

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. МИНСКА

М. А. Алиева, У. А. Рондак

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
m.alieva5030@gmail.com, rondakulyana@gmail.com*

В работе представлены результаты комплексной оценки состояния атмосферного воздуха г. Минска. Оценка производилась по 10 показателям: температура поверхности, оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, диоксид серы, аммиак, твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), твердые частицы (0,3 – 1 мкм), твердые частицы (1 – 2,5 мкм), твердые частицы (2,5 – 10 мкм). По полученным данным из 7 дискретных пунктов наблюдений были составлены карты состояния атмосферного воздуха. Согласно анализу составленных карт, загрязнение выше среднегодовых предельно допустимых концентраций наблюдается в некоторых частях города по диоксиду углерода и повсеместно, но формальдегиду.

Ключевые слова: состояние атмосферного воздуха; загрязнение атмосферы; загрязнители; предельно допустимая концентрация.

Введение. Как и любая урбанизированная территория, город Минск подвержен широкому спектру различных проблем, связанных как с природными, так и архитектурно-градостроительными компонентами. Причиной возникающих проблем в городе в первую очередь является высокая концентрация промышленных предприятий, автотранспорта, искусственных поверхностей и т. д. Подобные источники антропогенного воздействия влияют не только на экологическое состояние города, но впоследствии сказываются и на здоровье населения, а также их социальном благополучии.

Наибольшее влияние на экологическое состояние города оказывают химические вещества, которые чаще всего попадают в атмосферный воздух и почвенный покров в результате выбросов мобильных и стационарных источников. Источниками первичного поступления загрязняющих веществ в атмосферу являются выбросы промышленных предприятий и автомобильный транспорт. В общей сложности, в границах города расположено более 215 крупных промышленных предприятий, при этом эмиссия различных загрязнителей осуществляется более 1300 предприятиями [1], на которые приходится 11,8 % всех выбросов [2]. Наибольшее количество производственных территорий сосредоточено в восточной, юго-восточной, юго-западной и западной частях г. Минска. Наибольший вклад в загрязнение воздушной среды вносят предприятия энергетики, машиностроения, металлообработки, электротехники и производства строительных материалов. Среди предприятий

выделяются РУП «Минский тракторный завод», филиалы РУП «Минск-энерго» – «ТЭЦ-3», «ТЭЦ-4» и «Минские тепловые сети», КУПП «Минскводоканал», РУП «Минский автомобильный завод», ОАО «Минский завод строительных материалов», ОАО «Керамин», ЗАО «Атлант», УП «Минск-коммунальхоз», УП «Минский моторный завод».

Под воздействием такого широкого спектра разнообразных поллютантов формируется достаточно сложная картина загрязнения атмосферы. Степень загрязнения атмосферного воздуха определяется по кратности превышения величины предельно допустимых концентраций (ПДК), утвержденных Министерством здравоохранения [3]. Под ПДК понимается максимальное содержание загрязняющего вещества в компонентах окружающей среды (в т. ч. в атмосферном воздухе), при постоянном контакте с которым в течение длительного времени не возникает негативных последствий в организме человека или другого рецептора.

Помимо химического загрязнения на территорию г. Минска влияет и ряд физических загрязнителей, особенно температура. Вследствие обилия в городе большого количества искусственных поверхностей и малого количества природных пространств (особенно зеленых насаждений и крупных водных объектов) здесь формируется городской остров тепла. Подобная ситуация также вступает во взаимодействие с химическими поллютантами и усугубляет сложившуюся экологическую обстановку.

Материалы и методы исследований. Температура земной поверхности урбандолиндов г. Минска была оценена по термальному спектральному каналу сенсора (TIRS) спутника Landsat 8 [4]. Для этого использовался фреймворк Google Earth Engine (GEE), где по экстенду Минска были выбраны июльские снимки за последние 5 лет. Из снимков был получен композит, для которого был посчитан индекс NDVI, выделены минимальное и максимальное значения индекса. Подсчет индекса был необходим как промежуточная операция для получения величин: доля растительности (f_v) и излучательная способность земли (em). Эмпирическая формула расчета температуры поверхности (Land Surface Temperature):

$$LST = \left(\frac{T}{\left(1 + \left(0,00115 * \left(\frac{TB}{1,438}\right)\right) * \log(em)\right)} \right) - 273,15, \quad (1)$$

где TB [Thermal Band] – тепловой канал; em [Emissivity] – излучательная способность. Итоговая карта температуры поверхности г. Минска была скомпонована в QGIS.

