



## Выявление внутригородских территорий риска по показателям заболеваемости детского населения и состояния окружающей среды

О.В. Клепиков<sup>1</sup>, С.А. Епринцев<sup>1</sup>, П.М. Виноградов<sup>1</sup>, В.В. Кульнев<sup>2,3</sup>, А.Н. Никанов<sup>4</sup>, А.Н. Кизеев<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,

Университетская пл., д. 1, г. Воронеж, 394018, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Студенческая ул., д. 10, г. Воронеж, 394036, Российская Федерация

<sup>3</sup> Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Ломоносова ул., д. 105, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

<sup>4</sup> ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Неблагоприятное воздействие факторов окружающей среды на здоровье городского населения изучается во многих зарубежных и отечественных исследованиях.

**Цель исследования:** совершенствование методических подходов к выявлению внутригородских территорий риска по показателям заболеваемости детского населения и состояния окружающей среды.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования была выбрана территория городского округа город Воронеж. Предметом исследования являлись данные о состоянии окружающей среды: уровень загрязнения атмосферного воздуха (по концентрации оксида углерода, диоксида серы, оксида азота, диоксида азота, свинца, формальдегида, взвешенных веществ, фенола, бензола, стирола, сажи), качество питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (содержание бора, железа, марганца, нитратов фтора, общая жесткость), уровень загрязнения почвы селитебной территории (содержание бенз(а)пирена, кадмия, марганца, меди, никеля, ртути, свинца, цинка), а также заболеваемость детского населения по обращаемости за медицинской помощью за 2022–2024 гг. по данным форм государственной статистической отчетности медицинских организаций, включенных в региональный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга.

**Результаты.** Предложен алгоритм выявления внутригородских территорий риска по показателям заболеваемости детского населения и состояния окружающей среды, включающий следующие этапы: 1) подготовка исходных данных по внутригородским территориям; 2) построение корреляционной матрицы «фактор – заболеваемость»; 3) проведение нормализации показателей; 4) определение весовой значимости каждого фактора в формировании заболеваемости и интегрального показателя риска; 5) построение многомерной модели показателя риска с учетом весовых коэффициентов; 6) выявление территорий с наибольшим показателем интегрального риска. К числу приоритетных факторов риска для здоровья детского населения, имеющих статистически значимые корреляционные связи, отнесено содержание оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, взвешенных веществ в атмосферном воздухе; свинца и цинка в почве, что подтверждается статистически значимыми коэффициентами парной корреляции, значения которых – от 0,61 до 0,79, и детерминации – от 36,8 до 62,3 %.

**Заключение.** По совокупности показателей 2 из 11 внутригородских территорий характеризуются высоким уровнем риска (интегральный риск от 0,88 до 1, что говорит о преобладании совокупности более высоких значений неблагоприятных статистически значимых факторов среды по отношению к другим территориям).

**Ключевые слова:** техногенные факторы, окружающая среда, заболеваемость детей, интегральная оценка, ранжирование территорий.

**Для цитирования:** Клепиков О.В., Епринцев С.А., Виноградов П.М., Кульнев В.В., Никанов А.Н., Кизеев А.Н. Выявление внутригородских территорий риска по показателям заболеваемости детского населения и состояния окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 7. С. 34–45. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45

## Identification of Urban Risk Areas by Prevalence Rates in the Child Population and Environmental Indicators

Oleg V. Klepikov,<sup>1</sup> Sergei A. Yepintsev,<sup>1</sup> Pavel M. Vinogradov,<sup>3</sup> Vadim V. Kulnev,<sup>2,3</sup>  
Aleksandr N. Nikanov,<sup>4</sup> Aleksei N. Kizeev<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Voronezh State University, 1 University Square, Voronezh, 394018, Russian Federation

<sup>2</sup> N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, 10 Studencheskaya Street, Voronezh, 394036, Russian Federation

<sup>3</sup> Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, 105 Lomonosov Street, Voronezh, 394087, Russian Federation

<sup>4</sup> North-West Public Health Research Center, 4 2<sup>nd</sup> Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** Adverse health effects of environmental factors in the urban population are the focus of many foreign and domestic studies.

**Objective:** To improve methodological approaches to identifying urban risk areas based on environmental indicators and prevalence rates in the child population.

**Materials and methods:** The territory of the Voronezh city district was chosen as the object of the research. The subject of the study was data on environmental conditions, including ambient air pollution (i.e. levels of carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen oxide, nitrogen dioxide, lead, formaldehyde, total suspended particles (TSP), phenol, benzene, styrene, and soot), drinking water quality in the centralized domestic and drinking water supply system (boron, iron, manganese, fluorine nitrates, and total hardness), soil pollution in the residential area (benzo[a]pyrene, cadmium, manganese, copper,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45>  
Original Research Article

nickel, mercury, lead, and zinc), and prevalence rates in the child population in terms of medical attendance for the years 2022–2024 retrieved from statistical reports of health facilities included in the regional information fund of public health surveillance.

**Results:** We propose the algorithm for identifying urban risk territories based on environmental indicators and prevalence rates in the child population that includes the following stages: 1) preparation of primary data on urban territories;

2) construction of a factor – prevalence correlation matrix; 3) normalization of indicators; 4) determination of significance of each factor contributing to the prevalence rate and integral risk indicator; 5) construction of a multidimensional model of the risk indicator given the weighting coefficients; and 6) identification of territories with the highest integral risk indicator. The priority risk factors for children's health include the levels of carbon monoxide, nitrogen dioxide, formaldehyde, and TSP in ambient air and those of lead and zinc in soil, which is confirmed by statistically significant coefficients of paired correlation ranging from 0.61 to 0.79 and determination coefficients ranging from 36.8 to 62.3 %.

**Conclusion:** Based on a set of indicators, 2 out of 11 urban areas are characterized by a high level of risk (the integral risk varying from 0.88 to 1, which indicates the predominance of a combination of higher values of unfavorable statistically significant environmental factors compared with other areas).

**Keywords:** anthropogenic factors, environment, children's prevalence, integral assessment, ranking of territories.

**Cite as:** Klepikov OV, Yepintsev SA, Vinogradov PM, Kulnev VV, Nikanov AN, Kizeev AN. Identification of urban risk areas by prevalence rates in the child population and environmental indicators. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(7):34-45. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45

**Введение.** Неблагоприятное воздействие факторов окружающей среды на здоровье городского населения изучается во многих зарубежных и отечественных исследованиях [1–4, 5–9]. Для выявления территорий риска по показателям качества окружающей среды, неинфекционной и инфекционной заболеваемости населения применяются различные методы многомерного анализа и кластеризации, что обеспечивает высокоинформативную оценку воздействия техногенных факторов и заболеваемости на популяционном уровне. Так, методы факторного анализа, иерархического кластерного анализа, оценки реального риска и искусственных нейронных сетей применены в исследовании Б.И. Марченко и соавт. (2023) для изучения тенденций и причин распространения злокачественных новообразований [10], Н.В. Зайцевой и соавт. (2018) для оценки демографических потерь, ассоциированных с воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды [11].

Алгоритм кластерного анализа, который, как правило, включает выбор объектов для кластеризации, определение множества переменных, меры различия между объектами кластеризации, выбор и применение метода классификации, использован в исследовании П.В. Галушена и соавт. (2023) при оценке социально значимых заболеваний в Российской Федерации [12], Ф.О. Сафабоевой и соавт. (2022) для экологической классификации территорий Южного Приаралья и прогноза состояния здоровья населения [13].

