



DOI: 10.36023/ujrs.2020.26.182

УДК 528.88-519.6

## Дистанційний моніторинг стану атмосферного середовища на території України в період карантинних обмежень COVID-19

В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, О. А. Апостолов, І. Ф. Романчук \*

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, вул. Олеся Гончара 55 Б, Київ 01054, Україна

На початку березня 2020 року Всесвітня організація охорони здоров'я оголосила COVID-19, як пандемію. З 12 березня 2020 року карантинні обмеження введені в Україні.

Введення карантинних заходів глобального масштабу, що зменшили інтенсивність промислового виробництва та переміщення транспорту, не призвело до суттєвого скорочення планетарних коливань парникових газів.

Результати проведених досліджень показали, що карантинні обмеження сприяли скороченню наявності в атмосфері над Україною  $\text{NO}_2$ , внаслідок спаду промисловості та транспортної активності. Щодо вмісту в атмосфері  $\text{CO}_2$  суттєвого зменшення не виявлено, оскільки ця величина залежить як від антропогенного так і природного факторів.

**Ключові слова:**  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , GOSAT, AURA, пандемія, COVID-19, зміни клімату

© В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, О. А. Апостолов, І. Ф. Романчук. 2020

### 1. Актуальність дослідження

Атмосфера інтенсивно впливає на біологічний світ, на гідросферу, ґрунтово-рієльнинний покрив, геологічне середовище, техногенні об'єкти. Тому охорона атмосферного повітря є найбільш пріоритетною проблемою екології. Її приділяється пильна увага в усіх розвинених країнах, також і в Україні.

Пандемія коронавірусу COVID-19 фактично паралізувала звичайне життя, в тому вигляді до якого ми звикли. Коронавірус, нове інфекційне захворювання, яке вперше було зареєстровано в провінції Ухань, Китай, в грудні 2019 року (Nakada et al., 2020). Це захворювання (Kanniah et al., 2020) було поширене в інших країнах Азії, Європи, Африки, Америки і набувши планетарного масштабу отримало статус пандемії. У деяких дослідженнях стверджується, що тривалий вплив високих рівнів забруднення повітря може підвищити вразливість і рівень смертності через COVID-19 (Li Li et al., 2020). Поширення вірусу через забруднення повітря і аерозолі все ще обговорюється світовим науковим товариством (Otmani et al., 2020). За деякими дослідженнями, на передачу вірусу через аерозолі впливає перш за все чистота поверхонь та гарна вентиляція у приміщенні. За даними Все-світньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) дуже маленькі крапельки здатні лишатися підвіщеними в повітрі протягом тривалого періоду часу. Якщо аерозолі містять вірус COVID-19, вони можуть потенційно вдихатися іншими людьми, якщо вони не носять відповідні засоби індивідуального за-

хисту. В закритих, недостатньо вентильованих приміщеннях, де одночасно перебуває велика кількість людей — ресторани, клуби, релігійні осередки (храми, місця поклоніння тощо), відбуваються спалахи зараження через передачу завислих частин вірусу в аерозолях (WHO, 2020).

Міри для призупинення розповсюдження вірусу, які вводилися майже у всіх країнах світу призвели до суттєвого спаду промислового виробництва, та обмеженню переміщення транспорту. Для території України такі обмеження були введені з 12 березня 2020 року.

В результаті зниження діяльності людини і промисловості у багатьох країнах світу було помічено зниження забруднення повітря, особливо концентрації  $\text{NO}_2$  (RW Space, 2020; Медведєва, 2020; Лялин, 2020). Міжнародна група вчених проаналізувала обмеження викидів для 69 країн, які відповідають 97% світових викидів  $\text{CO}_2$  (Quere et al., 2020). На піку карантинних обмежень в 89% регіонах світових викидів  $\text{CO}_2$ , були скорочені можливості промислового виробництва і переміщення транспорту, що суттєво вплинуло на світові викиди парникових газів. Виявлено основні компоненти зниження кількості викидів:

- зменшення використання транспорту,
- призупинення промислового виробництва,
- скорочення авіаційного сполучення.

За прогнозами, вплив ізоляції на щорічні викиди в 2020 році складе близько 4–7% в порівнянні з 2019 роком, в залежності від тривалості ізоляції та ступеня відновлення того ж рівня емісії. При поверненні економічної активності в норму до середини червня, зниження  $\text{CO}_2$  складе близько 4%. Але в разі, якщо будь-які серйозні обмеження триватимуть в усьому світі до кінця року, то показник складе близько 7% (Quere et al., 2020).

