

ISSN 2079-3928

Природо- пользование

ВЫПУСК 27



2015

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»**

Природо- пользование

Сборник научных трудов

Основан в 1996 г.

Выпуск 27



МИНСК

«СтройМедиаПроект»

2015

УДК 504.(476) (082)

В сборнике приведены результаты исследований по проблемам природопользования и охраны окружающей среды, разработки биосферносовместимых технологий переработки и использования твердых горючих ископаемых, растительного сырья и отходов. Серия статей посвящена вопросам природопользования в Припятском Полесье.

Рассчитан на широкий круг научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в области рационального природопользования и экологии.

Главный редактор
академик, д-р геол.-мин. наук *А. К. Карабанов*

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

академик, д-р сел.-хоз наук *Н. Н. Бамбалов*, д-р техн. наук *Н. И. Березовский*,
д-р техн. наук *Г. П. Бровка*, д-р геогр. наук *А. А. Волчек*, канд. геогр. наук *О. В. Кадацкая*,
д-р техн. наук *С. В. Какарека*, канд. техн. наук *Г. А. Камышенко*, д-р геогр. наук *Т. И. Кухарчик*
(отв. секретарь), д-р геогр. наук *В. Н. Киселев*, член-корреспондент, д-р геол.-мин. наук *А. В. Кудельский*,
академик, д-р геогр. наук *В. Ф. Логинов*, академик, д-р техн. наук *И. И. Лиштвак*, канд. техн. наук
В. Н. Марцуль, академик, д-р геол.-мин. наук *А. В. Матвеев*, д-р техн. наук *Э. И. Михневич*,
д-р техн. наук *Г. В. Наумова*, д-р геогр. наук *И. И. Пирожник*, канд. геол.-мин. наук *В. В. Савченко*,
канд. геогр. наук *М. И. Струк*, канд. хим. наук *А. Э. Томсон* (зам. гл. редактора),
д-р геогр. наук *В. С. Хомич* (зам. гл. редактора), академик, д-р сел.-хоз наук *А. Р. Цыганов*

Адрес редакции:
ул. Ф. Скорины, 10, 220114 г. Минск
тел. (017) 267-26-32, факс (017) 267-24-13
E-mail: nature@ecology.basnet.by

СО Д Е Р Ж А Н И Е

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ		
Хомич В. С., Карабанов А. К., Лиштван И. И., Пугачевский А. В., Петрушко И. С., Демянчик В. Т., Кадацкая О. В., Санец Е. В., Струк М. И., Шкутов Э. Н., Юргенсон Н. А., Яковлев А. П.	Природные ресурсы Припятского Полесья и их рациональное использование	5
Кадацкая О. В., Овчарова Е. П., Санец Е. В.	Гидроэкологическая оценка поверхностных водных ресурсов Припятского Полесья	17
Струк М. И.	Оценка средоформирующей роли объектов животноводства в Припятском Полесье	24
Иваненко Е. И.	Возможности расширения природно-заповедного фонда Украинского Полесья	33
Струк М. И., Флерко Т. Г., Кузнецов Д. П.	Геоэкологическая оценка трансформации сельского расселения (на примере Петриковского района)	39
Карабанов А. К., Матвеев А. В., Чунихин Л. А., Дроздов Д. Н., Чеховский А. Л., Жук И. В., Ярошевич О. И., Конопелько М. В.,	Радон и дочерние продукты его распада в воздухе зданий на территории Беларуси	49
Матвеев А. В., Автушко М. И., Нечипоренко Л. А.	Радонопродуцирующий потенциал флювиогляциальных отложений Беларуси	54
Логинов В. Ф.	Оценка неопределенностей в изменении глобальной температуры за период инструментальных наблюдений	61
Камышенко Г. А.	Оценка адаптации структуры посевных площадей к изменяющимся агроклиматическим условиям	68
Селицкая В. В., Санец Е. В.	Разработка показателя качества поверхностных вод по биогенным веществам	77
Романкевич Ю. А.	Комплексная эколого-геохимическая оценка состояния водных объектов малого города Беларуси (на примере г. Несвижа)	85
Волчек А. А., Чезлова О. Е.	Оценка влияния микробиологической составляющей животноводческих стоков земледельческих полей орошения на дренажные воды (на примере СГЦ «Западный»)	95
Козыренко М. И., Кухарчик Т. И.	Содержание тяжелых металлов в лакокрасочной продукции и его регулирование	101
Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г., Творонович- Севрук Д. Л., Савченко С. В.	Содержание химических элементов в современных донных отложениях рек Беларуси (техногеохимический аспект)	109
Воробьев Д. С.	Оценка состояния и перспективы использования древесного сырья как источника энергии на территории Жлобинского района	118
Тановицкая Н. И., Навоша Ю. Ю., Ратникова О. Н., Леонович Е. П.	Определение направлений использования торфяных месторождений и болот Брестской области с учетом их современного состояния	126
Краковецкий А. В.	Экономическая целесообразность создания модульных мини-заводов при производстве топливного брикета в Республике Беларусь	133
Макаренко Т. И., Лис Л. С., Кунцевич В. Б.,	Актуализация данных о запасах торфа на торфяных месторождениях расчетными методами	138

II. БИОСФЕРНОСОВМЕСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Лиштван И. И., Абрамец А. М., Янута Ю. Г., Першай Н. С., Алейникова В. Н.	Капиллярные явления в пористых реологически сложных средах	144
Лиштван И. И., Дударчик В. М., Крайко В. М., Ануфриева Е. В., Смолячкова Е. А.	Пиролиз биомассы и характеристика получаемых продуктов	151
Бровка Г. П., Агутин К. А.	Компьютерное моделирование теплового режима промерзающих торфяных почв	159
Лиштван И. И., Максимова П. М., Феклистова И. Н., Наумова Г. В., Маслак Д. В., Садовская Л. Е., Скакун Т. Л., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф.	Новый комплексный биопрепарат Гулливер бактерицидного и ростстимулирующего действия на основе штамма бактерий <i>Pseudomonas Sp.</i> и гуминовых веществ	167
Бамбалов Н. Н., Бачура-Тюликова Д. С.	Изменение поверхностного натяжения растворов гуматов натрия во времени	175
Бамбалов Н. Н., Милевич М. С.	Влияние торфяных структурообразователей на агрегатный состав почв	180
Курзо Б. В., Жуков В. К., Гайдукевич О. М., Кляуззе И. В., Муравьев А. И., Калилец Л. П., Барановская М. В.	Водопоглощаемость топливных гранул на основе торфа	186
Наумова Г. В., Томсон А. Э., Жмакова Н. А., Макарова Н. Л., Овчинникова Т. Ф., Царюк Т. Я.	Физико-химические свойства и химический состав пектинсодержащей кормовой добавки	192
Кашинская Т. Я.	Влияние технологий добычи на качество торфа как битуминозного сырья	198
Томсон А. Э., Павлюшнева Н. О.	Применение органических сорбентов для сбора нефти с поверхности воды и очистки сточных вод от нефтемаслопродуктов	206
Цыганов А. Р., Прохоров С. Г., Стригуцкий В. П., Соколова Т. В., Томсон А. Э., Пехтерева В. С., Боголицын К. Г., Селянинина С. Б.	О вкладе гуминовых кислот в парамагнетизм торфяных битумов	211
Коврик С. И., Бамбалов Н. Н., Соколов Г. А., Гаврильчик Н. С., Павлов К. А., Крышнев М. М.	Оценка прецизионности методики определения массовой доли гуминовых кислот в жидких гуминовых препаратах	217
НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ		
Какарека С. В., Кухарчик Т. И.	Загрязнение природной среды в районах базирования Антарктических научных станций	222
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ		
Лицкевич А. Н., Гулькович М. В., Черничко О. А.	Осадки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий как вторичное сырье	230
ХРОНИКА		
Хомич В. С., Санец Е. В.	Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана	234
ЮБИЛЕИ		
	К 75-летию академика В. Ф. Логинова	239

