

УДК 539.166.2:614.876(476-25)

Попков К.В., Селедцов И.В.

## **МОЩНОСТЬ АМБИЕНТНОГО ЭКВИВАЛЕНТА ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ГОРОДЕ МИНСКЕ**

Научный руководитель: к.м.н., доцент Аветисов А.Р.

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

**Аннотация.** В связи с высокой плотностью населения в Минске необходим постоянный контроль радиационной обстановки. Это связано с рисками от естественных и техногенных источников излучения, а также с долгосрочными последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. В рамках данной работы проводится оценка пространственного распределения радиационного фона города.

**Ключевые слова:** дозиметрия, AMBIENTНЫЙ эквивалент дозы, мощность дозы, естественные радионуклиды.

**Введение.** Столица Республики Беларусь характеризуется высокой плотностью населения, что обуславливает повышенные требования к системе контроля радиационной безопасности. Необходимость создания надежной системы мониторинга обусловлена несколькими ключевыми факторами: важностью минимизации рисков для здоровья населения, наличием естественных источников ионизирующего излучения (среди которых радон, природные радионуклиды в почве, стройматериалах составляют значительную часть облучения), а также существованием техногенных источников радиации в городской среде. Постоянное наблюдение за радиационным фоном представляет собой важнейший компонент системы экологической безопасности крупного города. Особую актуальность этому направлению придает необходимость предотвращения отдаленных последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Результаты проведенного исследования могут поспособствовать объективному информированию населения о радиоэкологической ситуации в столице и в дальнейшем смогут послужить основанием для принятия обоснованных управленческих решений в области радиационного контроля.

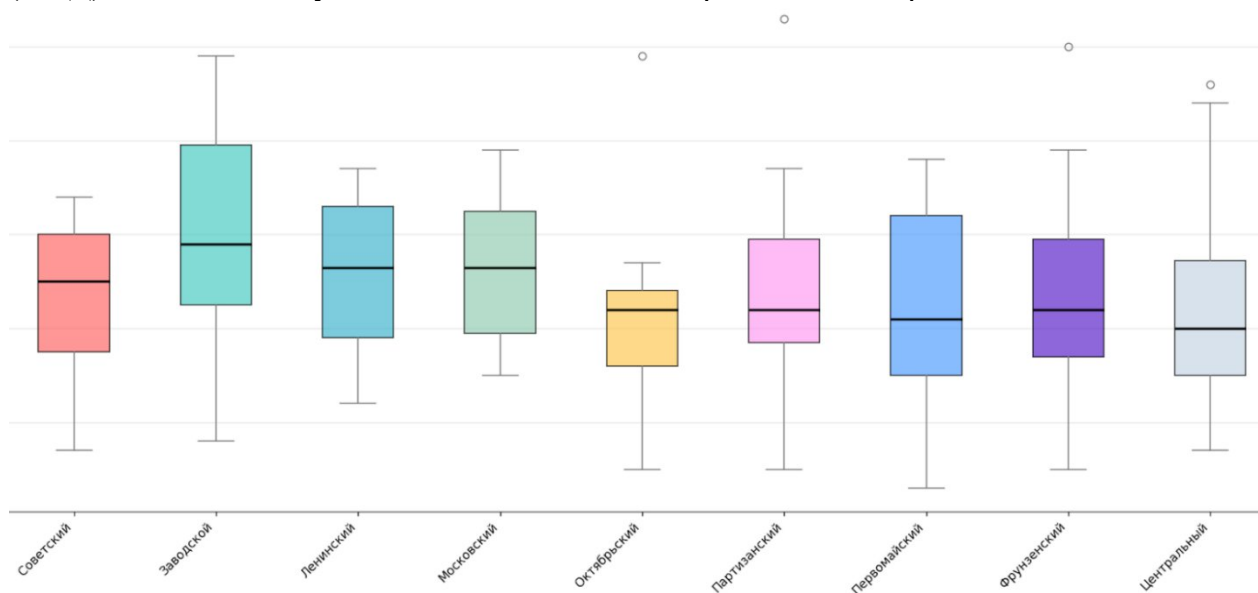
**Цель исследования.** Провести сравнительную характеристику радиационного фона районов Минска с применением двух дозиметров для выявления возможных методических расхождений и построения карты пространственного распределения дозы.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на территории города Минска, разделенного на девять административных районов: Заводской, Ленинский, Московский, Октябрьский, Партизанский, Первомайский, Советский, Фрунзенский и Центральный. Для обеспечения репрезентативности выборки было выбрано 140 точек измерения, равномерно распределенных по территории города с учетом различных типов ландшафта и функционального назначения территорий [1]. Классификация точек измерения по типу ландшафта включала следующие категории: парковые зоны, жилищные комплексы, промышленные объекты, торговые центры, медицинские учреждения, образовательные учреждения, транспортная инфраструктура, частный сектор, водные системы и прочие специализированные объекты. Такой подход позволил оценить влияние антропогенных факторов на формирование радиационного фона городской среды [2]. В исследовании использовались два типа дозиметров: РКСБ-104 и АТОМТЕХ МКС-АТ6130А. Измерения проводились в период с мая по сентябрь 2023 года при благоприятных метеорологических условиях (отсутствие осадков, скорость ветра не более 5 м/с, температура воздуха от +15°C до +25°C). В каждой точке измерения приборы устанавливались на высоте 1 метр над поверхностью земли согласно требованиям НРБ-2012. Время экспозиции составляло не менее