\* i.romanciu@gmail.com  
Тел + 380 44 486 94 05

Метою нашого дослідження є моніторинг стану атмосферного середовища у період карантинних обмежень COVID-19 у 2020 році на території України з використанням даних дистанційного зондування Землі, на прикладі змін концентрації  $\text{CO}_2$  та  $\text{NO}_2$ , як похідний чинник антропогенної діяльності людини.

## 2. Матеріали та методика дослідження

Для дослідження стану атмосфери, було використано знімки з супутника GOSAT для визначення концентрації  $\text{CO}_2$ , а також знімки з супутника AURA для визначення концентрації  $\text{NO}_2$ , за 2018–2020 роки.

Дані з супутника GOSAT було отримано з офіційного архіву GOSAT Data Archive Service (GOSAT, 2020). Просторова розрізненість космічних зображень складає  $2.5^\circ$ , файл надається в форматі *h5*. З офіційного архіву є можливість отримувати dennі, місячні та річні данні. Для дослідження було обрано місячні данні “L3 global  $\text{CO}_2$  distribution”.

Дані з супутника AURA було отримано з центру архівних даних Aura Validation Data Center (AVDC), який створений National Aeronautics and Space Administration (NASA) для валідації даних хімічного напрямку та динаміки атмосфери (NASA. AURA, 2020). Просторова розрізненість космічних знімків AURA складає  $0.1^\circ$ , файл надається в форматі *txt*.

Дані з супутника AURA для визначення концентрації  $\text{NO}_2$  було отримано в форматі *txt*. Для роботи з ними в програмі по обробці космічних знімків Erdas Imagine необхідно було перевести ці дані в формат *img*.

Методика перетворення складалась з декілька етапів:

- 1) Створення файлу формату *grd*. Для цього, в первинний файл було додано 5 рядків, що містили значення кількості стовбців та рядків, а також мінімальні та максимальні координати за широтою та довготою.

- 2) Перетворення файлу з формату *grd* в формат *img*. Перетворення було проведено за допомогою функції Import програми Erdas Imagine.

- 3) Геометрична корекція отриманого зображення, яка проводиться за допомогою функції Geometric Correction програми Erdas Imagine, та перетворюється в систему координат *Geographic* в градусах.

- 4) Визначення контуру території України. За допомогою функції Subset програми Erdas Imagine, на космічному знімку виокремлювалась територія України з використанням векторних даних “Ukraine 500”.

Після того, як всі дані з супутника AURA для визначення концентрації  $\text{NO}_2$  було перетворено за вказаним підходом, було прораховано середні значення для кожного року а та-кож для двох періодів з січня по березень та з квітня по червень. Для цього було використано функцію Model Marker програми Erdas Imagine (Рис. 1).

За встановленим підходом, було перетворено дані концентрації  $\text{CO}_2$  в формат *img* та проведено їх виокремлення для території України для кожного місяця за 2018–2020 рр.

## 3. Виклад матеріалу

Доповіді Міжурядової групи експертів зі змін клімату (МГЕЗК) відображають розуміння кліматологами усього світу, важливість урахування хімічних, геохімічних і біогеохімічних процесів в кліматологічній системі Землі, без яких неможливо описати сучасні і майбутні зміни клімату, розробити механізми пом'якшення негативних наслідків цих змін.

Величезне значення для розуміння та опису локальних і регіональних кліматичних, екологічних складових має вив-

