

# Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(17)

2017 г.

## Учредитель

Государственное учреждение  
«Республиканский научно-  
практический центр  
радиационной медицины  
и экологии человека»

**Журнал включен в** Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

**Журнал зарегистрирован**  
Министерством информации  
Республики Беларусь,  
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 07.04.17.  
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.  
Гарнитура «Times New Roman».  
Печать цифровая. Тираж 85 экз.  
Усл. печ. л. 21,48. Уч.-изд. л. 12,1.  
Зак. 44.

Издатель ГУ «Республиканский  
научно-практический центр  
радиационной медицины и  
экологии человека»  
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП  
«Редакция газеты  
«Гомельская праўда»  
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

## Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

## Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),  
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беяковский  
(д.м.н., профессор), Н.Г. Власова (д.б.н., доцент, научный редактор),  
А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент),  
В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь),  
С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент),  
А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент),  
С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент),  
И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент),  
Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская  
(к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров  
(д.б.н., профессор), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент)

## Редакционный совет

В.И. Жарко (зам. премьер-министра Республика Беларусь, Минск),  
А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор,  
Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков  
(д.м.н., профессор, Москва), Е.Л. Богдан (Начальник Главного управления  
организации медицинской помощи Министерства здравоохранения),  
Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов  
(д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва),  
Ю.Е. Демидчик (д.м.н., член-корреспондент НАН РБ, Минск), М.П. Захарченко  
(д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН,  
Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов  
(д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск),  
Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников  
(д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Ф.И. Тодуа (д.м.н., академик НАН  
Грузии, Тбилиси), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), В.А. Филонюк  
(к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук  
(к.м.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

## Технический редактор

С.Н. Никонович

**Адрес редакции** 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,  
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала  
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97  
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: [mbp@rcrm.by](mailto:mbp@rcrm.by)

© Государственное учреждение  
«Республиканский научно-практический центр  
радиационной медицины и экологии человека», 2017

**Обзоры и проблемные статьи**

- А.М. Кравченко, Е.Г. Малаева**  
Острая на хроническую печеночная недостаточность 6
- Е.Г. Попов, Г.Н. Фильченков, Т.И. Милевич, И.А. Чешик**  
Физиология стероид-транспортных белков крови (обзор) 13
- А.И. Свирновский, В.В. Пасюков, Д.В. Кравченко, Н.Ф. Федуро, О.В. Сергиевич, И.Б. Тарас, Э.Л. Свирновская**  
Клональная эволюция лейкозных клеток и химиорезистентность 24

**Медико-биологические проблемы**

- Е.Л. Богдан, А.Н. Стожаров, А.В. Рожко, И.В. Веялкин, С.Н. Никоневич, П.И. Моисеев, А.Е. Океанов**  
Анализ заболеваемости раком щитовидной железы в Республике Беларусь 29
- Г.Л. Бородина**  
Алгоритм медицинской реабилитации пациентов с саркоидозом органов дыхания 42
- Н.Г. Власова**  
Ранжирование территории радиоактивного загрязнения по плотности загрязнения, дозе облучения, соотношению доз внешнего и внутреннего облучения 50
- Н.Г. Власова, Л.А. Чунихин, Д.Н. Дроздов**  
Радиационная обстановка в Республике Беларусь 58
- Е.А. Дрозд**  
О факторах, оказывающих влияние на формирование дозы внутреннего облучения 64
- А.А. Морозова, Е.М. Кадукова**  
Научное обоснование и приоритеты создания специализированных пищевых продуктов для диетотерапии больных сахарным диабетом 2 типа 70

**Reviews and problem articles**

- A. Kravchenko, E. Malaeva**  
Acute on chronic liver failure 6
- E.H. Popoff, G.N. Filchenkov, T.I. Milevich, I.A. Cheshyk**  
Physiology of steroid-specific transport proteins in blood (review) 13
- A. Svirnovski, V. Pasiukov, D. Kravchenko, N. Feduro, O. Sergievich, I. Taras, E. Svirnovskaya**  
Clonal evolution of leukemia cells and chemoresistance 24

