Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2026, Том 18, № 3 / 2026, Vol. 18, Iss. 3 https://esj.today/issue-3-2026.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/07NZVN326.pdf

DOI: 10.15862/07NZVN326 (https://doi.org/10.15862/07NZVN326)

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Мамина, Д. Х. Установление взаимосвязей между экологическим состоянием окружающей среды в городе и показателями его пространственного развития / Д. Х. Мамина, А. П. Сизов, В. В. Симонян // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 3. — URL: https://esj.today/PDF/07NZVN326.pdf. DOI: 10.15862/07NZVN326.

For citation:
Mamina D.H., Sizov A.P., Simonyan V.V. Establishing relationships between the ecological state of the environment in the city and indicators of its spatial development. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(3): 07NZVN326. Available at: https://esj.today/PDF/07NZVN326.pdf. DOI: 10.15862/07NZVN326. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 502.131; 502.22

Мамина Диня Халиловна
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия
Доцент кафедры «Инженерных изысканий и геоэкологии»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: dmamina@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2027-2444
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=376937
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57221743392

Сизов Александр Павлович
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия
Профессор кафедры «Инженерных изысканий и геоэкологии»
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва, Россия
Профессор кафедры «Землеустройства и кадастров»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: ap_sizov@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6175-0145
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=616164
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57214974937

Симонян Владимир Викторович
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия
Профессор кафедры «Инженерных изысканий и геоэкологии»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: simonyan.vladimir55@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3224-9500
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=646817
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57200091964

Установление взаимосвязей между экологическим состоянием окружающей среды в городе и показателями его пространственного развития

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы обеспечения геоэкологической безопасности городов в условиях интенсивного пространственного развития городских территорий. Авторами рассмотрена актуальная нормативно-правовая база Российской Федерации, включая указы Президента и постановления Правительства, определяющие экологическое благополучие как национальную цель развития. Целью работы был анализ зависимости между количественными показателями пространственного развития городской среды и геоэкологическим состоянием урбосистем. Исследована взаимосвязь между темпами градостроительной деятельности и ростом рисков возникновения неблагоприятных геоэкологических ситуаций. Объектами исследования послужили три города Республики Беларусь: Минск, Могилев и Брест. Исходными данными для оценки экологического состояния этих городов послужили материалы, представленные количественными значениями загрязнений — концентрации оксида углерода IV (угарный газ), оксида азота IV, озона, оксида серы IV (сернистый ангидрид), крупнодисперсных твердых частиц (PM_{10}). Концентрированно показатели пространственного развития выражены в доле земель застройки от общей площади городов. Главным этапом стала оценка зависимости показателей экологического состояния городов от пространственного развития территорий для рассматриваемых объектов исследования. Экологические показатели связаны с пространственными, а именно хорошо коррелируют с долей земель застройки. Минская ситуация имеет специфическую модель развития. Предложенный авторами подход может быть интегрирован в практику оценки геоэкологического состояния городов при условии расширения данных по объектам с различными долями земель застройки.

Ключевые слова: геоэкологическое состояние; землепользование; методы математической статистики; пространственное развитие территорий; урбанизация; экологическая безопасность

Введение

В решении задач техносферной безопасности городов важная роль принадлежит обеспечению экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях, тесно связанных с вопросами использования и охраны природных ресурсов (недр, земель, воздушной и водной географических сфер Земли как среды обитания и жизнедеятельности человека и других организмов). Это относится к интенсивности деятельности человека в части пространственного развития территорий (к промышленности, строительству, лесному, водному и другим видам хозяйствования, включая военные технологии) [1–6]. Верен постулат, что чем активнее идёт пространственное развитие территории города, масштабнее темпы строительства, тем выше угрозы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях [2; 7–9].

Доминирующим фактором снижения рисков экологической опасности является оптимизация использования территорий на основе функционального и градостроительного зонирования, а также создание и надлежащее функционирование особо охраняемых природных территорий (ООПТ) [10–12].

Настоящая статья является актуальным развитием наработок авторов в области методического обеспечения исследования взаимосвязей между пространственным развитием территории городов в части землепользования и экологическим состоянием окружающей среды в них, в которых дана характеристика современных трендов, тенденций и технологий в данной области [13–22].

Материалы и методы исследования

Основными нормативными правовыми актами по вопросам экологической безопасности городов Российской Федерации являются федеральные кодексы и законы, технические регламенты и стандарты; особое внимание обращаем на федеральный закон «Об охране

окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, Указы Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» и от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации», постановления Правительства РФ от 14.03.2024 № 300 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге», от 19.03.2024 № 329 «О федеральной государственной информационной системе состояния окружающей среды».

Экологическая безопасность и рациональное природопользование признаны одним из стратегических национальных приоритетов в подпункте 7 пункта 26 Указа Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». А подпункт 3 пункта 83 указывает, что уменьшение уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах и иных населенных пунктах обеспечит реализация государственной политики в этом направлении.

Экологическая безопасность (экологическое благополучие) страны определена как одна из национальных целей развития Российской Федерации в подпункте г) пункта 1 Указа Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Вопросы экологической безопасности конкретных территорий страны рассматриваются в «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года», утверждённой распоряжением Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р. Всё это обеспечивает правовое поле реализации научного содержания, дефиниций, процедур и надлежащего использования их результатов для достижения экологической безопасности.

Цель настоящего исследования — анализ зависимостей экологического состояния окружающей среды в городе от количественных показателей пространственного развития его территории и установление взаимосвязей между этими характеристиками.

Базовыми методами исследования были информационно-логический анализ и методы математической статистики. Изучено, при помощи вербально-семантического анализа направлений исследований, содержание тематических нормативных правовых актов и научных публикаций.

В качестве объектов исследования были взяты три города, расположенных на территории Союзного государства, а именно Республики Беларусь. Это Минск, Могилев и Брест. Минск — столица Республики Беларусь, административный центр Минской области и Минского района с численностью населения 1 996 730 человек (на начало 2025).[1]

Могилев расположен на востоке Республики Беларусь, административный центр Могилевской области и Могилевского района, численность населения 352 896 человек (на начало 2025).[1] Брест — город на юго-западе Беларуси с численностью населения 346 061 человек.[1] Данный выбор обусловлен как полнотой данных по реестру земельных ресурсов Республики Беларусь, представленных в свободном доступе в сети Internet на сайте Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, данными по качеству атмосферного воздуха в городских населенных пунктах на сайте Национального статистического комитета Республики Беларусь, так и возможностью оценить взаимосвязь между пространственным развитием территории и экологическими характеристиками в крупном политическом, экономическом, научном, культурном и промышленном центре (столице) и городах более низкого иерархического уровня как по численности населения, так и по социально-экономическому развитию. Временной интервал исследования — с 2014 по 2025 год.

