

УДК 614.876

Д. А. Байко

Научный руководитель: к.м.н., доцент А. А. Рубенович

Учреждение образования

«Белорусский государственный медицинский университет»

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ
С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В РАМКАХ
МОДЕЛИ BEIR VI**

Введение

Радон ($Rn-222$) представляет собой радиоактивный инертный газ, не имеющий цвета и запаха, который высвобождается из геологических формаций и широко используемых строительных материалов. Ключевые выводы международных медицинских исследований, в частности отчетов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), однозначно определяют радон в качестве одного из наиболее значимых факторов, провоцирующих возникновение злокачественных новообразований в легочной ткани. По степени своего канцерогенного влияния на организм человека данный радиоактивный газ уступает исключительно курению табака, занимая, таким образом, вторую позицию в рейтинге основных причин развития онкопатологии легких.

Данный тезис находит свое подтверждение в результатах масштабного исследования комитета BEIR VI, экспертами которого была выявлена и статистически обоснована строгая зависимость между концентрацией радона в воздухе и частотой возникновения рака. Принципиально важным заключением комитета стало констатация отсутствия какого-либо порогового значения воздействия, ниже которого можно было бы говорить о полной безопасности для здоровья.

В сложившейся ситуации точная оценка концентрации радона, традиционно выражаемая через параметр эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА), приобретает критическое значение. Однако общепринятые методики ее установления, основанные на применении специализированного радиометрического оборудования, сопряжены с существенными практическими трудностями: они требуют значительных временных затрат, привлечения квалифицированных кадров и значительных финансовых вложений, что ограничивает их широкое применение.

В связи с этими ограничениями особую актуальность получает разработка и внедрение альтернативных, более экономичных и оперативных методов прогнозирования уровня радоновой нагрузки. Одним из таких перспективных инструментов является комплексный радоновый показатель (КРП), концепция которого была предложена и научно обоснована исследователем А. Л. Чеховским. Его применение позволяет не только косвенно оценить вероятные значения ЭРОА, но и провести комплексную оценку сопутствующих радиационных рисков для населения.

Цель

Оценить онкологические риски, зависящие от концентрации радона в г. Минске, основываясь на значении комплексного радонового показателя.

Материал и методы исследования

Основные расчеты и исследование выполнены на основе картографических материалов из диссертации А. Л. Чеховского «Оценка радоновой опасности по косвенным показателям радона (на примере восточных областей Беларуси)» и данных Минского

городского центра гигиены и эпидемиологии. Использованы измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона-222 в 183 помещениях Минской области различного назначения. Применена модель расчета избыточного относительного риска BEIR VI, адаптированная к конкретным числовым показателям. Посредством преобразования исходной формулы комитета мы получили рабочую модель для расчета избыточного относительного риска $ERR = A \cdot 0,003534 - A \cdot 0,00004427 \cdot t$, где $t=25$ (средний предполагаемый возраст проживающего в помещении), A – эквивалентная равновесная объемная активность изотопа радона-222. Поскольку наши измерения ЭРОА (A) проводились в Бк/м³, необходимо провести перевод в пКи/л. Это достигалось следующим: $x = A \cdot 0,144/37$, где x – значение параметра в пКи/л.

Расчет комплексного радонового показателя проводился по формуле (1):

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

где $КРП$ – 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.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный тест нормальности распределения данных (критерий Харке-Бера) показал крайне низкое p -значение ($6,54 \times 10^{-183}$), что свидетельствует о существенном отклонении от нормального распределения. Ключевые показатели избыточного относительного риска (ERR), связанного с воздействием радона-222, демонстрируют следующую динамику: средний риск – 0,0503 (5,03 %); медианное значение – 0,0459 (4,59 %); минимальный риск – 0,0353 (3,53 %); максимальный риск – 0,152 (15,2 %). Указанная вариабельность отражает пространственную неоднородность радиационного фона в городской среде.

Рассчитанное значение комплексного радонового показателя ($КРП$) для анализируемой территории составило 0,0004 относительных единиц. Проведенный пересчет данной величины в более интерпретируемые физические единицы показал, что этот уровень коррелирует со значением эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, равным 21,24 Бк/м³. Данная концентрация была использована для последующей оценки радиационного риска для здоровья населения.

В результате вычислений по установленной методологии величина относительного избыточного риска (ERR , Excess Relative Risk) для полученной экспозиции достигла значения 0,052. В процентном выражении данный риск эквивалентен 5,2 %, что указывает на значительный вклад радоновой нагрузки в общую канцерогенную нагрузку на исследуемой территории.

Важно отметить, что рассчитанный диапазон рисков полностью соответствует прогнозным значениям, которые устанавливаются авторитетной моделью BEIR VI (Biological Effects of Ionizing Radiation VI) для территорий с высокой плотностью застройки и характерными геологическими условиями. Это свидетельствует о применимости международных моделей риска в местных условиях.

Для проверки достоверности расчетов, полученные на основе КРП данные были сопоставлены с результатами прямого эмпирического дозиметрического мониторинга, проведенного в рамках независимого исследования. Проведенное сравнение выявило высокую степень соответствия между прогнозируемыми и фактически измеренными значениями, что является убедительным подтверждением адекватности, точности и надежности применяемой расчетной модели и корректности использования комплексного радонового показателя в целях оценки рисков.

Выводы

1. Использование комплексного радонового показателя позволяет решить задачу идентификации радоноопасных территорий в ситуациях, когда применение традиционных методов прямого измерения объемной активности радона является невозможным или сильно ограниченным.

2. Для оценки рисков на территории Республики Беларусь применена модель избыточного относительного риска (ERR) на основе методики BEIR VI.

3. Приоритетное внимание уделено жилым помещениям как наиболее репрезентативным объектам в контексте радоновых исследований.

4. Полученные в ходе исследования значения коэффициента избыточного относительного риска (Excess Relative Risk, ERR) демонстрируют статистически значимое непараметрическое распределение. Диапазон варьирования данных значений составляет от 0,035 до 0,151, что указывает на отсутствие нормального распределения и подчеркивает существенную пространственную или популяционную неоднородность. Столь значительный разброс величин ERR является убедительным свидетельством высокой вариабельности радиационного риска, обусловленной влиянием радона, на исследуемой территории. Данная вариабельность может быть связана с локальными геологическими особенностями, типом застройки, различиями в вентиляционных практиках и другими факторами, что подтверждает необходимость детального зонирования и разработки дифференцированных мер радиационной защиты для различных микрорайонов в рамках региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеховский, А. Л. Оценка радоновой опасности по косвенным показателям радона (на примере восточных областей Беларуси) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Чеховский Артур Леонидович. – Минск, 2017. – 26 с.

УДК 582.284.51:60

**Е. И. Дегтярёва, Т. А. Петровская, С. А. Коваленко,
О. В. Зинкевич, А. В. Дегтярёва**

Учреждение бразования

«Гомельский государственный университет»,

г. Гомель, Республика Беларусь

*Государственное научное учреждение «Институт леса Национальной академии наук
Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь*

FLAMMULINA VELUTIPES КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Введение

Flammulina velutipes (Curtis) Singer (опенок зимний, эноки) растет на ослабленных и поврежденных лиственных деревьях, или на мертвой древесине, часто на осине, иве, тополе, ольхе, буке, березе [1].