**Medical-biological problems**

- E.L. Bogdan, A.N. Stozharov, A.V. Rozhko, I.V. Veilkin, S.N. Nikonovich, A.E. Okeanov, P.I. Moiseev**  
Thyroid Cancer Incidence in the Republic of Belarus 29
- H.L. Baradzina**  
Algorithm of medical rehabilitation in pulmonary sarcoidosis patients 42
- N.G. Vlasova**  
Ranking the radioactive contaminated territory in density of soil contamination, dose, contribution to the dose of external and internal components 50
- N.G. Vlasova, L.A. Chounikhin, D.N. Drozdov**  
Radiation situation in Belarus 58
- E.A. Drozd**  
The individual doses of internal exposure as a function of occupational status of population living in radioactively contaminated territories 64
- A.A. Morozova, E.M. Kadukova**  
Scientific basis and priorities of the specialized food for diet therapy of patients of type 2 diabetes 70

<b>В.В. Шибельский, Т.Я Шевчук</b> Особенности физического развития мужчин зрелого возраста при действии неблагоприятных экологических условий	78	<b>V. Pshybelskyi, T. Shevchuk</b> Features anthropometric indices and physical development in men of mature age under adverse environmental conditions	
<b>А.П. Романюк, Т.Я. Шевчук</b> Особенности амплитудно-временных характеристик вызванных потенциалов у спортсменов во время концентрации внимания	85	<b>A. Romaniuk, T. Shevchuk</b> Features amplitude-time characteristics of evoked potentials in sportsmen during concentration attention	
<b>А.Л. Чеховский</b> Оценка радоноопасности некоторых населенных пунктов Лиозненского района	93	<b>A.L. Chekhovskij</b> Evaluation radon danger some settlements Liozno district	
<b>Л.Н. Эвентова, В.С. Аверин, А.Н. Матарас, Ю.В. Висенберг</b> Мониторинг доз внешнего облучения населения Республики Беларусь в отдалённом периоде после аварии на ЧАЭС	100	<b>L.N. Eventova, V.S. Averin, A.N. Mataras, Yu.V. Visenberg</b> External dose monitoring for population of Belarus in the remote period after the Chernobyl accident	

**Клиническая медицина****Clinical medicine**

<b>Р.В. Авдеев, А.С. Александров, Н.А. Бакунина, А.С. Басинский, А.Ю. Брежнев, И.Р. Газизова, А.Б. Галимова, В.В. Гарькавенко, А.М. Гетманова, В.В. Городничий, А.А. Гусаревич, Д.А. Дорофеев, П.Ч. Завадский, А.Б. Захидов, О.Г. Зверева, И.Н. Исакон, И.Д. Каменских, У.Р. Каримов, И.В. Кондракова, А.В. Куроедов, С.Н. Ланин, Дж.Н. Ловпаче, И.А. Лоскутов, Е.В. Молчанова, З.М. Нагорнова, О.Н. Онуфрийчук, С.Ю. Петров, Ю.И. Рожко, А.В. Селезнев, А.С. Хохлова, И.В. Шапошникова, А.П. Шахалова, Р.В. Шевчук</b> Структурно-функциональные диагностические критерии в оценке вероятности наличия подозрения на глаукому и начальной стадии глаукомы	105	<b>R.V. Avdeev, A.S. Alexandrov, N.A. Bakunina, A.S. Basinsky, A.Yu. Brezhnev, I.R. Gazizova, A.B. Galimova, V.V. Garkavenko, A.M. Getmanova, V.V. Gorodnichy, A.A. Gusarevitch, D.A. Dorofeev, P.Ch. Zavadsky, A.B. Zakhidov, O.G. Zvereva, I.N. Isakov, I.D. Kamenskikh, U.R. Karimov, I.V. Kondrakova, A.V. Kuroyedov, S.N. Lanin, Dzh.N. Lovpache, I.A. Loskutov, E.V. Molchanova, Z.M. Nagornova, O.N. Onufriychuk, S.Yu. Petrov, Yu.I. Rozhko, A.V. Seleznev, A.S. Khohlova, I.V. Shaposhnikova, A.P. Shahalova, R.V. Shevchuk</b> Structural and functional diagnostic criteria in assessing the probability of suspected glaucoma and the early-stage glaucoma	
<b>Т.В. Бобр, О.М. Предко, Н.А. Бурдоленко, Е.В. Пархомович</b> Особенности локализации и распространенность регматогенных периферических витреохориоретинальных дистрофий	118	<b>T.V. Bobr, O.M. Predko, N.A. Burdolenko, E.V. Parhomovich</b> Features of localization vitreochorioretinal of rhegmatogenous peripheral retinal degeneration	
<b>А.В. Воропаева, О.В. Карпенко, А.Е. Силин, Е.В. Бредихина, В.Н. Мартинков</b> Влияние полиморфизма генов IL-1 и IL-4 на развитие хронического гастрита и рака желудка	123	<b>A. Voropayeva, O. Karpenko, A. Silin, E. Bredikhina, V. Martinkov</b> Gene polymorphism influence of the IL-1 and IL-4I in the development of chronic gastritis and gastric cancer	