5 минут для обеспечения достаточной статистической точности результатов. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 23.0 и Microsoft Excel 2021 [3]. Для проверки нормальности распределения применялись тесты Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Сравнение средних значений между группами проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) при нормальном распределении данных и критерия Манна-Уитни для непараметрических данных [4].

**Результаты исследования.** Первым шагом статистической обработки данных стал анализ распределения значений мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения в административных районах Минска (рис. 1). На гистограмме представлено сравнение средних величин МЭД (мкЗв/ч) с указанием доверительных интервалов. Измеренные показатели изменялись в пределах от 0.12 до 0.28 мкЗв/ч, достигая максимума в Заводском районе ( $0.27 \pm 0.03$  мкЗв/ч) и минимума в Октябрьском ( $0.21 \pm 0.02$  мкЗв/ч). Проведенный однофакторный дисперсионный анализ ( $F = 1.32$ ,  $p = 0.25$ ) не выявил статистически значимых различий между районами ( $p > 0.05$ ), что подтверждается визуальным перекрытием доверительных интервалов на графике. Полученные результаты свидетельствуют о пространственной однородности радиационного фона в пределах административного деления города.

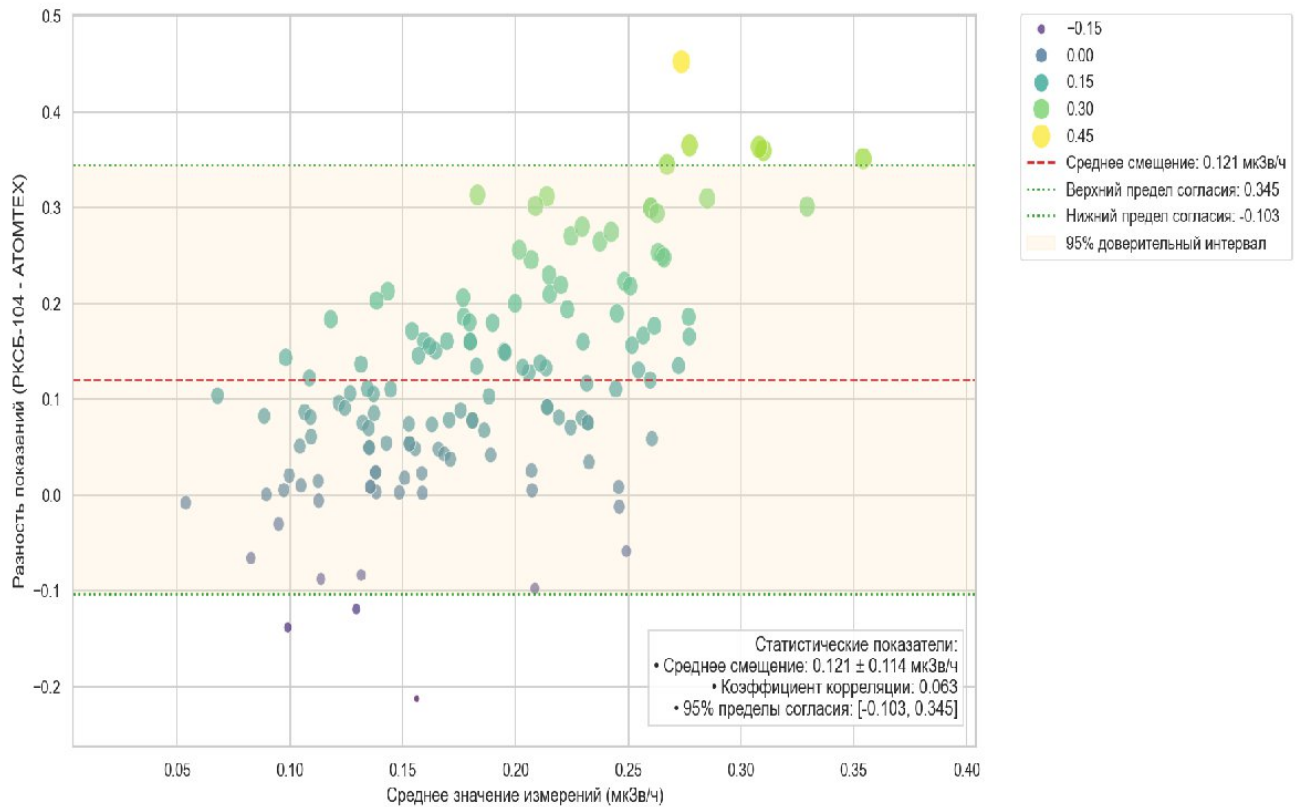
**Рисунок 1.** Сравнительное распределение мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения в административных районах г. Минска



