

*Д.А. Байко*

# **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО РАДОНОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭРОА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МИНСКА**

*Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. А.Р. Аветисов*

*Кафедра радиационной медицины и экологии*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

*D.A. Bayko*

# **APPLICATION OF THE COMPLEX RADON INDEX FOR CALCULATING THE EEVA ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF MINSK**

*Tutor: PhD, associate professor A.R. Avetisov*

*Department of Radiation Medicine and Ecology*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Резюме.** Рассмотрена модель расчета эквивалентной равновесной объемной активности радона с применением косвенных показателей радона. Выявлена актуальность данного метода. Произведены расчеты комплексного радонового показателя для города Минска с применением картографических данных. Проведено сравнение с данными, полученными при помощи дозиметра, по средней концентрации радона-222 в помещениях Минска.

**Ключевые слова:** комплексный радоновый показатель, радон, Минск, дочерние продукты распада.

**Resume.** A model for calculating the equivalent equilibrium volumetric radon activity using indirect radon indicators is considered. The relevance of this method has been revealed. Calculations of the complex radon index for the city of Minsk using cartographic data have been performed. A comparison was made with the data obtained using a dosimeter on the average concentration of radon-222 in the premises of Minsk.

**Keywords:** complex radon index, radon, Minsk, daughter products of decay.

**Актуальность.** Установлено, что с помощью эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона можно рассчитать избыточный относительный риск заболеваемости раком легкого, ассоциированного с эксгаляцией химического элемента внутри жилых помещений. Поскольку стандартное измерение ЭРОА при помощи радиометров является длительным и дорогостоящим, необходимо иметь в запасе иные способы получения данного значения. Расчет через косвенные радоновые показатели, предложенный отечественным исследователем А.Л. Чеховским, также позволяет определить ЭРОА в жилых помещениях. Данная модель была использована для картирования Витебской, Могилевской и Гомельской областей Беларуси. Авторы данной работы предлагают провести аналогичные расчеты для города Минска.

**Цель:** оценить радоновую опасность в городе Минске по косвенными показателям радона и сравнить полученные значения с известными радиометрическими данными.

