

УДК 504.3.064-034

О. Ю. КРУКОВСКАЯ

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: o-krukowskaya@tut.by

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БАЗОВОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

Загрязнение воздуха является значительной экологической угрозой для здоровья человека. К числу приоритетных загрязняющих веществ с доказанным негативным воздействием на здоровье населения и используемых в качестве его основных индикаторов относятся твердые частицы (далее – ТЧ) и тропосферный озон. Из этих двух поллютантов ТЧ характеризуются значительным первичным антропогенным поступлением, тогда как озон отличается превалирующим вторичным образованием в структуре загрязнения по происхождению.

На фоне периодических превышений существующих нормативов содержания ТЧ, по данным наблюдений на постах сети мониторинга (НСМОС), для управления в области охраны атмосферного воздуха значимым остается получение полных и детализированных данных о поступлении ТЧ от антропогенных источников.

Суммарные оценки поступления в разрезе категорий источников показывают, что организованные стационарные источники, для которых ведется статистический учет выбросов твердых частиц (без дифференциации по размеру и составу) в атмосферный воздух в энергетике и промышленности, формируют менее половины как суммарных твердых частиц, так и тонкодисперсных ТЧ_{2,5} [IIR]. В то же время значительный вклад в совокупное поступление дают небольшие, но многочисленные источники, например бытовые установки сжигания. Наряду с передвижными источниками (в первую очередь автомобильным транспортом) установки сжигания в бытовом секторе формируют нагрузку воздействия на атмосферный воздух, которую можно считать базовой антропогенной для всех урбанизированных территорий. В качестве ее индикатора предлагается оценивать уровень выбросов суммарных твердых частиц от источников этих категорий. Количественное определение уровня выбросов с высокой пространственной детализацией для них доступно только посредством специальных научных исследований и значимо для принятия комплексных адресных мер по управлению качеством атмосферного воздуха.

Целью данной работы является анализ базовой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух в городских населенных пунктах страны. Объектом исследования выступают источники поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, предметом – выбросы суммарных твердых частиц на урбанизированных территориях Беларуси от категорий источников, формирующих базовую антропогенную нагрузку, по состоянию на 2020 г.

Исходные данные и методы. Количественная оценка выбросов на урбанизированных территориях выполнена в соответствии с методологией, используемой для получения валовых оценок выбросов для [IIР]. Пространственная детализация получена сочетанием разнообразных подходов, различающихся в зависимости от категории источников. Для оценки выбросов ТЧ от категории источников «бытовое сжигание топлива» выполнена реконструкция потребления топлива на урбанизированных территориях с учетом количества и благоустройства жилых помещений в разрезе районов, направлений использования энергетических ресурсов домашними хозяйствами, регионального потребления топлива [3–5]. Более детально методология получения оценок изложена в [6].

Территориальная структура выбросов от автомобильного транспорта выполнена на основании моделирования интенсивности движения транспорта с учетом данных о потреблении топлива, парке транспортных средств, интенсивности движения транспорта на отдельных участках автомобильных дорог и условий движения [7].

На первом этапе оценки получены по регулярной прямоугольной сетке с разрешением 1×1 км для всей территории Беларуси. Далее выполнена пространственная дисагрегация и суммирование в пределах границ отдельных урбанизированных территорий.

Оценка выполнена для 200 городов и поселков городского типа. С учетом численности населения [3], 162 из них относятся к малым, 15 – к средним, 9 – к большим, 12 – к крупным и 2 – к крупнейшим населенным пунктам. Термин «города» используется для всех городских населенных пунктов страны независимо от их текущего административного статуса.

Результаты и обсуждение. Согласно полученной оценке, на урбанизированных территориях базовая антропогенная нагрузка составляет 3,877 тыс. т. Большая часть (70 %) базовой антропогенной нагрузки в совокупности на урбанизированных территориях формируется за счет стационарного сжигания топлива в бытовом секторе.

В отдельных городах базовая антропогенная нагрузка оценивается в диапазоне от 0,5 до 630,5 т. Высокий уровень показателя характерен преимущественно для крупных городов: столицы, областных центров и крупных промышленных центров. В крупных и крупнейших городах –

от 18,5 т, в больших – от 13,0 до 69,4 т. Вместе с тем в числе населенных пунктов с наибольшей базовой антропогенной нагрузкой (свыше 40 т) отдельные малые и средние города – Поставы, Житковичи, Рогачёв, Калинковичи, Кричев. В целом базовая антропогенная нагрузка может быть с высокой статистической достоверностью ($p\text{-value: } < 2,2e-16$) аппроксимирована полиномиальной функцией от численности населения, что подтверждает использование данного показателя как одного из маркеров развития урбанизированных территорий.