УДК 546.296:553.981(491)

А. К. Карabanов¹, А. В. Матвеев¹, Л. А. Чунихин², Д. Н. Дроздов³,
А. Л. Чеховский³, И. В. Жук⁴, О. И. Ярошевич⁴, М. В. Конопелько⁴

РАДОН И ДОЧЕРНИЕ ПРОДУКТЫ ЕГО РАСПАДА В ВОЗДУХЕ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Впервые в Беларуси проведен широкомасштабный мониторинг радона в воздухе зданий с использованием наиболее представительной интегральной пассивной радиометрии с твердотельными трековыми детекторами α -частиц. Описаны метод и результаты проведения мониторинга радона и дочерних продуктов распада в воздухе зданий в Беларуси с 2004 – I полугодие 2015 г., аппаратура комплекса средств измерений объемной активности радона. Проведен контроль погрешности результатов измерений. Приведены основные результаты мониторинга объемной (OA_{Rn}) и среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности радона ($ЭРОА_{Rn}$), средних и максимальных значений эффективных годовых доз облучения населения, обусловленных радоном и его дочерними продуктами распада (ДГР) по всем регионам Беларуси.

В цепочках распада естественных долгоживущих радионуклидов ^{235}U , ^{238}U и ^{232}Th присутствует инертный радиоактивный газ радон: ^{219}Rn , ^{222}Rn и ^{220}Rn соответственно, который ввиду наличия щелей, трещин, сколов и других проводящих путей эмануирует из этих пород и попадает в поровое пространство. Впоследствии радон частично растворяется в подземных водах, а также эксхалирует в атмосферу, попадая в помещения построенных зданий через различные негерметичные отверстия. В закрытых помещениях радон способен накапливаться преимущественно в подвалах и на нижних этажах зданий – вследствие более высокой, чем у воздуха, плотности. Концентрация радона в жилых и рабочих помещениях нормируется в большинстве стран мира по объемной активности (ОА) ^{222}Rn как наиболее распространенного изотопа радона, в России, Беларуси и других странах – по значению ЭРОА – взвешенной ОА ^{222}Rn и ^{220}Rn , – продуктов распада ^{238}U и ^{232}Th .

По данным ВОЗ, воздействие радона повышает риск возникновения и развития рака легких [8]. Это происходит вследствие попадания радона с воздухом в легкие и влияния его высокоэнергетического альфа-излучения на чувствительные клеточные структуры. Эпидемиологические подтверждения возникновения рака легких вследствие ингаляции радона были получены в результате нескольких когортных исследований и исследований с индивидуальным контролем шахтеров подземных рудников, преимущественно урановых. Выводы, полученные при исследовании шахтеров, были экстраполированы согласно линейной беспороговой концепции на более низкие концентрации радона [13].

Были проведены 13 эпидемиологических исследований в 9 европейских странах, в которых получены количественные значения для рисков рака легких в зависимости от concentra-

ции радона, курения, возраста и пола. Было установлено, что в среднем абсолютный риск заболеванием раком легкого до 75 лет при активностях радона $A_{Rn} = 0, 100, 200, 400 \text{ Бк/м}^3$ для некурящих равен соответственно 0,41, 0,47, 0,55, 0,67 %. Для курильщиков этот риск соответственно составляет 10, 12, 13, 16 [12, 14]. Эпидемиологические исследования в жилищах и исследования шахтеров предоставляют надежную и согласованную оценку риска возникновения рака легкого, статистически значимую при среднегодовой объемной активности радона около 200 Бк/м^3 для жилищ и суммарных уровнях профессионального облучения шахтеров приблизительно в 50 рабочих уровней в месяц (РУМ) [12, 13]. Характерной особенностью полученных результатов является то, что во всех подвыборках с объемной активностью радона $C_{Rn} > 50 \text{ Бк/м}^3$ зависимость доза – эффект хорошо описывается линейной функцией [9].