[1] Численность населения на 1 января 2025 года и среднегодовая численность населения за 2024 год по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа // Национальный статистический комитет Республики Беларусь URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_148167/ (дата обращения: 23.04.2026).

Первым этапом исследования стал сбор исходных данных для оценки экологического состояния городов Республики Беларусь, которыми послужили материалы, представленные количественными значениями загрязнений — концентрации оксида углерода II (угарный газ), оксида азота IV, озона, оксида серы IV (сернистый ангидрид), крупнодисперсных твердых частиц (PM_{10}). Концентрации загрязнений озона и твердых частиц брали для жилой зоны. Нужно отметить, что данные мониторинга атмосферного воздуха показывают общее снижение выбросов на 2,5 % за 2019–2020 годы. Динамика неоднородна: если передвижные источники сократили нагрузку на 7,1 %, то объемы выбросов от стационарных объектов, напротив, выросли на 5,8 % [23].

Комплекс сведений о показателях пространственного развития территории представлен:

1. S_o — общей площадью земель, выраженной в га.
2. $S_з$ — площадью земель под застройкой, га.
3. $D_з$ — долей земель застройки от общей площади, %:

$$D_з = 100 \cdot \frac{S_з}{S_o}.$$

4. N — численностью населения, человек.
5. P_o — общей плотностью населения, человек/га:

$$P_o = \frac{N}{S_o}.$$

6. $P_з$ — плотностью населения на застроенных территориях, человек/га:

$$P_з = \frac{N}{S_з}.$$

Результаты исследования

Промышленный комплекс города Могилев представлен производством химических продуктов (ОАО «Могилевхимволокно»), машин, оборудования (ОАО «Могилевлифтмаш»), транспортных средств (ЗАО «Могилевский вагоностроительный завод»), металлургическим производством (ОАО «Могилевский металлургический завод»), производством строительных материалов (ЗАО «Могилевский комбинат силикатных изделий») и продуктов питания (ОАО «Могилевский мясокомбинат», ОАО «МОЖЕЛИТ»).

В городе расположен крупный железнодорожный узел. Всего в городе 59 крупных промышленных предприятий. Источниками загрязнения атмосферного воздуха города являются предприятия теплоэнергетики, химической промышленности, черной металлургии, жилищно-коммунального хозяйства и автотранспорт, на долю которого приходится 75 % выбросов загрязняющих веществ.[2]

К ключевым факторам загрязнения атмосферного воздуха г. Могилев относятся как передвижные (транспорт), так и стационарные источники (промышленные предприятия и коммунальные объекты), включая котельные на твердом и жидком топливе. Также значительную роль играет приток загрязнителей благодаря трансграничному переносу загрязняющих веществ.

[2] Могилев. Схема развития городского пассажирского транспорта и магистрально-уличной сети города Могилева. 28.22-00. ПЗ-5 [Электронный ресурс]: экологический доклад по стратегической экологической оценке. — Электрон. дан. — Минск, 2023. — URL: https://mogilev.gov.by/downloads/archit/20230905_28.22_ED_KTS_Mogilev.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

В атмосферном воздухе г. Могилева одновременно присутствуют в различных количествах разнообразные по спектру действия загрязняющие вещества, но особое внимание было уделено основным: оксиду углерода II (угарный газ), оксиду азота IV, озону, оксиду серы IV (сернистый ангидрид), крупнодисперсным твердым частицам (PM_{10}).

Для уменьшения количества загрязняющих веществ в атмосферном воздухе необходимо увеличение в городском пассажирском транспорте доли транспортных средств на газовом или альтернативном топливе, доли электрифицированного транспорта, а также улучшение использования существующей инфраструктуры.

Город Брест — один из крупных центров обрабатывающей промышленности. Промышленный комплекс Брестчины представлен более 340 основными предприятиями различных отраслей. К числу ключевых факторов техногенного воздействия на состояние воздушного бассейна города относятся объекты теплоэнергетического комплекса, предприятия сельхозмашиностроения и лесоперерабатывающей отрасли, а также автомобильный транспорт.[3]

Столица Республики Беларусь выступает крупным промышленным центром. В основе её промышленного комплекса предприятия машиностроения, пищевой и табачной промышленности, производства электрооборудования, транспортных средств, строительных материалов и фармацевтики. Минск лидирует в республике по выпуску ряда ключевых товаров: холодильников и морозильников, стиральных машин, шариковых и роликовых подшипников, шерстяных тканей, грузовых автомобилей и самосвалов, тракторов, телевизоров, автобусов, троллейбусов и электробусов. Всего в городе функционируют 215 крупных промышленных предприятий. Основная доля выбросов в атмосферу приходится на крупные промышленные предприятия и предприятия теплоэнергетики. Это ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, РУП «Минский тракторный завод», РУП «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский завод отопительного оборудования», ОАО «Минский завод строительных материалов», ОАО «Керамин», Минские тепловые сети.[4] В целом, состояние атмосферы города Минска является приемлемым для проживания. Однако условия городской среды оказывают негативное влияние на чистоту воздуха [24]. Более 87 % выбросов приходится на автомобили, а на стационарные источники (промышленные предприятия) — лишь 13 % [25–27]. Снизить уровень загрязнения атмосферного воздуха от выбросов передвижных источников можно за счёт реализации следующих мер:

- модернизации автотранспортной техники с повышением её экологических характеристик;
- планомерного сокращения парка устаревших автомобилей через ускоренный вывод их из эксплуатации;
- повышения качества традиционных видов топлива;
- внедрения современных решений по организации дорожного движения для уменьшения заторов и холостого хода.

[3] Ежегодник состояния атмосферного воздуха. 2023 // Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Минприроды Республики Беларусь радиационно — экологический мониторинг URL: https://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosfernogo-vozduha-2023/g-brest (дата обращения: 24.04.2026).

[4] Материалы к Единому дню информирования 16 октября 2008 года по дополнительной теме для г. Минска: «Проблемы экологии городской среды» (по информации Минского научно-исследовательского института социально-экономических проблем и Минского городского комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды) // Минский городской исполнительный документ URL: https://minsk.gov.by/ru/actual/view/209/2008/den_info_20081016_dop.shtml (дата обращения: 24.04.2026).

Вторым этапом исследования стала попытка установить взаимосвязи между показателями пространственного развития территории.

С помощью корреляционных полей (диаграмм распределения пар показателей из их генеральной совокупности в ортогональных координатах) установили, что площадь земель под застройкой, доля земель застройки для Бреста и Могилева находятся в близком диапазоне (рис. 1).

