

УДК 504.3.313:33(476)

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ БЕЛАРУСИ

О. Ю. Круковская, С. В. Какарека

*Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф.Скорины, 10.
220114, г. Минск, Беларусь, o-krukowskaya@tut.by*

Впервые для Беларуси получена оценка выбросов от автомобильного транспорта неметановых летучих органических соединений на уровне отдельных городов. Сопоставлены показатели выбросов и численности населения, выполнен анализ плотности выбросов. Показан уровень неточности использования средних удельных показателей в расчете на численность населения для оценки выбросов от автомобильного транспорта.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ; загрязнение воздуха; мобильные источники выбросов; неметановые летучие органические соединения.

ASSESSMENT OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM ROAD TRANSPORT IN CITIES IN BELARUS

O. Yu. Krukowskaya, S. V. Kakareka

Institute for Nature Management of NAS of Belarus, F. Skoriny str. 10, 220114, Minsk, Belarus, o-krukowskaya@tut.by

The first estimation of emissions from non-methane volatile organic compounds from automotive transport at the level of individual cities has been obtained for Belarus. The indicators of emissions and population size have been compared, and an analysis of emission density has been performed. The level of inaccuracy in using average specific indicators in calculating the population size to assess emissions from vehicular transport is shown.

Keywords: emissions of pollutants; air pollution; mobile emission sources; non-methane volatile organic compounds.

Во многих регионах на урбанизированных территориях выбросы от автомобильного транспорта являются причиной значительной части содержащихся в локальной атмосфере загрязняющих веществ [1], [2].

При этом перечень поллютантов, выбрасываемых автомобильным транспортом, широк и охватывает основные загрязняющие вещества, твердые частицы, тяжелые металлы, летучие органические соединения. Помимо первичного воздействия, в атмосфере компоненты выбросов

участвуют в физико-химических процессах и являются важными предшественниками образования вторичных органических аэрозолей [3].

Несмотря на высокую значимость этих соединений для формирования качества воздуха, исследования источников их поступления на территории Беларуси носят ограниченный характер. Статистический учет охватывает лишь выбросы от крупных организованных источников. Наиболее полная оценка их поступления в атмосферный воздух выполняется в рамках национальной инвентаризации выбросов связанной с отчетностью Программе ЕМЕП Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Согласно [4], в Беларуси в результате работы автомобильного транспорта в атмосферный воздух ежегодное поступление неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) в последние годы находится в диапазоне 12,9–16,4 тыс. т.

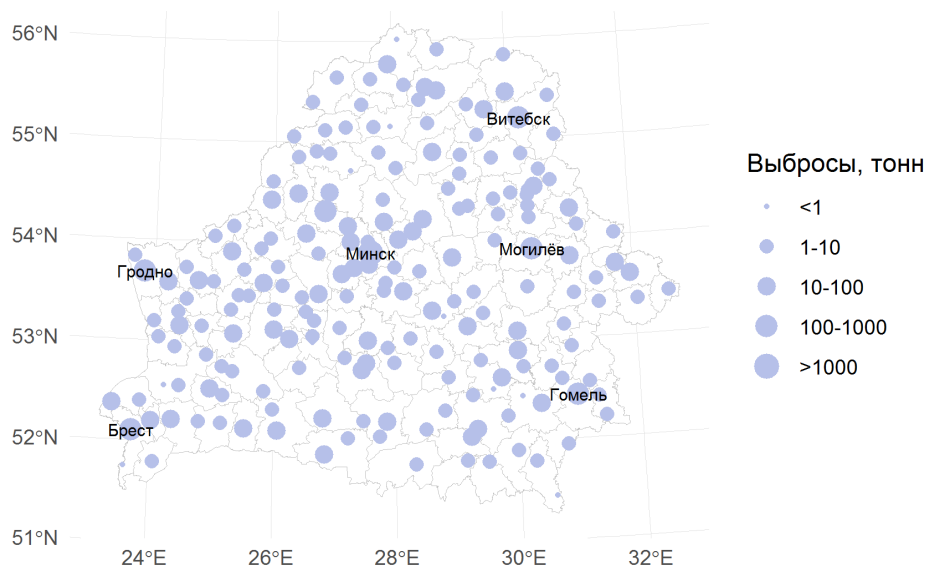
Периодическая оценка пространственной структуры выбросов с разрешением $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ также выполняется в рамках национальной инвентаризации выбросов. В работе [5] для автомобильного транспорта получены оценки выбросов с разрешением 1 км, а также отдельно для урбанизированных территорий. Обобщения поступления НМЛОС от передвижных источников на уровне городов Беларуси до настоящего момента не выполнялись.

В данной работе представлены первые результаты оценки выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта для всех городов Беларуси. Оценка выполнена по состоянию на 2018 г. Выбросы от автомобильного транспорта рассчитаны с учетом по методологии, учитывающей потребления топлива, структуру улично-дорожной сети, интенсивность движения транспорта [5] для анализируемого года. Переход от регулярной сетки до уровня городов выполнен посредством отсечения ячеек регулярной сетки по полигонам населенных пунктов, с пересчетом выбросов для ячеек сетки находящихся как в пределах населенных пунктов, так и вне их пропорционально отсекаемой площади.