исследования стало установление статистически значимых расхождений в показаниях двух моделей дозиметров при параллельных измерениях в идентичных точках.

Согласно методу Бланда-Альтмана (рис. 2), было выявлено систематическое завышение показаний прибора РКСБ-104 относительно эталонного АТОМТЕХ МКС-АТ6130А на величину  $+0,113$  мкЗв/ч (95% ДИ: 0,0980,128). Статистическая достоверность смещения подтверждена одновыборочным t-тестом ( $t = 15,67$ ,  $p < 0,001$ ). Средняя величина отклонения составила 85,6% от значений, полученных с помощью более точного прибора, что превышает нормы погрешности для дозиметрического оборудования. 95%-е пределы согласия находились в интервале от  $-0,057$  до  $+0,283$  мкЗв/ч, при этом 12,1% измерений превысили верхнюю границу этого интервала. Наиболее существенные расхождения – в зонах с повышенным радиационным фоном: при превышении уровня  $0,20$  мкЗв/ч относительная погрешность прибора РКСБ-104 достигала ~95%.

Диаграмма Бланда-Алтмана: РКСБ-104 vs АТОМТЕХ



**Рисунок 2.** Диаграмма Бланда-Алтмана для сравнения показаний РКСБ-104 и АТОМТЕХ. По оси X: среднее значение МЭД для пары приборов; по оси Y: разность показаний (РКСБ-104 минус АТОМТЕХ). Красная линия – систематическое смещение, синие линии – пределы согласия

Полученные результаты измерений сопоставлялись с данными автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки, публикуемыми Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды .

Проведенные измерения выявили, что данные, полученные с помощью прибора АТОМТЕХ МКС-АТ6130А (средний показатель 0,132 мкЗв/ч), демонстрируют высокую степень соответствия официально принятым значениям. В то же время зафиксированные показания прибора РКСБ-104 (0,245 мкЗв/ч) оказались заметно выше референтных величин. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения обязательной калибровки и метрологической поверки приборов типа РКСБ-104 перед их применением в системе радиационного контроля.

#### **Заключение.**

1. Анализ данных показал, что значения МЭД во всех исследуемых точках подчиняются нормальному закону распределения. Статистический анализ не выявил достоверных различий в уровне радиационного фона между различными административными районами города Минска.

2. Наилучшее соответствие с данными Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды было отмечено у дозиметра МКС-АТ6130А, что подтверждает его надежность для проведения измерений в условиях городской среды.

3. Методом Бланда-Алтмана установлено наличие систематической погрешности измерений дозиметром РКСБ-104, которая проявляется в устойчивом завышении показаний в среднем на 85,6% относительно контрольного прибора. Данное отклонение превышает

допустимые метрологические нормы, что указывает на необходимость обязательной калибровки аппаратуры перед применением в практических измерениях.

**Список литературы:**

1. Национальный доклад о радиационной обстановке в Республике Беларусь в 2022 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды ; под ред. В. Г. Нестеренко. – Минск, 2023. – 154 с.

2. Соколов, И.А. Применение ГИС-технологий в радиоэкологическом картографировании / И. А. Соколов, Е. В. Романова // Геоинформатика. – 2023. – № 1. – С. 24–31.

3. Чернов, В. А. Современные методы статистического анализа в экологии / В. А. Чернов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 192 с.

4. Руководство по дозиметрическому контролю / под ред. В. К. Семенова. – Минск : РУП «НИИ радиологии», 2021. – 87 с.