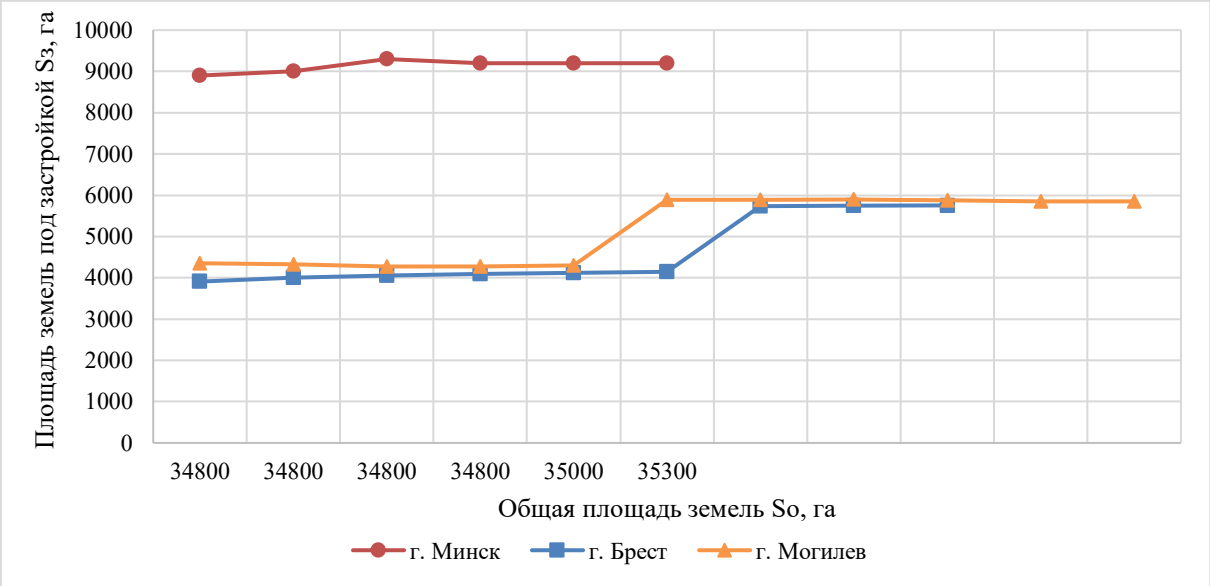

Рисунок 1. *Зависимость площади земель под застройкой от общей площади земель в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Величина достоверности аппроксимации (линейная регрессия): для Бреста $R^2 = 0{,}74$, Могилева $R^2 = 0{,}73$, а для Минска $R^2 = 0{,}50$.

Исходно опирались на предположение, что взаимосвязь между плотностью населения на застроенных территориях и общей площадью застроенной территории будет достаточной высокой. Анализ величин достоверности аппроксимации (брали линейную регрессию) для городов Бреста и Могилева одинаков ($R^2 = 0{,}71$) и выше, чем для Минска ($R^2 = 0{,}25$) (рис. 2).

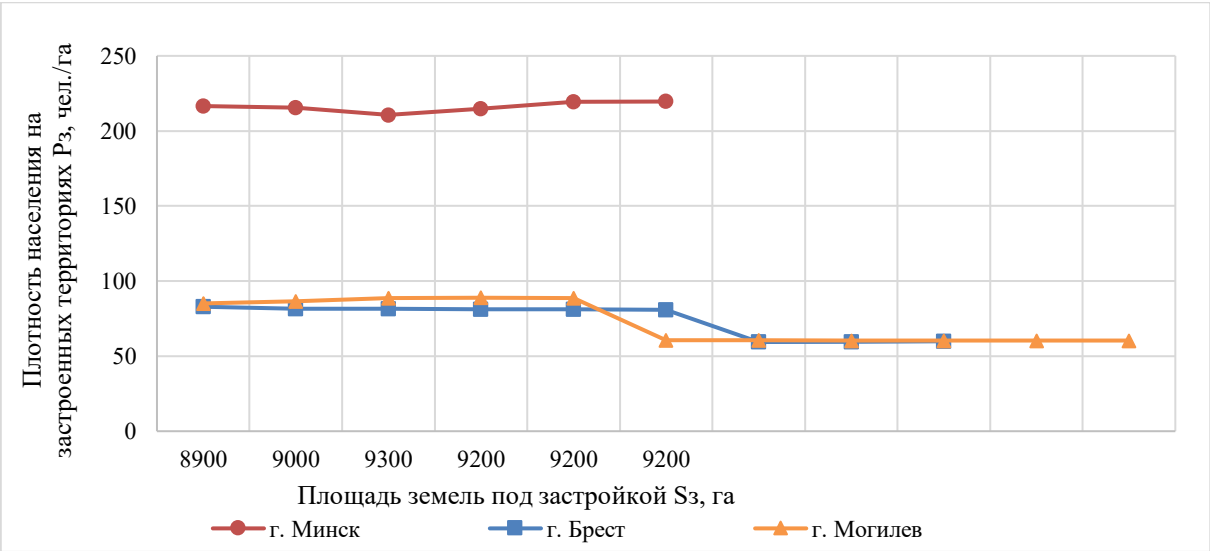

Рисунок 2. *Зависимость плотности населения на застроенных территориях от площади земель под застройкой в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Третьим этапом исследования стал анализ динамики интересующих показателей. Внимание было уделено анализу площади земель под застройкой. Этот показатель для Минска резко увеличился в 2023 году, затем стабилизировался (рис. 3), что привело к увеличению доли земель под застройкой и падению плотности населения на застроенных территория.

