов Брянской области .....	58
<b>Раздел 5. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства .....</b>	<b>66</b>
<b>Ахременко С.А., Полехина С.В., Шерстюк Е.А.</b> Современные способы противорадионной защиты зданий .....	66
<b>Кулешов С.С., Алексейцев А.В.</b> Предотвращение техногенных аварий и катастроф путем экспертизы остаточного ресурса технических устройств на опасных производственных объектах .....	73
<b>Нанзатоол Ю.В., Романькова Н.В., Трошина М.В., Цублова Е.Г.</b> Биокоррозия объектов промышленных предприятий и методы защиты от нее .....	79
<b>Цыганков В.В., Кумекина В.В.</b> Методика расчета акустической эффективности проектируемых внутриквартальных шумозащитных зеленых насаждений .....	87
<b>Шишкина И.В., Матюшин Д.В.</b> Рекомендации по экологической реконструкции территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства .....	92
<b>Раздел 6. Города, развивающие человека .....</b>	<b>100</b>
<b>Ковалев Р.Б., Ковалев Б.И.</b> Размещение загородного жилого дома в лесной экосистеме, с учетом динамики ее развития .....	100
<b>Уважаемые авторы!</b> .....	<b>105</b>



Scientific and technical journal  
The journal is published since 2013.

**№4, 2015**  
**(October–December)**

# BIOSPHERIC COMPATIBILITY: PERSON, REGION, TECHNOLOGIES

The founders – federal state budget educational institution of the higher professional training «South-West State University»; federal state budget educational institution of the higher professional training «State University – Educational Scientific Industrial Complex»(State University ESIC); federal state budget educational institution of the higher training «Bryansk state engineering and technological University »; Scientific research institution of building physics of the Russian academy of architecture and construction sciences; Central scientific research project institution of municipal engineering of the Russian academy of architecture and construction sciences

*Editor-in-chief*  
**Ilyichev V.A.** *academician, vice-president of the RAACS, Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Editor-in-chief assistants:*  
**Yemelyanov S.G.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Kolchunov V.I.** *academician of the RAACS, Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Editorial committee*  
**Azarov V.N.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Aleksashina V.V.** *Doc. Arc., Prof.*  
**Aseeva I.A.** *Doc. Sc. Phil., Prof.*  
**Bock T.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)*  
**Brandl N.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Austria)*  
**Bredihin V.V.** *Candidat Sc. Tech., ass. professor*  
**Bulgakov A.G.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Volkov V.A.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Egorushkin V.A.** *Candidate of agricultural sciences, associate professor*  
**Yezhov V.S.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Kljueva N.V.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Kobelev N.S.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Kolchunov V.I.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Krygina A.M.** *Candidat Sc. Tech., associate professor*  
**Ledenev V.I.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Nedelin V.V.** *Prof.*  
**Osipov V.I.** *academician of the RAS, Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Pilipenko O.V.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Sergeyev O.V.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)*  
**Sykora Z.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)*  
**Suslikov V.N.** *Doc. Sc. Jur., Prof.*  
**Telichenko V.I.** *Doc. Sc. Tech., Prof., academician of the RAACS*  
**Tur V.V.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)*  
**Fyodorov V.S.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Chernyshev E.M.** *Doc. Sc. Tech., Prof., academician of the RAACS*  
**Shah R.** *Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)*  
**Shubin I.L.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*

*Responsible for edition:*  
**Plotnicov V.V.** *Doc. Sc. Tech., Prof.*  
**Tsublova E.G.** *Doc. Sc. Biol., ass. professor*

*The edition address:* 305040, Kursk, str. 50 let Octyabrya, 94  
+7 (4712) 50-48-20