Альтернативой кластерному анализу являются комплексные подходы, в основе которых лежат показатели качества окружающей среды, сопоставляемые с действующими гигиеническими нормативами с применением комплексных характеристик, а также совершенствующаяся методология количественной оценки риска, в том числе коморбидной патологии, в условиях воздействия химических факторов окружающей среды [14–19].

Вместе с тем каждый метод анализа имеет как преимущества, так и недостатки. В этой связи совершенствование методов выявления территорий риска по показателям состояния окружающей среды и заболеваемости населения является актуальной научной задачей.

**Цель исследования:** совершенствование методических подходов к выявлению внутригородских территорий риска по показателям заболеваемости детского населения и состояния окружающей среды.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования выбрана территория городского округа город Воронеж. Предметом исследования являлись данные заболеваемости детского населения по обращаемости по данным форм государственной статистической отчетности медицинских организаций, включенных в региональный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга 2022–2024 гг., а также о состоянии окружающей среды, в т. ч. включающих уровень загрязнения атмосферного воздуха, качество питьевой воды системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, уровень загрязнения почвы селитебной территории.

В исследовании использованы данные Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Воронежский ЦГМС) за 2022–2024 гг. об уровне загрязнения атмосферного воздуха на пяти стационарных постах наблюдения за загрязнением (ПНЗ) Воронежского ЦГМС, расположенных в зонах влияния выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, по пяти загрязняющим веществам, таким как взвешенные вещества (пыль), ангидрид сернистый (диоксид серы), оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, формальдегид, углерод (сажа); ежегодно проводится от 843 (сажа, ПНЗ № 1) до 4425 (диоксид азота, на всех ПНЗ) исследований на каждый компонент (определяется среднесуточная концентрация), т. к. программы наблюдений на стационарных постах разные; а также данные региональной системы социально-гигиенического мониторинга, функционирующей на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», первичная информация включала базы данных:

1) о загрязнении атмосферного воздуха по маршрутным наблюдениям в пяти точках контроля ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», расположенных непосредственно на территории жилой застройки; определяются среднесуточные концентрации одиннадцати

веществ (оксида углерода, оксида серы, диоксида азота, свинца, формальдегида, фенола, бензола, стирола, сажи, а также взвешенных веществ); общее число исследований за 3 года – 2352;

2) о загрязнении атмосферного воздуха оксидом углерода, диоксидом серы, диоксидом азота, формальдегидом, взвешенными веществами по материалам собственных исследований, выполненных на базе экоаналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета в 6 контрольных точках внутригородских территорий, не охваченных системами государственного мониторинга организаций Росгидромета и Роспотребнадзора, которые выполнены в 2024 году (120 определений в 4 сезона года);

3) санитарно-химических показателей качества питьевой воды в распределительной водопроводной сети в шестнадцати контрольных точках, включенных в региональную систему социально-гигиенического мониторинга, по шести показателям (содержание бора, железа суммарно, марганца, нитратов, фтора, показатель общей жёсткости); мониторинг в каждой точке по каждому показателю ведется 12 раз в году, общее число исследований за 3 года – 4032;

4) об уровне загрязнения почвы в 19 точках контроля на территории детских образовательных учреждений и зон рекреации по 8 санитарно-химическим показателям: содержание бенз(а)-пирена, кадмия (валовое содержание), марганца (извлекаемого ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8, чернозем), меди (подвижная форма), никеля (подвижная форма), ртути (валовое содержание), свинца (валовое содержание), цинка (подвижная форма); мониторинг уровня загрязнения почвы проводится 3 раза в год в мае, июле и сентябре; общее число исследований за 3 года – 1368;

5) заболеваемости детей до 14 лет по данным обращаемости за медицинской помощью в разрезе 11 внутригородских территорий – зон обслуживания государственных медицинских организаций (общая заболеваемость, число случаев заболеваний на 1000 детей) по данным форм государственной статистической отчетности медицинских организаций, включенных в региональный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга за 2022–2024 гг.

В ходе первичного анализа данных установлено, что на ПНЗ и маршрутных точках контроля вариационные ряды концентраций, загрязняющих атмосферный воздух веществ, не соответствуют закону нормального распределения. Для многолетних рядов данных концентраций характерна положительная асимметричность в сторону максимумов (коэффициент асимметрии  $K_{as}$  от 3,36 до 6,12 ед.) и существенный эксцесс ( $t_E > 3$ ), т. е. выполняется условие, что коэффициент эксцесса в три и более раз превышает свою ошибку по абсолютной величине. В этой связи в исходной матрице показателей аэротехногенного риска (содержания компонентов

в атмосферном воздухе) вместо среднего арифметического значения концентрации использовалась медиана, что показано и обоснованно рекомендовано в работах [20–22].

Для остальных данных использованы средние территориальные значения показателей по 11 внутригородским территориям за 2022–2024 гг., поскольку асимметрия и эксцесс не выражены, а результаты анализа значений критерия наличия артефактов  $T_{of}$  были ниже критической величины критерия выпадов ( $T_{st} = 3,5$ , при вероятности статистической ошибки 5 %), что свидетельствовало о близости распределения значений вариационного ряда к нормальному.

Таким образом, подготовленная информация включала результаты осреднения 11 показателей, характеризующих уровень загрязнения атмосферного воздуха, 6 показателей качества питьевой воды, 8 показателей уровня загрязнения почвы и заболеваемость детского населения по 11 внутригородским территориям – зонам обслуживания государственных медицинских организаций – бюджетных учреждений здравоохранения Воронежской области, воронежских городских поликлиник (БУЗ ВО ВГП): БУЗ ВО ВГП № 3 детская поликлиника № 1, БУЗ ВО ВГКП № 1 детская поликлиника № 2, БУЗ ВО ВГП № 10 детская поликлиника № 3, БУЗ ВО ВГКП № 7 детская поликлиника № 4, БУЗ ВО ВГКБ № 11 детская поликлиника № 5, БУЗ ВО ВГП № 18 детская поликлиника № 6, БУЗ ВО ВГБ № 16 детская поликлиника № 7, БУЗ ВО ВГП № 3 детская поликлиника № 8, БУЗ ВО ВГКБ № 5 детская поликлиника № 9, БУЗ ВО ВГКП № 7 детская поликлиника № 10, БУЗ ВО ВГКП № 11 детская поликлиника № 11. Такой территориальный подход на примере города Воронежа ранее апробирован в 2019 году в ходе подготовки медико-экологического атласа<sup>1</sup>.

Показатели заболеваемости детского населения нами выбраны исходя из следующих положений: 1) дети более привязаны к внутригородской территории проживания, на которой формируется экспозиция фактора риска; 2) у детей значительно меньше неопределенностей, вносящих искажения в результат анализа по выявлению территорий риска, которые у взрослого населения связаны с вредным воздействием производственных факторов, наличием вредных привычек и менее продолжительным временем экспозиции к факторам риска непосредственно на территории проживания.

Для достижения поставленной цели нами скомбинированы известные методы статистической обработки и анализа, в частности корреляционный и регрессионный анализы, нормализация, ранжирование, а также предложен авторский безразмерный показатель интегрального риска с оценочной шкалой.

Для обработки данных использован пакет Stadia v. 6.2 (свидетельство госрегистрации № 0115-97-1,0. RUS, лицензия на программу приобретена кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета).