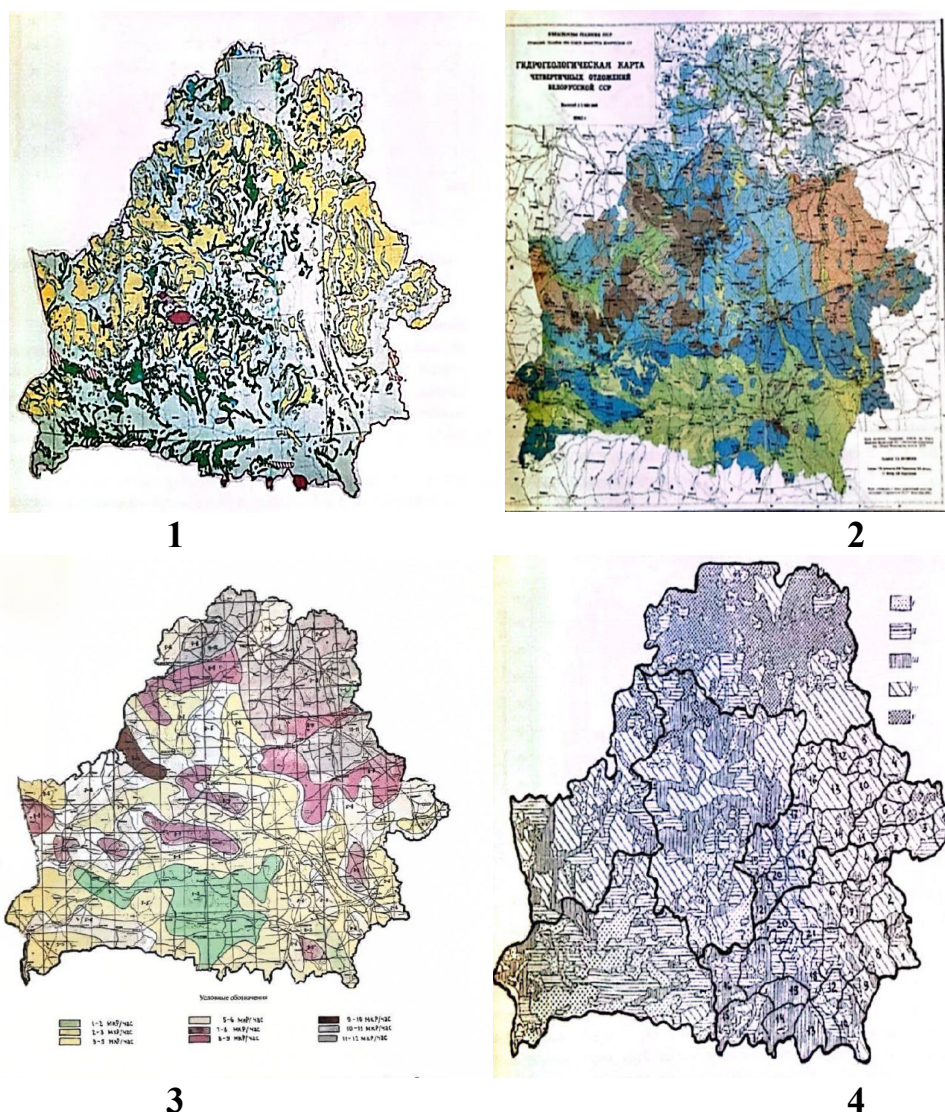
**Задачи:**

1. Рассмотреть оценку радоновой опасности по косвенным показателям радона, разработанную А.Л. Чеховским.
2. Оценить радоновую опасность в городе Минске по косвенным показателям

радоны.

3. Сравнить полученные значения ЭРОА с известными радиометрическими данными 183 помещений города Минска.

**Материал и методы.** Основные расчеты и исследование проводилось при помощи картографических материалов, предоставленных в диссертации А.Л. Чеховского «Оценка радоновой опасности по косвенным показателям радоны (на примере восточных областей Беларуси)»:



**Рис. 1** – Картографические данные, используемые для расчета комплексного радонового показателя: 1 - карта механического состава почв Беларуси; 2 - гидрогеологическая карта четвертичных отложений Беларуси; 3 - карта концентрации урана в почвах Беларуси; 4- карта мощности экспозиционной дозы на территории Республики Беларусь до 1986 г. [1]

Расчет комплексного радонового показателя проводился по формуле:

$$KPII = M \cdot U \cdot F \cdot W \quad (1)$$

где  $KPII$  – значение комплексного радонового показателя, отн. ед.;

$M$  – средневзвешенное значение относительной мощности дозы дочернобыльского фона, отн. ед.;

$U$  – средневзвешенное значение относительной концентрации урана в почве, отн. ед.;

$F$  – средневзвешенное значение относительного коэффициента фильтрации почвы, отн. ед.;

$W$  – средневзвешенное значение относительного уровня залегания водоносного горизонта, отн. ед.

Для расчета относительных значений отдельных составляющих комплексного радонового показателя использовались данные из сборника лабораторных работ для медико-профилактического факультета. Авторы статьи использовали формулы и максимальные значения, предоставленные в пособии по радиационной гигиене [2], для расчетов КРП в городе Минске.

Формула для получения относительного содержания урана в почве:

$$U_{отн.} = U_{\kappa} / U_{макс} \quad (2)$$

где  $U_{отн.}$  – относительное содержание урана в почве (относительных единиц);

$U_{\kappa}$  – значение концентрации урана в почве, определяемое по картосхеме ( $n \cdot 10^{-4} \%$ ) согласно географическим координатам, в которых производится расчет КРП;

$U_{макс}$  – максимальное значение урана в почве ( $2,5 \cdot 10^{-4} \%$ ).

