

Научная статья

УДК 504.064.2; 504.75.05; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-153-162

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЗАПЫЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЯТИГОРСКА

✉ Логачева Екатерина Николаевна.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

Сидякин Павел Алексеевич.

Пятигорский институт (филиал) Северо-Кавказского федерального университета,
г. Пятигорск, Россия

✉ floramail@list.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования в рамках повышения экологической безопасности социальных объектов, в частности детских дошкольных учреждений, в условиях обеспечения комфортными условиями пребывания по шумовым и пылевым показателям на примере города Пятигорска. Территория города была условно разбита на четыре зоны, в которых произведены замеры мелкодисперсной пыли и акустической нагрузки. Полученные данные проанализированы, выявлены превышения нормативных показателей. Для выявления наиболее благоприятных районов города по экологической ситуации проведено ранжирование параметров (активность движения автотранспорта, акустическая обстановка, запыленность территории и озеленение). Критерии оценки местоположения и состояния окружающей среды оценивали по бальной шкале от 0 до 10. По итогу исследования составлена карта-схема ранжирования территории города по степени экологического риска размещения детских дошкольных учреждений города Пятигорска, что позволило выявить причины сложившейся экологической напряженности каждого из районов и в перспективе разработать локальные методы повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: среда обитания, экологическая безопасность, урбанизация, загрязнение, шум, пыль

Для цитирования: Логачева Е.Н., Сидякин П.А. Повышение экологической безопасности социальных объектов по показателям акустического загрязнения и запыленности на примере города Пятигорска // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 3 (75). С. 153–162. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-153-162.

Scientific article

INCREASING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF SOCIAL FACILITIES IN TERMS OF ACOUSTIC POLLUTION AND DUST CONTENT USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF PYATIGORSK

Logacheva Ekaterina N.

North Caucasus federal university, Stavropol, Russia.

Sidyakin Pavel A.

Pyatigorsk institute (branch) of the North Caucasus federal university, Pyatigorsk, Russia

✉ floramail@list.ru

Abstract. The article presents the results of a study aimed at improving the environmental safety of social facilities, in particular preschool institutions, in terms of providing comfortable living conditions in terms of noise and dust indicators, using the example of the city of Pyatigorsk. The territory of the city was conditionally divided into 4 zones, in which measurements of fine dust

and acoustic load were carried out. The data obtained has been analyzed, and the excess of the normative indicators has been revealed. To identify the most favorable areas of the city in terms of environmental conditions, a ranking of parameters was carried out (traffic activity, acoustic conditions, dustiness of the territory and landscaping). The criteria for assessing the location and the state of the environment were evaluated on a scale from 0 to 10. Based on the results of the study, a ranking map of the city's territory was compiled according to the degree of environmental risk of housing preschool institutions in Pyatigorsk, which made it possible to identify the causes of the current environmental tension in each of the districts and, in the future, develop local methods to improve environmental safety.

Keywords: habitat, ecological safety, urbanization, pollution, noise, dust

For citation: Logacheva E.N., Sidyakin P.A. Increasing the environmental safety of social facilities in terms of acoustic pollution and dust content using the example of the city of Pyatigorsk // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 3 (75). P. 153–162. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-3-153-162.

Введение

Для городов-курортов, как и для многих других городов, характерен систематический рост поллютантов в воздухе. Из-за отсутствия необходимого числа постов наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в атмосфере нет возможности адекватно оценить степень экологического благополучия городских территорий, в том числе, районов размещения социальных объектов детских дошкольных учреждений (ДОУ). Недостаточно изучен вопрос состава и концентрации твердых пылевых частиц в приземном слое воздуха на уровне органов дыхания. Городская среда подвержена разного рода загрязнителям, превышение пороговых концентраций которых может пагубно сказаться на физическом и умственном развитии детей. Шумовые нагрузки, которые всегда присутствуют в районах размещения детских учреждений, превышая допустимые значения (в том числе в низкочастотном диапазоне), существенно ухудшают экологическое состояние среды.