www.ee.swsu.ru  
E-mail: swsu.ee@gmail.com

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

© SWSU, 2013

## Contents

<b>Section 1. Questions of the theory of biospheric compatibility of the cities and settlements .....</b>	<b>4</b>
<b>Samokhova N.A.</b> Regularity of harmful vehicle exhaust distribution in the air of city recreational areas .....	4
<b>Section 2. Environmental monitoring, humanitarian balance and rationing .....</b>	<b>11</b>
<b>Azarov Vn Doncova Tv, Khegai Ds</b> The carrying method of valuation of receipt of harmful substances in metropolitan areas within the concept of biosphere compatibility .....	11
<b>Bakaeva N.V., Kalaydo A.V.</b> Experimental study of the background radiation factors in buildings .....	21
<b>Section 3. Biosphere technologies .....</b>	<b>28</b>
<b>Levkovich T., Mevidinov Z., Levkovich F., Makeenko K.</b> Investigation of causes of cracks in monolithic concrete coatings .....	28
<b>Plotnikov V., Botagovskiy M.</b> Innovative protecting designs and materials for realization of resources and energy-efficient construction .....	35
<b>Plotnikova S., Viktorov D.</b> Influence of fencing structures on ensure of environmental safety of buildings .....	45
<b>Ulianov A.A., Shilin B.I.</b> Development of oil dehydration model by filtration in porous media .....	52
<b>Section 4. Problems and programs of regions development .....</b>	<b>58</b>
<b>Ustinov M. V., Ustinov M. M.</b> Commonness and specificity of factors during Bryansk region forests' zoning .....	58
<b>Section 5. Ecological safety of construction engineering and municipal services .....</b>	<b>66</b>
<b>Akhremenko S.A., Polekhina S.V., Sherstyuk E.A.</b> Modern methods protivorazgonnoy the protection of buildings .....	66
<b>Kuleshov S.S., Alekseytsev A.V.</b> Determination of the residual of the technical device with a glance to the metal fatigue .....	73
<b>Nanzatool Yu., Roman'kova N., Troshina M., Tsyblova E.</b> Biological corrosion of objects of industrial enterprises and methods protection against it .....	79
<b>Tsygankov V., Kumekina V.</b> Method of calculation of acoustic efficiency of the projected intra quarter noise-protective green plantings .....	87
<b>Shishkina I. V., Matyushin D.V.</b> Recommendations about ecological reconstruction of the territory which is in the zone of influence of objects of city transport construction .....	92
<b>Section 6. The cities developing the person .....</b>	<b>100</b>
<b>Kovalev R.B., Kovalev B.I.</b> Accommodation of the country house in the forest ecosystem, taking into account the dynamics of its developmet .....	100
<b>Dear authors! .....</b>	<b>105</b>

Н.В. БАКАЕВА, А.В. КАЛАЙДО

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ,  
ФОРМИРУЮЩИХ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ЗДАНИЙ**

*На данный момент уже не вызывает сомнений, что большую часть годовой дозы облучения от источников ионизирующего излучения человек получает внутри помещений. При этом основным дозообразующим фактором являются дочерние продукты распада радона, формирующие от 50 до 90% годовой индивидуальной дозы. Вопросам радоноопасности помещений посвящено значительное количество работ, содержащих подчас противоречивые утверждения о закономерностях формирования уровней радона в воздухе помещений. В статье сделана попытка анализа современных представлений о радиационной опасности помещений по результатам радиационного мониторинга, выполненного в Луганском государственном университете имени Тараса Шевченко.*

**Ключевые слова:** радон, дочерние продукты распада, эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), вариации, доза, почва

В последние десятилетия в мире наблюдается устойчивая тенденция к ухудшению экологической ситуации в результате хозяйственной деятельности человека. Дegradaция экологических систем на урбанизированных территориях приводит к загрязнению природных ресурсов, снижению качества среды жизнедеятельности. В то же время, наряду с антропогенными, действие на человека оказывают и природные факторы, в частности – ионизирующие излучения естественных радионуклидов (ЕРН) почв и радиоактивный газ радон со своими дочерними продуктами распада (ДПР).

Пока источники ионизирующего излучения находятся в пределах Биосферы, они не наносят вреда здоровью человека. Так, природный радиационный фон на территории РФ составляет 0,05 – 0,25 мкЗв/час, но даже в областях с аномально высоким уровнем радиационного фона не отмечено увеличения числа онкологических заболеваний. Аналогично, эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона в атмосферном воздухе не превышает 7 – 10 Бк/м<sup>3</sup> [1], что соответствует пренебрежимо малому риску возникновения рака легкого.

Но как только источники ионизирующего излучения вовлекаются в хозяйственную деятельность человека, степень их опасности существенно возрастает.