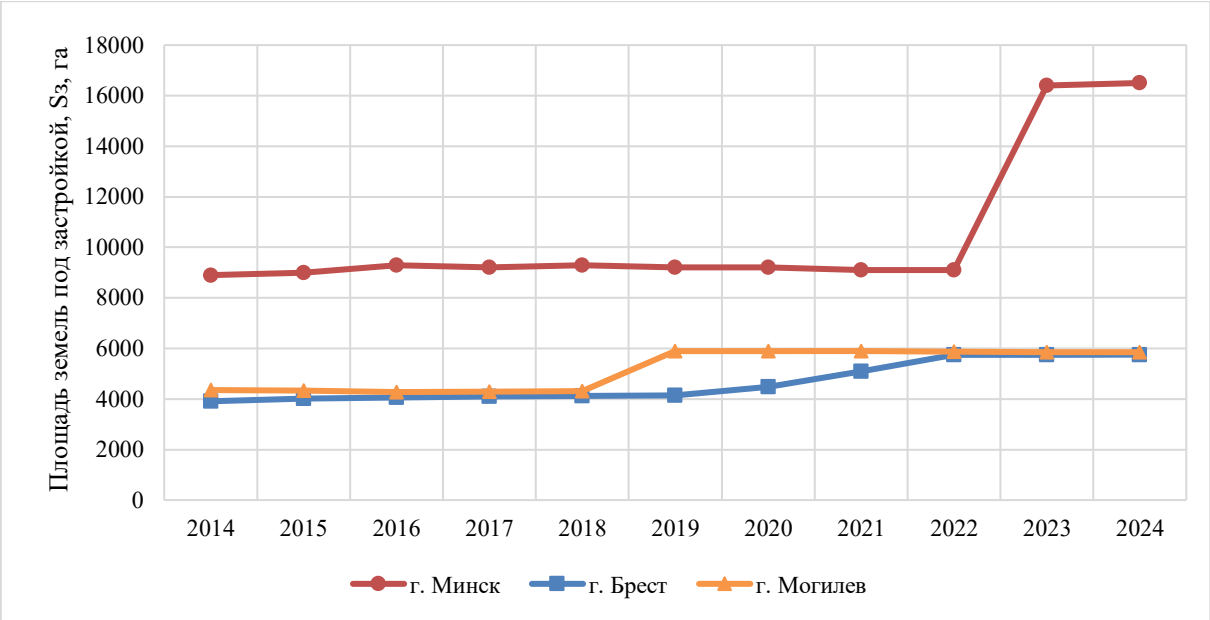

Рисунок 3. *Изменение площади земель под застройкой в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Для Могилева данный показатель также имел увеличение в 2019 году, хотя не столь резкое, как описанное выше для Минска (рис. 3–5).

Показатель площади земель под застройкой для Бреста увеличивался более плавно с 2019 по 2022 год. После 2022 года он стабилизировался, как и в случае с Могилевом. Плотность населения на застроенных территориях в городах Брест и Могилев начала снижаться после 2018 года, для Могилева это снижение было более заметным, после 2022 года показатель стабилизировался (рис. 4, 5).

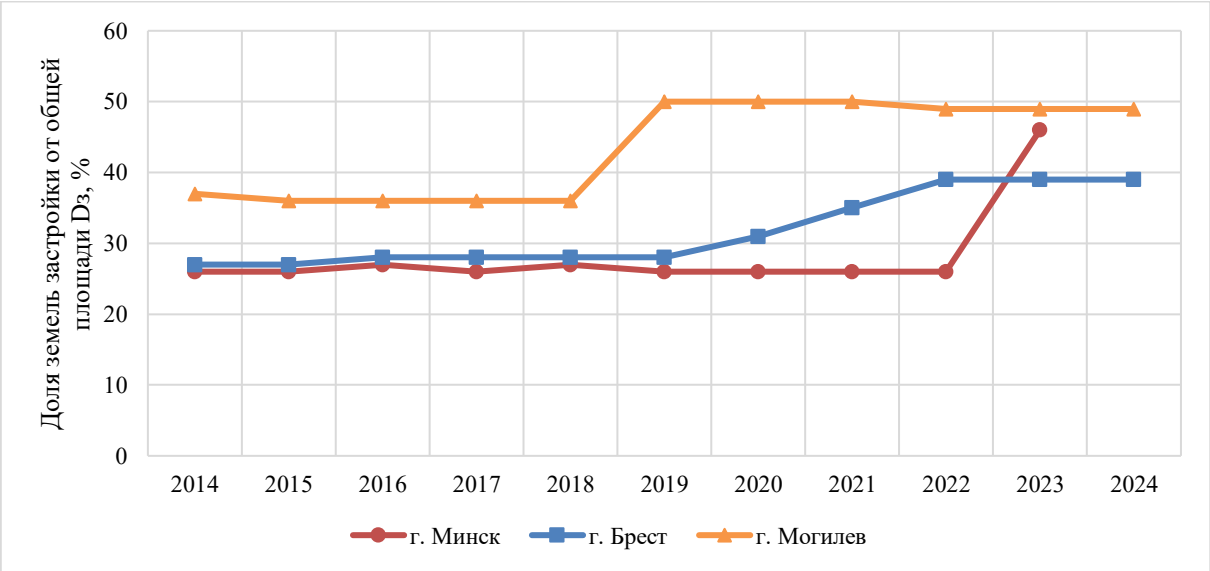

Рисунок 4. *Изменение доли земель от общей площади под застройкой для г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

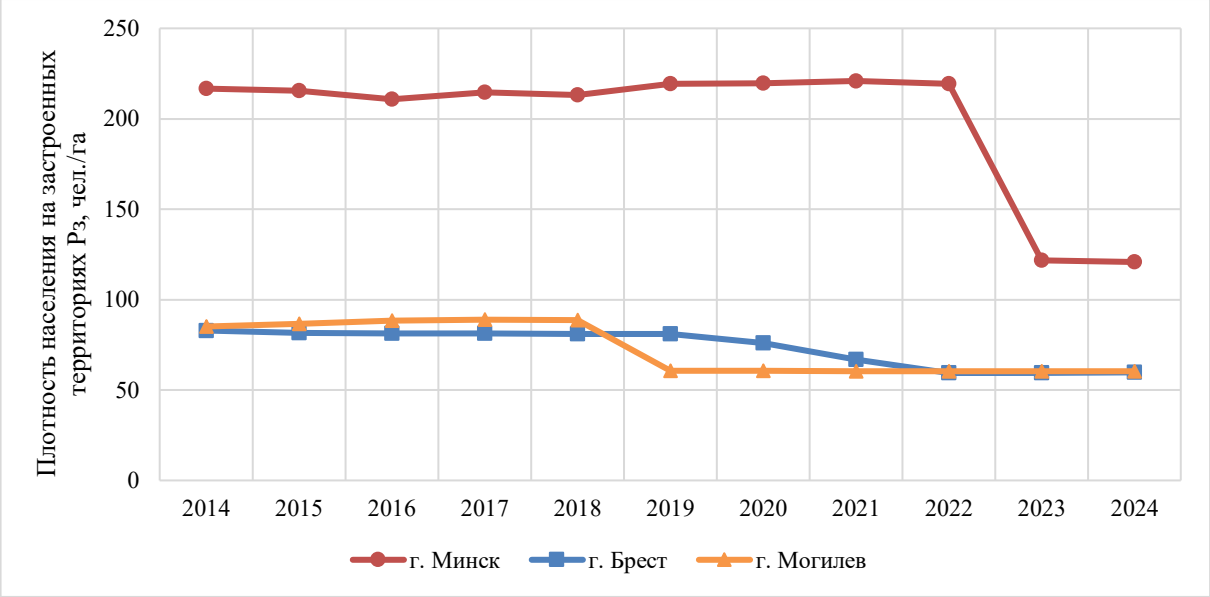

Рисунок 5. *Изменение плотности населения на застроенных территориях г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Обсуждение результатов

Четвёртым этапом исследования (основным) стал анализ зависимости показателей экологического состояния белорусских городов от показателей пространственного развития их территории. Нижеприведённые характерные графики достаточно интересны для анализа, наглядно отображают основные результаты нашего исследования.