В настоящее время состояние природно-рекреационных ресурсов и общая экологическая ситуация в регионе Кавказские Минеральные Воды (КМВ) ухудшаются: происходит загрязнение и истощение подземных вод, критического уровня опасности достигла проблема сбора и утилизации отходов, наблюдается загрязнение поверхностных вод, увеличивается степень загрязнения атмосферного воздуха и шумового воздействия [1], что оказывает негативное влияние на развитие курортного потенциала региона.

Состояние окружающей среды является важнейшим показателем, позволяющим оценить качество жизни в городе. Развитие и перспектива роста территории всегда сопряжено с повышением экологических рисков для горожан [2, 3]. Чистый воздух, безопасная вода, соблюдение нормативного шумового режима – все это неизбежно становится дефицитом в условиях урбанизации. Как самим местным жителям, так и отдыхающим необходимо обеспечение экологической безопасной городской среды [4–6].

Нормальное функционирование жизнедеятельности горожан обеспечивает транспорт. Транспортная инфраструктура городов-курортов КМВ представлена различными видами: автомобильный, железнодорожный, воздушный, канатный транспорт.

Общеизвестно, что автотранспорт оказывает существенное влияние на качество атмосферного воздуха городов-курортов. Практически на всех жилых территориях и в центральных частях городов в результате выбросов от автотранспорта предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в атмосфере превышенены, что провоцирует развитие экопатологий и хронических заболеваний [7, 8].

С одной стороны, социальные объекты должны находиться в транспортной доступности для населения, а с другой – это ведет к заторам в часы пик, повышению концентрации вредных выбросов в атмосфере, а в перспективе, и на самой территории объектов социального назначения.

Помимо вредных выбросов в атмосферный воздух, автотранспорт также является первоисточником шумового загрязнения городской среды, что негативно влияет на экологическое состояние населенных пунктов Ставропольского края, в том числе городов-курортов КМВ.

Были проведены и опубликованы результаты экспериментальных исследований влияния автомобильных дорог на характеристики запыленности атмосферного воздуха городов региона КМВ [9] и воздействие транспортной инфраструктуры на экологическое состояние городов-курортов КМВ [10].

Цель исследования: ранжировать территорию г. Пятигорска по степени экологического риска размещения детских садов в условиях формирования комфортной для человека среды пребывания по показателям акустического загрязнения и запыленности мелкодисперсной пылью.

Объекты и методика исследования

Для анализа фракционного состава пыли и определения концентраций частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} проводили отборы проб в 27 точках г. Пятигорска. Расположение точек измерения показано на рис. 1. При этом были выделены четыре района города: зона А «Бештау-Гора-Пост» (5 ДОУ), зона Б «Белая Ромашка» (6 ДОУ), зона В «Центр» (5 ДОУ), зона Г «Новопятигорск-Скачки» (11 ДОУ).

Особенности выбора точек:

- наличие детского дошкольного учреждения;
- размещение на расстоянии до источника потенциального загрязнения 100 и менее метров; ввиду сложности снятия измерений внутри помещений ДОУ измерения брали в идентичных помещениях размещенных рядом офисах и домах; пробы отбирали на уровне зоны дыхания детей (1 м от пола).



Рис. 1. Карта-схема исследуемых объектов:
А – район «Бештау-Гора-Пост»; Б – «Белая Ромашка»; В – «Центр»,
Г – «Новопятигорск-Скачки»; 1–27 – номера точек отбора проб

При отборе проб взвешенной пыли, подлежащей анализу, фиксировали следующие параметры окружающей городской среды: климатические (температура и относительную влажность воздуха, скорость воздушного потока); интенсивность движения автотранспорта (если таковые находились в зоне взятия проб); расстояние от источников потенциального загрязнения атмосферы до точки отбора проб.