<b>Л.А. Державец</b> Информативность опухолевых маркеров для оценки степени распространения рака мочевого пузыря	128	<b>L.A. Derzhavets</b> Performance of tumor markers for assessing bladder cancer spread	
<b>О.А. Иванцов, Н.Н. Усова, Т.М. Шаршакова</b> Приверженность к лечению и ожидаемая эффективность терапии пациентов с острыми нарушениями мозгового кровообращения инсультных стационаров г. Гомеля	135	<b>O. A. Ivantsov, N.N. Usova, T.M. Sharshakova</b> Adherence to the treatment and the expected effectiveness of therapy patients with stroke in the Gomel hospitals	
<b>Н.Г. Кадочкина</b> Сравнительная клиническая эффективность карведилола и бисопролола в лечении ишемической болезни сердца у пациентов с сахарным диабетом 2 типа	140	<b>N.G. Kadochkina</b> Comparative clinical efficacy of carvedilol and bisoprolol in the treatment of coronary heart disease within the patients with diabetes mellitus type 2	
<b>Л.И. Крикунова, В.И. Киселева, Л.С. Мкртчян, Г.П. Безяева, Л.В. Панарина, Л.В. Любина, И.А. Замулаева</b> Папилломавирусная инфекция у женщин, подвергшихся радиоактивному воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС	146	<b>L.I. Krikunova, V.I. Kiseleva, L.S. Mkrtychyan, G.P. Bezyaeva, L.V. Panarina, L.V. Lyubina, I.A. Zamulaeva</b> Papillomavirus infection in women exposed to radiation following the Chernobyl accident	
<b>А.С. Подгорная</b> Эффективность левоноргестрелсодержащей внутриматочной системы и гистерорезектоскопической абляции эндометрия в лечении аденомиоза	154	<b>A.S. Podgornaya</b> Efficiency of levonorgestrel-releasing intrauterine system and hysteroresectoscopic endometrial ablation in adenomyosis treatment	
<b>С.В. Петренко, Т.В. Мохорт, Н.Д. Коломиец, Е.В. Федоренко, Е.Г. Мохорт, Б.Ю. Леушев, О.А. Бартошевич, Г.Е. Хлебович</b> Динамика йодного обеспечения и показателей тиреоидной системы в группах риска по йододефициту в сельских регионах Беларуси	163	<b>S.V. Petrenko, T.V. Mokhort, N.D. Kolomiets, E.V. Fedorenko, E.G. Mokhort, B.Y. Leushev, O.A. Bartoshevich, G.E. Chlebovich</b> Dynamic of iodine supplementation and thyroid system indexes in the iodine deficiency risk groups from rural areas	

### *Обмен опытом*

<b>Г.Я. Брук, А.А. Братилова, А.В. Громов, Т.В. Жеско, А.Н. Кадука, М.В. Кадука, О.С. Кравцова, И.К. Романович, Н.В. Титов, В.А. Яковлев</b> Развитие единой системы оценки и прогноза доз облучения населения, проживающего в реперных населенных пунктах приграничных территорий Союзного государства, пострадавших вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС	168
Правила для авторов	176

### *Experience exchange*

<b>G.Ya. Bruk, A.A. Bratilova, A.V. Gromov, T.V. Zhecko, A.N. Kaduka, M.V. Kaduka, O.S. Kravtsova, I.K. Romanovich, N.V. Titov, V.A. Yakovlev</b> Development of unified system for estimating and forecasting irradiation doses of population living in the reference settlements of the border areas of the Union State affected due to the Chernobyl accident	
---	--