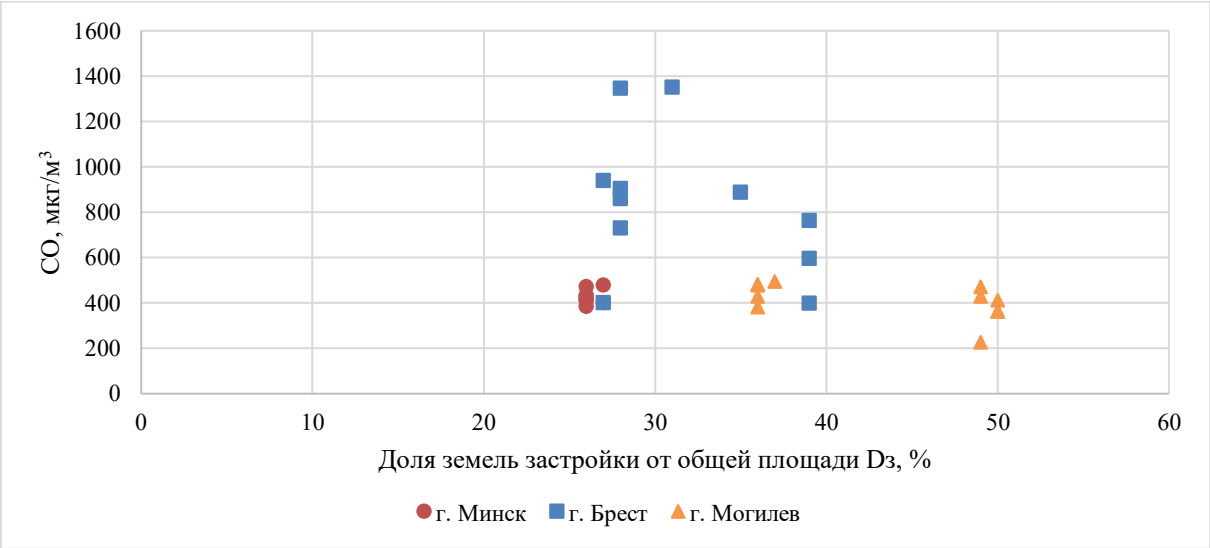

Рисунок 6. *Зависимость концентрации угарного газа от доли земель застройки от общей площади в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Используя данные по трем городам, было получено уравнение тренда $y = -9{,}2 \cdot x + 882{,}5$, величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}0871$. Согласно уравнению, доля земель застройки растет, а концентрация угарного газа падает, хоть и незначительно (рис. 6). Это может быть обусловлено улучшением парка автомобилей и модернизацией систем очистки промышленных выбросов на предприятиях. Для Минска наоборот, растет доля земель застройки и повышается концентрация угарного газа.

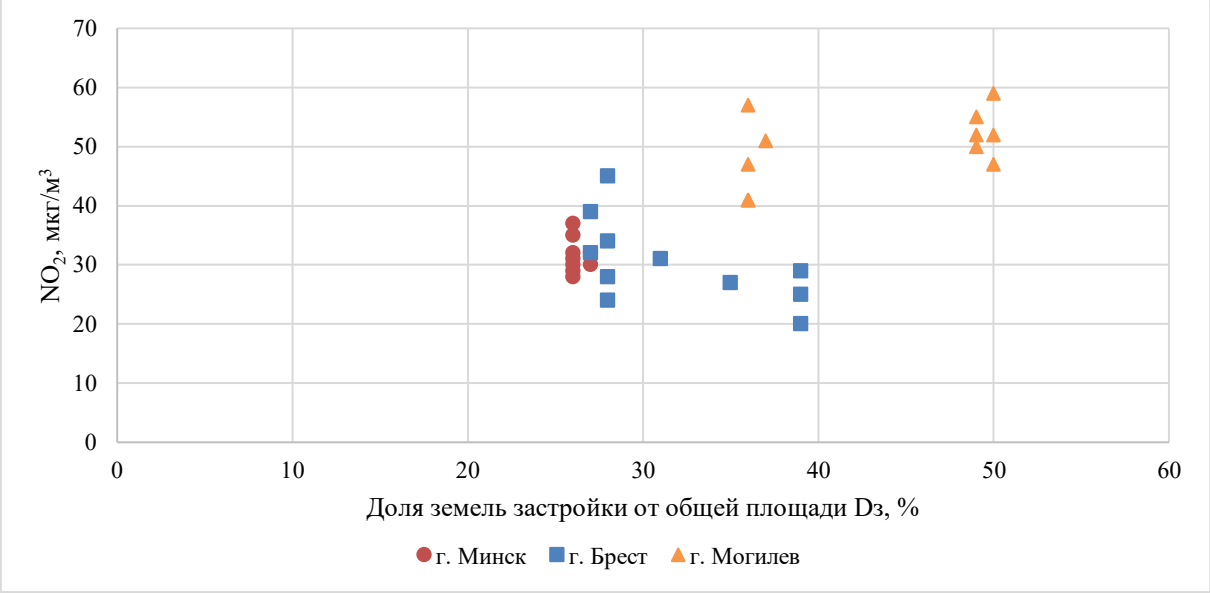

Рисунок 7. *Зависимость концентрации оксида азота (IV)от доли земель застройки от общей площади в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Минск по уровню загрязнения оксидами азота является одним из лидеров среди областных центров республики [28]. Рассматривая зависимость концентрации оксида азота IV по данным для всех трех городов, получили линию тренда, которая имеет вид $y = 0{,}8 \cdot x + 10{,}2$, величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}0871$ (рис. 7). Это указывает, что повышение концентрации оксида азота IV идет при увеличении доли застройки. Такая тенденция может складываться за счет увеличения автомобилей, работающих на дизельном топливе. Вносят вклад в объем загрязнения и процессы сжигания ископаемого топлива на теплоэлектростанциях. Но если индивидуально рассматривать каждый город, то в Минске (уравнение линии тренда — $y = 0{,}7 \cdot x + 50{,}3$,) величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}01$и Бресте (уравнение линии тренда — $y = 0{,}8 \cdot x + 56{,}2$) величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}04$ концентрации оксида азота IV при увеличении доли земель застройки от общей площади падает, причем линии тренда имеют близкую величину угла наклона. Также можно предположить, что увеличение доли земель застройки от общей территории выше 35 % приводит к увеличению концентрации оксида азота IV.