Карты загрязнения атмосферного воздуха составлены по данным мониторинга ГУ «Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет), полученные с 12 пунктов наблюдений за период 2019-2023 гг. и по данным датчиков погоды и пыли AirMQ. Мониторинг атмосферного воздуха проводится службой экологической информации Белгидромет в г. Минске на 12 пунктах наблюдений, 5 из которых являются автоматическими, 7 – дискретными. Представленные ниже карты были составлены на основе дискретных пунктов наблюдений. Технология проведения мониторинга на пунктах наблюдений с дискретным режимом отбора проб включает: отбор проб воздуха техником-химиком, доставку их в лабораторию и последующий химический анализ. Периодичность наблюдений за концентрациями загрязняющих веществ на таких пунктах варьируется от 2 до 4 раз в сутки (кроме воскресных и праздничных дней) [5].

Дискретные пункты наблюдений были оцифрованы, с ними были соотношены среднегодовые значения показателей загрязнения. Чтобы получить значения для всего города использовалась интерполяция методом обратных взвешенных расстояний. Карты аналогично были скомпонованы в QGIS.

Результаты и их обсуждение. Пространства с наибольшей температурой (более 44 °С) расположены на юго-востоке и мозаично в местах наиболее плотной застройки и в границах промышленных предприятий. Наиболее низкие температуры приурочены к восточной части города, территории Лошицкого парка, вдхр. Дрозды, вдхр. Чижовское и зеленым насаждениям (рис. 1).

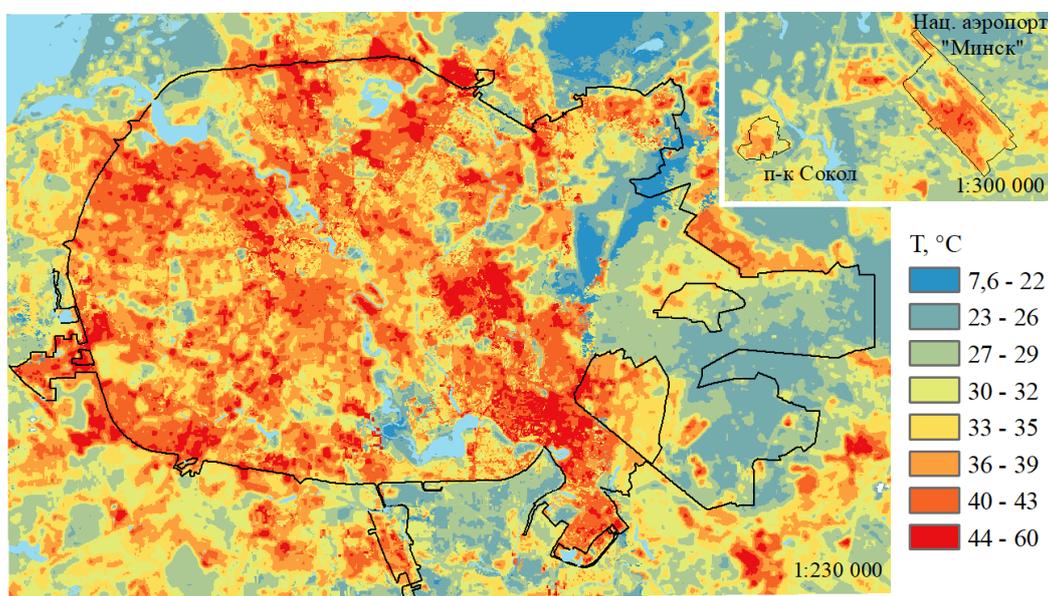


Рис. 1. Температура поверхности г. Минска за период съемки 2019-2023 гг.

Согласно полученным картам по загрязнению атмосферного воздуха различными поллютантами, на большей части территории г. Минска концентрация оксида азота (NO_2) в среднем находится в пределах среднегодовой нормы ПДК, поднимаясь выше предела в северной и юго-западной частях г. Минска. Распределение концентрации диоксида азота (NO_2) за пятилетний период не превышает порога среднегодовой нормы ПДК повсеместно по г. Минску (рис. 2). Однако при этом наибольшие концентрации наблюдаются в центральной (плавно переходя в юго-западную) и северной частях города.