Для отбора проб мелкодисперсных частиц пыли в воздушной городской среде использовали электроаспиратор ЭА-1А. Измерение температуры воздуха в точках отбора проб проводили с помощью электронного цифрового термометра RSTO 6412/S412 с возможностью измерения и относительной влажности воздуха (с диапазоном измерения от – 50 °С до 70 °С и относительной влажности от 1 % до 99 %). Определение скорости ветра проводили с помощью анемометра, цифрового ИСП-МГ4 с диапазоном измерения воздушного потока от 0,1 до 30 м/с.

Исследование влияния шумовой нагрузки на городские территории, где размещают детские образовательные учреждения, предусматривает проведение натурных обследований участка улично-дорожной сети на некотором расстоянии от непосредственной проезжей части по направлению к детскому саду с целью получения актуальной и достоверной информации об экологической ситуации.

Состав исследования экологической безопасности шумового загрязнения в детских дошкольных учреждениях включает следующие группы задач:

- 1) Определение параметров, от которых зависит уровень акустического загрязнения территории (интенсивность и скорость движения машин; состав потока по видам автотранспорта; расстояние от участка улично-дорожной сети до детского сада).

- 2) Расчет уровня шумового загрязнения от транспортного потока на территории города-курорта вблизи детского сада.

- 3) Определение показателей, от которых зависит уровень проведения защитных мероприятий (тип зеленых насаждений; коэффициент озеленения; наличие шумозащитных барьеров и пр.).

На первом этапе исследования необходимо определить время суток, которое для улично-дорожной сети города-курорта Пятигорска является «часом пик». На втором этапе была сформирована выборка из автодорог, которые расположены на расстоянии 50–100 м до детских учреждений. На третьем этапе, согласно методике¹, на выбранных участках проводили замеры суточной интенсивности транспортного потока с учетом типа транспорта, скорости его движения. Для определения данных использовали секундомеры и видеокамеры (данные фиксировали в прямом и обратном направлениях движения). В городе Пятигорске активность движения по улично-дорожной сети составляет 17 ч, с 6 ч утра до 23 ч вечера. Измерение интенсивности движения проводили каждые 15 мин, затем полученную величину умножали на 4. Сбор данных для расчета средней скорости движения потока в определенный промежуток времени осуществлялся параллельно с учетом интенсивности движения. Секундомером фиксировали время проезда автомобиля на участке дороги длиной 20 м.

На четвертом этапе натурные измеряли акустическую нагрузку придорожной зоны по методике². Уровень звуковой волны определяли шумомером Testo-816. Участок дороги подбирали таким образом, чтобы он был расположен на расстоянии не менее 50 м и не более 150 м от детского дошкольного учреждения (приоритетный при проведении замеров).

Результаты исследования

По методике, представленной выше, были проведены замеры в период с 2016 по 2024 г. показателей шума и мелкодисперсной пыли по районам г. Пятигорска.

На основании полученных данных построены диаграммы показателей акустической нагрузки (дБА) (рис. 2–5) и запыленности РМ₁₀ и РМ_{2,5} (по сравнению с ПДК среднесуточные, мг/м³) (рис. 6–13) в зависимости от времени суток, зонирование приведено по районам г. Пятигорска (рис. 1).

¹ Методические указания МУК 4.3.3722–21 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (27 декабря 2021 г.). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403287707/> (дата обращения: 17.06.2025).

² Там же

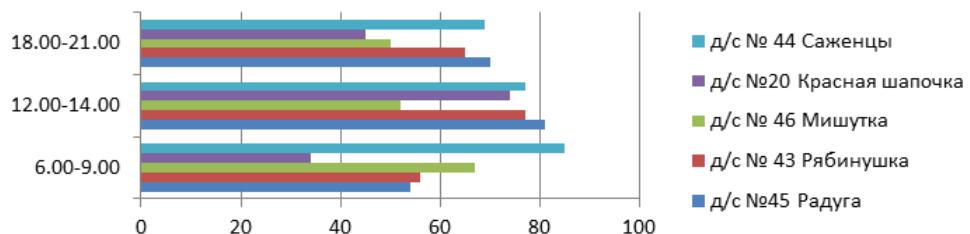


Рис. 2. Показатели акустической нагрузки в зависимости от времени суток зоны А) Бештау-Гора-Пост, дБА