Оценка выполнена для городов и поселков городского типа, исследование охватывает 200 городских населенных пунктов. Далее по тексту используется термин города для всех городских населенных пунктов. На основании численности населения по состоянию на 2020 г. по крупности исследуемые города разделены в соответствии с (Государственная схема) на малые (до 20 тыс. человек, 162 населенных пунктов), средние (20–100 тыс. человек, 24 населенных пункта), крупные (100–500 тыс. человек, 12 населенных пунктов) и крупнейшие (более 500 тыс. человек, 2 населенных пункта, г. Минск и г. Гомель).

Согласно выполненной оценке, от рассматриваемых категорий источников в городах Беларуси выброшено суммарно 6,507 тыс. т НМЛОС, что

соответствует 45,5 % их годовых выбросов от автомобильного транспорта [4]. Сопоставление с оценками, полученными для более ранних лет [5] свидетельствует об увеличении выбросов НМЛОС на урбанизированных территориях как в абсолютном значении, так и увеличивающейся концентрации выбросов в городах. Для большей части (125) городских населенных пунктов выбросы НМЛОС от автомобильного транспорта находятся в диапазоне 1–10 т, число городов с выбросами НМЛОС 10–100 т составляет 56, более 100 т НМЛОС от автомобильного транспорта выбрасывается лишь в 7 городах страны, максимум ожидаемо в столице (рисунок).



Выбросы НМЛОС от автомобильного транспорта в городах Беларуси

В малых городах выбросы находятся в диапазоне от 0,1 до 55,8 т, в средних — от 9,1 до 121,8 т, в крупных и крупнейших — от 22,6 до 3482,1 т.

Сопоставление выбросов и численности населения в пределах отдельных населенных пунктов показывает статистически достоверную линейно аппроксимируемую (p -value: $<2,2e-16$) экспоненциального вида связь. Увеличение численности населения на 1000 человек сопряжено с ростом выбросов НМЛОС в среднем на 1,47 т. Вариабельность выбросов от автомобильного транспорта на более чем 90 % объясняется вариабельностью численности населения (R -squared: 0,8787). Между численностью населения и выбросами НМЛОС от автомобильного транспорта отмечается высокая степень корреляции (0,94).

При среднем значении приведенных выбросов на численность население в городах страны в размере 0,893 т/1000 человек, для отдельных населенных пунктов этот показатель находится в диапазоне от 0,083 до

7,474 т/1000 человек, медианное значение — 0,714 т. Ошибка использования средних удельных показателей в расчете на численность населения для оценки выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта в отдельных городах составляет сотни процентов, особенно для малых городских населенных пунктов.

Приведенные выбросы свыше 4 т/1000 человек наблюдаются в следующих населенных пунктах: рп. Речица, гп. Мачулищи, гп. Городище и гп. Козловщина. В крупных и крупнейших городах страны приведенные выбросы от автомобильного транспорта находятся в диапазоне от 0,207 т/1000 человек в Орше до 1,735 т/1000 человек в Минске. В малых городах приведенные выбросы находятся в диапазоне от 0,083 до 7,474 т/1000 человек, в средних — от 0,324 до 1,954 т/1000 человек.

Средняя плотность выбросов НМЛОС от автомобильного транспорта на урбанизированных территориях в Беларуси составляет согласно полученной оценке 2,018 т/км², медианное значение — составляет 0,742 т/км². В малых городах плотность выбросов находится в диапазоне 0,051–6,154 т/км², в средних — 0,427–4,048 т/км², крупных и крупнейших – 0,585–9,948 т/км². Полученные оценки плотности выбросов НМЛОС сопоставимы с результатами для урбанизированных территорий других стран [1]. Наибольшая плотность выбросов характерна для г. Минска. Вместе с тем связь между крупностью города по численности населения и плотностью выбросов выражена слабо. Вторым по наибольшей плотности выбросов от автотранспорта населенным пунктом в стране является г. Фаниполь, с численностью населения 16,8 тыс. человек, высокая плотность выбросов наблюдается также в других городских населенных пунктах вблизи столицы.

Библиографические ссылки

1. *Maes A. de S., Hoinaski L., Meirelles T. B., Carlson R. C.* A methodology for high resolution vehicular emissions inventories in metropolitan areas: automotive technologies improvement // *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, 2019. Vol. 77. P. 303–319.
2. A comparative analysis of two highly spatially resolved European atmospheric emission inventories / J. Ferreira [et al.]// *Atmos. Environ.*, vol. 75. P. 43–57, 2013.
3. Seasonal and diurnal variations of BTEX compounds in the semi-urban environment of Orleans, France / Jiang Z. [et al.] // *Sci. Total Environ.*, vol. 574. P. 1659–1664, 2017.
4. Belarusian emission inventory data informative inventory report to CLRTAP/EMEP 2020 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2020-submissions> (дата обращения: 20.04.2023).
5. *Круковская О. Ю., Какарека С. В.* Моделирование выбросов загрязняющих веществ автомобильного транспорта с высоким пространственным разрешением // *Природопользование*, 2023. № 2, Вып. 33. С. 24–38.