<sup>1</sup> Медико-экологический атлас города Воронежа. [ Электронный ресурс ]. Режим доступа <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0006.htm> (дата обращения 15.03.2025).

Алгоритм выявления внутригородских территорий риска по показателям состояния окружающей среды и заболеваемости населения включал следующие этапы: 1) подготовка исходных данных в разрезе внутригородских территорий – зон обслуживания детских поликлиник и первичная статистическая обработка; 2) построение корреляционной матрицы «фактор – заболеваемость» с расчетом коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ) и проверки его статистической значимости по критерию Стьюдента ( $t$ , при  $\alpha = 0,05$ ), что позволило выделить приоритетные факторы окружающей среды по силе их связи с заболеваемостью детского населения; 3) проведение нормализации показателей по отношению к их среднему значению по городу и приведение их в безразмерные единицы, т. к. их физическая размерность и порядок чисел различны; 4) определение весовой значимости каждого фактора в формировании интегрального показателя риска с учетом значений коэффициентов корреляции Пирсона, коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и коэффициента линейной регрессии; 5) построение многомерной модели показателя риска с учетом весовых коэффициентов факторов; 6) построение пятиуровневой оценочной шкалы для показателя интегрального риска с целью ранжирования внутригородских территорий по совокупности показателей состояния окружающей среды и заболеваемости детского населения (низкий риск, риск ниже среднего, средний, повышенный, высокий риск); 7) выявление территорий с наибольшим показателем интегрального риска.

Исходя из функционирующей системы регионального мониторинга уровня загрязнения окружающей среды, на этапе подготовки данных учтены 11 показателей качества атмосферного воздуха,

6 показателей качества воды, 8 показателей загрязнения почвы.

**Результаты.** Анализ территориальных значений концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ (медианы по всем анализам, сделанным на территории) показывает, что наиболее неблагоприятная ситуация сложилась на внутригородской территории № 6 (селитебная территория примыкает к наиболее крупным промышленным источникам выбросов – Воронежской ТЭЦ-1, заводу синтетического каучука, самолетостроительному заводу; через микрорайон проходят уличные автомагистрали с интенсивным движением): здесь наиболее высоки концентрации оксида углерода ( $2,46 \text{ мг/м}^3$ ), диоксида серы ( $0,0068 \text{ мг/м}^3$ ), оксида азота ( $0,033 \text{ мг/м}^3$ ), диоксида азота ( $0,035 \text{ мг/м}^3$ ), формальдегида ( $0,035 \text{ мг/м}^3$ ), хотя их значения не превышают среднесуточные и среднегодичные ПДК для атмосферного воздуха населенных мест (табл. 1).

Свинец, бензол, стирол в атмосферном воздухе ни в одной пробе не обнаружены на уровне чувствительности методов (менее  $0,0006$ ,  $0,001$ ,  $0,001 \text{ мг/м}^3$  соответственно), входящих в область аккредитации ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Концентрации сажи и фенола контролируются только на двух территориях (№ 1 и 6), средние их значения  $0,016 \pm 0,006$  и  $0,002 \pm 0,0002 \text{ мг/м}^3$ .

На внутригородской территории № 11 нет крупных промышленных предприятий, однако этот микрорайон современной многоэтажной застройки наиболее загружен автотранспортом. Через микрорайон проходит Московский проспект – воронежская уличная магистраль с наибольшим интенсивным движением и частыми автомобильными пробками

**Таблица 1. Медианы концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ по внутригородским территориям Воронежа,  $\text{мг/м}^3$**

**Table 1. Median concentrations of ambient air pollutants by areas of Voronezh,  $\text{mg/m}^3$**

Внутригородские территории (зоны обслуживания детских поликлиник) / Urban territories (service areas of children's polyclinics)	Определяемые компоненты / Pollutants					
	Оксид углерода / Carbon monoxide	Диоксид серы / Sulfur dioxide	Оксид азота / Nitrogen oxide	Диоксид азота / Nitrogen dioxide	Формальдегид / Formaldehyde	Взвешенные вещества / TSP
1	0,94	0,0012	0,001	0,001	0,0012	0,033
2	1,52	0,0022	0,003	0,002	0,0023	0,052
3	1,39	0,0023	0,002	0,015	0,0025	0,068
4	0,35	0,0011	–	0,001	0,0011	0,038
5	1,33	0,0035	0,023	0,017	0,0031	0,042
6	2,46	0,0068	0,033	0,035	0,0052	0,065
7	1,57	0,0025	–	0,028	0,0033	0,015
8	2,25	0,0021	–	0,022	0,0035	0,028
9	2,32	0,0037	0,002	0,003	0,0022	0,043
10	1,26	0,0035	–	0,004	0,0015	0,039
11	2,82	0,0055	–	0,031	0,0049	0,061
Среднее по городу и ошибка среднего / City mean and error of the mean ( $M \pm m$ )	$1,66 \pm 0,22$	$0,003 \pm 0,001$	$0,011 \pm 0,004$	$0,014 \pm 0,004$	$0,0028 \pm 0,0004$	$0,044 \pm 0,005$

**Примечание:** «–» – исследования на территории не проводились.

**Note:** The dash means no testing conducted.

в часы пик. На данной территории максимальное значение концентрации оксида углерода ( $2,82 \text{ мг/м}^3$ ) из всех 11 внутригородских территорий.

По данным Управления Роспотребнадзора по Воронежской области, за последние три года в городе Воронеже отмечены превышения среднесуточных ПДК по содержанию взвешенных веществ (в 2022 г. в 1,2 % проб, в 2023 г. в 0,8 % проб) и фенола (в 2024 г. в 0,06 % проб)<sup>2</sup>. По материалам ежедневных информационных справок Воронежского ЦГМС, в отдельные дни, в основном в летний период, имели место превышения среднесуточных ПДК по содержанию взвешенных веществ, диоксида азота, формальдегида, фенола, сажи (удельный вес проб воздуха с превышением ПДК в 2022 г. – 0,55 %, в 2023 г. – 0,95 %, в 2024 г. – 0,69 %)<sup>3</sup>.

Система централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в городском округе города Воронежа использует только подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса. Превышений нормативов по приоритетным для региона санитарно-химическим показателям качества питьевой воды в распределительной водопроводной сети в 2022–2024 гг. не выявлено. Из числа контролируемых показателей качества воды наибольшую вариабельность имеют нитраты, содержание которых по территориям варьирует от 4,05 до 27,25 мг/дм<sup>3</sup>. Средние концентрации других веществ в питьевой воде из распределительной водопроводной сети по 11 территориям варьируют в интервалах: железо (суммарно) – от 0,05 до 0,16 мг/дм<sup>3</sup> (среднегородское значение  $0,09 \pm 0,01 \text{ мг/м}^3$ ); марганец (суммарно) – от 0,05 до 0,07 мг/дм<sup>3</sup> (среднегородское значение  $0,06 \pm 0,002 \text{ мг/м}^3$ ); фтор – от 0,08 до 0,37 мг/дм<sup>3</sup>

(среднегородское значение  $0,25 \pm 0,03 \text{ мг/м}^3$ ); бор (суммарно) ни в одной пробе не обнаружен на уровне чувствительности метода (менее 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), входящего в область аккредитации ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Показатель общей жесткости варьирует от 3,6 до 7,9 мг-экв./дм<sup>3</sup> (среднегородское значение  $4,8 \pm 0,3 \text{ мг-экв./дм}^3$ ).