Наблюдаемая на территории Беларуси неравномерность поступления радона в помещения зданий обусловлена в основном различием содержания урана и тория в почвах и породах и их проницаемостью для радона. Точное определение концентрации радона в помещениях зданий требует существенных денежно-временных затрат. В публикации МКРЗ № 65 один из основных принципов исследований по радону заключается в нахождении критических зон, позволяющих сконцентрировать усилия по проведению противорадонных мероприятий [2]. К критическим зонам, согласно [2], относят территории, на которых 1 % помещений имеет десятикратное превышение среднереспубликанского значения объемной концентрации радона. Для выявления критических зон применяют картирование радонового риска при использовании в качестве параметра объемной концентрации в помещениях зданий или ра-

донового потенциала при использовании ОА в почвенном воздухе или радонового индекса [11].

Республика Беларусь является значительно пострадавшей в результате аварии на ЧАЭС, хотя спустя почти 30 лет после аварии радиационная обстановка на территории республики существенно улучшилась – средняя доза облучения, согласно Каталогу-1992, составляла 0,97 мЗв/год, согласно Каталогу-2014 – 0,34 мЗв/год. Количество населенных пунктов со средним значением дозы 1 мЗв/год и более только за пять последних лет снизилось со 193 до 72 [3, 4].

Метод и результаты проведения мониторинга радона в Беларуси. В ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» с 2004 г. совместно с Институтом природопользования НАН Беларуси и некоторыми областными и городскими ЦГЭиОЗ начаты систематические исследования по мониторингу радона в воздухе помещений. Для исследований был выбран метод твердотельных трековых детекторов [6]. Суть этого метода состоит в том, что в некоторых диэлектрических материалах альфа-частицы радона и его ДПР (как и другие тяжелые ядерные частицы) производят радиационные повреждения (латентные треки), которые после протравливания в химических реагентах могут быть подсчитаны с помощью оптического микроскопа или другими методами. В наших исследованиях в качестве детекторов использовалась нитроцеллюлозная пленка LR-115 типа 2 производства фирмы DOSIRAD (Франция), позволяющая применить относительно простой искровой способ подсчета треков на детекторах.

$$\left(\overline{\mathcal{E}POA_{Rn}}\right) = \left(OA_{Rn}\right) \cdot \left\{V_{Rn}(t)\right\}_i \cdot F_{Rn} \cdot (1 + \delta) + 4,6 \cdot \overline{\mathcal{E}POA_{Th}}, \quad (2)$$

где F_{Rn} – коэффициент, характеризующий сдвиг радиоактивного равновесия между радоном и его ДПР в воздухе, принятый равным 0,5; $\left\{V_{Rn}(t)\right\}_i$ – коэффициент вариации, зависящий от продолжительности экспозиции радонометров в воздухе помещений и сезона года, в котором проводилась эта экспозиция; δ – основная погрешность измерения, принимаемая по свидетельству о метрологической аттестации средств измерений и равная 30 %. Последний член в (2) – вклад ^{220}Rn (торона) и оцененный в 3,2 Бк·м³.

Следует отметить, что в [7] и других публикациях указывалось, что значения $V_{Rn}(t)$ зависят от геолого-географических характеристик грунтов под зданием. Однако новейшие данные, полученные А.М. Маренным и др. [1], показывают, что закономерности сезонных изменений плотности потока радона (ППР) с поверхности почв, выявленные на территориях гг. Москвы, Миасса (Ю. Урал) и Ростова н/Д, схожи для регионов,

Измеряемой величиной при мониторинге радона в воздухе помещений является усредненная за время экспозиции радонометров с трековыми детекторами в воздухе исследуемых помещений ОА радона для каждого i -помещения:

$$\left(\overline{OA_{Rn}}\right)_i = \left(\bar{n}_i - n_0\right) \left(\varepsilon_0 T_{\mathcal{E}}\right)^{-1}, \quad (1)$$