Объемная активность радона определяется с помощью комплексного радонового показателя по уравнению линейной регрессии:

$$OA_{Rn} = 6200 \cdot КРП + 40 \quad (3)$$

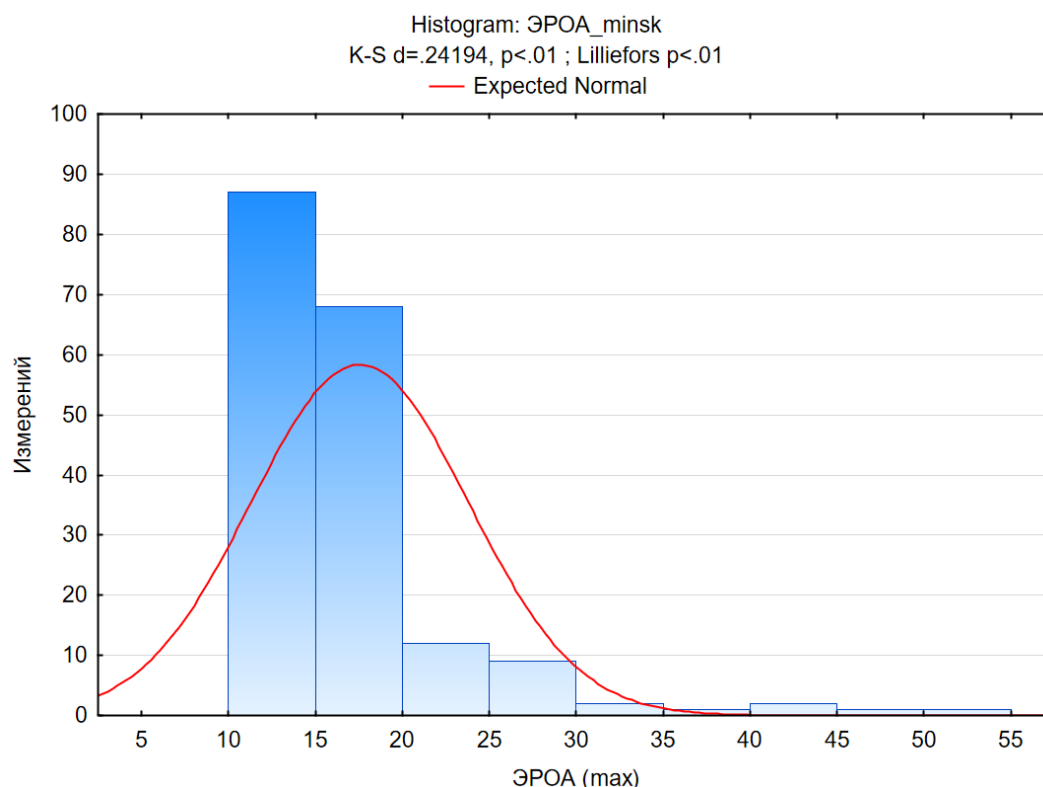
где  $OA_{Rn}$  – значение объемной активности радона, Бк/м<sup>3</sup>;

$КРП$  – комплексный радоновый показатель, отн. ед.

Для сравнения полученных данных с радиометрическими данными, в качестве вторых мы использовали предоставленные Минским городским центром гигиены и эпидемиологии данные измерения эквивалентной равновесной объемной активности изотопа радона-222 в помещениях города Минска. Было исследовано 183 помещения жилого и нежилого (медицинского, учебного, служебного) фонда. Предварительная математическая обработка данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel. Для анализа полученных данных ЭРОА в изученных городах Минска авторы статьи использовали статистический метод. Статистическая обработка данных (описательная статистика, тесты на нормальность распределения, графическое представление данных) проводилась с помощью программы Statsoft Statistica 12.