Радиоактивность горных пород перестает быть естественным источником с момента, как эти породы извлечены из недр и направлены на производство строительных материалов, так же и радон становится крайне опасным, проникая в здания и накапливаясь в них. Таким образом, мы имеем дело с переходом природных источников в антропогенные (гамма-фон строительных материалов) или антропогенно усиленные природные (радон в зданиях и сооружениях).

В настоящее время не вызывает сомнений, что главным дозообразующим фактором для населения является облучение радоном и его ДПР, вклад в годовую дозу гамма-излучения строительных материалов существенно ниже. Однако для современного общества характерно непонимание радоновой проблемы, доминирует стереотип, что угрозу здоровью могут представлять только радиационные аварии и утечки радиоактивных отходов [2, 3].

Большинство исследователей сходятся во мнении, что радон со своими ДПР формирует порядка 70 – 75% годовой индивидуальной эффективной дозы облучения от всех источников ионизирующего излучения [1 – 5], еще больший вклад радона (92%) отмечен в [6]. Радоновая проблематика достаточно популярна в современной научной литерату-

ре, при этом отдельные положения часто принимаются в качестве постулатов без соответствующей экспериментальной проверки, а по ряду вопросов защиты зданий от радона отсутствует единая точка зрения в силу сложности исследуемых явлений. Поскольку критерием истинности любой теории является эксперимент, целью данной работы является анализ современных представлений о радоне в помещениях по результатам проведенных исследований.

На протяжении 2013 – 2015 гг. в помещениях Луганского государственного университета имени Тараса Шевченко производились измерения ЭРОА радона и мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения строительных материалов. Обследовано 175 учебных и служебных помещений, еще 680 измерений было выполнено в непрерывном режиме с шагом в один час в закрытых (не открывавшихся не менее 24 часов) помещениях нижних этажей при одновременном измерении разности температур внутри и снаружи помещения. Измерения ЭРОА радона в воздухе помещений проводились радиометром ДПР радона «АТ-ЛЕШ-1м» путем прокачки воздуха через аналитический фильтр с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Измерения МЭД выполнялись поисковым дозиметром гамма-излучения «Ритм-1М» ДБР-02, аттестованным в диапазоне 0,01 мкЗв/час.

Наиболее важной с практической точки зрения является задача достоверной оценки среднегодового значения ЭРОА (нормируемая величина), поскольку уровни радона в помещениях испытывают существенные суточные и сезонные вариации. Мгновенные уровни радона в одном и том же помещении не являются постоянными, в течение суток они могут меняться в десятки раз [7]. Считается, что поскольку изменения температуры в течение суток носят циклический характер, то цикличны и изменения ЭРОА радона внутри зданий [8]: максимальные значения характерны для предзвездных часов, а минимальные – для послеобеденных [9, 10].

Также считается, что накопление радона в помещениях нижних этажей в зимнее время идет интенсивнее [11, 12], поскольку разность температур внутреннего и наружного воздуха создает естественную депрессию, являющуюся дополнительной движущей силой для поступления радона [8, 13]. В то же время, в ряде исследований радоноопасности регионов РФ не отмечено преобладания превышения «зимних» значений ЭРОА над «летними», а в части территорий можно видеть даже обратную зависимость [14]. Результаты исследования динамики уровней радона в закрытой лаборатории цокольного этажа представлены на рисунке 1.

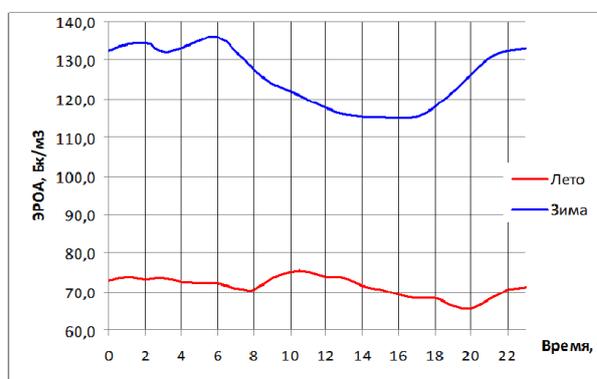
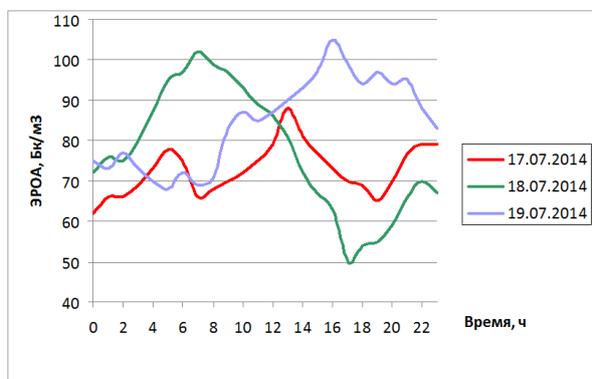