где $\left(\overline{OA_{Rn}}\right)_i$ – объемная активность радона в i -м помещении, Бк·м⁻³; \bar{n}_i – плотность треков на i -детекторе, трек·см⁻²; $T_{\mathcal{E}}$ – длительность экспозиции, сут; n_0 – уровень собственного фона трекового детектора, трек·см⁻²; ε_0 – чувствительность комплекса средств измерений объемной активности радона КСИОАР, трек·см⁻²·Бк⁻¹·сут⁻¹ (значения ε_0 и n_0 указаны в свидетельстве о метрологической поверке комплекса КСИОАР, проводимой в Федеральном ГУП ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (г. С.-Петербург) с периодичностью 1–2 года).

Комплекс средств измерений интегральной объемной активности радона (ОА) в воздухе трековым методом (КСИОАР-01) включает ИРРТ с трековым детектором на основе пленки Kodak LR-115 Type 2; прибор для травления трековых детекторов – термостат ТРАЛ-1; прибор для автоматического электроискрового счета треков АИСТ-2В. Затем используя измеренные значения $\left(\overline{OA_{Rn}}\right)_i$, согласно [7], определяли среднегодовые значения $\overline{\mathcal{E}POA_{Rn}}$ для каждого i -го помещения по формуле:

отличающихся как географическим положением, так и геологическим строением.

Затем, используя коэффициенты сдвига равновесия между радоном и его ДПР, коэффициент вариации, зависящий от продолжительности экспозиции радонометров в воздухе помещений и сезона проведения измерений, а также основную погрешность измерений по свидетельству о метрологической аттестации КСИОАР (30 %), определяется среднегодовая эквивалентная равновесная активность радона $\left(\overline{\mathcal{E}POA_{Rn}}\right)$ – нормируемый в Санитарных нормах и правилах «Требования к радиационной безопасности» Минздрава РБ по радону параметр. Полученные значения используются затем для расчета среднегодовых эффективных доз облучения населения радоном и его ДПР $\left(E_{\mathcal{E}ф}\right)$. Более подробно методика описана в [5].

Контроль погрешности результатов измерений. Контроль погрешности результатов измерений проводится для предотвращения

получения недостоверной информации. В процессе внутреннего оперативного контроля определяется соответствие результатов анализа показателям сходимости и воспроизводимости.

Контроль сходимости результатов анализа проводят путем сравнения расхождения результатов параллельных определений ОА радона по отношению к среднеарифметическому значению при сравнении с нормативом контроля сходимости d по формуле

$$|A_{\max} - A_{\min}| A_{cp}^{-1} \cdot 100\% \leq d, \quad (3)$$

где A_{\max} , A_{\min} , A_{cp} – максимальное, минимальное и среднее значения параллельных определений ОА радона, Бк·м⁻³; d – норматив контроля сходимости, %.

При превышении норматива сходимости определение ОА радона повторяют. В случае повторного превышения указанного норматива необходимо выяснить и устранить причины, приводящие к неудовлетворительным результатам.

Контроль воспроизводимости результатов измерений проводят путем сравнения расхождения между средними значениями ОА радона по

отношению к их среднему арифметическому значению в двух сериях параллельных измерений с нормативом контроля воспроизводимости. Воспроизводимость признавалась удовлетворительной, если

$$|A_{1cp} - A_{2cp}| A_{cp}^{-1} \cdot 100\% \leq D, \quad (4)$$

где A_{1cp} , A_{2cp} – средние значения ОА радона в двух сериях параллельных измерений, Бк·м⁻³; A_{cp} – их среднее арифметическое значение, Бк·м⁻³; D – норматив контроля воспроизводимости, %.