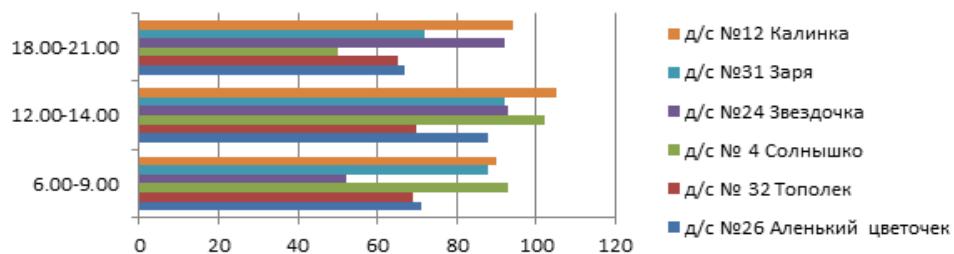


Рис. 3. Показатели акустической нагрузки в зависимости от времени суток зоны Б) Белая Ромашка, дБА

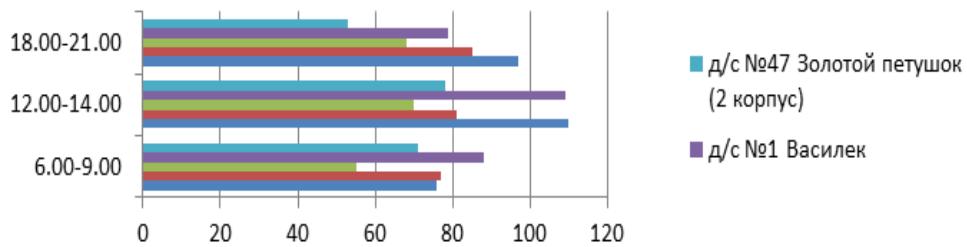


Рис. 4. Показатели акустической нагрузки в зависимости от времени суток зоны В) Центр, дБА

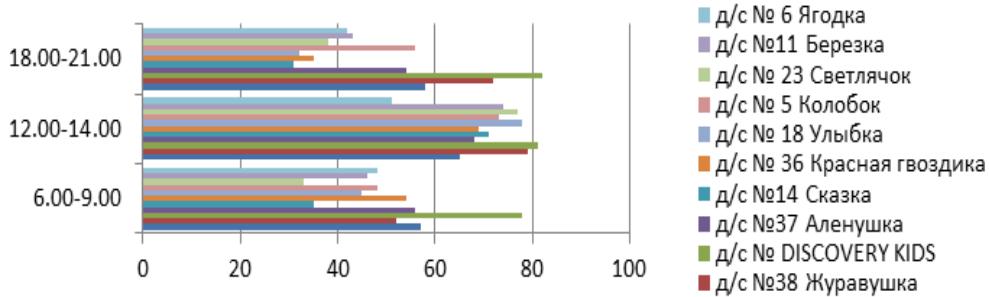


Рис. 5. Показатели акустической нагрузки в зависимости от времени суток зоны Г) Новопятигорск-Скачки, дБА

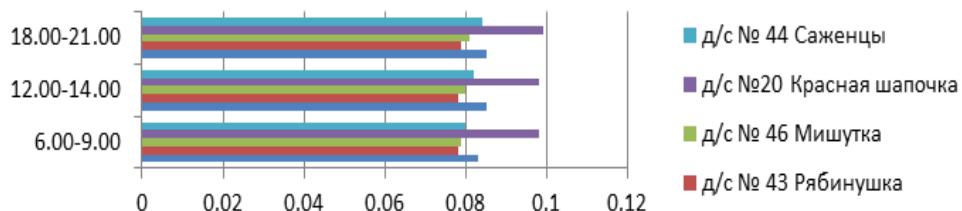


Рис. 6. Показатели РМ₁₀ в зависимости от времени суток зоны А) Бештау-Гора-Пост, мг/м³