Среди неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) в ш. Минске ведется мониторинг загрязнения только по формальдегиду. На большей части территории города в среднем за пять лет наблюдений показатель концентрации формальдегида превышал среднегодовой ПДК, достигая максимальных значений в западной части города. Мониторинг диоксида серы (SO_2) проводится с 2020 года, представленная карта распространения вещества составлена по средним показателям за прошедший четырехлетний период наблюдений дискретным методом. Концентрация вещества не превышает среднегодовой показатель ПДК. Вещество распространено неравномерно – минимальные значения наблюдаются в центральной части города; концентрация растет к западной, северной и юго-восточной перифериям города, где достигают максимальные средние значения (рис. 3).

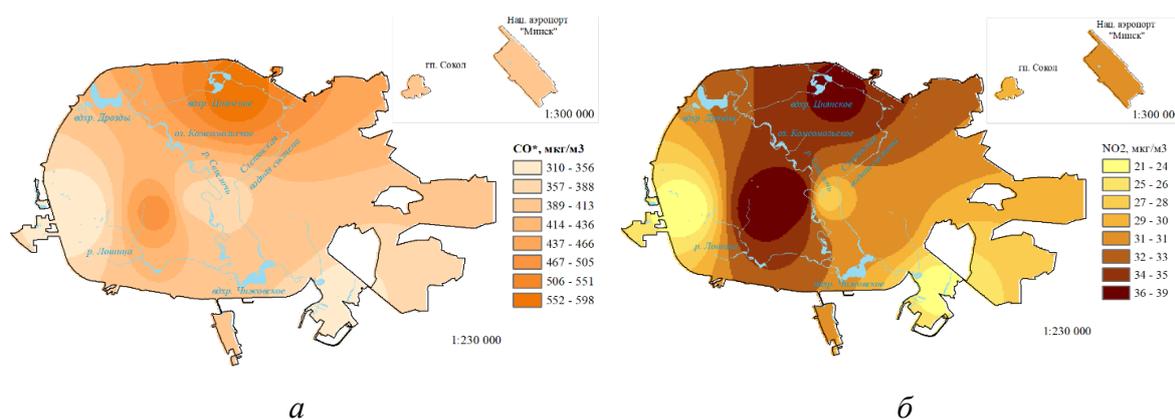


Рис. 2. Распространение в г. Минск за период 2019-2023 гг.:
 а – оксида углерода (CO_2) (ПДК_{с.г.} = 500 $\text{мкг}/\text{м}^3$);
 б – диоксида азота (NO_2) (ПДК_{с.г.} = 40 $\text{мкг}/\text{м}^3$)

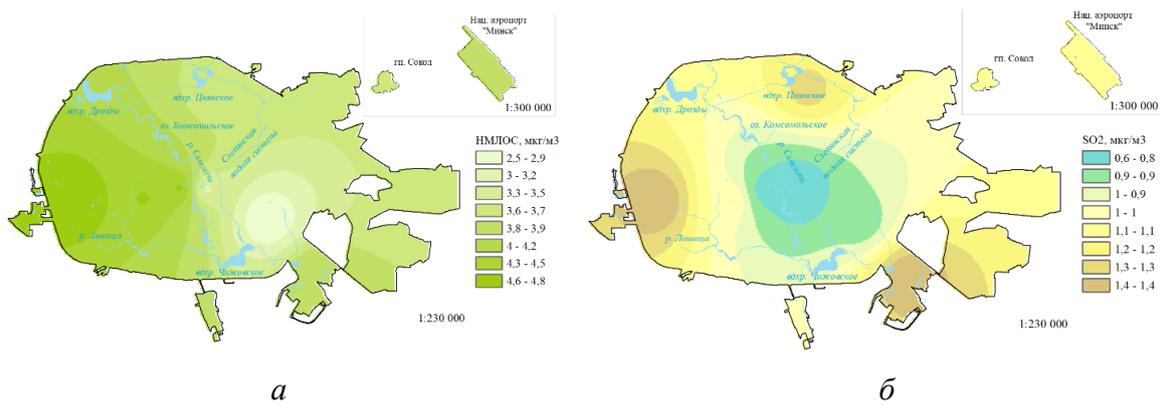


Рис. 3. Распространение в г. Минск:
а – НМЛОС за период 2019-2023 гг. (ПДК_{с.г.} = 3 мкг/м³);
б – диоксида серы (SO₂) за период 2020-2023 гг. (ПДК_{с.г.} = 50 мкг/м³)

Распространение аммиака (NH₃) по городу противоположно распространению диоксида серы: максимальные средние значения за пятилетний период наблюдений приурочены к центральной части города, уменьшаясь к периферии (рис. 4). Оценить распределение концентрации по городу относительно среднегодовой ПДК не представляется возможным, т. к. пороговое значение не установлено.