## ОЦЕНКА РАДОНООПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЛИОЗНЕНСКОГО РАЙОНА

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», г. Гомель, Беларусь*

В статье описан методический подход по оценке радоновой опасности территории и поиску критических зон радоноопасности. Представлен комплексный радоновый показатель территории, который учитывает ряд фундаментальных экологических и геологических факторов; переход от комплексного радонового показателя к объемной активности радона; расчет 99%-ого квантиля распределения объемной активности радона в населенном пункте, что необходимо для определения принадлежности населенного пункта к критической зоне радоноопасности. Показано, что ни один из исследуемых населенных пунктов не относится к критической зоне радоноопасности. Данные, полученные согласно модельной оценке радоновой опасности, полностью соответствуют экспериментальным измерениям.

**Ключевые слова:** радон, комплексный радоновый показатель, объемная активность, критические зоны радоноопасности

### **Введение**

Беларусь является территорией, подвергшейся радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС, кроме того, на территории Беларуси неравномерно распределение радона в жилых зданиях [1]. Согласно оценке НКДАР ООН, радон и его дочерние продукты распада (ДПР) определяют примерно 2/3 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно половину дозы от всех источников радиации [2]. Таким образом, радиационная обстановка на территории Республики Беларусь представлена, в основном, совокупностью из загрязнения чернобыльскими радионуклидами и естественным радиоактивным газом – радоном. При этом территории Гомельской и Могилевской областей подверглись наибольшему радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Наиболее высокие концентрации радона в жилых зданиях согласно [1] определены в северо-восточной части Могилевской, западе Гродненской, на юго-востоке, западе и севере Витебской области.

Одним из основных тезисов Публикации № 65 МКРЗ [3] является необходимость введения понятия и критериев для оценки радоноопасных зон, что является важным в случаях недостатка ресурсов для проведения полномасштабных исследований, как, например, в Беларуси. Известно, что основным источником поступления радона являются почва, грунтовые породы и грунтовые воды [4]. Определение концентрации радона в жилых зданиях требует существенных финансовых и временных затрат. Учитывая это, можно провести оценку радоноопасности территории с использованием экологических и геологических (косвенных) показателей, определяющих концентрации радона, и выделить на их основе критические зоны радоноопасности без проведения длительных и дорогостоящих исследований.

Для проведения исследований был выбран Лиозненский район Витебской области, в котором имеется ограниченное количество измерений концентраций радона в жилых зданиях с достаточно большой вариацией [1], что обуславливает необходимость углубленного анализа радоновой об-

становки данной территории и требует дополнительных измерений.

**Цель:** оценка радоновой опасности некоторых населенных пунктов (НП) Лиозненского района Витебской области.

#### **Задачи исследования:**

- оценка экологических и геологических факторов, определяющих концентрации радона в жилых зданиях на территории исследуемых НП;
- определение средних значений концентраций радона в исследуемых НП;
- сопоставление рассчитанных по модели значений концентрации радона с измеренными значениями концентрации радона в жилых зданиях;
- выявление принадлежности исследуемых НП к критической зоне радоновой опасности.

#### **Материал и методы исследования**

##### **Исходные данные для определения комплексного радонового показателя.**

Комплексный радоновый показатель (КРП) представляет собой величину, равную произведению значений факторов (в относительных единицах), оказывающих влияние на концентрацию радона в жилых зданиях: запас урана в почвах, мощность дозы дочернобыльского фона, проницаемость почв для радона, глубину залегания первого водоносного горизонта. Обоснование применения указанных косвенных факторов и концепция КРП приводится в работах [5, 6]. Таким образом, комплексный радоновый показатель является численным выражением потенциальной радоноопасности территории, указывая на степень выраженности основных факторов, определяющих концентрацию радона (косвенные показатели радона).

Одним из важнейших факторов КРП является концентрация урана в почвах. Учитывая, что уран является материнской породой для образования радона, концентрации урана в почвах будут определять и концентрацию радона. Для исследований

использовалась геологическая картосхема Республики Беларусь, на которой показана концентрация урана в почвах [7].