Рисунок 1 – Вариации уровней радона в помещениях: а – суточные; б – сезонные

Для оценки глубины сезонных вариаций уровней радона в помещениях многие исследователи используют отношение зима/лето, в оценках которого наблюдается существенный разброс: данное отношение находится в интервале 0,5 – 6,2 со средним арифметическим 1,7 в [15]; 3,4 – 10,6 в [5]; 1,6 – 5,3 в [16], 1,15 – 1,62 со средней величиной 1,31 в [17]; 1,54 – 2,50 в [11].

Исследования представляли четыре недельных цикла непрерывных измерений в каждый из сезонов. Регистрируемая картина имела сходный вид: ярко выраженный максимум (чаще всего один за сутки) и чередование выступов и провалов меньшей амплитуды (рисунок 1, а). Максимумы ЭРОА регистрировались в произвольное время суток, что позволяет сделать вывод о залповом поступлении радона в помещения нижнего этажа. Усреднение результатов измерений по сезонам приводит к сглаживанию кривых (рисунок 1, б), также указывая на отсутствие цикличности в поступлении радона в здания.

Средние уровни радона для помещений цокольного этажа составили  $71,3 \pm 4,6$  и  $125,5 \pm 7,9$  Бк/м<sup>3</sup> для теплого и холодного сезонов соответственно; отношение зима/лето –  $1,76 \pm 0,12$ . При этом значительные суточные и сезонные вариации характерны только для нижних этажей зданий, на верхних этажах они несущественны, что указывает на различие источников и механизмов поступления радона.

Бытует мнение, что по причине высокой плотности радон должен концентрироваться внизу помещений, вытесняя более легкий воздух [3, 18 – 20]. Однако в ряде работ показано, что распределение радона по высоте может быть произвольным, поскольку определяется совокупностью конструктивно-эксплуатационных особенностей зданий, (нестационарность полей температур и давлений, режимы работы вентиляционных и отопительных систем), приводящих к его вовлечению в движение воздуха [21, 22].

В результате исследования распределения уровней радона по высоте учебных корпусов университета отмечены высокие значения ЭРОА и на верхних этажах, что говорит о переносе радона потоками воздуха (рисунок 2). Данные значения не являются среднегодовыми ЭРОА, измерения проводились в холодный период с декабря по февраль.

Пожалуй, единственный вопрос радиационной безопасности зданий, не вызывающий споров – характер распределения помещений по величине ЭРОА радона и МЭД излучения строительных материалов. Частотное распределение ЭРОА носит лог-нормальный характер [4, 23 – 27], тогда как МЭД подчиняется нормальному распределению. Результаты радиационного мониторинга оказались в полном согласии с приведенными выше утверждениями (рисунок 3).

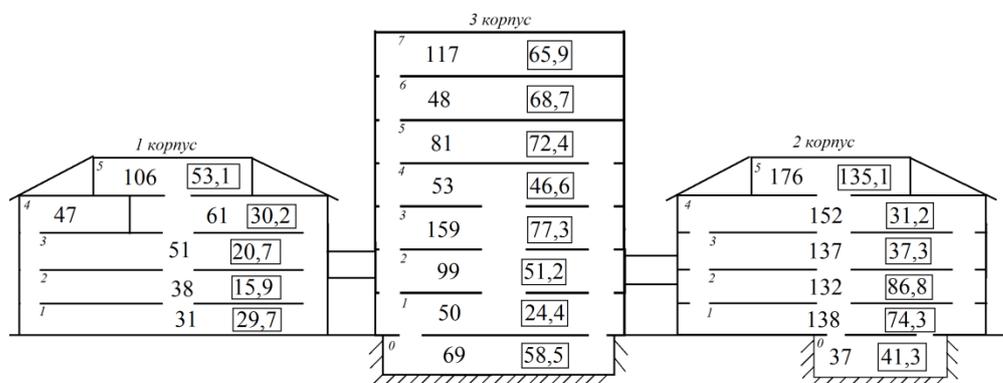


Рисунок 2 – Распределения уровней радона по высоте зданий: ЭРОА радона в коридорах и аудиториях университета (в прямоугольнике)

