

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A survey on deep transfer learning. In International conference on artificial neural networks / C. Tan, F. Sun, T. Kong, W. Zhang, C. Yang, C. Liu. – Springer, Cham. – 2018 Oct 4. – P. 270–279.
2. Collins L. The utility of Random Forests for wildfire severity mapping / L. Collins, P. Griffioen, G. Newell, A. Mellor. – 2019. – P. 374–384.
3. Baranovskiy, N.V. Mathematical Simulation of Anthropogenic Load on Forested Territories for Point Source. In Predicting, Monitoring, and Assessing Forest Fire Dangers and Risks; Baranovskiy, N.V., Ed.; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2020; pp. 64–88.
4. García-Llamas P. Evaluation and comparison of Landsat 8, Sentinel-2 and Deimos-1 remote sensing indices for assessing burn severity in Mediterranean fire-prone ecosystems / P. García-Llamas, S. Suárez-Seoane, J.M. FernándezGuisuraga, ect. – Appl Earth Obs Geoinf., 80. – 2019. – P.137–144.

УДК 502/504

О.Є. Кофанов¹, О.В. Кофанова¹, А.Є. Чепель¹

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ТРОПОСФЕРНЕ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЯК ЧИННИК ЗРОСТАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ СТРАТОСФЕРНИХ АЕРОЗОЛІВ

Анотація. Описано процеси, що відбуваються в тропосфері і стратосфері під впливом аерозолів; проаналізовано зв'язок тропосферного забруднення, спричиненого викидами автотранспорту, з динамікою стану стратосфери і, як наслідок, вплив цих забруднень на зміни клімату на планеті. Досліджено дисперсію твердих дрібнодисперсних частинок і оксидів Нітрогену у тропосфері.

Ключові слова: автомобільний транспорт, викиди забруднювальних речовин, токсиканти, забруднення приземного шару, моделювання дисперсії забруднювальних речовин.

Вступ. Аерозольні частинки в стратосфері можуть мати природне походження, наприклад, виверження вулканів, потрапляння частинок космічного пилу, метеоритних речовин тощо або техногенного походження – перенесення тропосферних аерозолів (ТА) через тропопаузу, викиди реактивної авіації, запуск космічних апаратів та ін.

Постановка задачі. Як показали дослідження, стратосферний аерозоль, в основному, містить крапельки чи кристали розведеної сульфатної кислоти із

незначним вмістом інших речовин, наприклад, розчинів сполук амонію. При цьому концентрація сульфатної кислоти в стратосферних аерозолях (СА) є тим більшою, чим меншим є радіус краплі [1].

Основний зміст роботи. Якщо розглядати вплив СА на клімат Землі, то вчені констатують, що за нормальної (рівноважної) концентрації СА можуть спостерігатися лише незначні оптичні та/або теплові ефекти. Зокрема, СА зменшує інтенсивність сонячної радіації і тепловий бюджет тропосфери на $\sim 0,2\%$, а температура знижується на $\sim 0,1\text{...}0,3^\circ\text{C}$ (іноді до $0,58^\circ\text{C}$) [1, 2].

Проте збільшення концентрації аерозольних мікрочастинок спричиняє зростання планетарного альбедо, знижуючи температуру повітря, тобто є одним з чинників глобального клімату. Крім того, аерозолі можуть спричиняти формування хмар, тим самим впливаючи на клімат Землі.

Наприклад, ТА сульфатної кислоти можуть існувати в атмосфері декілька діб, а потім вони або випадають у вигляді кислотних дощів, або випадають в осаді. Проте сильні виверження вулканів (так звані вибухи) можуть збільшити концентрацію сульфатного аерозолу в стратосфері (існує тривалий час) до 30...100 разів. І це незважаючи на вулканічний попіл, що буде випадати з стратосфери упродовж декількох місяців, а нормальні умови на Землі, за прогнозами вчених, відновляться лише через 5 років [1, 2].

Серед антропогенних чинників збільшення концентрації СА варто назвати надзвукову авіацію, яка саме й сприяє потраплянню в стратосферу сполук Сульфуру – найчастіше SO_2 . Важливим, на думку вчених, є встановлений ними зв'язок між тропосферним забрудненням і збільшенням СА. Зокрема, з тропосфери через спалювання пального, пожежі, техногенні вибухи та ін. частинки ТА потрапляють до стратосфери, збільшуючи його концентрацію.