По официальным материалам Управления Роспотребнадзора по Воронежской области (2022–2024 гг.), доли проб почвы в селитебной зоне, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составляют от 1,0 до 1,5 %. В 2022 году на территории городского округа города Воронежа зарегистрированы превышения ПДК в почве по 3 веществам – содержанию свинца (до 3,0 ПДК), цинка (до 10,0 ПДК), бенз(а)пирена (до 2,0 ПДК), в 2023 году – по содержанию свинца (до 2,0 ПДК), цинка (до 3,0 ПДК), бенз(а)пирена (до 3,2 ПДК); в 2024 году – по содержанию свинца (до 5,0 ПДК) и цинка (до 3,0 ПДК). Вместе с тем такие превышения являются единичными, а средние значения концентраций приоритетных загрязнителей почвы по территориям не превышают нормативов (табл. 2).

Бенз(а)пирен, кадмий, медь, никель, ртуть ни в одной пробе не обнаружены на уровне чувствительности используемых методов (менее 0,005, 0,2, 1,0, 1,0, 1,0 мг/кг соответственно), входящих в область аккредитации ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

В итоге первого этапа из последующей обработки исключены концентрации свинца, бензола, стирола в атмосферном воздухе; бора в питьевой

**Таблица 2. Средние значения приоритетных загрязнителей почвы по внутригородским территориям Воронежа, мг/кг**

**Table 2. Mean levels of priority soil pollutants by urban areas of Voronezh, mg/kg**

Внутригородские территории (зоны обслуживания детских поликлиник) / Urban territories (service areas of children's polyclinics)	Определяемые загрязнители* / Pollutants		
	Марганец (извлекаемый ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8, чернозем) / Manganese (extracted using as acetate buffer solution at pH 4.8, Chernozem)	Свинец (валовое содержание) / Total lead	Цинк (подвижная форма) / Mobile zinc
1	12,3	2,1	7,2
2	15,6	4,4	21,8
3	19,1	2,8	2,9
4	7,2	2,2	6,9
5	8,5	2,6	18,8
6	7,3	11,9	29,8
7	23,3	2,1	3,7
8	19,7	3,9	6,1
9	15,1	2,3	16,2
10	6,6	2,2	1,4
11	10,2	8,3	20,2
Среднее по городу и ошибка среднего / City mean and error of the mean ( $M \pm m$ )	$13,2 \pm 1,7$	$4,1 \pm 1,0$	$12,3 \pm 2,8$

<sup>2</sup> Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2023 году» – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2024. 199 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа: [https://36.rospotrebnadzor.ru/download/dokl\\_seb\\_2023.pdf](https://36.rospotrebnadzor.ru/download/dokl_seb_2023.pdf) (дата обращения: 26.01.2025).

<sup>3</sup> Официальный сайт Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.cgms.ru/> (дата обращения: 26.01.2025).

воде; бенз(а)пирена, кадмия, меди, никеля, ртути в почве ввиду отсутствия их обнаружения на уровне чувствительности метода лабораторного контроля, а также концентрации фенола и сажи в атмосферном воздухе ввиду недостаточности данных мониторинга в территориальном разрезе.

Средние многолетние показатели заболеваемости детского населения по территориям обслуживания детских поликлиник варьируют от  $1067,6 \pm 96,1$  до  $1865,6 \pm 74,6$  случая на 1000 детей до 14 лет (табл. 3).

По результатам корреляционного анализа факторов с общей заболеваемостью детского населения при  $\alpha = 0,05$  (вероятности статистической ошибки вывода 5 %) и критическом значении коэффициента корреляции Пирсона ( $r_{\text{крит.}} = 0,602$  для  $n = 11$ ) из 6 учитываемых показателей загрязнения атмосферного воздуха 4 оказались статистически значимыми. С качеством питьевой воды (5 показателей) статистически значимые связи не выявлены. С уровнем загрязнения почвы из 3 показателей статистически значимыми оказались 2.

По 6 из 11 показателей состояния окружающей среды прослеживается ответный отклик возрастания заболеваемости детского населения с коэффициентами корреляции от 0,61 до 0,79 и детерминации от 36,8 до 62,3 %. Рассчитан также коэффициент линейной регрессии (табл. 4).

Ввиду разного порядка чисел и их единиц измерения для дальнейшего построения модели и расчета безразмерного показателя интегрального риска проведена нормализация исходных показателей. При этом за фоновые значения приняты минимумы показателей, что в безразмерных величинах соответствует 0. Максимальные значения у нормированных показателей равны 1 (табл. 5).

Для оценки вклада неблагоприятных факторов окружающей среды в формирование заболеваемости населения необходимо учитывать силу связи, которая численно выражается коэффициентами корреляции и детерминации, и пропорцию роста заболеваемости с увеличением уровня воздействия фактора, которая количественно может быть

**Таблица 3. Средние многолетние показатели заболеваемости детского населения по территориям обслуживания детских поликлиник**

**Table 3. Long-term prevalence rates in the child population by service areas of children's polyclinics**

Внутригородские территории (зоны обслуживания детских поликлиник) / Urban territories (service areas of children's polyclinics)	Показатель (число случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет) / Rate (number of cases of diseases per 1,000 children under 14 years of age), $M \pm m$
1	$1067,6 \pm 96,1$
2	$1792,7 \pm 161,3$
3	$1577,4 \pm 142,0$
4	$1089,7 \pm 54,5$
5	$1400,8 \pm 84,0$
6	$1865,6 \pm 74,6$
7	$1321,1 \pm 79,3$
8	$1492,7 \pm 44,8$
9	$1102,8 \pm 55,1$
10	$1165,2 \pm 81,6$
11	$1814,7 \pm 127,0$

**Таблица 4. Статистически значимые коэффициенты корреляции, детерминации, регрессии, показывающие связь факторов риска с общей заболеваемостью детей, при  $\alpha = 0,05$**

**Table 4. Statistically significant coefficients of correlation, determination, and regression showing the relationship between risk factors and prevalence in children at  $\alpha = 0.05$**

Фактор риска / Risk factor	Коэффициент корреляции Пирсона / Pearson correlation coefficient ( $r$ )	Коэффициент детерминации, % / Coefficient of determination, % ( $R$ )	Коэффициент линейной регрессии / Linear regression coefficient
Атмосферный воздух, концентрация формальдегида / Ambient air, formaldehyde concentration	0,79	62,3	0,69
Почва, концентрация свинца (валовое содержание) / Soil, total lead concentration	0,79	62,0	0,67
Атмосферный воздух, концентрация диоксида азота / Ambient air, nitrogen dioxide concentration	0,65	41,9	0,65
Атмосферный воздух, концентрация взвешенных веществ / Ambient air, TSP concentration	0,64	41,5	0,52
Почва, концентрация цинка (подвижная форма) / Soil, mobile zinc concentration	0,64	40,7	0,55
Атмосферный воздух, концентрация оксида углерода / Ambient air, carbon monoxide concentration	0,61	36,8	0,47

оценена по коэффициенту регрессии. Исходя из этого рассчитаны весовые коэффициенты факторов в формировании интегрального показателя риска по факторам окружающей среды ( $Y_{oc}$ ) в зависимости от силы корреляционной связи с заболеваемостью детского населения и пропорции ее роста с увеличением значений фактора по коэффициентам регрессии (табл. 6).