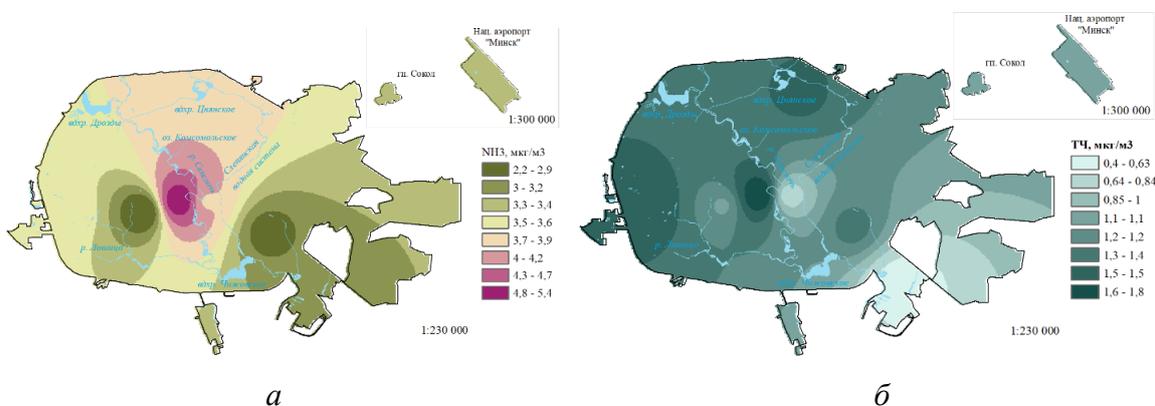


Рис. 4. Распространение в г. Минск за период 2019-2023 гг.:
а – аммиака (NH₃); *б* – твердых частиц
(недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) (ПДК_{с.г.} = 100 мкг/м³)

Помимо данных Белгидромета о распространении недифференцированных по составу твердых частиц (пыли/аэрозолей), собранных дискретным методом, показатель также отслеживался с помощью датчиков погоды и пыли AirMQ [6], предназначенных для мониторинга состояния атмосферного воздуха.

По картам, полученным по двум разным источникам данных, можно проследить, что наибольшее загрязнение твердой фракцией имеет атмосферный воздух в северо-западной части Минска. Концентрация твердых частиц в среднем за год не превышает установленный ПДК.

Заключение. Согласно полученным картам, дифференциация изучаемых поллютантов по территории г. Минска достаточно разнообразна. Такое пространственное распределение продиктовано в первую очередь скоплением промышленных производств, наличием крупных автомобильных дорог, отсутствием коридоров проветривания и малого количества зеленых насаждений, способных очищать атмосферный воздух.

Наибольшее загрязнение, по отношению к ПДК, характерно в первую очередь для формальдегида, нормативы которого повсеместно превышены в границах города, а также превышение по оксиду углерода в северных районах г. Минска.

Библиографические ссылки

1. Глазачева Г. И., Курлович Т. А., Залыгина И. А. Состояние атмосферного воздуха г. Минска и прилегающего района // *Новости науки и технологий*. 2011. № 1. С.3–10.

2. Государственный кадастр атмосферного воздуха. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь РУП «Бел НИЦ «Экология»», 2018. 63 с.

3. Инструкция «Об утверждении гигиенических нормативов» (пост. Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37). URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> (дата обращения: 30.05.2024).

4. Analyzing Land Surface Temperature (LST) with Landsat 8 Data in Google Earth Engine URL: <https://medium.com/@ridhomuh002/analyzing-land-surface-temperature-lst-with-landsat-8-data-in-google-earth-engine-f4dd7ca28e70> (дата обращения: 30.05.2024).

5. Мониторинг атмосферного воздуха в Беларуси. г. Минск. URL: <https://rad.org.by/articles/vozduh/> (дата обращения: 30.05.2024).

6. Датчики погоды и пыли AirMQ. URL: <https://airmq.by/device/> (дата обращения: 30.05.2024).