Встановлено, що основна частина ТА і СА складається з частинок діаметром ~ 1 мкм і навіть менше [1]. Ці частинки призводять до розсіювання у видимій області спектра, а ось інфрачервоне випромінювання вони поглинають незначно.

За оцінками експертів, зараз густина ТА така, що він спричиняє незначне зниження температури земної поверхні – на $\sim 1,5^\circ\text{C}$. Тобто короточасні зміни концентрації ТА не дуже значно впливатимуть на СА і, відповідно, на зміни клімату на планеті. Однак значне підвищення концентрації СА, руйнування захисного озонового шару (ОШ) Землі обов'язково призведуть до кліматичної катастрофи.

За розрахунками вчених, природний процес утворення й руйнування стратосферного озону (СО) може порушуватися за наявності в стратосфері, наприклад, оксидів Нітрогену, сполук Хлору, Броду, Флуору тощо, пероксидів Гідрогену та інших хімічних елементів, фреонів тощо. Навіть N_2O , що виділяється при використанні мінеральних добрив у сільському господарстві, може сприяти руйнуванню ОШ.

Проте на сьогодні все ще відсутні прецизійні дані стосовно безпосереднього впливу СА на температуру в тропосфері і кліматичні зміни. Відомо лише, що навіть сильні вулканічні викиди, спричиняючи підйом температури в стратосфері на декілька градусів, все одно не мають суттєвого впливу на глобальний клімат. Практично немає наукового підтвердження щодо

впливу частинок СА на ОШ, хоча є розробки вчених, які припускають, що гетерофазні реакції на поверхні аерозольних частинок можуть чинити значний вплив на фотохімічні процеси в стратосфері [3].

На рис. 1–5 показано дисперсію твердих дрібнодисперсних частинок у приземному шарі повітряного середовища на придорожніх територіях міста Києва (залежно від кліматичних і метеорологічних умов) [4, 5]. Це так зване первинне забруднення атмосфери. Через первинні та вторинні процесі найбільш стійкі аерозольні частинки здатні не тільки тривалий час перебувати у повітрі, а й завдяки міцним конвективним потокам переноситися до стратосфери, значно збільшуючи концентрацію СА. Під час оцінювання обсягів викидів забруднювальних речовин було використано натурні дослідження за автотранспортними потоками і методики [6–9].

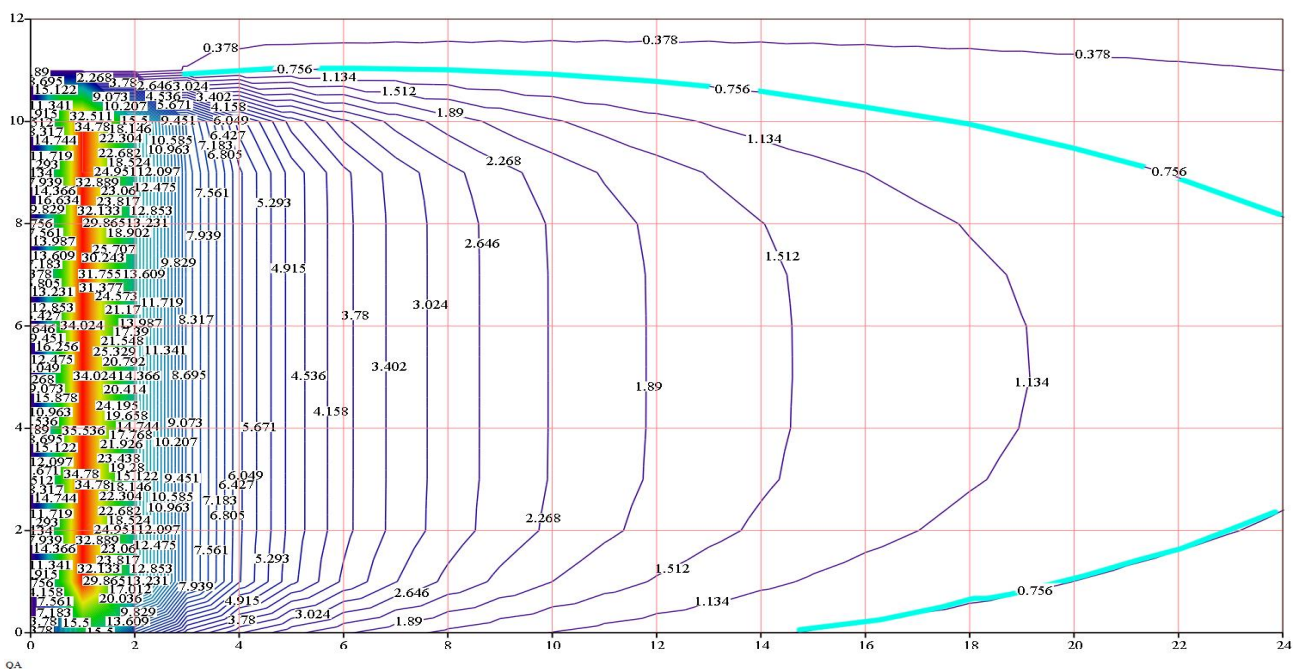


Рис. 1. Дисперсія NO_x на досліджуваній ділянці автомагістралі (м. Київ) при західному вітрі зі швидкістю 5 м/с

Зокрема, обсяг викиду певної забруднювальної речовини (в нашому випадку дрібнодисперсних твердих частинок пилу, сажі тощо, а також оксидів Нітрогену) M_{L_i} (г/с) на певних ділянках автомагістралі довжиною L (км) (за умови відносної сталості характеристик автотранспортного потоку) встановлюється за формулою [6–9]:

$$M_{L_i} = \frac{L}{3600} \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot k_{V_{k,i}}, \quad 1)$$

де $M_{k,i}^{\Pi}$ – пробіговий викид i -тої домішки k -ї групи автомобілів для міських умов експлуатації, г/км; k – кількість груп автомобілів; G_k – фактична найбільша

інтенсивність руху, тобто кількість автомобілів кожної з k груп, що проходять через фіксований переріз обраної ділянки магістралі за одиницю часу в обох напрямках по всіх смугах руху, (1/год); $k_{V_{k,i}}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує середню швидкість руху транспортного потоку на ділянці, км/год; $\frac{1}{3600}$ – коефіцієнт перерахунку "годин" у "секунди"; L – протяжність ділянки магістралі без регульованих перехресть, км.

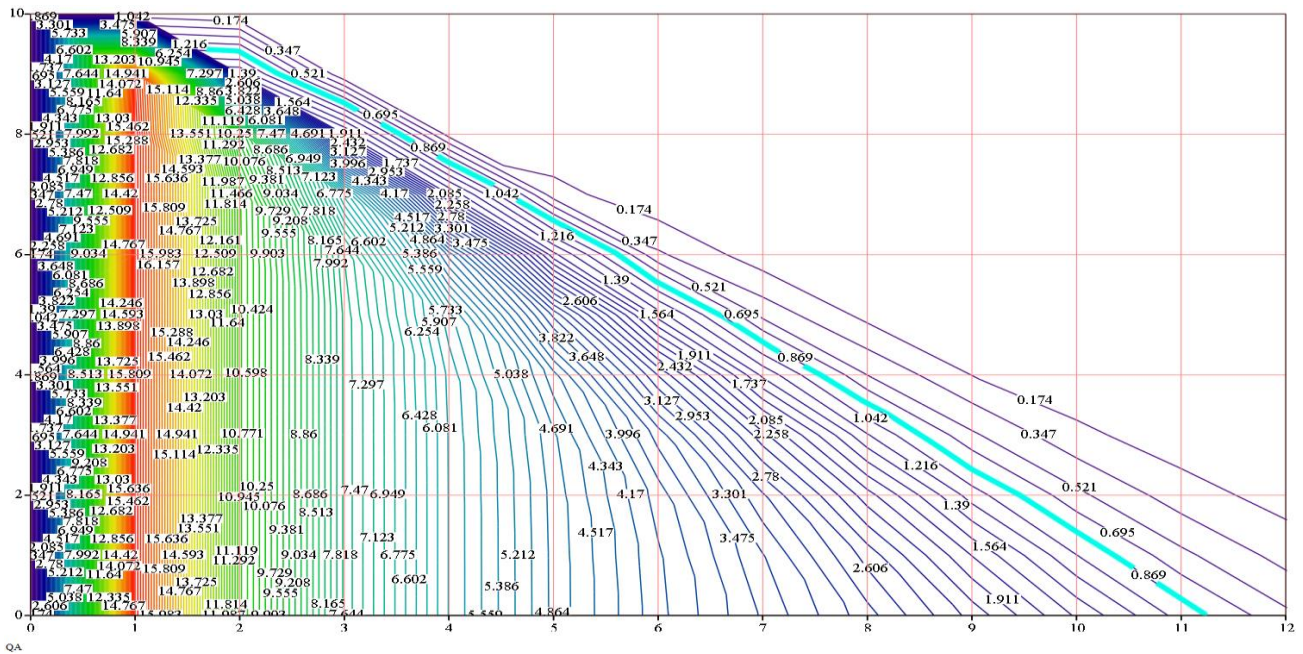


Рис. 2. Дисперсія NO_x на досліджуваній ділянці автомагістралі (м. Київ) при північно-східному вітрі зі швидкістю 5 м/с

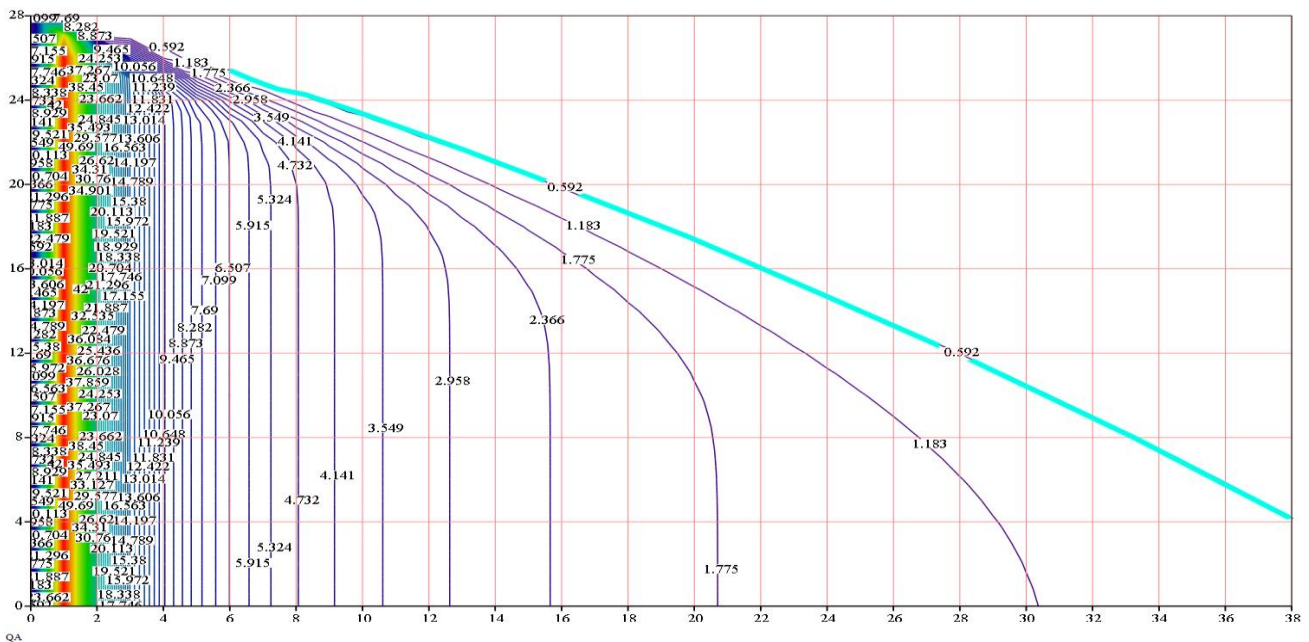


Рис. 3. Дисперсія NO_x на досліджуваній ділянці автомагістралі (м. Київ) при північно-східному вітрі зі швидкістю 5 м/с

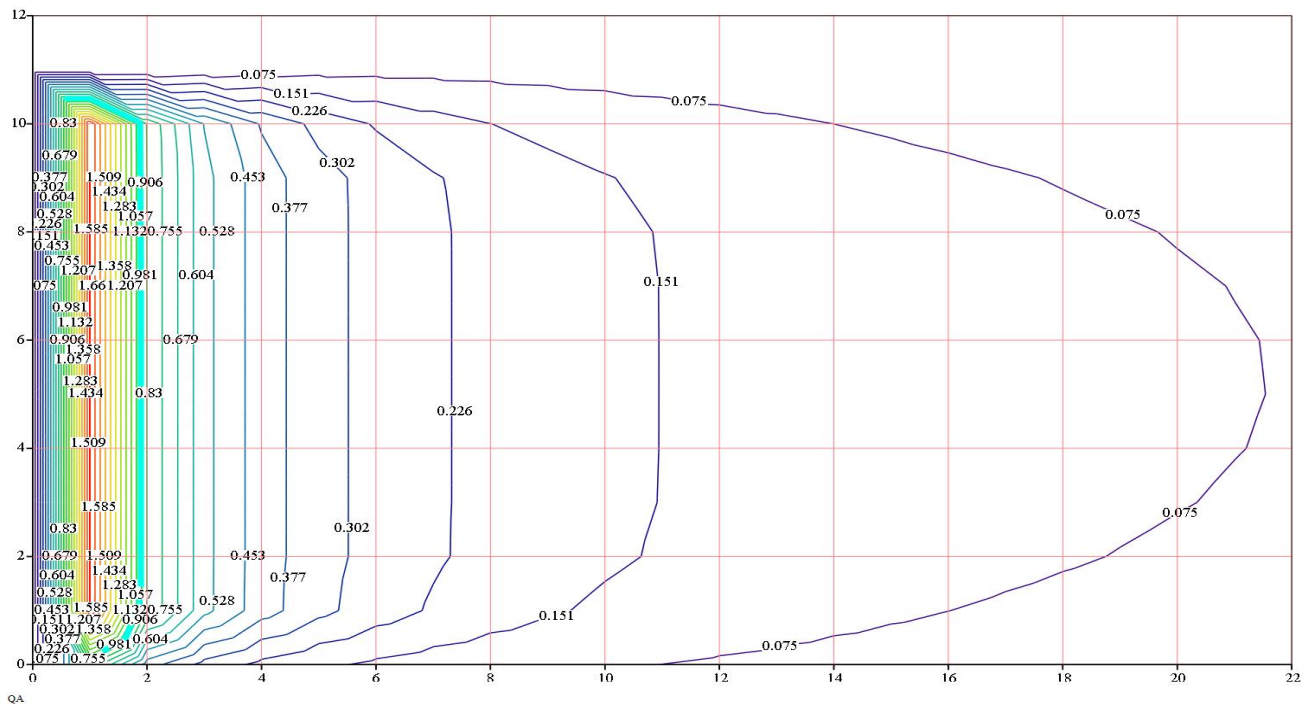


Рис. 4. Дисперсія твердих дрібнодисперсних частинок на досліджуваній ділянці автомагістралі (м. Київ) при західному вітрі зі швидкістю 5 м/с