Нормативы оперативного внутреннего контроля качества измерений ОА радона при $P = 0,95$ составляют величины: контроль сходимости (d) – 52 %, контроль воспроизводимости (D) – 49 % при погрешности измерений 30 %.

Картограмма была построена при помощи прикладного пакета MAPINFO.

Результаты мониторинга радона в воздухе помещений и эффективной радоновой годовой дозы приведены в табл. 1 и 2 [10].

Таблица 1. Основные результаты мониторинга радона в воздухе помещений в различных регионах Беларуси

Регион Беларуси	Население, Q (x10 ³) чел.	Объем обследованных помещений N, шт. (всего/на 1 млн населения)	Усредненные по региону уровни радона, Бк/м ³		Превышение значений $\overline{ЭПОА}_{Rn}$, %	
			$\overline{ОА}_{Rn}$	$\overline{ЭПОА}_{Rn}$	>100 Бк/м ³	>200 Бк/м ³
Брестская область	1390,2	178/128	47	31	2,8	0,6
Витебская область	1208,0	371/307	88	76	22,4	2,2
Гомельская область	1427,7	904/633	62	35	3,4	0,7
Гродненская область	1058,3	598/565	98	66	18,1	4,5
г. Минск	1900,8	397/209	86	74	19,6	5,3
Минская область	1401,8	198/141	99	84	18,7	6,1
Могилевская область	1076,5	919/854	98	57	10,7	1,4
По всем областям	9463,3	3565/377	84	57	12,4	2,5

Таблица 2. Эффективные годовые дозы облучения населения за счет радона и его ДПР (E_{Rn}) в различных регионах Беларуси

Регион Беларуси	E_{Rn} , мЗв·год ⁻¹	
	Среднее значение	Максимальное значение
Брестская область	2,0	13,9
Витебская область	4,8	32,4
Гомельская область	2,2	31,9
Гродненская область	4,1	50,9
г. Минск	4,7	86,9
Минская область	5,3	66,3
Могилевская область	3,6	19,7
По всем областям	3,6	86,9

Заключение. Впервые в Беларуси проведен широкомасштабный мониторинг радона в воздухе зданий во всех регионах Беларуси с использованием наиболее представительной методики интегральной пассивной радиометрии с твердотельными трековыми детекторами альфа-частиц. Проведенные радоновые исследования имеют важную социальную направленность: уменьшение доз радиоактивного облучения от управляемого радонового компонента – основно-

го дозообразующего фактора в Беларуси в настоящее время, их результаты будут являться основой для создания базы данных по годовым эффективным дозам облучения жителей Беларуси, в том числе для использования в проекте 571 Международной программы геологической корреляции, курируемой ЮНЕСКО, а также для разработки дальнейших радоновых исследований на период 2016–2020 гг.

Литература

- 1 **Временные** флуктуации плотности потока радона на территории Москвы / А. М. Маренный [и др.] // АНРИ. – 2011. – № 1 (64). – С. 23–35.
- 2 **Защита** от радона-222 в жилых помещениях и на рабочих местах. Публикация № 65 МКРЗ : пер. с англ. – М., 1995.
- 3 **Каталог** средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / Н. Г. Власова [и др.] ; утв. М-стром здравоохранения Республики Беларусь 7.07.2009 г. – Гомель, 2009.
- 4 **Каталог** средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь / Н. Г. Власова [и др.] ; утв. М-стром здравоохранения Республики Беларусь 17.09.2014 г. – Гомель, 2014.
- 5 **Методика** определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонметров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц. МВИ. – Минск, 2002.
- 6 **Николаев, В. А.** Твердотельные трековые детекторы в радиационных исследованиях / В. А. Николаев. – СПб., 2012.
- 7 **Проведение** радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий. Методические указания МУК РБ № 11-8-6-2002. – Минск, 2002.
- 8 **Радон** и рак : информационный бюллетень / Всемирная организация здравоохранения. – М., 2005. – № 291.
- 9 **Риск** возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону / под ред.: М. В. Жуковского, С. М. Киселева, А. Т. Губина // Перевод публикации 115 МКРЗ. – М., 2013.
- 10 **Ярошевич, О. И.** Радон в воздухе зданий и радоновая составляющая дозы радиоактивного облучения населения в различных областях Беларуси / О. И. Ярошевич [и др.] // Докл. НАН Беларуси. – 2012. – Т. 56, № 6. – С. 92–97.
- 11 **Akerblom, G.** The Radon Book / G. Akerblom, R. Clavensjo. – Stockholm: SSM, 1994.
- 12 **Darby, S.** Radon in home and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from European case-control studies / S. Darby, D. Hill, etc., Br. Med. Journal, 2005. – № 330. – P. 223–227.
- 13 **Doll, R.** Cancer Incidence in Five Continents / R. Doll, P. Payne, J. A. H. Waterhouse. – Geneva: Vice: Berlin: Springer, 1966.
- 14 **Friedmann, H.** Final results of the Austrian radon project // Health Physics. – 2005. – Vol. 89, № 4. – P. 339–348.