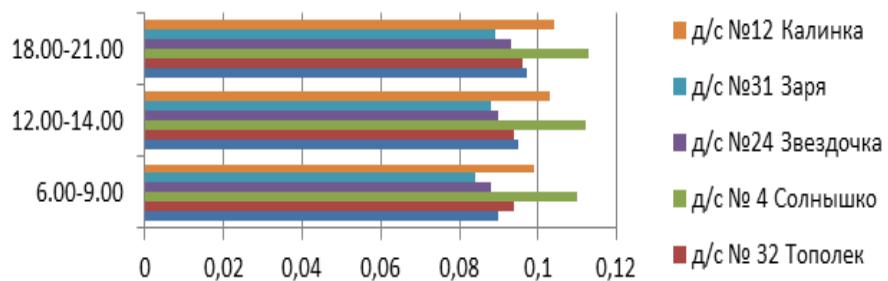


Рис. 7. Показатели PM₁₀ в зависимости от времени суток зоны
Б) Белая Ромашка, мг/м³

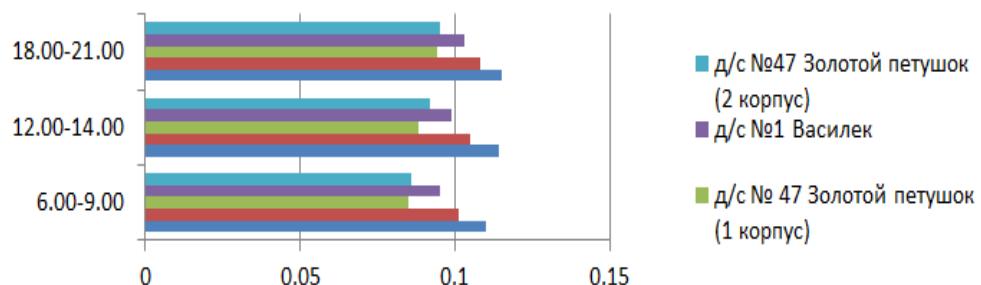


Рис. 8. Показатели PM₁₀ в зависимости от времени суток зоны
В) Центр, мг/м³

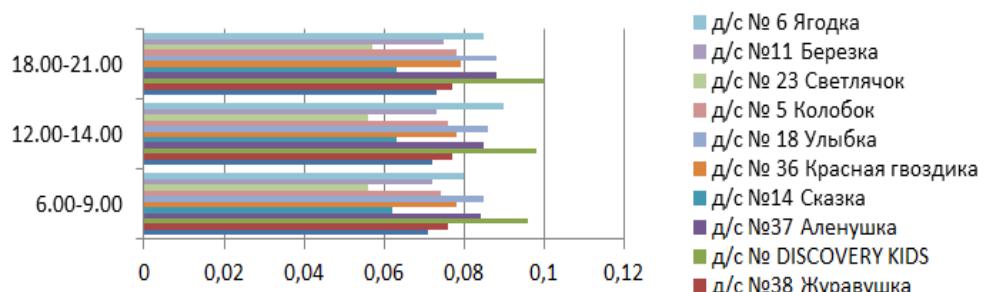


Рис. 9. Показатели PM₁₀ в зависимости от времени суток зоны
Г) Новопятигорск-Скачки, мг/м³

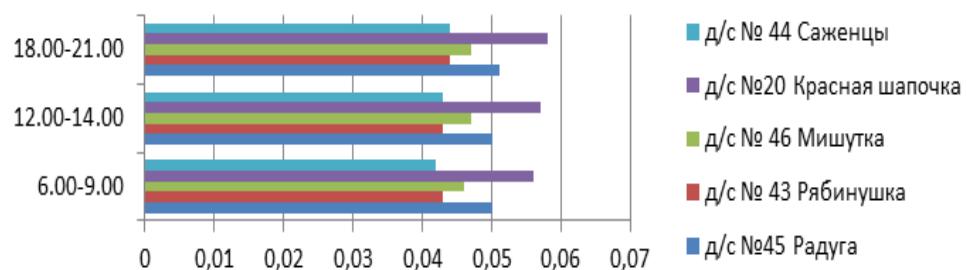


Рис. 10. Показатели PM_{2,5} в зависимости от времени суток зоны
А) Бештау-Гора-Пост, мг/м³