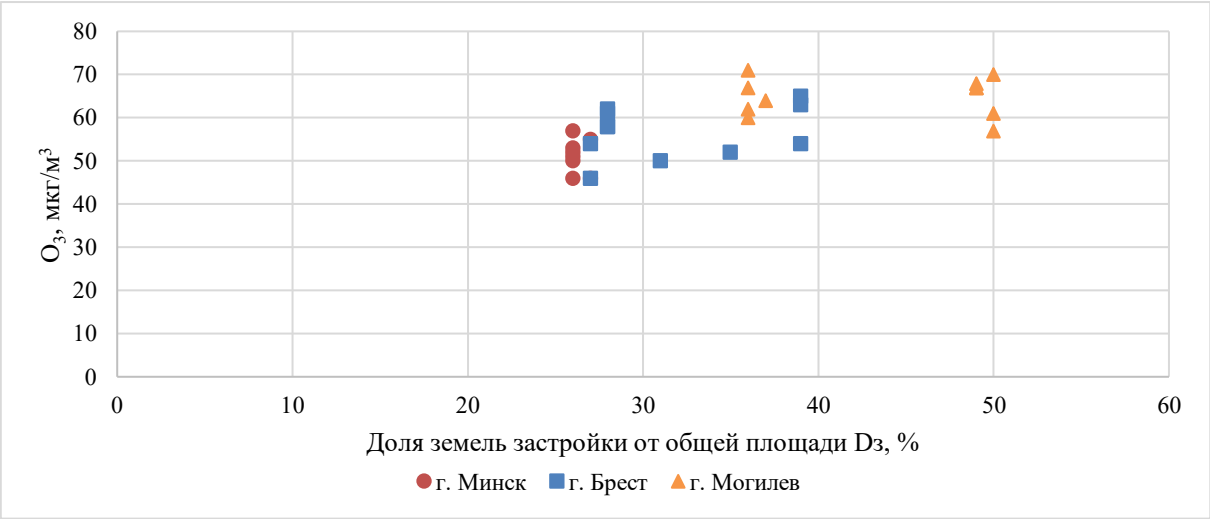

Рисунок 8. *Зависимость концентрации озона от доли земель застройки от общей площади в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Из рисунка 8 видно, что при увеличении доли земель застройки от общей площади увеличивается концентрация озона (уравнение линии тренда — $y = 0{,}6 \cdot x + 39{,}1$), величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}446$. Скорее всего, его появление инициируют высокие концентрации оксидов азота и летучие органические соединения. Для Могилева концентрация озона не увеличивается.

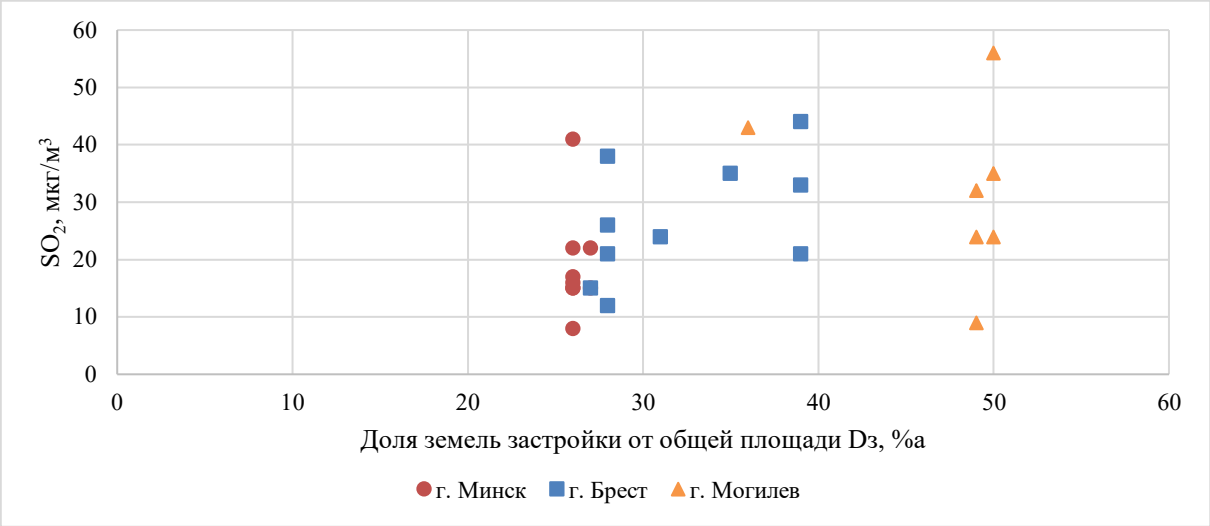

Рисунок 9. *Зависимость концентрации оксида серы (IV)от доли земель застройки от общей площади в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Анализ зависимости концентрации оксида серы IV (сернистый ангидрид) от доли земель застройки по данным для трех городов показал, что идет небольшое увеличение (рис. 9). Особенно это явно для Бреста и Могилева, а для Минска наблюдаем обратную картину.

Повышенные концентрации оксида серы IV (сернистый ангидрид) наблюдаются при использовании топлива низкого качества, в том числе и дизельного, а также при увеличении мощностей металлургических заводов, нефтеперерабатывающих производств и химических предприятий.

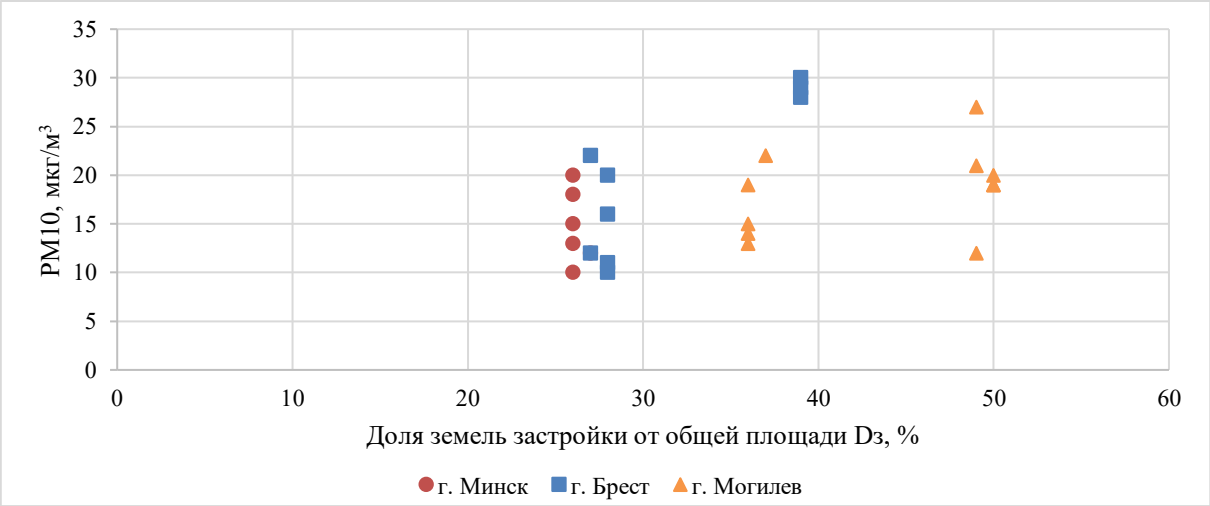

Рисунок 10. *Зависимость концентрации твердых частиц от доли земель застройки от общей площади в г. Минск, г. Брест и г. Могилев (составлено авторами)*

Анализируя данные, представленные на рисунке 10, можно увидеть, что запыленность города при увеличении доли застройки растет незначительно (уравнение линии тренда — $y = 0{,}3 \cdot x + 8{,}4$), величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}175$).