- ¹ **Институт природопользования НАН Беларуси,**
- ² **Гомельский государственный медицинский университет,**
- ³ **Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,**
- ⁴ **Объединенный институт энергетических и ядерных исследований НАН Беларуси, Сосны**

Поступила в редакцию 3.06.2015 г.

**А. К. Карабанов, А. В. Матвеев, Л. А. Чунихин, Д. Н. Дроздов,
А. Л. Чеховский, И. В. Жук, О. И. Ярошевич, М. В. Конопелько**

**РАДОН И ДОЧЕРНИЕ ПРОДУКТЫ ЕГО РАСПАДА
В ВОЗДУХЕ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Охарактеризованы методы исследования мониторинга содержания радона и дочерних продуктов его распада в воздухе зданий в период 2004–2015 гг., а также параметры оборудования для измерения объемной активности радона (\overline{OA}_{Rn}) с использованием контроля за погрешностью измерений. Статья содержит основные результаты мониторинга объемной активности радона и эквивалентной равновесной объемной активности радона ($\overline{ЭРОА}_{Rn}$). Определены эффективные среднегодовые и максимальные дозы облучения населения, обусловленные радоном и дочерними продуктами его распада в воздухе зданий по всем регионам Беларуси. Впервые в Беларуси на всей площади страны проведен широкомасштабный мониторинг радона в воздухе зданий с использованием наиболее представительной интегральной пассивной радиометрии с твердотельными трековыми детекторами α -частиц.

**A. K. Karabanov, A. V. Matveev, L. A. Chunichin, D. N. Drozdov,
A. L. Chechovsky, I. V. Zhuk, O. I. Jaroshevich, M. V. Konopelko**

**RADON AND ITS DAUGHTERS IN THE BUILDINGS AIR
WITHIN THE TERRITORY OF BELARUS**

The article describes methods of monitoring of radon and its daughters in the buildings air within the territory of Belarus during the period of 2004–2015, as well as system equipment for measurement of radon volume activity (\overline{OA}_{Rn}). Error control of the measurement results was carried out. The article contains principal results of the monitoring of the radon volume activity and of radon annual average equivalent equilibrium volume activity, as well as average and maximum values of the effective annual doses of the population exposure due to radon and its daughters in all regions of Belarus. For the first time in Belarus, wide-ranging monitoring of radon in the buildings air was carried out using integrated passive radiometry with solid-state tracking detectors of alpha-particles.

Научное издание
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Сборник научных трудов
Выпуск 27

Редактор *Г. В. Малахова*

Компьютерная верстка *Т. Н. Козловская*

Переводчик *М. Ю. Козловская*

Подписано в печать 28.07.2015. Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 30,25. Уч.-изд. л. 27,71.
Тираж 110 экз. Заказ № 1004.

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/43 от 03.10.2013,
№ 2/42 от 13.02.2014.
Ул В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск.