

## КАРТОГРАФУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ДВООКСИДОМ АЗОТУ ТА СІРКИ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ МІСТАХ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Р. В. Криваковська**

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАНУ  
вул. Генерала Наумова, м.Київ, 03164. E-mail: deyatnor@ua.fm

**М. М. Харитонов**

Дніпропетровський державний аграрний університет  
вул. Ворошилова 25, м. Дніпропетровськ, 49600. E-mail: nick-nick@mail.ru

**В. М. Хлопова**

Дніпропетровський обласний центр гідрометеорології  
вул. Гоголя, 19, м. Дніпропетровськ, 49044. E-mail: lnza@yandex.ru

Багаторічні стаціонарні дослідження були проведені у трьох лабораторіях оцінки якості забрудненого повітря у Дніпропетровській області. Шість стаціонарних постів знаходяться у місті Дніпропетровську, п'ять – розташовані у містах Кривий Ріг і Дніпродзержинськ. Підвищена концентрація діоксиду азоту (перевищення ГДК – у 1,25-2,25 раз) спостерігається на протязі останніх 5 років в атмосфері усіх трьох індустриальних центрів. Виявлена тенденція свідчить про ризик випадіння кислотних дощів не тільки на території трьох металургійних міст, але і на прилеглих сільськогосподарських угіддях. Інтерполяція трирічних даних з постів спостереження у трьох індустриальних центрах із застосуванням інформаційно-аналітичної системи AISEEM дозволила побудувати карти забруднення атмосфери двооксидом азоту і сірки. Застосування AISEEM дозволить в перспективі робити визначення розподілу концентрацій забруднення за різними сценаріями.

**Ключові слова:** двооксид азоту та сірки, кислотні дощі, моніторинг, картографування.

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ДИОКСИДОМ АЗОТА И СЕРЫ В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ГОРОДАХ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Р. В. Криваковская**

Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАНУ  
ул. Генерала Наумова, г.Київ, 03164. E-mail: deyatnor@ua.fm

**Н. Н. Харитонов**

Днепропетровский государственный аграрный университет,  
ул. Ворошилова 25, г. Днепропетровск, 49600. E-mail: nick-nick@mail.ru

**В. Н. Хлопова**

Днепропетровский областной центр гидрометеорологии,  
ул. Гоголя, 19, г. Днепропетровск, 49044, E-mail: lnza@yandex.ru

Многолетние стационарные исследования были проведены в трех лабораториях оценки качества загрязненного воздуха в Днепропетровской области. Шесть стационарных постов находятся в Днепропетровске, пять – размещены в городах Кривой Рог и Днепродзержинск. Повышенная концентрация диоксида азота (превышение ПДК – в 1,25-2,25 раза) наблюдается на протяжении 5 последних лет в атмосфере всех трех индустриальных центров. Выявленная тенденция свидетельствует о риске выпадения кислотных дождей не только на территории трех металлургических городов, но и на прилегающих сельскохозяйственных угодьях. Интерполяция трехлетних данных с постов наблюдения в трех индустриальных центрах с использованием информационно-аналитической системы AISEEM позволила построить карты загрязнения атмосферы диоксидом азота и серы. Применение AISEEM позволит в перспективе определять устанавливать распределение концентраций загрязнения по разным сценариям.

**Ключевые слова:** диоксид азота и серы, кислотные дожди, мониторинг, картографування..

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Дніпропетровський регіон – є великим промисловим центром України. Головними джерелами техногенного забруднення атмосфери в умовах великих індустриальних міст є металургійні, хімічні комбінати підприємства будівельних матеріалів, теплові електростанції та опалювальні котельні. Двооксид азоту, сірчистий ангідрид, та інші речовини, які можуть вступати в хімічну реакцію друг з другом, утворюють високотоксичні з'єднання. Ці речовини відповідні за утворення фотохімічного смогу у літні місяці в атмосфері великих індустриальних агломерацій [1,2]. У певній мірі концентрація  $\text{NO}_x$  впливає на «бюджет» фор-

