

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВОРОНЕЖА, ЛИПЕЦКА И ТУЛЫ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

*С.А. Епринцев, О.В. Клепиков, Н.А. Дьякова,
С.В. Шекоян, П.М. Виноградов*

Воронежский государственный университет, Воронеж
esa81@mail.ru, klepa1967@rambler.ru, ninochka_v89@mail.ru,
shekoyan.syuzanna@mail.ru, vinpaul89@gmail.com

Аннотация. Техногенное загрязнение окружающей среды является одной из наиболее актуальных проблем современного общества, имеющей серьезные последствия для окружающей среды и здоровья населения.

Объектом изучения данной проблемы являются урбанизированные территории городов Воронежа, Липецка и Тулы, поскольку здесь имеется большое количество источников техногенных загрязнений, например автотранспорт, промышленные предприятия и т. д., что приводит к повышению уровня экологического риска как для окружающей среды, так и для здоровья населения. Высокая концентрация в атмосферном воздухе вредных веществ, таких как оксиды азота, сера, окись углерода, свинец и т. д., оказывает негативное влияние на флору и фауну и способствует развитию у человека ряда заболеваний: аллергии, заболеваний дыхательной системы, астмы и других.

Антропогенное загрязнение воздуха в исследуемых городах является серьезным экологическим фактором риска и требует принятия своевременных мер по снижению загрязнения воздуха, охране окружающей среды и здоровья человека.

Для решения этой проблемы необходим комплекс мероприятий – усовершенствовать технологии производства системы обращения с отходами, снизить выбросы вредных веществ и т. д.

Целью данного исследования является изучение техногенного загрязнения атмосферного воздуха в урбанизированных районах Воронежа, Липецка и Тулы, а также оценка его воздействия на природную среду и экологический риск для здоровья населения.

В рамках исследования проведено измерение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а также анализ влияния антропогенных поллютантов на состояние среды обитания и здоровье населения на примере Воронежа, Липецка и Тулы.

Для выявления факторов, влияющих на здоровье населения в регионах, разработана структура географической информационной системы (ГИС) и созданы цифровые карты состояния окружающей среды. Аналитические показатели для эколого-функциональной дифференциации представлены на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием анализа NDVI. Источником являются спутниковые снимки спутника Landsat-8, а для анализа динамических характеристик были использованы снимки спутника Landsat-7.

Ключевые слова: урбанизированные территории, антропогенные поллютанты, атмосферные загрязнители, экологический риск, Центрально-Черноземный регион.

Деятельность современных городов требует их постоянного роста, а также коренной трансформации городских систем с постепенным формированием новой среды, на которую приоритетное влияние оказывает техногенная среда [1; 2]. Увеличение автомобильного транспорта, а также промышленного потенциала приводит к антропогенному загрязнению природной среды – атмосферы (при непосредственном контакте с людьми), а также почвы (как показателя долгосрочного антропогенного воздействия) [3; 4]. Повышение уровня загрязнения приводит к нарушению ста-

бильности природной среды и значительному негативному влиянию на здоровье человека [5; 6].

Особую опасность представляют канцерогенные загрязнители, для которых не существует безопасного порога воздействия – чем выше доза, тем сильнее эффект [7; 8]. Они являются фактором риска преждевременной смертности населения. Защита от вредного воздействия и анализ факторов риска – ключевое звено концепции устойчивого развития территории [9; 10].

В ходе исследования была разработана аналитическая модель вероятности возникнове-

ния экологически обусловленных заболеваний у населения крупных городов, подверженных антропогенному загрязнению атмосферы, на примере Воронежа, Липецка и Тулы [8; 10]. Проведен пространственный анализ факторов, определяющих формирование таких заболеваний.

Изучение факторов, влияющих на экологическую заболеваемость населения, требует обработки и анализа данных [8].

Для планирования устойчивого развития региона необходимо создать геоинформационную систему, отслеживающую показатели экологической безопасности. Оценка некоторых условий можно проводить с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1; 8].

ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России» объединяет данные космических снимков, статистику природоохранных ведомств и результаты эколого-геохимических наблюдений. Эта система помогает создавать цифровые карты окружающей среды и выявлять факторы, влияющие на здоровье людей [9; 10].

Для эффективных исследований цифровые карты должны быть систематическими и объединять всю доступную информацию. ГИС и цифровые карты играют важную роль в анализе данных и позволяют точно изучать окружающую среду. ГИС должны обеспечивать возможность моделирования процессов, быстрого анализа ситуаций и использования различных источников геоинформации [8].

Благодаря ГИС можно проводить различные виды пространственного анализа, создавать прогнозы и отображать необходимые данные для объектов. ГИС помогает создавать специализированные отчеты и карты для более эффективного планирования и управления экологической безопасностью [8].

Для выявления факторов, влияющих на экологическую безопасность городов Воронеж, Липецк и Тула, были проанализированы эколого-геохимические данные, фондовый материал, картографическая информация, статистика от природоохранных ведомств и данные ДЗЗ. Для анализа природного потенциала использовались космические снимки Landsat-8 и Landsat-7 с использованием NDVI-анализа. Данные были получены через портал GeoMixet компании ИТЦ СКАНЭКС. Статистические данные природоохранных ведомств Воронежской, Липецкой и Тульской областей были использованы для изучения социально-эконо-

мических условий. Программный пакет Scanex Image Processor использовался для обработки космических снимков и визуализации данных. Анализ ГИС позволил построить карты с экологически опасными объектами, зонами деградации и нарушениями ландшафта в городах. Информация в ГИС поделена на разделы, отражающие показатели экологической безопасности городов.

Для оценки вероятности возникновения экологически обусловленных заболеваний у жителей крупных городов необходимо определить территории риска на основе уровня техногенной нагрузки окружающей среды. Анализ данных о заболеваемости населения исследуемых городов показал, что общая заболеваемость детей и взрослых значительно превышает среднеобластные показатели, что указывает на неблагоприятное влияние городской среды. В городах преобладают заболевания органов дыхания и травмы, с некоторыми различиями в структуре заболеваемости. Детализация данных о заболеваемости на территориях риска с использованием выборочных исследований является важной задачей для оценки вероятности возникновения экологически обусловленных заболеваний.

Предварительный анализ уровня заболеваемости населения в городах Воронеже, Липецке и Туле по данным обращаемости за медицинской помощью показывает, что в городах общая заболеваемость как детского населения до 14 лет, так и взрослого от 18 лет и старше в 1,2–1,4 выше соответствующих средних показателей по области, что косвенно указывает на неблагоприятное влияние городской техногенной нагрузки, по сравнению с сельскими населенными пунктами.

Средний многолетний уровень заболеваемости детей до 14 лет за последние 5 лет составил в Воронеже – $(1277,4 \pm 57,1)$, Липецке – $(1346,1 \pm 67,3)$, Туле – $(1765,3 \pm 88,2)$ случаев на 1000 детей. Общей тенденцией для городов является лидерование в структуре детской заболеваемости болезнями органов дыхания (65,5–75,1 %) и травм/отравлений (3,5–6,7 %). Далее в Воронеже и Туле следуют болезни органов пищеварения, в Липецке – инфекционные и паразитарные заболевания. Показатели заболеваемости взрослого населения в городах варьируют от $(578,3 \pm 28,9)$ (Тула) до $(604,1 \pm 30,2)$ (Липецк) случаев на 1000 взрослых. В структуре взрослой заболеваемости лидируют болезни органов дыхания (31,8–38,1 %), травмы и отравления (8,7–14,2 %), а также болезни системы

кровообращения и мочеполовой системы. Однако с учетом пространственного зонирования городов по уровню антропогенных изменений, необходимо детализировать данные о заболеваемости населения на территориях риска методом выборочных исследований. Это является перспективной задачей, установленной на основе методов ДЗЗ, для верификации вероятности возникновения экологически-обусловленных заболеваний.

В разделе ГИС «Антропогенное загрязнение природных сред» были созданы базы данных о загрязнении атмосферы (а также иных сред) городских районов Воронежа, Липецка и Тулы. Главной проблемой, влияющей на экологическую безопасность этих городов, является загрязнение воздуха различными вредными веществами, такими как свинец, формальдегид, диоксиды углерода, серы и азота, пыль, фенол и другие. Эти вещества часто приводят к возникновению зон экологического риска.

Созданный нами раздел ГИС «Микроклиматические условия» содержит информацию о разнообразии ландшафта изучаемых городских территорий. Согласно законодательству Российской Федерации, обязательные защитные зеленые зоны

должны находиться по направлению преобладающего ветра в городах. Важно иметь устойчивую сеть зеленых зон и других открытых пространств в городских территориях.