Следующим важным показателем является мощность экспозиционной дозы (МЭД). Учитывая, что  $\gamma$ -фон на местности определяется, в основном, радионуклидами 3-х естественных радиоактивных рядов уранов и тория, а также  $^{40}\text{K}$  (мощность дозы от которого принята постоянной) – колебания МЭД определяются концентрацией естественных радионуклидов в почвах. Таким образом, МЭД может опосредованно указывать на наличие радона. Чтобы исключить влияние искусственных радионуклидов, выпавших на территории Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС, в исследованиях использовались дочернобыльские карты МЭД до 1986 года [8, 9]. В настоящее время МЭД не используется, однако карты первоисточников составлены в дочернобыльский период и отображают мощность экспозиционной дозы. При этом с учетом нормирования значения МЭД могут быть использованы без перевода в величины, принятые на настоящее время (поглощенная доза), так как осуществляется переход к относительным единицам.

Необходимо учитывать, что эксхалляция радона зависит от проницаемости почвы, т.е. коэффициента фильтрации радона в грунтах [10]. Исходя из того факта, что период полураспада радона  $^{222}\text{Rn}$  составляет около 3,8 суток, скорость его прохождения через слой почвы имеет важное значение и обуславливает концентрацию радона в помещениях зданий. Для определения коэффициента фильтрации использовалась карта четвертичных отложений Республики Беларусь (поверхностный слой почвы и подстилающей породы, сформировавшийся в современный геологический период: от 2,6 млн лет назад и до настоящего времени) [11].

Также важным фактором, определяющим концентрации радона, является уровень залегания первого от поверхности водоносного горизонта. При уровне в 1-2 м от поверхности почвенный радон почти

полностью поглощается, а при уровне более 10 м – весь выделенный радон остается в почвенном воздухе [12]. Значения глубины залегания первого водоносного горизонта были получены по гидрогеологической карте Республики Беларусь [13].

**Исходные данные для определения концентрации радона и критических зон радоноопасности по косвенным показателям радона.**

В исследовании были использованы результаты измерений среднегодовых значений объемной активности (ОА) радона в жилых зданиях НП Республики Беларусь за период 2004-2015 гг., проведенные специалистами ГНУ «ОИЭиЯИ-Сосны» НАН РБ [1, 14] по методике, позволяющей проводить мониторинг радона [15]. Методика предполагает измерение ОА радона и при необходимости позволяет восстановить эквивалентную равновесную объемную активность (ЭРОА) радона расчетным методом [15]. В настоящих исследованиях ЭРОА не использовалась, т.к. для определения принадлежности НП к критической зоне радоноопасности, согласно Публикации №65 МКРЗ, необходимо использовать объемную активность радона [3].

**Результаты исследования**

**Определение значений косвенных показателей, оказывающих влияние на ОА радона в жилых зданиях.**

Оценка радоновой опасности проводилась в следующих НП: Высочаны, Горелики, Добромисли, Крынки, Новое Село, Пе-

ремонт Лиозненского района, Витебской области. Непосредственно по картам [7-9, 11, 13] согласно географическим координатам исследуемых НП определены абсолютные величины косвенных показателей радона, которые были нормированы на их максимальные значения. Нормирование на максимальное значение проводилось для формирования единообразных шкал, различающихся по количественным характеристикам показателей, и перехода к относительной размерности величин для упрощения дальнейших вычислений и расчета КРП.

Абсолютные и относительные величины косвенных показателей, оказывающих влияние на ОА радона, представлены в таблице 1.

*Расчет комплексного радонового показателя.* Комплексный радоновый показатель, определяющий степень радоновой опасности территории, является произведением значений факторов (в относительных величинах), оказывающих влияние на ОА радона в жилых зданиях. Таким образом, КРП определяется по выражению (1):

$$R = U_{отн} \times F_{отн} \times W_{отн} \times M_{отн} \quad (1)$$

где R – значение комплексного радонового показателя, отн. ед.;  $U_{отн}$  – относительное содержание урана в почве, отн. ед.;  $F_{отн}$  – относительный коэффициент фильтрации почвы для радона, отн. ед.;  $W_{отн}$  – относительная глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта, отн. ед.;  $M_{отн}$  – относительная МЭД дочернобыльского фона, отн. ед.