Учитывая, что показатель риска может принимать значения от 0 до 1, предлагается пятиуровневая оценочная шкала: риск от 0 до 0,2 включительно – низкий, от 0,2 до 0,4 включительно – ниже среднего, от 0,4 до 0,6 включительно – средний, от 0,6 до 0,8 включительно – выше среднего, от 0,8 до 1 включительно – высокий.

К числу приоритетных факторов риска для здоровья детского населения отнесены содержание оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, взвешенных веществ в атмосферном воздухе, свинца и цинка в почве.

В практике социально-гигиенического мониторинга при решении задачи выявления причинно-следственных связей в системе «факторы окружающей среды – заболеваемость населения» всегда набор оцениваемых показателей среды обитания ограничен в силу объективных и субъективных причин. В этой связи, с нашей точки зрения, необходима корректировка интегрального показателя риска по факторам окружающей среды. Нормализованные показатели заболеваемости гипотетически могут отражать неучтенные факторы риска ( $Y_{збол.}$ ). При ранжировании территорий по остроте проблемных ситуаций необходимо их учитывать. В этой связи ранжирование территорий по совокупности показателей состояния окружающей среды и заболеваемости населения, т. е. по значениям интегрального показателя риска ( $Y$ ), представляет нормализованную сумму рисков по факторам окружающей среды ( $Y_{oc}$ ) и заболеваемости населения ( $Y_{збол.}$ ). Так, например,

Таблица 5. Нормализованные значения показателей и их весовые коэффициенты

Table 5. Normalized values of indicators and their weighting coefficients

Внутригородские территории (зоны обслуживания детских поликлиник) / Urban territories (service areas of children's polyclinics)	Факторы риска (атмосферный воздух) / Risk factors (ambient air)				Факторы риска (почва) / Risk factors (soil)		Заболеваемость детского населения / Prevalence in the child population
	Оксид углерода / Carbon monoxide	Диоксид азота / Nitrogen dioxide	Формальдегид / Formaldehyde	Взвешенные вещества / TSP	Свинец (валовое содержание) / Total lead	Цинк (подвижная форма) / Mobile zinc	
1	0,24	0	0,02	0,34	0	0,20	0
2	0,47	0,03	0,29	0,70	0,23	0,72	0,91
3	0,42	0,41	0,34	1	0,07	0,05	0,64
4	0	0	0	0,43	0,01	0,19	0,03
5	0,40	0,47	0,49	0,51	0,05	0,61	0,42
6	0,85	1	1	0,94	1	1	1
7	0,49	0,79	0,54	0	0	0,08	0,32
8	0,77	0,62	0,59	0,25	0,18	0,17	0,53
9	0,80	0,06	0,27	0,53	0,02	0,52	0,04
10	0,37	0,09	0,10	0,45	0,01	0	0,12
11	1	0,88	0,93	0,87	0,63	0,66	0,94

Таблица 6. Весовые коэффициенты факторов (в долях единицы)

Table 6. Weighting coefficients of the factors

Показатель / Indicator	Факторы риска (атмосферный воздух) / Risk factors (ambient air)				Факторы риска (почва) / Risk factors (soil)	
	Оксид углерода / Carbon monoxide ( $X_1$ )	Диоксид азота / Nitrogen dioxide ( $X_2$ )	Формальдегид / Formaldehyde ( $X_3$ )	Взвешенные вещества / TSP ( $X_4$ )	Свинец (валовое содержание) / Total lead ( $X_5$ )	Цинк (подвижная форма) / Mobile zinc ( $X_6$ )
Весовые коэффициенты по силе связи / Weighting coefficients by correlation strength	0,11	0,13	0,19	0,13	0,19	0,13
Весовые коэффициенты по пропорции роста / Weighting coefficients by growth ratio	0,12	0,16	0,17	0,13	0,17	0,14
Общий весовой коэффициент / Total weighting coefficient	0,12	0,15	0,18	0,13	0,18	0,13
Модель интегрального показателя риска по факторам окружающей среды ( $Y_{oc}$ ) / The model of the integral risk indicator by environmental factors ( $Y_{env.}$ )	$Y_{oc} = 0,12 \times X_1 + 0,15 \times X_2 + 0,18 \times X_3 + 0,13 \times X_4 + 0,18 \times X_5 + 0,13 \times X_6$ , $X_i$ – нормированные значения факторов окружающей среды / normalized values of environmental factors					

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45>  
Original Research Article

территория с низким показателем риска по факторам окружающей среды, но с высоким уровнем заболеваемости детского населения априорно не может относиться к благополучной, т. е. к низкому или среднему риску.

В нашем случае таким примером может служить внутригородская территория № 2, когда по факторам окружающей среды она характеризуется как территория с риском ниже среднего ( $Y_{oc} = 0,36$ ), а по уровню заболеваемости ( $Y_{забол.} = 0,91$ ) – как территория с высоким риском. При этом учет высокого уровня заболеваемости позволяет отнести к территории с риском выше среднего (табл. 7).

Такая ситуация также косвенно свидетельствует, что какие-то неблагоприятные факторы окружающей среды остаются за кадром, т.е. не входят в систему мониторинга, но следует обратить отдельное внимание на оценку причин заболеваемости именно в этой зоне.

В целом же по совокупности показателей 2 из 11 внутригородских территорий характеризуются высоким риском, 1 территория – выше среднего.

**Обсуждение.** Решение задачи выявления территорий риска по совокупности показателей состояния окружающей среды и заболеваемости детского населения является сложным процессом, которому присуще многие неопределенности, связанные с качеством исходных данных и надежностью алгоритмов обработки.

Как показывает ряд исследований, наиболее часто для ее решения применяют методы многомерного статистического анализа показателей, полученных на основе выборочных данных [10, 15, 16, 23–29]. В основном такие исследования довольно крупномасштабны и используются для ранжирования административных территорий (городов, районов) по факторам риска и заболеваемости, что связано с имеющимися доступными статистическими данными. Так, в исследовании Б.И. Марченко и соавт. (2023) риск заболеваемости злокачественными новообразованиями и онкологической смертности населения оценива-

ется в целом по территории город Таганрог [10]; в исследованиях О.Р. Мухамадеевой и соавт. (2021) территориальная дифференциация заболеваемости взрослого населения болезнями кожи и подкожной клетчатки выполняется методом кластеризации по районам Республики Башкортостан [23]; в работе И.С. Лапшиной и соавт. (2024) проведен картографический анализ эпидемиологической ситуации по туберкулезу Калужской области с выделением северного и южного кластеров [24].

Преимущества предлагаемого нами алгоритма составления модели интегрального риска для выявления проблемных по состоянию окружающей среды и заболеваемости населения внутригородских территорий состоит в комбинации хорошо себя зарекомендовавших статистических методов оценки связи неблагоприятных техногенных факторов с заболеваемостью населения, а также возможностью использования любого набора исходных данных, отражающих региональные особенности ситуации на других территориях. Эффективность модели состоит в определении четких приоритетов, характеризующих воздействие техногенных факторов из числа учитываемых, в комбинации с выявлением наиболее неблагоприятных внутригородских территорий. Таким образом, составление модели и расчет предложенного безразмерного показателя интегрального риска, интервал значений которого лежит от 0 до 1 и легко может интерпретироваться, носит универсальный характер и может быть использован на других территориях.

В современных публикациях мы не встретили детализации анализа информации по совокупности факторов окружающей среды и заболеваемости населения в разрезе территорий отдельного города.