мування тропосферного озону. Відомо, що тропосферний озон є газом з потужним «парниковим ефектом», тотожним з негативними процесами росту температури повітря обумовленими підвищенням кількості  $\text{CO}_2$  та  $\text{CH}_4$  [3]. Пов'язані з утворенням аерозолу  $\text{HNO}_3$  та  $\text{H}_2\text{SO}_4$  кислотні дощі призводять до зниження рН ґрунту, ґрунтових, підземних вод, вилугуванню важких металів тощо [4]. Отже велими актуальними є дослідження емісії оксидів азоту і сірки та оцінка можливого ризику випадіння кислотних дощів навкруги індустриальних агломерацій. Разом з туманом і деякими іншими природними явищами в місцях підвищеної концентрації

**Розробка та експлуатація систем екологічного моніторингу**

хімічних речовин виникає фотохімічний смог. Оксиди нітрогену та сірчаний газ, з'єднуючись з водою, утворюють азотну та сірчану кислоту, випадають з дощами, утворюючи кислотні опади. Шкода, яку кислотні дощі завдають лісовому господарству, зеленим насадженням, садівництву пов'язана із вимиранням насаджень, зниженням приросту деревинної маси, а також з підвищеною сприйнятливостю деревних порід до хвороб та ушкоджень шкідниками [5].

МЕТОЮ РОБОТИ було за допомогою картографування проаналізувати передумови утворення кислотних дощів внаслідок забруднення атмосфери індустріальних міст регіону двооксидами азоту та сірки.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Поточна інформація з використанням мережі стаціонарних постів у трьох індустріальних містах Придніпровського регіону проводиться лабораторіями оцінки забруднення атмосфери системи Держгідромету. Ці лабораторії були створені у містах Дніпропетровськ (ДН), Дніпродзержинськ (ДЗ) та Кривий Ріг (КР). Для оцінювання атмосферного забруднення використовують лабораторні, експресні та автоматичні методи контролю. Отримані середньодобові, середньомісячні та середньорічні дані фонового моніторингу досліджуваних речовин в атмосферному повітрі порівнюються з гранично допустимими концентраціями (ГДК). Сьогодні Дніпропетровський обласний центр з гідрометеорології проводить відбір проб атмосферного повітря на шести стаціонарних постах у місті Дніпропетровськ, та п'яти – у м. Дніпродзержинськ та Кривий Ріг. Інформаційно-аналітична система AISEEM була використана для побудови карт аеротехногенного забруднення атмосфери у трьох мегаполісах [6, 7]. Система AISEEM поєднує результати моделювання аеротехногенного забруднення та усереднення даних з постів спостереження за станом атмосферного повітря. Результати вимірювання середньомісячні концентрації забруднення двооксидом азоту у приземному шарі атмосфери за 2010 рік у трьох індустріальних містах наведені на рисунку 1.

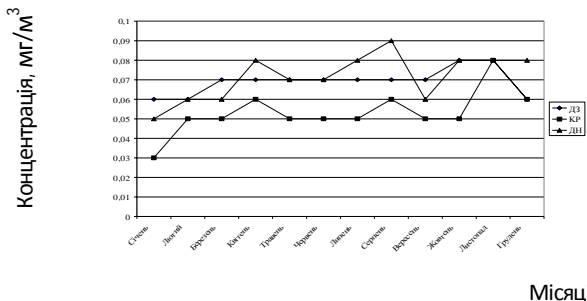


Рисунок 1 – Середньомісячні концентрації (мг/м<sup>3</sup>) забруднення приземного шару атмосфери NO<sub>2</sub> у Дніпродзержинську (ДЗ), Кривому Розі (КР) і Дніпропетровську (ДН)

Концентрація NO<sub>2</sub> в атмосфері трьох міст 2010 році коливалась від 0,03 до 0,08 мг/м<sup>3</sup> у Кривому Розі, від 0,05 до 0,09 мг/м<sup>3</sup> – у Дніпродзержинську і Дніпропетровську. Зафіксоване постійне переви-

щення одного ГДК за рівнем середньомісячних концентрацій двооксиду азоту в атмосфері індустріальних міст. Максимальне перевищення ГДК за вмістом NO<sub>2</sub> в атмосфері міст сягало два рази. На протязі 5 останніх років в атмосфері усіх трьох міст спостерігався підвищений рівень двооксиду азоту (перевищення ГДК – у 1,25-2,25 раз). На першому місті по забрудненню повітря двооксидом азоту – м. Дніпропетровськ. На другій та третій сходинках – відповідно місто Дніпродзержинськ та Кривий Ріг.

Динаміка середньорічних концентрацій двооксиду азоту за 2007-2011р.р. у повітрі трьох міст у порівнянні з ГДК наведена на (рис.2).

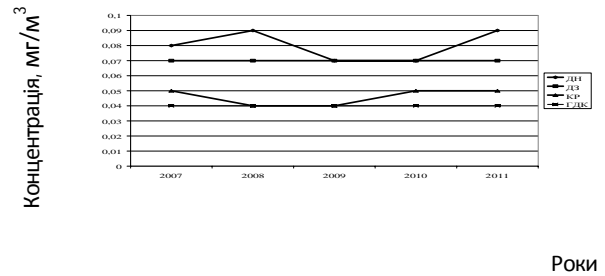


Рисунок 2 – Динаміка середньорічних концентрацій (мг/м<sup>3</sup>) двооксиду азоту за 2007–2011рр.

Інтерполяція трирічних (2009-2011рр.) даних з постів спостереження у трьох вищеназваних індустріальних містах дозволила побудувати карти забруднення атмосфери двооксидом азоту (рис.3-5).

Аналіз контурів розповсюдження потоків аерозолу двооксиду азоту свідчить про формування у центрі міста Дніпропетровська вираженого факелу у північно-західному напрямку з перевищенням ГДК у 2,5 рази.

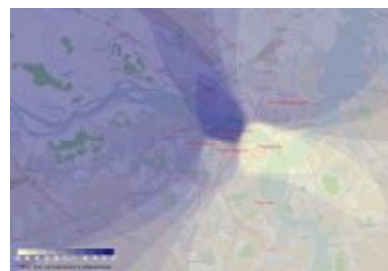


Рисунок 3 – Карта забруднення атмосфери двооксидом азоту підприємствами м. Дніпропетровськ

Крім того, цей потік розходить на два боки у південно-західному та північно-східному напрямках і проходить через Ленінський та Індустріальний райони, які знаходяться під постійним впливом цілої низки промислових підприємств (металургійні заводи ім. Петровського, Карла Лібкнехта тощо). У місті Дніпродзержинськ найбільша концентрація двооксиду азоту в повітрі зафіксована у Заводському районі у зоні дії металургійного комбінату ім. Дзержинського (перевищення ГДК сягає 1,8). Решта правобережної частини міста постійно накрита шлейфом з перевищенням ГДК у 1,5-1,6 рази.

Розробка та експлуатація систем екологічного моніторингу

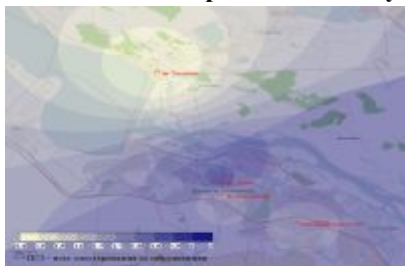


Рисунок 4 – Карта забруднення атмосфери двооксидом азоту підприємствами м. Дніпродзержинськ



Рисунок 5 – Карта забруднення атмосфери двооксидом азоту підприємствами м. Кривий Ріг

Ситуація із забрудненням повітря двооксидом азоту у м. Кривий Ріг є досить контрастною. Достатньо відмітити скупчення домішок аерозолі на рівні перевищення ГДК у 1,5 рази у центральній частині міста, де розташовані один металургійний та два гірничо-збагачувальні комбінати. Наявність постійного надлишку  $NO_2$  в атмосфері трьох промислових міст призводить до виникнення ризику випадіння кислотних дощів не тільки на зазначених територіях але і на прилеглих сільськогосподарських угіддях. При розгляді ступеню забруднення повітря промислових агломерацій сірчистим ангідридом за 2007-2011 рр. можна зробити висновок, що ризик перевищення ГДК поки що відсутній (рис.6).

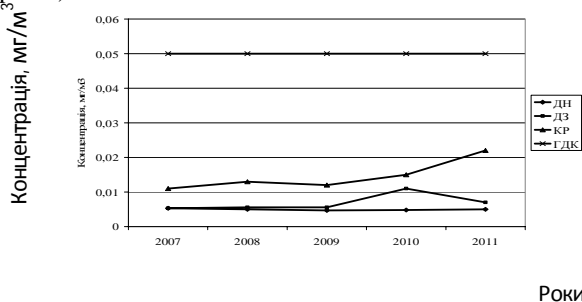


Рис.6. Зміни середньорічних концентрацій (мг/м<sup>3</sup>) двооксиду сірки за 2007-2011 рр.

Найбільш забрудненим цією домішкою було повітря міста Кривий Ріг.

Інтерполяція трирічних (2009-2011 рр.) даних з постів спостереження у трьох промислових містах дозволила побудувати і карти забруднення атмосфери двооксидом сірки (рис.7-9).

Формування ореолу розповсюдження аерозолі диоксида сірки у м. Дніпропетровську пов'язане з діяльністю металургійного заводу Петровського, ВАТ

«Дніпропетровський коксохімічний завод» та інших підприємств (рис.7).

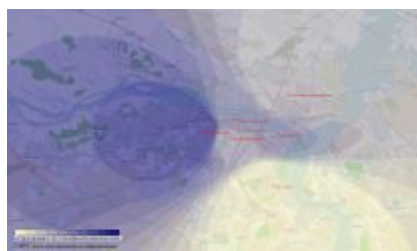


Рисунок 7 – Карта забруднення атмосфери двооксидом сірки підприємствами м. Дніпропетровськ

Беручи до уваги, що у місті Кривий Ріг за період 2009-2011 переважали північний та східний напрямки вітру, але не суттєво, можна зробити висновок, що за рахунок змінних напрямків вітру та специфічному розташуванні міста сірчистий ангідрид розсіювався по всій території міста (рис.8).

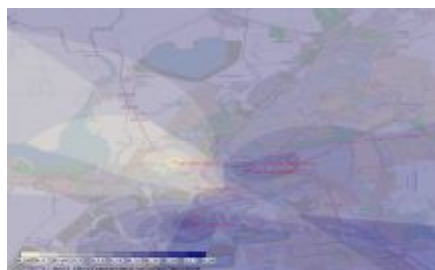


Рисунок 8 – Карта забруднення атмосфери двооксидом сірки підприємствами м. Кривий Ріг

Деякі райони м. Дніпродзержинська, які знаходяться під постійним впливом промислових підприємств (Баглійський та Заводський райони) і при переважних південних напрямках вітру, були найбільш забрудненими сірчистим ангідридом (рис.9).

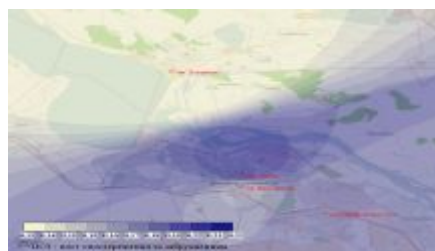


Рисунок 9 – Карта забруднення атмосфери двооксидом сірки підприємствами м. Дніпродзержинськ

Необхідно урахувати що двооксид азоту та сірчистий ангідрид володіють ефектом сумачії. При наявності безлічі розосереджених джерел відбувається накладення окремих викидів і утворюється сумарний факел, поширений фактично над усією промисловою агломерацією. Просторова структура такого факела дуже складна, миттєві концентрації домішок в різних точках міста істотно відрізняються один від одного. Однак середні рівні забруднення повітря в результаті взаємодії багатьох факторів

**Розробка та експлуатація систем екологічного моніторингу**

розрізняються неістотно. Сумарний факел, що утворився над містом у результаті злиття викидів численних підприємств, під впливом вітру може поширюватися на відстані в кілька десятків кілометрів. При відсутності затримуючих шарів і слабкому повітрі домішки швидко підіймаються вгору.

**ВИСНОВКИ.** Найбільшим ступенем забруднення повітря двооксидом азоту відрізняються м. Дніпропетровськ та Дніпродзержинськ, сірчистим ангідридом - м. Кривий Ріг. Ризик перевищення ІГДК за рівнем SO<sub>2</sub> поки що відсутній. Підвищена концентрація двооксиду азоту (перевищення ГДК – у 1,25-2,25 раз) спостерігається на протязі 5 останніх років в атмосфері усіх трьох міст. Таким чином, завдяки ефекту сумачії, загальна токсичність від новоутвореного фотохімічного смогу може бути відчутно більшою. Інтерполяція трирічних (2009-2011рр.) даних з постів спостереження у трьох вищеназваних промислових містах дала змогу побудувати карти забруднення атмосфери двооксидом азоту та сірки. Застосування AISEEM дозволить в перспективі робити визначення розподілу концентрацій забруднення за різними сценаріями.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. П.И. Копач, А.Г.Шапарь, В.М. Шварцман.

Техногенез и кислотные дожди.– К.: Наукова думка, 2006. – 173 с.

2. Loghin V. D. Atmospheric nitrogen dioxide monitoring by remote sensing.A special regarding at Europe and Romania. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, 2010 – Vol. 10, P.93-96.

3. Crutzen, P. J. The role of NO and NO<sub>2</sub> in the chemistry of the troposphere and stratosphere, Annu. Rev. Earth Planet. Sci.,7, 1979. – P.443-472.

4. Duccer W.M., Ting I.P. Air Pollution Oxidants – Their Effects on Metabolic Processes in Plants. Annual Review of Plant Physiology. 1970. – Vol. 21: P.215-234.

5. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред Е.А.Алексеева. – Л.: Наука, 1990. – 200 с.

6. Яцишин А.В., Попов О.О., Артемчук В.О. Комп'ютерні засоби прогнозування техногенних навантажень на атмосферу // Східно-Європейський журнал передових технологій - 2009. – Вип. 5/2 (41). – С. 33-36.

7. Артемчук В.А. Грибан О.А. Информационно-аналитическая система эколога-энергетического мониторинга // Моделирование та інформаційні технології. – 2010. – Т. 1, спец. вип. С. 120-128.

**MAPPING OF NITROGEN AND SULFUR DIOXIDE AIR POLLUTION IN INDUSTRIAL CITIES OF DNIPROPETROVSK REGION**

**R. Kryvakovskaya**

Pukhov Institute of Modelling Problems in Power Engineering NASU, vul. Generala Naumova, 15, Kiev, 03164. E-mail: deyatator@ua.fm

**M. Kharytonov**

Dnipropetrovsk State Agrarian University vul. Voroshilova, 25, Dnipropetrovsk, 49600. E-mail: nick-nick@mail.ru

**V. Khlopova**

Dnipropetrovsk center of hydrometeorology vul. Gogolya, 19, Dnipropetrovsk, 49044. E-mail: lnza@yandex.ru

Long-term stationary researches were carried out in three observation laboratories controlling air pollution in Dnipropetrovsk region. There are six stationary stations in Dnepropetrovsk, five stations are located in Krivoy Rog and Dniprodzerzhinsk. High nitrogen dioxide concentration (MPC exceeding – в 1,25-2,25 раз) observed during 5 last years in atmosphere of third industrial centers. A tendency fixed approves possible risk of acid rains fallout not only in the metallurgical cities but on adjacent suburban arable lands as well. Three years interpolation of observed points in the third industrial centers with information-analytical system AISEEM application allowed building maps of air pollution with nitrogen and sulfur dioxides. AISEEM application allow as prospect to do the determination of concentrations distribution on different scenarios.

**Key words:** nitrogen and sulfur dioxide, acid rains, monitoring, mapping.

**REFERENCES**

1. Kopach P.I., Shapar A.G., Shvartsman V.M. (2006) *Technogenes and acid rains* – Kyiv: Naukova dumka, Ukraine  
 2. V. D. Loghin (2010) Atmospheric nitrogen dioxide monitoring by remote sensing.A special regarding at Europe and Romania. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Seriesю – Vol. 10: P.93-96.  
 3. P. J. Crutzen (1979) The role of NO and NO<sub>2</sub> in the chemistry of the troposphere and stratosphere, Annual. Rev. Earth Planet. Sci., – Vol.7: P.443-472.  
 4. W.M Duccer, I.P. Ting (1970) Air Pollution Oxidants – Their Effects on Metabolic Processes in Plants.

Annual Review of Plant Physiology.–Vol. 21: P.215-234.  
 5. Forest ecosystems and atmospheric pollution (1990) In edition Ye.A.Alekseev// –Leningrad: Nauka, Russia  
 6. Yatsishir A.V., Popov O.O., Artemchuk V.O. (2009) Computer soft of technogenic loads forecast on atmosphere // Eastern-European magazine of the modern technologies. Kyiv, Ukraine  
 7. Artemchuk V.A. and Griбан O.A. (2010) Information-analytical system of ecological-energy monitoring // Modelling and information technologies. Vol. 1, espec. iss. Kyiv, Ukraine.