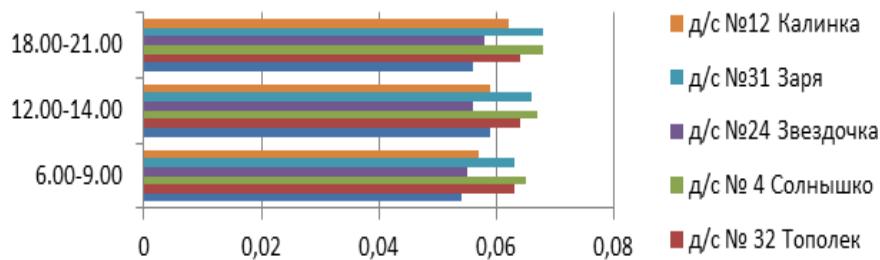


Рис. 11. Показатели $\text{PM}_{2.5}$ в зависимости от времени суток зоны
Б) Белая Ромашка, $\text{мг}/\text{м}^3$

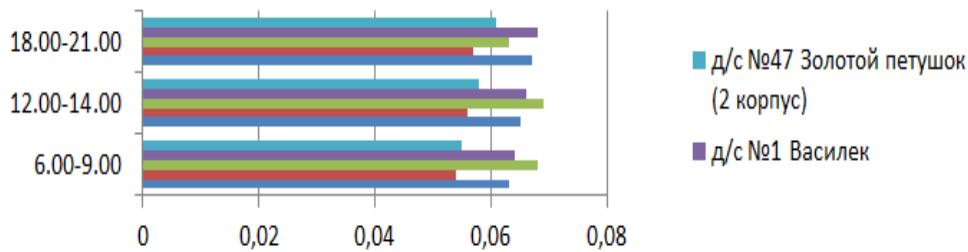


Рис. 12. Показатели $\text{PM}_{2.5}$ в зависимости от времени суток зоны
В) Центр, $\text{мг}/\text{м}^3$

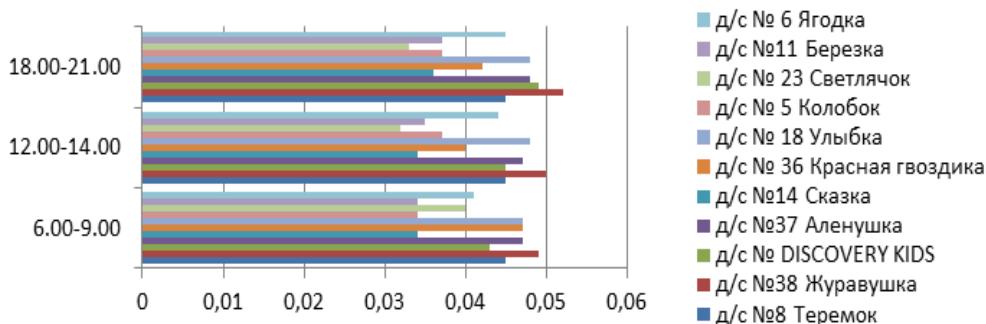


Рис. 13. Показатели $\text{PM}_{2.5}$ в зависимости от времени суток зоны
Г) Новопятигорск-Скачки, $\text{мг}/\text{м}^3$

Очевидно, что превышение нормативов выявлено в каждой из рассматриваемых зон размещения детских дошкольных учреждений. Для выделения наиболее благоприятных районов по экологической ситуации проведено ранжирование параметров. Критерии оценки местоположения и состояния окружающей среды оценивали по бальной шкале от 0 до 10 (промежуточные значения вычислялись методом линейной интерполяции):