Следует отметить, что, как и любой алгоритм анализа, предложенный нами методический подход имеет свои преимущества и недостатки.

В частности, можно отметить следующие преимущества.

1. При ограниченности информации, обусловленной относительно узким перечнем лабораторно

**Таблица 7. Показатели интегральных рисков (безразмерные)**

**Table 7. Integral risk indicators (dimensionless)**

Внутригородские территории (зоны обслуживания детских поликлиник) / Urban territories (service areas of children's polyclinics)	Риск по факторам окружающей среды ( $Y_{oc}$ ) / Environmental risk ( $Y_{env.}$ )	Риск по показателю общей заболеваемости детского населения ( $Y_{забол.}$ ) / Risk in terms of prevalence in the child population ( $Y_{prev.}$ )	Интегральный показатель риска (нормализованная сумма рисков) / Integral risk indicator (normalized sum of risks) ( $Y$ )	Уровень риска / Risk level
1	0,11	0	0	Низкий / Low
2	0,36	0,91	0,62	Выше среднего / Moderate to high
3	0,34	0,64	0,47	Средний / Moderate
4	0,08	0,03	0,003	Низкий / Low
5	0,41	0,42	0,39	Средний / Moderate
6	0,98	1,00	1,00	Высокий / High
7	0,31	0,32	0,28	Ниже среднего / Low to moderate
8	0,39	0,53	0,44	Средний / Moderate
9	0,34	0,04	0,15	Низкий / Low
10	0,18	0,12	0,11	Низкий / Low
11	0,82	0,94	0,88	Высокий / High

контролируемых факторов окружающей среды, в расчет интегрального риска включены показатели заболеваемости детского населения, которые отражают воздействие других, не учитываемых техногенных факторов. Если по результатам оценки имеющихся контролируемых факторов окружающей среды территория характеризуется как благополучная (по общепринятым показателям превышения ПДК, неканцерогенным и канцерогенным рискам), а заболеваемость на ней высокая, то значение показателя интегрального риска косвенно будет свидетельствовать об имеющихся других, более существенных факторах среды обитания, чем те, которые получены в результате мониторинга с использованием объективных методов лабораторного контроля.

2. Если контролируемые факторы среды являются статистически незначимыми в формировании заболеваемости и отсутствуют превышения общепринятых гигиенических нормативов, а также широко используемых в практике социально-гигиенического мониторинга показателей неканцерогенных и канцерогенных рисков, то следует оптимизировать систему мониторинга, исключив систематический лабораторный контроль таких факторов, а имеющиеся высвободившиеся ресурсы (финансовые, временные и др.) направить на пилотную оценку других техногенных факторов среды, вероятно участвующих в формировании заболеваемости.

Недостатки методического подхода состоят в имеющихся неопределенностях, связанных с качеством исходных данных, а именно дискуссионными вопросами достаточности числа контрольных точек мониторинга на оцениваемой территории, периодичности проведения лабораторного контроля факторов окружающей среды, перечня определяемых показателей, надежности статистических данных о заболеваемости детского населения, что характерно для практически любого метода комплексной оценки медико-экологической ситуации, основанного на общепринятых приемах параметрической и непараметрической статистики, в том числе и достаточно часто применяемого в аналогичных исследованиях алгоритме кластерного анализа.

**Заключение.** По результатам нашего исследования к числу приоритетных факторов риска для здоровья детского населения, имеющих статистически значимые корреляционные связи, отнесены содержание оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, взвешенных веществ в атмосферном воздухе; свинца и цинка в почве, что подтверждается статистически значимыми коэффициентами парной корреляции, значения которых от 0,61 до 0,79, и детерминации – от 36,8 до 62,3 %.

По совокупности показателей 2 из 11 внутригородских территорий характеризуются высоким уровнем риска (интегральный риск от 0,88 до 1, что говорит об преобладании совокупности более высоких значений неблагоприятных статистически значимых факторов среды по отношению к другим территориям).

Дифференциация внутригородских территорий по зонам обслуживания медицинских организаций

(поликлиник) заслуживает внимания при планировании лабораторных исследований факторов окружающей среды в региональных системах социально-гигиенического мониторинга.

**Благодарности:** авторы благодарят главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» доктора медицинских наук, профессора Степкина Юрия Ивановича, в том числе за предоставленные данные форм государственной статистической отчетности медицинских организаций, включенных в региональный информационный фонд социально-гигиенического мониторинга и начальника Воронежского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Сушкова Александра Ивановича за предоставленные для выполнения анализа первичные данные об уровне загрязнения атмосферного воздуха, проявленный интерес к сотрудничеству с кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lee JX, Phipatanakul W, Gaffin JM. Environment and the development of severe asthma in inner city population. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2023;23(2):179-184. doi: 10.1097/ACI.0000000000000890
2. Tsai HJ, Wu PY, Huang JC, Chen SC. Environmental pollution and chronic kidney disease. *Int J Med Sci.* 2021;18(5):1121-1129. doi: 10.7150/ijms.51594
3. Grant TL, Wood RA. The influence of urban exposures and residence on childhood asthma. *Pediatr Allergy Immunol.* 2022;33(5):e13784. doi: 10.1111/pai.13784
4. Rhee TM, Ji Y, Yang S, et al. Combined effect of air pollution and genetic risk on incident cardiovascular diseases. *J Am Heart Assoc.* 2024;13(22):e033497. doi: 10.1161/JAHA.123.033497
5. Оракбай Л.Ж., Калимолдин М.М., Адилханова А.Л. и др. Комплексная оценка рисков влияния окружающей среды на здоровье населения крупных городов // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2020. № 3. С. 278-281.
6. Попович М.В., Усова Е.В., Зиновьева В.А. и др. Обзор методических подходов к изучению влияния городских инфраструктур на здоровье проживающего населения // Профилактическая медицина. 2021. Т. 24. № 8. С. 23-30. doi: 10.17116/profmed20212408123
7. Кузмичев М.К., Клепиков О.В., Куролап С.А. и др. Оценка радиоактивности аэрозолей в атмосферном воздухе населенных мест // Гигиена и санитария. 2024. Т. 103. № 8. С. 791-796. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-8-791-796
8. Куролап С.А., Клепиков О.В., Кульнев В.В. и др. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением атмосферного воздуха промышленных городов Центрального Черноземья // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 8. С. 853-860. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-853-860
9. Кульнев В.В., Кизеев А.Н. Борисова Д.С. и др. Метеоиндикация состояния рудных районов // Проблемы региональной экологии. 2023. № 1. С. 87-97. doi: 10.24412/1728-323X-2023-1-87-97
10. Марченко Б.И., Нестерова О.А., Тарасенко К.С. Злокачественные новообразования в промышленном городе: эпидемиология, современные тенденции и прогноз // Здоровье населения и среда обитания. 2023.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45>  
Original Research Article