**Таблица 1** – Абсолютные и относительные (в скобках) величины косвенных показателей радона для исследуемых НП

Наименование НП	Концентрация урана, $n \cdot 10^{-4}\%$ ; (отн. ед.)	Коэффициент фильтрации, м/сут; (отн. ед.)	Глубина водоносного горизонта, м; (отн. ед.)	МЭД, мкР/час; (отн. ед.)
Высочаны	0,75 (0,3)	0,8 (0,027)	5 (0,5)	7,5 (0,625)
Горелики	1,75 (0,7)	0,8 (0,027)	2,5 (0,25)	7,5 (0,625)
Добромисли	1,75 (0,7)	0,8 (0,027)	5 (0,5)	7,5 (0,625)
Крынки	1,75 (0,7)	0,8 (0,027)	5 (0,5)	7,5 (0,625)
Новое Село	2,5 (1)	0,8 (0,027)	7,5 (0,75)	7,5 (0,625)
Перемонт	1,75 (0,7)	0,8 (0,027)	2,5 (0,25)	7,5 (0,625)

Для каждого из исследуемых НП были определены значения КРП (таблица 2):

Таким образом, косвенные показатели района в исследуемых НП, представленные КРП, указывают на низкий уровень потенциальной радоноопасности ( $KRP < 0,005$ ) в НП Высочаны, Горелики, Перемонт; средний уровень радоноопасности ( $0,005 \leq KRP < 0,015$ ) в НП Добромьсли, Крынки, Новое Село.

*Определение среднегодовых значений ОА района в жилых зданиях по КРП.*

Учитывая, что КРП представлен косвенными факторами, определяющими ОА района в жилых зданиях, между показателями КРП и ОА района предполагается связь. Для определения корреляционной связи были использованы результаты измерений среднегодовых значений ОА района в жилых зданиях НП Республики Беларусь за период 2004-2015 гг. [1, 14] и значения КРП в данных НП. Как показал проведенный статистический анализ, имеется сильная (коэффициент корреляции  $r = 0,81 \pm 0,001$ ), достоверная ( $t_{эм} = 810 > t_{ст} = 1,961$  при  $p < 0,05$ ) корреляционная связь [5]. Уравнение линейной регрессии имеет вид (2):

$$OA_{изм} = 40 + 6200 \times KRP \quad (2)$$

где  $OA_{изм}$  – измеренные среднегодовые значения ОА района в жилых зданиях НП Республики Беларусь, накопленные за период 2004-2015 гг., Бк/м<sup>3</sup>; КРП – комплексный радоновый показатель, отн. ед.

Таким образом, при отсутствии или недостатке измерений ОА района в НП можно определить теоретическую (ожидаемую) ОА района по уравнению (2).

По представленному уравнению линейной регрессии, используя значения КРП из таблицы 2, были рассчитаны ожидаемые среднегодовые значения ОА района в жилых зданиях НП Лиозненского района (таблица 3).

*Сопоставление результатов моделирования с данными практических измерений.*

В исследуемых НП проводилось измерение ОА района в жилых зданиях для последующего сопоставления результатов с данными моделирования (таблица 4).

**Таблица 2** – Значения КРП для исследуемых НП

Наименование НП	КРП, отн. ед.
Высочаны	0,00253
Горелики	0,00295
Добромьсли	0,00591
Крынки	0,00591
Новое Село	0,01270
Перемонт	0,00295

**Таблица 3** – Ожидаемые среднегодовые значения ОА для исследуемых НП

Наименование НП	ОА, Бк/м <sup>3</sup>
Высочаны	56
Горелики	58
Добромьсли	77
Крынки	77
Новое Село	118
Перемонт	58

Для проверки соответствия результатов моделирования практическим измерениям ОА района проведен дисперсионный анализ данных. Эмпирическое значение F-критерия Фишера значительно меньше его критического значения ( $F_{эм} = 0,0049 < F_{крит} = 4,96$ ) при уровне значимости  $p > 0,05$ . Это показывает, что различие между средними двух выборок не значимо. Статистические различия между модельными и экспериментальными результатами отсутствуют.

