

ОЦІНКА ЗМІН ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ У 2021-2022 РОКАХ ЗА ДАНИМИ АНАЛІЗУ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ SENTINEL-5P

Давибіда Л. І., Базюк І. І.

lidiia.davybida@nung.edu.ua, ivanna.baziuk-hzim221@nung.edu.ua

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

The general aim of this research is to analyze spatial-temporal changes of air quality, which are the consequences of the military invasion of the Russian on the territory of Ukraine based on open remote sensing data, geoinformation and cloud technologies. The density of NO₂, SO₂ and CO extracted from the Sentinel-5P satellite using Google Earth Engine (GEE) showed reduced emission of primary air pollutants and a high level of atmospheric restoration compared to 2021, the year before the war. Obtained results showed one more aspect of the drastic effect of the war on the economic and social processes and environmental conditions.

Key words: *GIS, pollutants, satellite monitoring, war impact.*

Забруднення атмосферного повітря визначено як одна з ключових екологічних проблем України у Законі «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Основна частка викидів складається з оксидів азоту (NO_x), оксиду вуглецю (CO) та діоксиду сірки (SO₂) і є пов'язана з діяльністю енергетичного сектору.

В останні роки карантинні обмеження, а також воєнні дії внаслідок російської агресії також вплинули як на динаміку надходжень забруднюючих речовин у атмосферу, так і на їх територіальний розподіл над територією України.

Ефективним інструментом моніторингу стану атмосферного повітря є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Sentinel-5 Precursor – також відомий як Sentinel-5P – це перша місія Copernicus, спрямована на моніторинг атмосфери. Супутник оснащено найсучаснішим інструментом Tropomi, за допомогою якого отримують дані про склад атмосфери, що можуть використовуватися для моніторингу якості повітря, стану озонового шару, УФ-випромінювання, та моніторингу і прогнозування клімату. Основною метою місії Copernicus Sentinel-5P є проведення атмосферних вимірювань з високою просторово-часовою роздільною здатністю, які використовуються для визначення якості повітря. Tropomi – інструмент моніторингу тропосфери – це пристрій супутника Sentinel-5P, який складається з чотирьох спектрометрів, які працюють у режимі отримання зображень, збираючи спектральні дані. Техніка отримання даних полягає у створенні зображення смуги Землі за допомогою двовимірного детектора протягом однієї секунди, протягом якої супутник рухається приблизно на 7 кілометрів. Смуга становить 2600 кілометрів у поперечному напрямку (за допомогою ширококутного телескопа), а вздовж шляху – 7 кілометрів. Після односекундної інтеграції починається нове вимірювання, таким чином створюючи прогресивне сканування Землі під час руху супутника. Інформація з цієї нової місії використовується Службою моніторингу атмосфери Copernicus для прогнозів забруднення повітря, які можуть використовуватися особами, що приймають рішення, для вжиття заходів відповідно до екологічної політики. Щодня супутник створює карту глобальної атмосфери з роздільною здатністю 7 км × 3,5 км. При такій роздільній здатності можна виявити забруднення повітря над окремими населеними пунктами.

У даній роботі за допомогою хмарної геоінформаційної платформи для геопросторового аналізу даних Google Earth Engine, яка дозволяє використовувати надпотужні обчислювальні можливості компанії Google для вивчення різноманітних проблем довкілля [1-3], і колекції даних спостережень супутника Sentinel-5P виконано

аналіз і картування забруднення атмосфери над територією України диоксидом азоту (NO_2), оксидом вуглецю (CO) та диоксидом сірки (SO_2).

Дослідження включало такі етапи:

- 1) завантаження даних спостережень;
- 2) фільтрація та обрізка даних для досліджуваної території по кордонах України;
- 3) розрахунок та картографування узагальнених результатів моніторингу (середньорічних значень) за 2021 рік та 2022 р. (Рис. 1);
- 4) розрахунок середньомісячних значень вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за 2021 та 2022 роки;
- 5) побудова часових рядів середньомісячних значень вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі;
- 6) завантаження та збереження просторово-часових даних для подальших досліджень.