- Т. 31. № 12. С. 17-26. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26
11. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. и др. Методические аспекты и результаты оценки демографических потерь, ассоциированных с вредным воздействием факторов среды обитания и предотвращаемых действиями Роспотребнадзора, в регионах Российской Федерации. Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 4 (301). С. 15-20.
  12. Галушин П.В., Галушина Е.Н. Кластерный анализ социально значимых заболеваний в Российской Федерации // Вестник НГУЭУ. 2023. № 1. С. 169-183. doi: 10.34020/2073-6495-2023-1-169-183
  13. Сафарбоева Ф.О., Таумуратова Г.Н. Экологическая классификация Южного Приаралья с прогнозом состояния здоровья населения на основе кластерного анализа // Форум молодых ученых. 2022. № 6(70). С. 274-277.
  14. Попова А.Ю., Онищенко Г.Г., Ракитский В.Н. и др. Гигиена в обеспечении научно-технологического развития страны и санитарно-эпидемиологического благополучия населения (к 130-летию федерального научного центра гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 9. С. 882-889. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889
  15. Ситдикова И.Д., Мингазова Э.Н., Мешков А.В. и др. Оценка риска как критерий в системе показателей общественного здоровья // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. 2020. № 1. С. 24-29. doi: 10.25742/NRIPH.2020.01.004
  16. Маклакова О.А., Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А. Методические аспекты оценки риска развития коморбидной патологии в условиях воздействия химических факторов окружающей среды // Анализ риска здоровья. 2020. № 4. С. 54-61. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.06
  17. Межова Л.А., Кульнев В.В., Чашин В.П. и др. Геоэкологический анализ онкозаболеваемости населения Ямало-Ненецкого автономного округа и выявление факторов радонового риска // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 1(73). С. 41-50. doi: 10.36698/2304-5957-2023-1-41-50
  18. Кочуров Б.И., Кульнев В.В., Ермакова Ю.И. и др. Устойчивое развитие сложных (эмерджентных) природно-хозяйственных геосистем // Проблемы региональной экологии. 2022. № 2. С. 75-80. doi: 10.24412/1728-323X-2022-2-75-80
  19. Насонов А.Н., Цветков И.В., Кизеев А.Н. и др. Применение фрактального анализа в лихеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженных территорий // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 3. С. 34-38. doi: 10.18412/1816-0395-2019-3-34-38
  20. Клепиков О. В., Шиш А. В., Куролап С. А. Анализ данных мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха промышленно-развитого города и аэротехногенного риска здоровью населения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2025. № 1. С. 131-137. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2025/1/131-137
  21. Овчинникова Е.Л., Никитин С.В., Колчин А.С. и др. Методические подходы к обработке результатов лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха для целей проведения оценки риска здоровью // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 3. С. 36-43. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
  22. Шиш А.В., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка экологического риска для здоровья населения вследствие аэротехногенного загрязнения городов Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. 2025. Т. 49. № 1. С. 146-156. doi: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-146-156. EDN IBOZIK.
  23. Мухамадеева О.Р., Шарафутдинова Н.Х., Перминова В.А. Территориальная дифференциация заболеваемости взрослого населения болезнями кожи и подкожной клетчатки в Республике Башкортостан // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2021. № 2. С. 499-510. doi: 10.24412/2312-2935-2021-2-499-510.
  24. Лапшина И.С., Захарова М.В., Цыбикова Э.Б. Картографический анализ эпидемиологической ситуации по туберкулезу в регионе с низким уровнем заболеваемости туберкулезом // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 11. С. 50-56. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-50-56
  25. Сетко А.Г., Мрясова Ж.К., Терехова Е.А. и др. Риск развития неканцерогенных эффектов у детей промышленного города при многосредовой контаминации химическими загрязнителями // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 3. С. 242-245. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-242-245
  26. Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф. и др. Влияние экологических факторов на заболеваемость населения геохимической провинции // Геополитика и экогеодинамика регионов. Симферополь. 2023. Т. 9. № 2. С. 364-373.
  27. Марцев А.А. Комплексный анализ первичной заболеваемости и оценка риска здоровью детей на региональном уровне // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 46-53. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-46-53
  28. Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н. и др. Интегральная оценка социально-экологической напряженности урбанизированных территорий // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 4. С. 165-171. doi: 10.17816/snv202094125
  29. Зайцева Н.В., Жданова-Заплесвичко И.Г., Землянова М.А. и др. Опыт организации и проведения санитарно-эпидемиологических исследований по выявлению и доказательству связи нарушений здоровья населения с качеством атмосферного воздуха в зонах влияния хозяйствующих субъектов. Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 1 (334). С. 4-15. doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15

## REFERENCES

1. Lee JX, Phipatanakul W, Gaffin JM. Environment and the development of severe asthma in inner city population. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2023;23(2):179-184. doi: 10.1097/ACI.0000000000000890
2. Tsai HJ, Wu PY, Huang JC, Chen SC. Environmental pollution and chronic kidney disease. *Int J Med Sci.* 2021;18(5):1121-1129. doi: 10.7150/ijms.51594
3. Grant TL, Wood RA. The influence of urban exposures and residence on childhood asthma. *Pediatr Allergy Immunol.* 2022;33(5):e13784. doi: 10.1111/pai.13784
4. Rhee TM, Ji Y, Yang S, et al. Combined effect of air pollution and genetic risk on incident cardiovascular diseases. *J Am Heart Assoc.* 2024;13(22):e033497. doi: 10.1161/JAHA.123.033497
5. Orakbay LZ, Kalimoldin MM, Adilkhanova AN, et al. Comprehensive assessment of the risks of environmental impact on the health of the population of large cities. *Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo Meditsinskogo Universiteta.* 2020;(3):278-281. (In Russ.)
6. Popovich MV, Oussova EV, Zinovieva VA, et al. Review of methodological approaches to studying the impact of urban infrastructures on the health of the population.