Процентное содержание зеленых зон в урбанизированных районах должно составлять не менее 40 % от общей площади, а в жилых районах – не менее 25 %, включая локальные зеленые зоны. Основной принцип организации зеленых зон – сохранение природной растительности и использование деревьев и кустарников, устойчивых к газам и пыли.

Раздел ГИС «Социально-экономические условия» содержит информацию о факторах, влияющих на экологическое состояние городов. Социально-экономические факторы важны для достижения устойчивого развития и благоприятной экологической обстановки.

Модель «Экологическая безопасность населения», созданная с помощью ГИС, основана на данных из указанных разделов. Она включает важный показатель экологического комфорта для жителей исследуемых городов, который поможет разработать меры для улучшения экологической ситуации в регионе.

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

Список литературы

1. *Архипова О.Е., Габова В.Н.* Использование современных спутниковых данных для мониторинга антропогенных изменений ландшафтов в дельте Дона // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – III»): материалы III Международной научной конференции памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова. Ростов н/Д., 2021. С. 244–248.
2. *Мазурок М.В., Архипова О.Е.* ГИС-Технологии для анализа пространственных данных: озеленение территории общего пользования (ОТОП) Ростова-на-Дону // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2023. Т. 2. № 8. С. 23–29. DOI: 10.23885/2500-123X-2023-2-8-23-29.
3. *Бердников С.В.* Новые подходы и методы изучения опасных природных явлений на Юге России: береговые процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии на протяжении XX–XXI вв.: материалы круглого стола. (г. Ростов-на-Дону, 24 апреля 2019 г.). Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2019. С. 18–27.
4. *Сафонова А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И.* [и др.]. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимической контрастной среды Донбасса // Геохимия. 2023. Т. 68. № 10. С. 1032–1044. DOI 10.31857/S0016752523100114.
5. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1–2. С. 13–22.
6. *Safonov A.* Indicator plants of anthropogenic disturbances: Scientific approach, educational technologies // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 431. P. 01031. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101031.
7. *Степкин Ю.И., Клепиков О.В., Епринцев С.А., Шекоян С.В.* Заболеваемость населения регионов России как критерий социально-гигиенической безопасности территории // Вестник новых медицинских технологий: [Электронное издание]. 2020. № 6. С. 94–99. DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16773.
8. *Yeprintsev S., Kurolap S., Klepikov O., Shekoyan S.* Assessment of the impact of technogenic air pollution on the social processes of large urbanized regions // E3S Web of Conferences. Saint Petersburg, 2020. Art. no.03009. P.6. DOI: 10.1051/e3sconf/202021503009
9. *Клепиков О.В., Стёпкин Ю.И., Куролан С.А., Епринцев С.А.* Организация мониторинга канцерогенов в атмосферном воздухе города и оценка риска для здоровья // Санитарный врач. 2020. № 11. С. 19–28. DOI: 10.33920/med-08-2011-02.
10. *Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В.* Мониторинг социально-экологических условий как механизм обеспечения безопасности населения // Наука Юга России. 2021. Т. 17. № 1. С. 74–83. DOI: 10.7868/S25000640210107.

ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE ATMOSPHERE
OF URBANIZED TERRITORIES
OF VORONEZH, LIPETSK AND TULA AS A FACTOR OF ECOLOGICAL RISK

S.A. Yeprintsev, O.V. Klepikov, N.A. Dyakova,
S.V. Shekoyan, P.M. Vinogradov

Voronezh State University, Voronezh
esa81@mail.ru, klepa1967@rambler.ru, ninochka_v89@mail.ru,
shekoyan.syuzanna@mail.ru, vinpaul89@gmail.com

Abstract. Man-made pollution of the environment is one of the most pressing problems of modern society, which has serious consequences for the environment and public health.

A special object of study of this problem is the urbanized areas of the cities of Voronezh, Lipetsk and Tula, since there are a large number of sources of man-made pollution, for example, motor vehicles, industrial enterprises, etc., which leads to an increase in the level of environmental risk for both the environment and public health. High concentrations of harmful substances in the atmospheric air, such as nitrogen oxides, sulfur, carbon monoxide, lead, etc., have a negative impact on flora and fauna and contribute to the development of a number of diseases in humans, such as allergies, respiratory diseases, asthma and others.