Основные причины увеличения запыленности в городе — это микрочастицы резины от шин, металлическая крошка от тормозных колодок, выхлопные газы, содержащие сажу, остатки противогололедных смесей, а также предприятия строительной отрасли.

Выводы и рекомендации

Концентрированно показатели пространственного развития выражены в доле земель застройки. Этот показатель для Минска с 2014 года (начало исследований) оставался постоянным и лишь в 2023 году резко вырос в 1,8 раза и в 2024 году изменился незначительно. Для Бреста и Могилева ситуация иная: доля земель застройки от общей площади, начиная с 2014 года, росла. Так, в Бресте этот показатель за десять лет вырос в 1,4 раза, а в Могилеве в 1,3. Нужно отметить, что первоначально в 2014 году этот показатель бы самым высоким в Могилеве (37 %) и к 2024 году достиг 49 %, оставаясь в лидирующем положении.

Экологические показатели зависят от пространственных, а именно от доли земель застройки. Концентрация угарного газа с ростом доли застройки падает, хоть и незначительно. Для Минска обратная ситуация. Такая динамика может указывать, что идет улучшение парка автомобилей и системы очистки промышленных выбросов.

Повышение концентрации оксида азота IV идет при увеличении доли застройки. Это происходит за счет увеличения автомобилей, работающих на дизельном топливе. Вносят вклад в объем загрязнения и процессы сжигания ископаемого топлива на теплоэлектростанциях. Но если индивидуально рассматривать каждый город, то в Минске и Бресте концентрации оксида азота IV при увеличении доли земель застройки от общей площади падает, причем линии тренда имеют близкую величину угла наклона. Также можно предположить, что увеличение доли земель застройки от общей площади выше 35 % приводит к увеличению концентрации оксида азота IV.

Концентрация озона в Минске и Бресте возрастает при увеличении застроенных территорий в городе.

Исследование взаимосвязи между долей застройки и концентрации оксида серы IV (сернистый ангидрид) выявило умеренную положительную корреляцию. При этом в Бресте ярко выраженная тенденция к росту загрязнения, а в Минске и Могиле, она, наоборот, падает.

Анализ графических данных указывает на наличие несущественного роста концентрации пыли по мере увеличения доли застройки.

Таким образом, полученные данные указывают на то, что предложенный способ оценки экологического благополучия городских территорий может получить широкое применение. Необходимым условием корректного, полноценного анализа, обеспечивающего надлежащую достоверность, послужит увеличение исследуемой выборки за счёт роста количества городов с разными значениями доли земель застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалов, В. И. Научно методические основы обеспечения экологической безопасности территорий в условиях урбанизации / В. И. Беспалов, Е. В. Котлярова, А. С. Бондаренко // Инженерный вестник Дона. — 2019. — № 1(52). — С. 104. — EDN SNPUEG.
2. Биоэкологические и геоэкологические последствия чрезвычайных ситуаций / В. Н. Безносов, А. Н. Гордиенко, Э. С. Цховребов, А. Л. Суздалева // Естественные и технические науки. — 2023. — № 10(185). — С. 80–82. — DOI 10.25633/ETN.2023.10.06. — EDN ZHGNDC.

3. Волкова, Д. С. Проблемные вопросы экологической безопасности урбанизированных территорий / Д. С. Волкова, С. О. Замятин // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий: материалы Международной научно-практической конференции. В 4-х томах, Тюмень, 23 декабря 2022 года. Т. 4. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. — С. 75–79. — EDN QVPXMA.
4. Суздалева, А.Л. Вторая геология — наука о техногенных телах литосферы: монография. — М.: РадиоСофт, 2022. — 584 с.– EDN: UJOSTJ.
5. Суздалева, А. Л. Современный характер урбанизации и необходимость комплексного решения проблем экологической безопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны труда / А. Л. Суздалева // Экология урбанизированных территорий. — 2014. — № 2. — С. 12–16. — EDN SLTWYF.
6. Попов, А. А. Оценка экологической безопасности урбанизированной территории / А. А. Попов, С. Д. Антонов, А. М. Овчаренко // Современные проблемы экологии и промышленной безопасности: Сборник материалов III Всероссийской научно-технической конференции, Новочеркасск, 31 мая — 01 2024 года. — Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2024. — С. 52–54. — EDN FLOJVK.
7. Цховребов, Э. С. Экологические последствия чрезвычайных ситуаций техногенного характера / Э. С. Цховребов. — Москва: ФГБУ "Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России" (федеральный центр науки и высоких технологий), 2025. — 280 с. — ISBN 978-5-93970-326-0. — EDN NOYZIM.
8. Цховребов, Э. С. Метод оценки экологических угроз и рисков при функционировании техносферных объектов / Э. С. Цховребов, А. Н. Гордиенко // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2023. — № 1(65). — С. 114–126. — EDN BFHLEX.
9. Критерии оценки устойчивого развития пригородных территорий городских агломераций: проблемы и пути решений / А. П. Сизов, А. М. Портнов, К. Паулюс, Р. Мансбергер // Естественные и технические науки. — 2019. — № 12(138). — С. 201–209. — DOI 10.25633/ETN.2019.12.19. — EDN QCVJWL.
10. Сизова, Е. А. Диагностика антропогенных изменений на особо охраняемой природной территории сверхкрупного города при помощи дистанционного мониторинга (на примере московской зоны отдыха "Аллея Дорога жизни") / Е. А. Сизова, Е. А. Стыценко // Геодезия и картография. — 2016. — № 11. — С. 53–59. — DOI 10.22389/0016-7126-2016-917-11-53-59. — EDN UWERTD.
11. Богданова, О. В. Анализ системы мониторинга объектов особо охраняемых природных территорий на примере Тюменской области [Текст] / О. В. Богданова, В. М. Окмянская, А. П. Сизов // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2019. — № 3(159). — С. 72–77. — EDN: ZTPNQY.
12. Черных, Е. Г. Особенности развития города Тюмени на современном этапе урбанизации / Е. Г. Черных // Экономика и предпринимательство. — 2024. — № 3(164). — С. 613–618. — DOI 10.34925/EIP.2024.164.3.118. — EDN BTLOBA.
13. Суздалева, А.Л. Геоэкологические основы техносферной безопасности [Текст] / А. Л. Суздалева, Д. Х. Мамина // Естественные и технические науки. — 2023. — № 1(176). — С. 113–114.– EDN: BVTLPE