- Profilakticheskaya Meditsina*. 2021;24(8):23-30. (In Russ.) doi: 10.17116/profmed20212408123
7. Kuzmichev MK, Klepikov OV, Kurolap SA, Kulnev VV, Kizeev AN, Nikanov AN. Assessment of aerosol radioactivity in the atmospheric air of populated areas. *Gigiena i Sanitariya*. 2024;103(8):791-796. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-8-791-796
  8. Kurolap SA, Klepikov OV, Kulnev VV, Kizeev AN, Syurin SA, Enin AV. Carcinogenic risk associated with atmospheric air pollution in industrial cities of the Central Chernozem region. *Gigiena i Sanitariya*. 2023;102(8):853-860. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-8-853-860
  9. Kulnev VV, Kizeev AN, Borisova DS, Burova DV, Chashchin VP, Nikanov AN. Meteo-indication of the condition of ore areas. *Problemy Regional'noy Ekologii*. 2023;(1):87-97. (In Russ.) doi: 10.24412/1728-323X-2023-1-87-97
  10. Marchenko BI, Nesterova OA, Tarasenko KS. Malignant neoplasms in the industrial city: Epidemiology, current trends and forecast. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):17-26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-17-26
  11. Zaitseva NV, May IV, Klein SV, Kiryanov DA. Methodological aspects and results of estimation of demographic loss associated with harmful influence of environment factors and preventive activities of Rospotrebnadzor in regions of the Russian Federation. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2018;(4(301)):15-20. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2018-301-4-15-20
  12. Galushin PV, Galushina EN. Cluster analysis of socially significant diseases in the Russian Federation. *Vestnik NGUEU*. 2023;(1):169-183. (In Russ.) doi: 10.34020/2073-6495-2023-1-169-183
  13. Safarboeva FO, Taumuratova GN. Environmental classification of the Southern Aral region with population health forecast based on cluster analysis. *Forum Molodykh Uchenykh*. 2022;(6(70)):274-277. (In Russ.)
  14. Popova AYu, Onishchenko GG, Rakitskii VN, Kuzmin SV, Kuchma VR. Hygiene in supporting scientific and technological development of the country and sanitary and epidemiological welfare of the population (to the 130th anniversary of the Federal Scientific Centre of Hygiene named after F.F. Erisman). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(9):882-889. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-9-882-889
  15. Sitdikova ID, Mingazova EN, Meshkov AV, Gureev SA. Risk assessment as a criterion in a system of public health indicators. *Byulleten' Natsional'nogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Obshchestvennogo Zdorov'ya Imeni N.A. Semashko*. 2020;(1):24-29. (In Russ.) doi: 10.25742/NRIPH.2020.01.004
  16. Maklakova OA, Zaitseva NV, Kiryanov DA. Methodological aspects in assessing risks of comorbid pathology occurrence under exposure to chemical environmental factors. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):55-62. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.06.eng
  17. Mezhdova LA, Kulnev VV, Chashchin VP, Kizeev AN, Nikanov AN. Geoecological analysis of cancer incidence in the population of the Yamal-Nenets Autonomous District and identification of radon risk factors. *Astrakhanskiy Vestnik Ekologicheskogo Obrazovaniya*. 2023;(1(73)):41-50. (In Russ.) doi: 10.36698/2304-5957-2023-1-41-50
  18. Kochurov BI, Kulnev VV, Ermakova Yul, Litvinenko VV, Movchan MA. Environmental management and geography in predicting the future of society and effective strategic planning. *Problemy Regional'noy Ekologii*. 2022;(2):75-80. (In Russ.) doi: 10.24412/1728-323X-2022-2-75-80
  19. Nasonov AN, Cvetkov IV, Kizeev AN, et al. Application of fractal analysis in lichenoidication of atmospheric air pollution of technogenically disturbed territories. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2019;23(3):34-38. (In Russ.) doi: 10.18412/1816-0395-2019-3-34-38
  20. Klepikov OV, Shish AV, Kurolap SA. Analysis of data on monitoring the level of atmospheric air pollution in an industrially developed city and aerotechnogenic risk to public health. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2025;(1):131-137. (In Russ.) doi: 10.17308/geo/1609-0683/2025/1/131-137
  21. Ovchinnikova EL, Nikitin SV, Kolchin AS, et al. Methodological approaches to processing laboratory results of ambient air quality monitoring for the purposes of human health risk assessment. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(3):36-43. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-3-36-43
  22. Shish AV, Klepikov OV, Kurolap SA. Assessment of public health environmental risk due to Central Chernozem region cities aerotechnogenic pollution. *Regional'nye Geosystemy*. 2025;49(1):146-156. (In Russ.) doi: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-146-156
  23. Mukhamadeeva OR, Sharafutdinova NH, Perminova VA. Territorial differentiation of the morbidity of skin and subcutaneous tissue diseases in the adult population in the Republic of Bashkortostan. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*. 2021;(2):499-510. (In Russ.) doi: 10.24412/2312-2935-2021-2-499-510
  24. Lapshina IS, Zakharova MV, Tsybikova EB. Mapping the distribution of detected cases in the region with a low tuberculosis incidence rate. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(11):50-56. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-11-50-56
  25. Setko AG, Mryasova ZhK, Terekhova EA, Tyurin AV. The risk of developing non-carcinogenic effects in children in industrial city in multicompartment contamination with chemical pollutants. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(3):242-245. (In Russ.) doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-242-245
  26. Suyundukov YaT, Semenova IN, Khasanova RF, Ilbulova GR. The influence of environmental factors on the morbidity of the population of the geochemical province. *Geopolitika i Ekogeodinamika Regionov*. 2023;9(2):364-373. (In Russ.)
  27. Martsev AA. Comprehensive analysis of disease incidence and children's health risk assessment at the regional level. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):46-53. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-46-53
  28. Khasanova RF, Suyundukov YaT, Semenova IN, Rafikova YuS, Suyundukova MB, Ilbulova GR. The integrated assessment of socio-ecological tension in urbanized territories. *Samarskiy Nauchnyy Vestnik*. 2020;9(4):165-171. (In Russ.) doi: 10.17816/snv202094125
  29. Zaitseva NV, Zhdanova-Zaplesvichko IG, Zemlyanova MA, Perezhogin AN, Savinykh DF. Experience in organizing and conducting epidemiological studies to detect and prove the causal relationship between ambient air quality and health disorders in the population of industrially contaminated sites. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;(1(334)):4-15. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-4-15

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-7-34-45>  
Original Research Article

**Сведения об авторах:**

✉ **Клепиков** Олег Владимирович – д.б.н., профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

**Епринцев** Сергей Александрович – к.г.н., доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; e-mail: esa81@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5266-9238>.

**Виноградов** Павел Михайлович – к.г.н., старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; e-mail: vinpaul89@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6978-8463>.

**Кульнев** Вадим Вячеславович – к.г.н., вед. специалист-эксперт отдела государственного экологического надзора по Воронежской области Центрально-Черноземного межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования; ассистент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности медико-профилактического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>.

**Никанов** Александр Николаевич – к.м.н., в.н.с., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

**Кизеев** Алексей Николаевич – к.б.н., с.н.с. отдела социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: a.kizeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Клепиков О.В.*; сбор данных: *Епринцев С.А., Виноградов П.М.*; анализ и интерпретация результатов: *Епринцев С.А., Виноградов П.М., Никанов А.Н., Кизеев А.Н.*; обзор литературы: *Кульнев В.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** работа одобрена экспертной комиссией факультета географии, геоэкологии и туризма ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (заключение от 25.03.2025).

**Финансирование:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>

**Конфликт интересов:** соавтор статьи Клепиков О.В. является членом редакционного совета научно-практического журнала «Здоровье населения и среда обитания», остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 23.04.25 / Принята к публикации: 10.07.25 / Опубликована: 31.07.25

**Author information:**

✉ **Oleg V. Klepikov**, Prof., Dr. Sci. (Biol.); Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: klepa1967@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>.

**Sergei A. Yeprintsev**, Cand. Sci. (Geog.), Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: esa81@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5266-9238>.

**Pavel M. Vinogradov**, Cand. Sci. (Geog.), Senior Lecturer, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University; e-mail: vinpaul89@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6978-8463>.

**Vadim V. Kulnev**, Cand. Sci. (Geog.), Leading Specialist-Expert, Department of State Environmental Supervision in the Voronezh region, Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources; Assistant, Department of Disaster Medicine and Life Safety, Faculty of Preventive Medicine, N.N. Burdenko Voronezh State Medical University; e-mail: kulneff.vadim@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>.

**Aleksandr N. Nikanov**, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Head of the Scientific Department of Occupational Diseases, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.nikanov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>.

**Aleksei N. Kizeev**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Public Health Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center; e-mail: a.kizeev@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>.

**Author contributions:** Study conception and design: *Klepikov O.V.*; data collection: *Yeprintsev S.A., Vinogradov P.M.*; analysis and interpretation of results: *Yeprintsev S.A., Vinogradov P.M.*; bibliography compilation and referencing: *Kulnev V.V., Nikanov A.N., Kizeev A.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The study was approved by the Expert Commission of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism of the Voronezh State University (protocol dated March 25, 2025).

**Funding:** This research was supported the Russian Science Foundation, grant No. 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>

**Conflict of interest:** Prof. Klepikov is a member of the Editorial Council of the journal *Public Health and Life Environment*; other authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 23, 2025 / Accepted: July 10, 2025 / Published: July 31, 2025