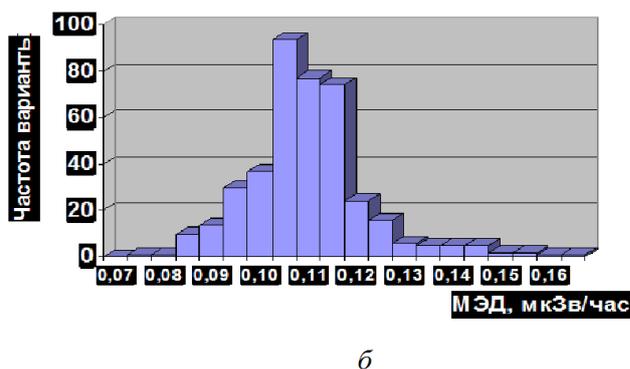
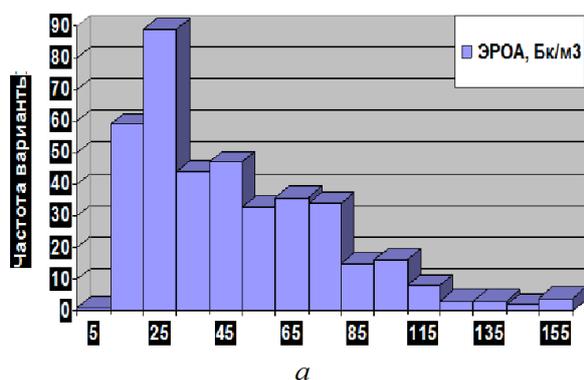


Рисунок 3 – Характер распределения помещений по величине ЭРОА и МЭД

Годовая доза в помещениях формируется, в первую очередь, внутренним  $\alpha$ -излучением ДПР радона, а также внешним  $\gamma$ -излучением ЕРН стройматериалов, которое может являться доминирующим фактором только при определенных условиях [27]. По результатам проведенных исследований была сделана попытка оценки величины вклада каждого из источников (рисунок 4).

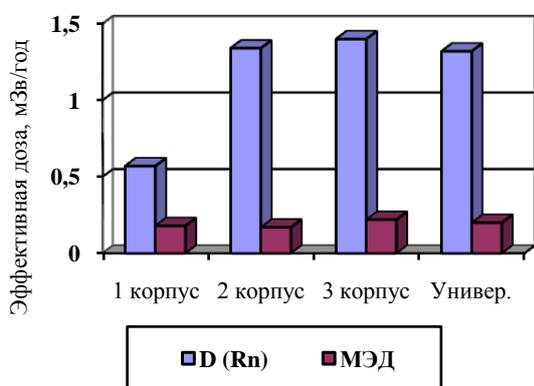


Рисунок 4 – Структура радиационного фона помещений университета в зимний период

Поскольку действие ДПР радона оценивается по экспозиции, а не по эквивалентной дозе, как для остальных радиоактивных источников, для сравнения вкладов радона и ЕРН стройматериалов необходим переход от экспозиции по радону к эффективной дозе. При расчете эффективной дозы от ДПР радона время пребывания человека на рабочем месте принималось равным 2 000 ч/год, коэффициент дозового перехода – 11,9

нЗв/(Бк·ч/м<sup>3</sup>), косвенно приведенный в стандарте безопасности МАГАТЭ «Защита населения от природных источников излучения в зданиях» (DS421) [29].

При планировании и реализации мероприятий по защите от радона важно знать его источники и механизмы поступления. Основным источником является грунтовое основание здания [28], даже 1% почвенного воздуха в помещении достаточно для создания активности в 300 – 400 Бк/м<sup>3</sup> [29]. Выделение радона из ограждающих конструкций зданий чаще всего не превышает 10% величины ЭРОА [30], хотя для этажей, не контактирующих с грунтовым основанием, может быть существенно выше.