**Результаты и их обсуждение.** Перед анализом избыточного относительного риска развития рака легкого необходимо представить результаты проверки

нормальности исследуемой выборки. Авторы проводили тест на нормальность для настоящей выборки. Поскольку р-значение оказалось меньше 0,1, мы отклоняем нулевую гипотезу и не имеем достаточных оснований полагать, что наши данные распределены нормально. На рисунке представлены результаты проведенных тестов на нормальность:



**Рис. 5** – Графическое представление теста на нормальность

Значения мощности дозы дочернобыльского фона (мкР/ч), концентрации урана в почве ( $n \cdot 10^{-40}\%$ ), коэффициента фильтрации почвы (м/сут), уровня залегания водоносного горизонта (м), равны, соответственно, 0,5, 6, 0,12, 10. По результатам расчетов, значение КРП составило 0,0004 отн.ед., что соответствует  $ОА_{Rn}$  42,48 Бк/м<sup>3</sup> и ЭРОА 21,24 Бк/м<sup>3</sup> для всей территории города Минска.

Приведем описательную статистику для радиометрических данных:

**Табл. 1.** Результаты статистического анализа данных ЭРОА о помещениях г. Минска

| Variable   | Описательная статистика |         |         |       |            |         |
|------------|-------------------------|---------|---------|-------|------------|---------|
|            | Измерений               | Среднее | Медиана | Мода  | Асимметрия | Эксцесс |
| ЭРОА_Minsk | 183                     | 17.55   | 16.00   | 13.00 | 2.989      | 11.035  |

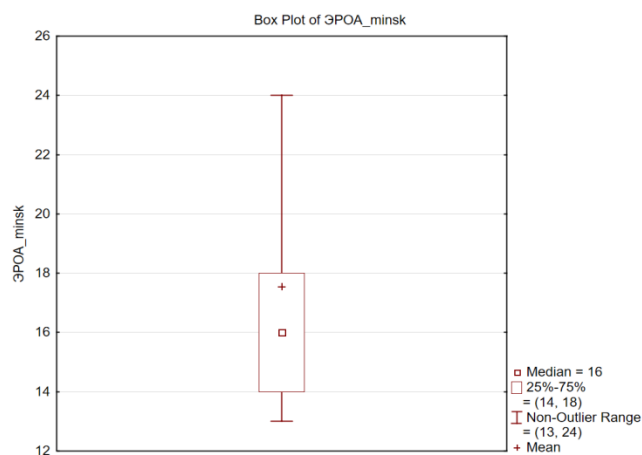


Рис. 6 – Графическое представление данных ЭРОА в помещениях г. Минска

ЭРОА<sub>ср</sub>, полученное методом радиометрии, составило 17,6 Бк/м<sup>3</sup>, что меньше предполагаемого посредством КРП ЭРОА на 17,1%. Это может быть связано с отличным от нормального распределения данных и наличием выпадающих значений, а также невозможностью более точного учета районов г. Минска с повышенной и пониженной эксгаляцией радона. Данное сравнение также показало, что ЭРОА, рассчитанное через КРП, получилось больше, чем максимально возможное среднее ЭРОА радиометрии, при расчёте которого учитывалась погрешность в измерениях.

#### Выводы:

1. Применение комплексного радонового показателя является методом выбора для обнаружения радоноопасных территорий в условиях нехватки времени и возможностей для непосредственного измерения объемной активности радона.
2. Косвенные показатели радона позволяют рассчитать максимальное теоретическое значение ЭРОА для рассматриваемой территории.
3. Для более точных измерений приоритетен радиометрический метод, позволяющий находить реальные значения в каждом помещении.
4. Максимальное значение ЭРОА, полученное при помощи расчетов из КРП больше, чем среднее по данным радиометрической документации.

#### Литература

1. Чеховский, А. Л. Оценка радоновой опасности по косвенным показателям радона (на примере восточных областей Беларуси): специальность 03.01.01 "Радиобиология" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Чеховский Артур Леонидович. – Минск, 2017. – 26 с.
2. Стожаров, А.Н. Радиационная гигиена: пособие. / А.Н. Стожаров // Бел. гос. мед. унт. – Мн., 2021. – 123 с.