Источники формирования базовой антропогенной нагрузки при этом различны. Вклад автомобильного транспорта в базовую антропогенную нагрузку находится в диапазоне от менее 1 % до 91,3 %. Наибольшее значение при этом характерно для столицы и отражает степень урбанизации, на которой наблюдается интенсивная централизация коммунальных услуг в сочетании с крупной логистической нагрузкой делового и административного центра и высокой потребностью в использовании автотранспорта. В других областных центрах значение данного показателя находится в диапазоне 24,4–62,6 %.

При рассмотрении менее крупных городов (до 100 тыс. человек) проявляется пространственная дифференциация урбанизированных территорий по структуре базовой антропогенной нагрузки. Более высокий вклад автомобильного транспорта отмечен в Минской, Брестской и Гродненской областях. В других регионах базовая антропогенная нагрузка в большей степени формируется стационарными источниками в бытовом секторе. Исключение составляют некоторые малые и средние города вблизи промышленных и транспортных узлов. В целом в Могилевской области только областной центр характеризуется вкладом автомобильного транспорта в базовую антропогенную нагрузку свыше 25 %, в Гомельской области расположено 4 таких города, в Витебской – 7, в Брестской – 10, в Гродненской и Минской – по 16.

Плотность базовой антропогенной нагрузки находится в диапазоне от 0,16 до 4,52 т/км². Города с наименьшей плотностью – Копысь, г. п. Красная Слобода, Новополоцк, Болбасово, Ореховск, Березовка, Береза, Василевичи, с наибольшей – Яновичи, Октябрьский, Житковичи, Лоев, Петриков, Логойск, Глуск. Медианное значение показателя – 1,18 т/км².

Среднее значение плотности базовой антропогенной нагрузки убывает в ряду от малых (1,44 т/км²) к крупным (0,95 т/км²) городам. В этом же направлении сокращается вариабельность показателя внутри группы. Малые города отличаются широким диапазоном плотности базовой антропогенной нагрузки – 0,16–4,52 т/км². Для 69 малых городов характерно значение показателя до 1,0 т/км², для 52 – в диапазоне от 1,0 до 2,0 т/км², для 30 городов – от 2,0 до 3,0 т/км² и для 11 – свыше 3,0 т/км².

Совместный анализ показывает тенденцию к росту плотности по мере сокращения вклада транспорта в базовую антропогенную нагрузку. В частности, все города с плотностью нагрузки $2,0 \text{ т/км}^2$ и выше характеризуются вкладом транспорта менее 20 %, и наоборот: все города с вкладом транспорта свыше 50 % отличаются плотностью нагрузки до $1,8 \text{ т/км}^2$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мониторинг атмосферного воздуха в Беларуси. – URL: <https://rad.org.by/monitoring/air> (дата обращения: 22.06.2024).
2. Belarusian emission inventory data Informative Inventory Report to CLRTAP/EMEP 2023. – URL: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2020-submissions> (date of access: 22.01.2022).
3. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/> (дата обращения: 22.01.2022).
4. Перепись населения 2019 г. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/perepis-naseleniya/perepis-naseleniya-2019/index.php/> (дата обращения: 22.01.2022).
5. Потребление энергии в домашних хозяйствах Республики Беларусь (2015) // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/oficial_statistika/Potreblenie_energii_v_dom_hoz.pdf (дата обращения: 22.01.2022).
6. Круковская, О. Ю. Территориальная структура поступления меди, мышьяка и хрома в атмосферный воздух в результате сжигания топлива в бытовом секторе в Беларуси / О. Ю. Круковская, А. В. Мальчихина // Экологические чтения – 2023 : материалы XIV Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), Омск, 3–5 июня 2023 г. – Омск : Омский гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина, 2023. – С. 279–284.
7. Круковская, О. Ю. Моделирование выбросов загрязняющих веществ автомобильного транспорта с высоким пространственным разрешением / О. Ю. Круковская, С. В. Какарека // Природопользование. – 2023. – № 33 (2). – С. 24–38.