- активность движения автотранспорта определяли по пропускной способности прилежащих дорог: 0 – плохая пропускная способность (5–10 км/ч), частное образование заторов на дороге, 10 – хорошая пропускная способность (60 км/ч), без образования заторов;
- акустическая обстановка по данным представленных выше диаграмм на рис. 2–5, где 0 – превышение нормативных значений на 10 дБа и более, 10 – нормативное требование для ДОУ 55 дБа³;

³ СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003: утверждено приказом Минрегиона Рос. Федерации от 28 дек. 2010 г. № 825 (в ред. от 5 мая 2017 г.): введено в действие 20 мая 2011 г. Доступ из инф.-правового портала «Гарант»

– запыленность территории по данным представленных выше диаграмм на рис. 6–13, где 0 – превышение ПДК более чем на 10%, 10 – нормативное требование для ДОУ 0,8 ПДК⁴;

– озеленение оценивалось по фактическому наличию деревьев и кустарников на местности, где 0 – несоответствие нормативным требованиям по озеленению, 10 – полное соответствие нормативным требованиям по озеленению территории.

Из анализа полученных данных видно, что самый экологически благополучный район, где размещены детские сады, Новопятигорск-Скачки, на втором месте – район Бештау-Гора-Пост, затем – Белая Ромашка и самым неблагоприятным районом является центр города. Наглядно зоны экологически благополучных районов размещения детских садов в г. Пятигорске представлены на рис. 14.

Селективный ряд районов по экологическому благополучию выглядит следующим образом:

Новопятигорск-Скачки => Бештау-Гора-Пост => Белая Ромашка => Центр.



Рис. 14. Карта-схема ранжирования территории города по степени экологического риска размещения детских садов г. Пятигорска

На карте-схеме (рис. 14) отображено: зеленая зона – самый экологически благополучный район, в котором нет превышений нормативных показателей; желтая зона – умеренно благополучный район размещения с редко проявляющимися факторами угрозы по одному или нескольким факторам оценки; оранжевая зона – ограничено благополучный район размещения со стабильно проявляющимися факторами угрозы; красная зона – неблагополучный район из-за большой транспортной активности вследствие частых заторов на дорогах, ограниченного места для размещения зеленых насаждений, в результате – превышение нормативных показателей анализируемых факторов и повышенная экологическая напряженность.

⁴ Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 янв. 2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изм. и доп.). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

Заключение

Проанализировано состояние объектов исследования по показателям запыленности мелкодисперсной пылью и шумовой нагрузки в зависимости от времени суток с ранжированием критериев и территориальной привязкой, что позволило выявить наиболее экологические безопасные зоны размещения социальных объектов г. Пятигорска. Проведено зонирование территории муниципального образования города-курорта Пятигорска и определены четыре зоны по экологическому благополучию, что позволило выявить причины сложившейся экологической напряженности районов и в перспективе разработать локальные методы повышения экологической безопасности.

Основные направления дальнейших исследований в данной области: разработать рекомендации по снижению акустического воздействия на персонал и воспитанников ДОУ, а так же подобрать оптимальный состав озеленения территории дошкольных учреждений в зависимости от эффективного шумопоглощения и пылеулавливания с целью повышения экологической безопасности.

Список источников

1. Экологическая безопасность инженерной инфраструктуры городов и рекреационных территорий Северного Кавказа: монография / Т.А. Шебзухова [и др.]. Пятигорск, 2016. 144 с.
2. Сидоренко В.Ф. Комплексная экологическая оценка жилой застройки как фактор оптимизации среды жизнедеятельности // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 1. С. 42–49.
3. Monitoring of Fine Dust Pollution of Urban Air Nearby Highways / V.N. Azarov [et al.] // International Review of Mechanical Engineering (IREME). 2018. Vol. 12. Iss. 8. P. 657.
4. Bakaeva N.V., Tchaikovskaya L.V., Zuleta D.P. Toward the construction of a comfort model for urban environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies. CAEST 2019. 2020. P. 012006.
5. Белая Е.Н. Социо-экологическая безопасность населения в условиях урбанизации // Безопасность в образовательных и социоприродных системах: Междунар. науч.-практ. конф. Элиста, 2014. С. 250–252.
6. Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Quantitative assessment of infrastructure facilities availability in biosphere-compatible city functions implementation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2019. P. 055009.
7. Turner D.B. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. London, 1994. 192 p.
8. Буренин Н.С. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: НИИ Атмосфера, 2004. 31 с.
9. Экспериментальные исследования влияния автомобильных дорог на характеристики запыленности атмосферного воздуха городов региона Кавказских Минеральных Вод / Д.П. Боровков [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2023. № 2 (91). С. 67–76.
10. Сидякин П.А., Белая Е.Н. Воздействие транспортной инфраструктуры на экологическое состояние городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 1 (17). С. 61–73.