14. Безносов, В. Н. Субурбанизация Московского региона: проблемы геоэкологии и экологической безопасности / В. Н. Безносов, А. Л. Суздалева, В. П. Хоменко [и др.] // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/45NZVN425.pdf (дата обращения: 23.04.2026)
15. Сизов, А. П. Развитие базовых понятий управления природными ресурсами и недвижимостью в целях адаптации окружающей среды под нужды человека [Текст] / А. П. Сизов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект) — 2017. — № 1(4). — С. 85–95. — EDN: ZFMGKL
16. Сизов, А. П. Подходы и результаты прогнозирования средоформирующего потенциала территории субъектов Российской Федерации в целях оптимизации их пространственного развития // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2023. — № 1(173). — С. 22–26. — EDN: ABPSRJ.
17. Смирнов, И. Н. Техногенные геологические тела городской территории / И. Н. Смирнов, В. Н. Безносов, А. Л. Суздалева [и др.] // Вестник Евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 1. — URL: https://esj.today/PDF/44NZVN124.pdf (дата обращения: 23.04.2026).
18. Смирнов, И. Н. Влияние геологической среды на экологическую безопасность и комфортность условий жизни городского населения / И. Н. Смирнов, В. Н. Безносов, А. Л. Суздалева [и др.] // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 2. — URL: https://esj.today/PDF/71NZVN225.pdf (дата обращения: 23.04.2026).
19. Симонян, В. В. Имплементация эколого-этических компетенций для работников сферы информационного обеспечения градостроительства при осуществлении ими производственного процесса / В. В. Симонян, А. П. Сизов, С. А. Атаманов, С. А. Григорьев, Т. В. Илюшина, М. В. Литвиненко // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/68NZVN425.pdf.
20. Коробка, А. В. Геоэкологические риски при строительстве гражданских объектов и их оценка / А. В. Коробка, В. В. Симонян // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 2. — URL: https://esj.today/PDF/82NZVN225.pdf (дата обращения: 23.04.2026).
21. Черных, Е. Г. Особенности управления развитием территорий в условиях сложноустроенного субъекта (на примере Тюменской области) [Текст] / Е. Г. Черных, А. П. Сизов // Приложение к журналу «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка». Сборник статей по итогам научно-технической конференции. — 2019. — № 10-2. — С. 71–74. — EDN: MJWHLQ.
22. Chernykh, E. G. Assessment of media-forming potential of the territory in the implementation of the lands / E. G. Chernykh, O. V. Bogdanova, A. P. Sizov, T. V. Simakova // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2020. — статья пор. № 58. 1116 AISC P. 577–588. URL: https://www.springer.com/us/book/9783030379186 (дата обращения: 27.04.2026).
23. Дыжова, А. А. Анализ состояния окружающей среды и обеспечение экологической безопасности в Республике Беларусь / А. А. Дыжова // Ростовский научный вестник. — 2023. — № 2. — С. 8–12. — EDN CRUJWV.
24. Рышкель, О. С. Сравнительный анализ состояния хвои сосны для определения чистоты атмосферного воздуха города Минска и города Пинска / О. С. Рышкель, Н. А. Глинская, Е. С. Сильченко // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. — 2023. — № 2. — С. 17–24. — EDN FJGDPI.

25. Рышкель, И. В. Оценка состояния атмосферного воздуха города Минска / И. В. Рышкель, О. С. Рышкель, А. Ю. Хацкевич // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. — 2016. — № 2. — С. 29–33 — EDN: XDBOFD.
26. Антропогенное загрязнение воздуха и приземный озон в городах Беларуси / В. В. Божкова, Р. Н. Бурак, Б. Б. Козерук [и др.] // Природные ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 92–101. — EDN TITHXE.
27. Состояние и проблемы экологической обстановки в Республике Беларусь / В. М. Раубо, А. Н. Гурина, Т. В. Севастюк [и др.] // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20–22 апреля 2021 года. Т. 1, ч. 2. — Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. — С. 443–446. — EDN QQXXTB.
28. Сезонный ход концентраций антропогенных загрязнений воздуха и приземного озона в городах Беларуси / А. Н. Акимов, А. М. Людчик, Е. А. Мельник, П. Н. Павленко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. — 2023. — № 3. — С. 16–30. — DOI 10.46646/2521-683X/2023-3-16-30. — EDN PSPZHF.

Mamina Dinya Halilovna
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
E-mail: dmamina@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2027-2444
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=376937
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57221743392

Sizov Alexander Pavlovich
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
E-mail: ap_sizov@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6175-0145
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=616164
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57214974937

Simonyan Vladimir Viktorovich
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
E-mail: simonyan.vladimir55@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3224-9500
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=646817
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57200091964

Establishing relationships between the ecological state of the environment in the city and indicators of its spatial development

Abstract. The article discusses current issues of ensuring the geo-ecological safety of cities in the context of intensive spatial development of urban areas. The authors reviewed the current regulatory framework of the Russian Federation, including presidential decrees and government resolutions defining environmental well-being as a national development goal. The aim of the work was to analyze the relationship between quantitative indicators of spatial development of the urban environment and the geoecological state of urban systems. The relationship between the pace of urban development and the increasing risks of adverse geoecological situations is investigated. The objects of the study were three cities of the Republic of Belarus: Minsk, Mogilev and Brest. The initial data for assessing the ecological status of these cities were materials presented by quantitative values of pollutants — concentrations of carbon monoxide IV (carbon monoxide), nitrogen oxide IV, ozone, sulfur oxide IV (sulfur dioxide), coarse particulate matter (PM10). Spatial development indicators are concentrated in the proportion of built-up land from the total area of cities. The main stage was the assessment of the dependence of indicators of the ecological state of cities on the spatial development of territories for the considered research objects. Environmental indicators are related to spatial ones, namely, they correlate well with the proportion of built-up land. The Minsk situation has a specific development model. The approach proposed by the authors can be integrated into the practice of assessing the geo-ecological state of cities, provided that data on objects with different.

Keywords: geoecological condition; land use; methods of mathematical statistics; spatial development of territories; urbanization; environmental safety