*Определение 99%-ого квантиля распределения значений ОА района в НП.*

С точки зрения МКРЗ первостепенное значение имеет определение критических зон радоноопасности, где концентрация радона в зданиях ожидается выше, чем типичные значения для страны в целом. Согласно Публи-

**Таблица 4** – Измеренные значения ОА района в жилых зданиях исследуемых НП и результаты моделирования

Наименование НП	Модель, Бк/м <sup>3</sup>	Измеренные значения ОА района, Бк/м <sup>3</sup>
Высочаны	56	45
Горелики	58	64
Добромьсли	77	75
Крынки	77	83
Новое Село	118	129
Перемонт	58	63



кации №65 МКРЗ [3] (тезис 76): «радоноопасная зона может быть определена как зона, в которой 1% жилищ имеют концентрацию радона, в 10 раз превышающую среднее национальное значение». В нашем случае среднее национальное значение – это среднереспубликанское, которое, согласно результатам измерений среднегодовых значений ОА радона в жилых зданиях НП Республики Беларусь за период 2004-2015 гг. [1, 14, 15], составляет 40 Бк/м<sup>3</sup>. Исходя из тезиса Публикации №65 МКРЗ, достаточным условием для отнесения НП к критической зоне радоноопасности является наличие 99% жилых зданий со значениями ОА радона ниже 10-кратного среднереспубликанского (<400 Бк/м<sup>3</sup>) и 1% жилых зданий со значениями ОА радона выше 10-кратного среднереспубликанского значения (>400 Бк/м<sup>3</sup>). В связи с этим, определив значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП и сравнив его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона, можно определить принадлежность данного НП к критической зоне радоноопасности.

Для определения 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП были рассчитаны параметры эталонного распределения ОА радона с использованием наиболее представительных результатов измерений среднегодовых значений ОА радона в жилых зданиях НП Республики Беларусь за период 2004-2015 гг. [1, 14, 15]. Отбор данных для построения эталонного распределения проводился по ряду факторов: количество измерений в НП > 30, полный охват территории НП, специфика жилищного фонда (соотношение деревянных, кирпичных, панельных домов; одно-

и многоэтажных) и т.д. Основные параметры эталонного распределения представлены в таблице 5:

Из таблицы 5 видно, что значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП примерно в 3 раз больше среднего арифметического значения ОА радона. При анализе параметров распределения значений ОА радона в отдельных НП данное соотношение находилось в интервале 2,9-3,3 и не имело достоверных различий от соотношения эталонного распределения (согласно дисперсионному анализу  $F_{эпм} < F_{крит}$  при  $p > 0,05$ ). Таким образом, соотношение среднего арифметического и значения 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП, рассчитанного для эталонного распределения, может быть распространено на отдельно взятые НП.

Учитывая это, измерив среднее значение ОА радона в НП или восстановив его по КРП по уравнению линейной регрессии (2), можно определить значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона в любом НП по формуле:

$$P_{99\%} = OA_{срнп} \times 3 \quad (3)$$

где  $P_{99\%}$  – значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП, Бк/м<sup>3</sup>;  $OA_{срнп}$  – среднее значение ОА радона в НП, Бк/м<sup>3</sup>.

По формуле (3) для каждого из исследуемых НП были рассчитаны значения 99%-ого квантиля распределения ОА радона (таблица 6).

Как видно из таблицы 6, ни в одном НП значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона не превышает десятикратного среднереспубликанского значения ОА радона ( $P_{99\%} < OA_{срРБ} \times 10 = 400 \text{ Бк/м}^3$ ). Ис-

**Таблица 5** – Основные параметры эталонного распределения значений ОА радона

Среднее арифметическое, Бк/м <sup>3</sup>	Среднее геометрическое, Бк/м <sup>3</sup>	Медиана, Бк/м <sup>3</sup>	Значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона, Бк/м <sup>3</sup>
70	55	60	211

**Таблица 6** – Значения 99%-ого квантиля распределения ОА радона в исследуемых НП

Наименование НП	Значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона, Бк/м <sup>3</sup>
Высочаны	168
Горелики	174
Добромысли	231
Крынки	231
Новое Село	354
Перемонт	174

следуемые НП не относятся к критической зоне радоноопасности.