Anthropogenic air pollution in the cities under study is a serious environmental risk factor and requires timely measures to reduce air pollution, protect the environment and human health. To solve this problem, it is necessary to implement complex measures – improve waste management system production technologies, reduce emissions of harmful substances, etc.

The purpose of this study is to study man-made air pollution in urbanized areas of the cities of Voronezh, Lipetsk and Tula, as well as to assess its impact on the natural environment and the environmental risk to public health.

The study measured the concentration of pollutants in the air, as well as analyzed the impact of anthropogenic pollutants on the state of the environment and public health using the cities of Voronezh, Lipetsk and Tula as examples.

To identify factors affecting public health in the regions, a structure of a geographic information system (GIS) was developed and digital maps of the state of the environment were created. Analytical indicators for ecological and functional differentiation are presented on the basis of remote sensing data using NDVI analysis. The source is satellite images of the Landsat-8 satellite, and Landsat-7 satellite images were used to analyze the dynamic characteristics.

Keywords: urbanized areas, anthropogenic pollutants, atmospheric pollutants, environmental risk, Central Black Earth region.

References

1. Arkhipova O.E., Gabova V.N. 2021. [Using modern satellite data to monitor anthropogenic changes in landscapes in the Don Delta]. In: *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystviya morskikh, atmosferykh opasnykh yavleniy i katastrof na pribrezhnyuyu zonu RF v usloviyakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov ("Opasnyye yavleniya – III")*. *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii pamyati chlena-korrespondenta RAN D.G. Matishova*. Rostov-on-Don: 244–248. (In Russian).
2. Mazurok M.V., Arkhipova O.E. 2023. [GIS-technologies for spatial data analysis. Landscaping of the common use territory of the city of Rostov-on-Don]. In: *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Geoinformatsionnyye tekhnologii i kosmicheskii monitoring*. 2(8): 23–29. (In Russian). DOI: 10.23885/2500-123X-2023-2-8-23-29.
3. Berdnikov S.V. 2019. [New approaches and methods for studying natural hazards in southern Russia: coastal processes]. In: *Opasnyye prirodnyye yavleniya i sotsial'nyye protsessy v Prichernomor'ye, Priazov'ye i Prikaspii na protyazhenii XX–XXI vv. Materialy kruglogo stola (g. Rostov-na-Donu, 24 aprelya 2019 g.)*. Rostov-on-Don, SSC RAS Publ.: 18–27. (In Russian).
4. Safonov A.I., Alemasova A.S., Zinkovskaya I.I. and etc. 2023. [Morphogenetic anomalies of bryobiotics in the conditions of geochemically contrasting environment of Donbass]. *Geokhimiya*. 68(10): 1032–1044. (In Russian). DOI: 10.31857/S0016752523100114.
5. Germonova E.A., Safonov A.I. 2023. [Geoinformation visualization of data on atypical morphogenesis of plants of Donbass ecotopes]. *Problemy ekologii i okhrany prirody tekhnogenogo regiona*. 1–2: 13–22. (In Russian).
6. Safonov A. 2023. Indicator plants of anthropogenic disturbances: Scientific approach, educational technologies. In: *E3S Web of Conferences*. 431: 01031. (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202343101031.
7. Stepkin Y.I., Klepikov O.V., Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V. 2020. [Morbidity of the population of regions in Russia as a criterion of social and hygienic security of the territory]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoye izdaniye*. 6: 94–99. (In Russian). DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16773.
8. Yeprintsev S., Kurolap S., Klepikov O., Shekoyan S. 2020. Assessment of the impact of technogenic air pollution on the social

processes of large urbanized regions. In: *E3S Web of Conferences. Saint Petersburg, Art. no. 03009*. P. 6. (In English). DOI: 10.1051/e3sconf/202021503009.

9. Klepikov O.V., Stepkin YU.I., Kurolap S.A., Yeprintsev S.A. 2020. [Organization of monitoring of carcinogens in the atmospheric air of the city and assessment of the health risk].

Sanitarnyy vrach. 11: 19–28. (In Russian). DOI: 10.33920/med-08-2011-02.

10. Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V. 2021. [Monitoring of social and environmental conditions as a mechanism for ensuring safety for the population]. *Nauka Yuga Rossii*. 17(1): 74–83. (In Russian). DOI: 10.7868/S25000640210107.