References

1. Ekologicheskaya bezopasnost' inzhenernoj infrastruktury gorodov i rekreacionnyh territorij Severnogo Kavkaza: monografiya / T.A. Shebzuhova [i dr.]. Pyatigorsk, 2016. 144 s.

2. Sidorenko V.F. Kompleksnaya ekologicheskaya ocenka zhiloj zastrojki kak faktor optimizacii sredy zhiznedeyatel'nosti // Ekologiya urbanizirovannyh territorij. 2006. № 1. S. 42–49.
3. Monitoring of Fine Dust Pollution of Urban Air Nearby Highways/ V.N. Azarov [et al.] // International Review of Mechanical Engineering (IREME). 2018. Vol. 12. Iss. 8. P. 657.
4. Bakaeva N.V., Tchaikovskaya L.V., Zuleta D.P. Toward the construction of a comfort model for urban environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies. CAEST 2019. 2020. P. 012006.
5. Belya E.N. Socio-ekologicheskaya bezopasnost' naseleniya v usloviyah urbanizacii // Bezopasnost' v obrazovatel'nyh i socioprirodnyh sistemah: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Elista, 2014. S. 250–252.
6. Bakaeva N.V., Chernyaeva I.V. Quantitative assessment of infrastructure facilities availability in biosphere-compatible city functions implementation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2019. P. 055009.
7. Turner D.B. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. London, 1994. 192 p.
8. Burenin N.S. Metodicheskoe posobie po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernyj vozduh. SPb.: NII Atmosfera, 2004. 31 s.
9. Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya avtomobil'nyh dorog na harakteristiki zapylennosti atmosfernogo vozduha gorodov regiona Kavkazskih Mineral'nyh Vod / D.P. Borovkov [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. 2023. № 2 (91). S. 67–76.
10. Sidyakin P.A., Belya E.N. Vozdejstvie transportnoj infrastruktury na ekologicheskoe sostoyanie gorodov-kurortov Kavkazskih Mineral'nyh Vod // Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii. 2017. № 1 (17). S. 61–73.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 23.05.2025; одобрена после рецензирования: 18.07.2025; принята к публикации: 02.08.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 23.05.2025; approved after review: 18.07.2025; accepted for publication: 02.08.2025

Информация об авторах:

Сидякин Павел Алексеевич, профессор кафедры строительства Пятигорского института (филиала) Северо-Кавказского федерального университета (357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sidyakin_74@mail.ru, SPIN-код: 4897-8574

Логачева Екатерина Николаевна, старший преподаватель департамента строительной инженерии и прототипирования института перспективной инженерии Северо-Кавказского федерального университета (355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1), e-mail: Floramail@list.ru, SPIN-код: 5042-0710

Information about the authors:

Sidyakin Pavel A., professor of the department of construction at the Pyatigorsk institute (branch) of the North Caucasus federal university (357500, Pyatigorsk, 40 Let Oktyabrya ave., 56), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sidyakin_74@mail.ru, SPIN: 4897-8574

Logacheva Ekaterina N., senior lecturer at the department of civil engineering and prototyping at the Institute of advanced engineering of North Caucasus federal university (355017, Stavropol, Pushkina str., 1), e-mail: Floramail@list.ru, SPIN: 5042-0710