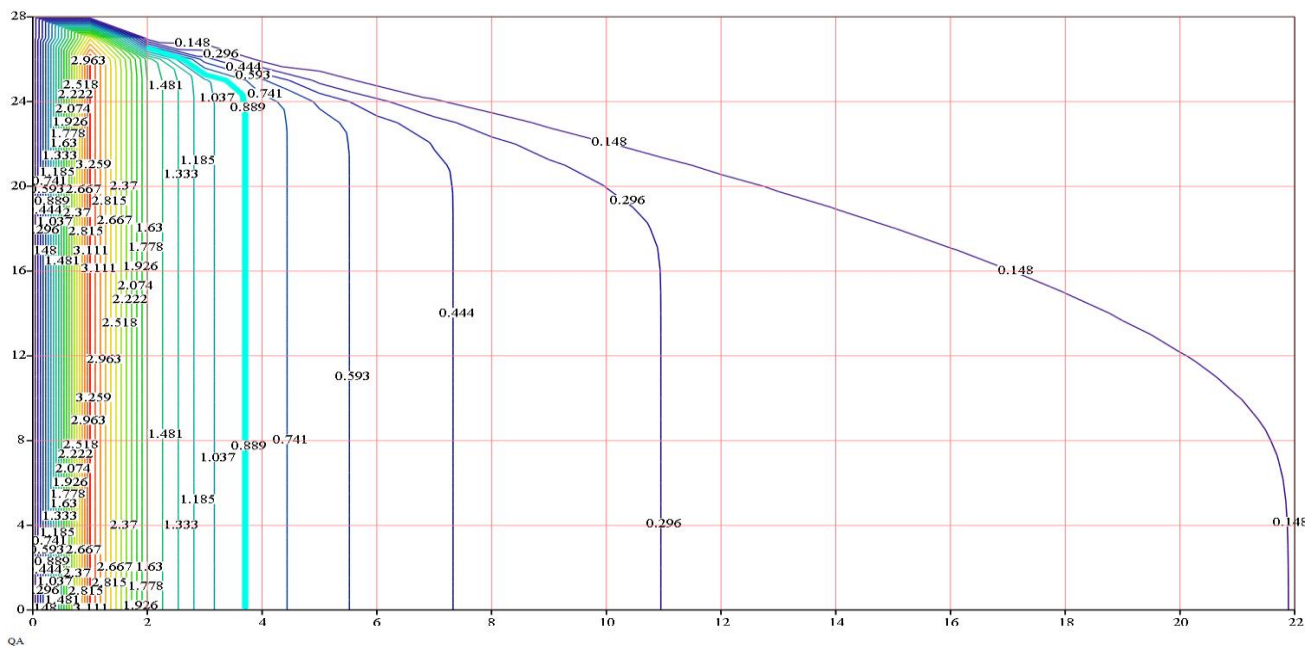


Рис. 5. Дисперсія твердих дрібнодисперсних частинок на досліджуваній ділянці автомагістралі (м. Київ) при північно-східному вітрі зі швидкістю 5 м/с

Для побудованих математичних моделей пропонується така градація забруднення приземного придорожнього повітряного простору, а саме:

- екологічно небезпечне – кратність перевищення ГДК домішки становить від $8,0 \cdot \text{ГДК}$ і вище,
- високе, якщо це відношення $(4,4 \dots 8,0) \cdot \text{ГДК}$,
- середнє – кратність перевищення $(1 \dots 4,4) \cdot \text{ГДК}$;
- екологічно безпечний рівень, якщо немає перевищення ГДК.

Наукова новизна розробки полягає в проведенні натурних досліджень, аналізі отриманої інформації та побудові на її основі математичних моделей дисперсії забруднювачів тропосфери з метою встановлення зв'язку між ТА і СА, прогнозуванні потенційних змін клімату на планеті через сукупність процесів у тропосфері й стратосфері.

Висновки. Таким чином, у роботі описано процеси, що відбуваються в тропосфері і стратосфері під впливом аерозолів; проаналізовано рівні забруднення приземного придорожнього простору на прикладі напружених автомагістралей м. Київ; встановлено зв'язок тропосферного забруднення, зокрема, забруднення, спричиненого викидами автотранспортних засобів, з динамікою стану стратосфери і, як наслідок, вплив цього забруднення на зміни клімату на планеті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Школьнік Є. П. Фізика атмосфери: підручник. Одеса, 2005. 507 с.
2. Веремчук Л. В., Янькова В. И., Виткина Т. И., Голохваст К. С., Барскова Л. С. Загрязнение атмосферы урбанизированной территории как системный процесс взаимодействия факторов окружающей среды. *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2015. № 61 (3). С. 35–42.
3. Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. WHO Regional Office for Europe UN City, Marmorvej 51 DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark.
4. Кофанов О. Є. Багатопараметричні моделі прогнозування складу і властивостей модифікованих біокомпонентом паливних систем. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. № 4 (50) С. 176–183. DOI : <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2017.128483>.
5. Кофанов О. Є. Моделювання розсіювання і локального концентрування поллютантів у придорожньому повітряному просторі. *Вісник НТУ "ХПІ", Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків : НТУ "ХПІ". 2018. № 9 (1285). С. 190–197. DOI : [10.20998/2413-4295.2018.09.28](https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.09.28)
6. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів. Наказ Державного комітету статистики України № 452 від 13.11.2008 [Електронний ресурс]. URL: http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm.
7. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – М. : Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 15 с.
8. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками. – Донецк : УкрНТЭК, 1999. – 107 с.
9. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов [Електронний ресурс]. – СПб., 2010 – 15 с. // Фирма "Интеграл"; от 20.10.16. URL: <http://forum.integral.ru/viewtopic.php?f=64&t=16815>.