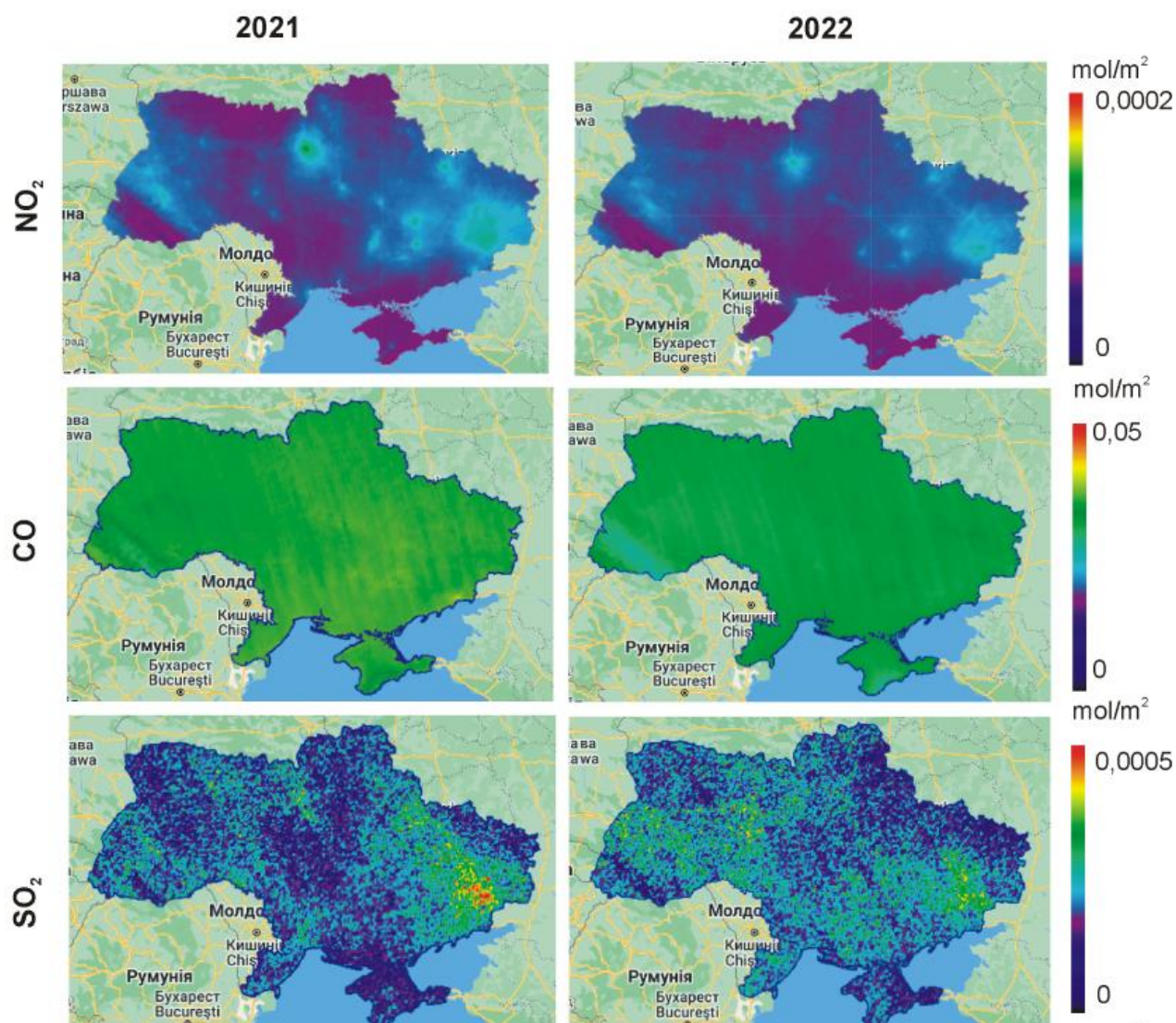


Рис. 1. Просторовий розподіл середньомісячних значень щільності диоксиду азоту, оксиду вуглецю і диоксиду сірки для території України у 2021 і 2022 роках.

Оверлейний аналіз завантажених шарів щільності забруднення атмосфери за даними Sentinel-5P [4, 5] і векторних картографічних шарів адміністративно-територіального устрою України було виконано засобами геоінформаційної систем QGIS 3.28 (Рис. 2-4).

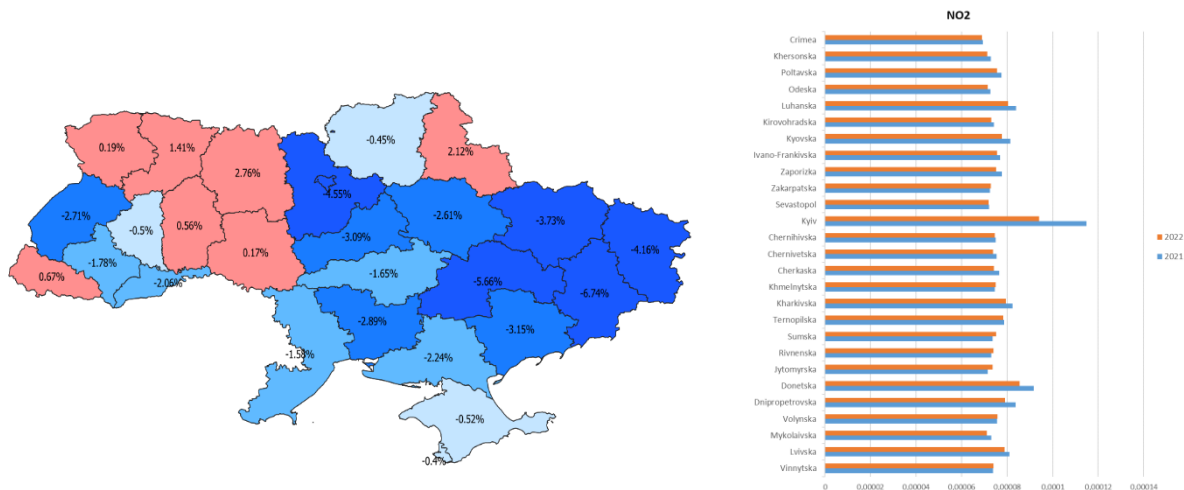


Рис. 2. Регіональні просторово-часові зміни забруднення атмосфери диоксидом азоту для території України.

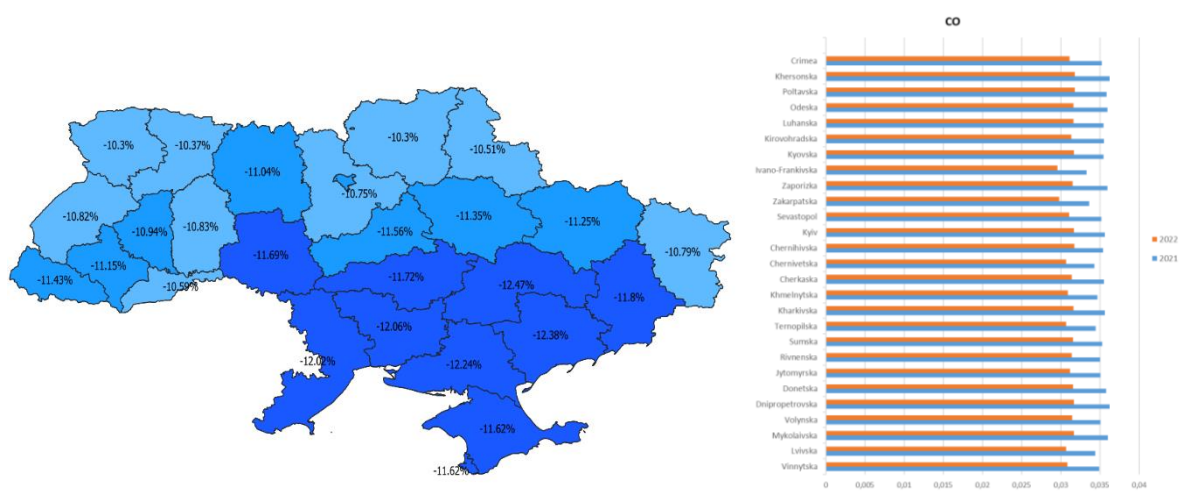


Рис. 3. Регіональні просторово-часові зміни забруднення атмосфери оксидом вуглецю для території України