### **Заключение**

Представленная оценка радоновой опасности территории позволяет сконцентрировать внимание на проблемных территориях (критических зонах радоноопасности) без проведения длительных и дорогостоящих исследований. Определение степени радоноопасности территории по КРП учитывает ряд фундаментальных экологических и геологических факторов, оказывающих влияние на ОА радона, что способствует большей информативности процесса исследования. С помощью КРП по уравнению линейной регрессии можно рассчитать ожидаемые среднегодовые значения ОА радона в жилых зданиях, что особенно актуально в случае отсутствия или недостатка данных измерений ОА радона. Рассчитав значение 99%-ого квантиля распределения ОА радона в НП по предложенному эталонному распределению и сопоставив его с десятикратным среднереспубликанским значением ОА радона, можно однозначно определить принадлежность НП к критической зоне радоноопасности. Предложенный подход позволяет повысить уровень радиационной безопасности путем выделения критических зон радоноопасности и проведения регулярного мониторинга ОА радона в жилых зданиях и проведения противорадоновых мероприятий. Также описанный подход может быть использован при проведении инженерно-геофизических изысканий, при проектировании и строительстве жилых и общественных зданий.

### **Библиографический список**

1. Карта радонового риска Беларуси / А.К. Карабанов [и др.] // Природные ресурсы. – №2. – 2015. – С. 73-78.
2. Источники и эффекты ионизирующего излучения. Отчет НКДАР ООН 2000 года с научными приложениями. – М., 2002. – Т 2. – 319 с.

3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах / Публикация № 65 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
4. Бекман, И.Н. Радон: враг, врач и помощник / И.Н. Бекман. – М.: МГУ, 2000. – 205 с.
5. Чеховский, А.Л. Обоснование применения компонентов радонового показателя для картирования радонового потенциала / А.Л. Чеховский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – № 6 (87). – 2014. – С. 100-106.
6. Чунихин, Л.А. Картирование и оценка радоновой обстановки Гомельской, Могилевской и Витебской областей / Л.А. Чунихин, А.Л. Чеховский, Д.Н. Дроздов // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – № 3 (90). – 2015. – С. 71-76.
7. Шагалова, Э.Д. Содержание урана-238 в почвах Беларуси / Э.Д. Шагалова // Почвоведение. – 1986. – №2. – С. 140-145.
8. Оценка гидрогеологических параметров по данным геофизических исследований в скважинах: Методическое руководство / А.В. Беляшов [и др.]. – Минск: Фонды геофизической экспедиции, 2008. – 43 с.
9. Инструкция по гамма-каротажу при массовых поисках урана: утв. Мин. Геологии СССР 01.09.81 г. / Б.П. Булыгин [и др.]. – СПб: Министерство Геологии СССР, 1982. – 101 с.
10. Адушкин, В.В. Поля почвенного радона в восточной части Балтийского щита / В.В. Адушкин, И.И. Дивков, С.А. Кожухов // Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер / В.В. Адушкин, И.И. Дивков, С.А. Кожухов. – М.: Геос, 2005. – С. 173-178.
11. Karabanov, A.K. Impact of geological structures of Belarus on Radon Concentration in Air Workshop on Natural Radiation and Radon / Seminar on Radon, Stockholm, SSM, 25-27 January, 2009.
12. Выполнение комплексной геофизической съемки на площадке возможного размещения АЭС и прогноз миграции радиону-

кливо с подземными водами (Шкловско-Горецкий пункт, Кукшиновская площадка): Отчет о НИР (закл.) / Бел. геофиз. экспед; рук. А.В. Гаврилов. – Минск, 2008. – 257 с.

13. Гидрогеологическая карта четвертичных отложений Белорусской ССР / Г.В. Богомоллов [и др.]. – Минск, 1963.

14. Радон и дочерние продукты его распада в воздухе зданий на территории Беларуси / А.К. Карабанов [и др.] // Природо-

пользование. – Вып. 27. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2015. – С. 49-53.

15. Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонметров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц. – МВИ. МН 1808-2002. – Минск, 2002. – 18 с.

**A.L. Chekhovskij**

### **EVALUATION RADON DANGER SOME SETTLEMENTS LIOZNO DISTRICT**

This paper describes an comprehensive methodological approach for evaluation of radon danger area and search for critical zones of radon. It presents a complex radon index of territory, which take into account a number of fundamental ecological and geological factors; transition from complex radon index in volume activity of radon; calculation of 99%-th quantile distribution of radon volumetric activity in the locality, it is necessary to determine affiliation of locality to critical zone of radon. It is shown that none of investigated settlements does not apply to critical zone of radon. The data obtained in accordance with the evaluation of radon danger model, fully consistent with experimental measurements.

**Key words:** *radon, radon complex index volume activity, critical radon zone*

*Поступила: 28.11.16*