Поступление радона внутрь зданий обусловлено комбинацией диффузионного (определяется разностью давлений  $\Delta P$ ) и конвективного (определяется разностью температур  $\Delta T$ ) механизмов с существенным преобладанием первого из них [31], в [8] отмечен также механизм залпового поступления радона из почвы.

Анализ связи величины ЭРОА с разностью температур позволяет установить доминирующий механизм поступления радона. Поскольку температура в экспериментальной лаборатории на протяжении всего периода исследований менялась незначительно ( $\pm 1,5^\circ\text{C}$ ), при статистической обработке данных вместо температурного напора  $\Delta T$  использовалась температура наружного воздуха  $T$ . Коэффициент парной корреляции между ЭРОА радона и температурой воздуха

снаружи здания по всему циклу измерений составил

$$r_{ЭРОА-Т} = -0,875.$$

В то же время, аналогичные коэффициенты, рассчитанные отдельно по каждому из четырех циклов измерений были существенно ниже ( $r_{ЭРОА-Т} = -0,15...-0,25$ ), что может указывать не на преобладание конвекционного механизма поступления радона, а на изменения в условиях выхода радона в атмосферу. Промерзание грунта и снежный покров перекрывают пути выхода радона из почвы в атмосферный воздух, увеличивая тем самым объем его поступления в здания.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Современный человек проводит в помещениях порядка 7000 часов в год, где и получает большую часть годовой

дозы облучения, в основном – от ДПР радона.

2. Основным источником поступления радона в помещения является почва под зданием. Внутри зданий радон вовлекается в движение воздушных потоков, как результат – достаточно высокие значения ЭРОА в помещениях верхних этажах.

3. Залповый механизм поступления радона в помещения нижних этажей является доминирующим. Отмечена периодичность выбросов 1 – 2 раза в сутки и отсутствие зависимости от времени суток.

4. Увеличение поступления радона в помещения в зимний период обусловлено промерзанием почвы и ухудшением условий его выхода в атмосферу. Отношение зима/лето для помещений университета составило  $1,76 \pm 0,12$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулабянц, Л.А. Роль радона в сфере жизнедеятельности человека [Текст] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – № 4. – 2013. – С. 78 – 82.
2. Сидельникова, О.П. Радиационно-экологические аспекты при строительстве зданий [Текст] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 2. С. 65 – 69.
3. Мирончик, А.Ф. Естественные радиоактивные вещества в атмосфере и воздухе жилых помещений Республики Беларусь [Текст] // Вестник Белорусско-Российского университета. – № 4 (17). – 2007. – С. 162 – 171.
4. Павленко, Т.А. Оценка облучения населения Запорожской области [Текст] / Т.А. Павленко, М.И. Костянецкий, Н.В. Аксенов // Радіаційна медицина. 2006. Т. 10. № 1. С. 103 – 106.
5. Диденко, П.И. Влияние радона на население Украины [Текст] // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. 2012. № 4. – С. 60 – 67.
6. Тихонов, М.Н. Радоновая опасность: источники, дозы и нерешенные вопросы [Текст] / М.Н. Тихонов // Экол. экспертиза: обзорная информация. – ВИНТИ. – 2008. – Вып.3. – С.29 – 51.
7. Arvela, H. Residential radon in Finland: sources, variation, modeling and dose comparisons (Academic dissertation) STUK-A124. Helsinki, 1995. 87 p.
8. Андреев, А.И. Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения [Текст] / А.И. Андреев, М.Б. Медведева // Вестник ТОГУ. Физ.-мат. науки. – 2011. – № 3 (22). С. 37 – 45.
9. Ashok G.V., Nagaiah N., Shiva Prasad N.G. Indoor radon concentration and its possible dependence on ventilation rate and flooring type. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148(1). Pp. 92 – 100.
10. Udovičić V., Aničin I., Joković D., et al. Radon time-series analysis in the underground low-level laboratory in Belgrade, Serbia. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145(2-3). Pp. 155 – 158.
11. Abd El-Zaher M. Seasonal variation of indoor radon concentration in dwellings of Alexandria city, Egypt. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 143(1). Pp. 56 – 62.
12. Amin A., Leghrouz M., Abu-Samreh M., Ayah Shehadeh K. Seasonal variation of indoor radon-222 levels in dwellings in Ramallah province and East Jerusalem suburbs, Palestine. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 148(2). Pp. 268 – 273.