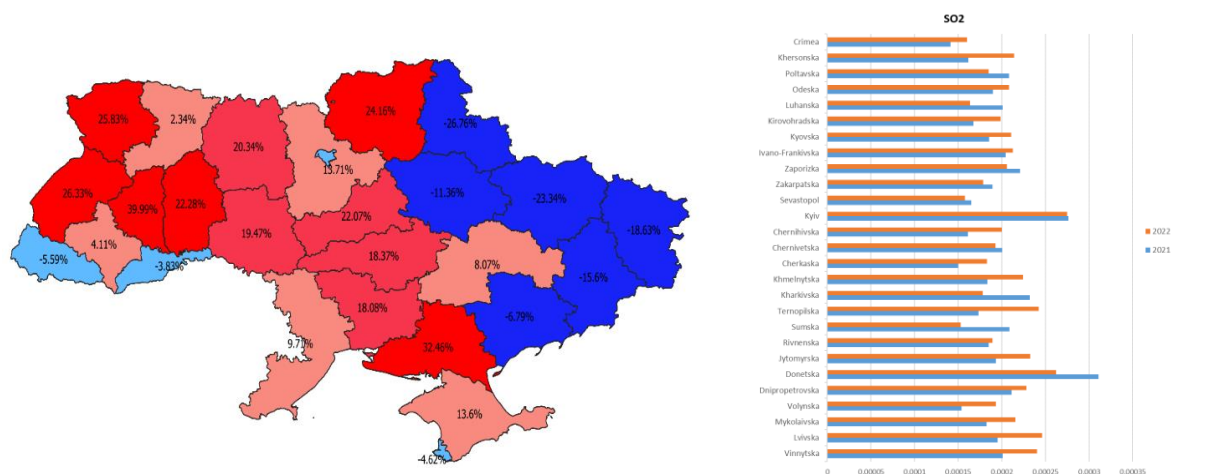


Рис. 4. Регіональні просторово-часові зміни забруднення атмосфери диоксидом сірки для території України

Дослідження розподілу забруднюючих речовин показало зниження середньорічних значень NO₂, CO, і SO₂ у 2022 році порівняно з 2021 роком загалом над територією України, а також перерозподіл обсягів забруднення атмосферного повітря по адміністративних регіонах – зростання рівня забруднення у західних областях і зниження у центральних і східних областях. Подібні тенденції обумовлені впливом російської воєнної агресії, спадом виробництва та вимушеним переселенням жителів регіонів, де ведуться активні бойові дії.

Література:

1. Trends and applications of Google Earth Engine in remote sensing and Earth science research: a bibliometric analysis using Scopus database. / [B. Pham-Duc, H. Nguyen, H. Phan et al.]. Earth Sci Inform. 2023. Vol. 16. P. 2355-2371. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01035-2>
2. Давибіда Л. І. Аналіз можливостей і досвіду використання платформи Google Earth Engine для вирішення задач моніторингу довкілля. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2022. №2. С. 75–86. [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2\(24\)-75-86](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2(24)-75-86)
3. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. [N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. et al.]. Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 202. P. 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
4. Virghileanu M, Săvulescu I, Mihai B-A, Nistor C, Dobre R. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. Remote Sensing. 2020; 12(21): 3575. <https://doi.org/10.3390/rs12213575>
5. Cersosimo, A., Serio, C., Masiello, G. TROPOMI NO₂ Tropospheric Column Data: Regridding to 1 km Grid-Resolution and Assessment of their Consistency with in Situ Surface Observations. Remote Sens. 2020, 12, 2212.

ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯЛИНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ СМТ. МИРОПІЛЬ

Федорчук І.В., Козак М.І.

fedorchuk.ivan@kpmu.edu.ua maximkozak1980@gmail.com

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

The study examines the prospects of ecotoxicological research based on morphological indicators of common spruce in the conditions of the urban ecosystem of Myropil. It has been established that changes in the color and size of vegetative organs can serve as indicators of soil pollution by heavy metals (Mn) and air (SO₂).

Key words: *ecotoxicology, phytomonitoring, urban ecology, biomonitoring, morphometric methods, phytoremediation functions.*

Історичний процес підвищення ролі міст у розвитку цивілізації з одночасною трансформацією природного довкілля розглядає урбоекологія. Саме вона сьогодні володіє інструментальними й біологічними методами індикації середовища, які дають можливість виявити дію урбогенних пошкоджуючих факторів і встановити рівень життєвості популяції людей. Тому актуальним питанням є пошук шляхів оптимізації оточуючого природного середовища, вдосконалення системи біомоніторингу урбоєкосистем через пошук та впровадження в практику досліджень інформативних високочутливих біомаркерів забруднення.