13. Жуковский, М.В. Радоновая безопасность зданий [Текст] / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко // Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2000. – 180 с.
14. Маренный, А.М. Проведение обследований зданий различного назначения на содержание радона на территориях, обслуживаемых ФМБА России [Текст] / А.М. Маренный, В.В. Романов, В.И. Астафуров [и др.] // Радиационная гигиена. – Т. 8. – № 1, 2015. – С. 23 – 29.
15. Маренный, А.М. Обследование города Краснокаменск на содержание радона в помещениях [Текст] / А.М. Маренный, С.М. Киселёв, А.В. Титов [и др.] // Радиационная гигиена. – Т. 6. – № 3, 2013. – С. 47 – 52.
16. Павленко, Т.А. Научное обоснование системы радиационной защиты населения Украины от радона-222 [Текст] // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.26.05. – Киев, 1996. – 119 с.
17. Rani A., Singh S., Dugga V. Indoor radon measurements in the dwellings of Punjab and Himachal Pradesh, India. Radiat. Prot. Dosim. 2013. No. 156 (1). Pp. 118 – 124.
18. Карпо, Т.В. Методы снижения содержания радона в воздухе помещений [Текст] // Молодежь и наука: начало XXI века: сборник материалов конференции – М., 2009. – Ч. 5, С. 205 – 207.
19. Бекман, И.Н. Радон: враг, врач и помощник // Курс лекций. Лекция 4. URL: <http://www.novsu.ru/file/883232> (дата обращения: 05.12.2015).
20. Ляндзберг, Р.А. Составляющие естественного радиационного фона [Текст] // Вестник КамчатГТУ. – № 5. – 2006. – С. 21 – 22.
21. Кургуз, С.А. Влияние физических свойств радона на его распределение внутри зданий и помещений [Текст] / С.А. Кургуз // Радиоэкология XXI века: материалы междунар. науч.-практ. Конф., Красноярск, 14 – 16 мая 2012. – Красноярск: СФУ, 2012. – С.145 – 150.
22. Торосян, В.Ф. Исследование особенностей распределения радона в жилых и служебных помещениях / В.Ф. Торосян, А.А. Приезжев // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – № 3 (55), 2014.
23. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 119 с.
24. Bucci S., Pratesi G., Viti M.L., et. al. Radon in workplaces: first results of an extensive survey and comparison with radon in homes. Radiat. Prot. Dosim. 2011. No. 145 (2-3). Pp. 202 – 205.
25. Karadeniz Ö., Yaprak G., Akal C., Emen I. Indoor radon measurements in the granodiorite area of Bergamo. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 149(2). Pp. 147 – 154.
26. Chen J., Moir D, Whyte J. Canadian population risk of radon induced lung cancer: a re-assessment based on the recent cross-Canada radon survey. Radiat. Prot. Dosim. 2012. No. 151 (2). Pp. 144 – 153.
27. Стефаненко, И.В. Снижение радиационного фона в помещении [Текст] // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – № 14 (33). – 2009. – С. 128 – 131.
28. Гулабянц, Л.А. Принципы построения новых норм проектирования противорадоновой защиты зданий [Текст] // Благоприятная среда жизнедеятельности человека. Строительные науки. – № 5. – 2009. – С. 461 – 467.
29. Костенецкий, М.І. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні [Текст] / М.І. Костенецкий, А.І. Севальнев, А.В. Куцак // Запорожский медицинский журнал. – № 1 (70). – 2012. – С. 89 – 91.
30. 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.
31. Гулабянц, Л.А. Мощность «активного» слоя грунта при диффузионном переносе радона в грунтовом основании здания [Текст] / Л.А. Гулабянц, Б.Ю. Заболоцкий // «АНРИ». – № 4. – 2001. – С. 38 – 40.

**Бакаева Наталья Владимировна**

Доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Юго-западный государственный университет», г. Курск

E-mail: natbak@mail.ru

**Калайдо Александр Витальевич**

Старший преподаватель кафедры БЖД, охраны труда и гражданской защиты

ГОУ ВПО «Луганский государственный университет имени Тараса Шевченко», г. Луганск

E-mail: kalaydo18@mail.ru