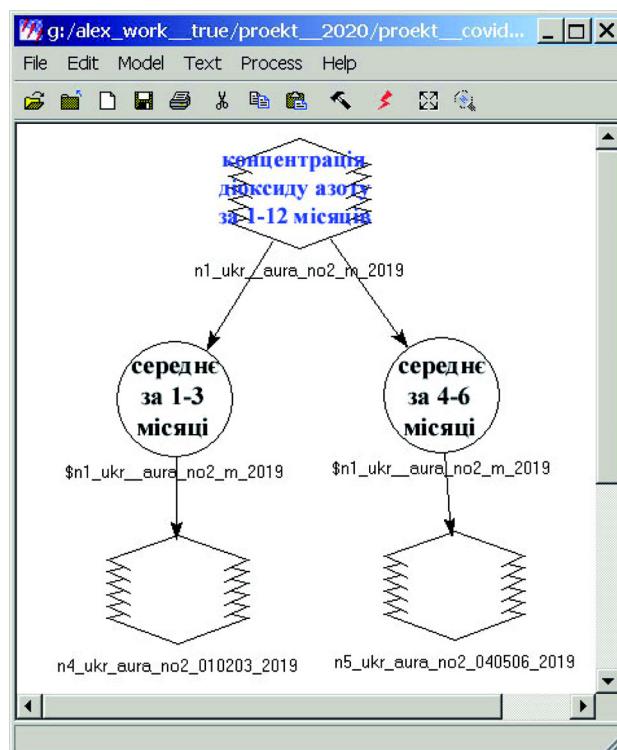


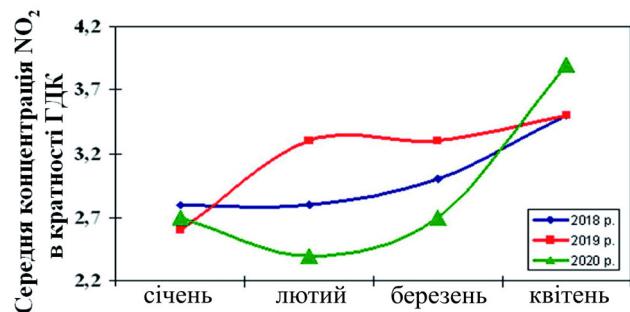
Рис.1. Схема розрахунку середніх значень концентрації  $\text{NO}_2$  за даними з супутника AURA за 2018–2020 рр.

чення над територіями, викидів промислових та транспортних відходів. Високий рівень забруднення є серйозною екологічною проблемою навколошнього середовища та загрозою для здоров'я населення. Важливим є розуміння ступеню зменшення забруднювачів повітря і аерозолів через обмежувальні заходи під час періоду COVID-19 навесні 2020 року. Висновки можуть допомогти в подальшій розробці більш суверої політики щодо підтримання наявної кількості якісного повітря, яке спостерігалося під час ізоляції, що відповідає санітарним нормам.

Повітря у великих містах України забруднюють автомобілі й промислові підприємства. Міські жителі щоденно дихають грубодисперсними домішками діоксину сірки, діоксину азоту, формальдегідами. Як приклад, у Києві, приблизно 70–80% шкідливих викидів аерозолів дають автомобілі, свої потужні внесок роблять і промислові підприємства, особливо ТЕЦ (Катаєва, 2020).

На прикладі Києва був проведений аналіз моніторингу якості повітря за даними 21 посту спостереження забруднення (ПСЗ) за матеріалами отриманими в Центральній геофізичній обсерваторії імені Бориса Срезневського (<http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/>). Аналізувалися десять забруднювальних домішок повітря: завислі речовини, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту, фенол, фтористий водень, хлористий водень, аміак, формальдегід. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря проводилася шляхом порівняння з відповідними гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин у повітрі населених міст. Аналіз даних з якості повітря за 2018–2020 рр. показав, що найбільша середня концентрація забруднювальних речовин в кратності ГДК припадає на діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ). Діоксид азоту за Постановою “Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин від 27 червня 2006 року № 309 ([http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/)

RE12786.html) відноситься до IV класу небезпеки речовин. Крім того вибір для подальшого дослідження діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) обумовлений тим, що його ГДК більша в 1.1–16 разів в порівнянні з іншими домішками. Розподіл середньомісячної концентрації  $\text{NO}_2$  за наземними даними для м. Києва за 2018–2020 роки наведений на Рис. 2.



**Рис. 2.** Середньомісячна концентрація  $\text{NO}_2$  в кратності ГДК за наземними даними для міста Київ за січень–квітень 2018–2020 років

Таким чином, діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ) є шкідливою газоподібною сполукою, що виділяється автотранспортними засобами, електростанціями і промисловими об'єктами який обрано для характеристики антропогенної діяльності людини.

Оперативну інформацію для регіонального моніторингу зміни концентрації атмосферних забруднювачів, таких як діоксид азоту може надати супутниковий моніторинг.

Проведений аналіз розподілу концентрації  $\text{NO}_2$  за супутниковими даними (Таблиця 1) показав, що середньорічна концентрація  $\text{NO}_2$  для 2018 року складає 134.58 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ), для 2019 року — 157.51 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ), для шести місяців 2020 року — 153.27 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ).

**Таблиця 1.**  
Розподіл концентрації  $\text{NO}_2$  за супутниковими даними за 2018–2020 роки

Роки	Середньорічні	
	109 molecules/ $\text{mm}^2$	січень–червень
2018	134.58	123.12
2019	157.51	144.15
2020	153.27	153.27

Було визначено середні значення концентрації  $\text{NO}_2$  за перші шість місяців за 2018–2020 рр. Для 2018 року — 123.12 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ), для 2019 р. — 144.15 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ), для 2020 р. — 153.27 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ). Різниця в значеннях концентрації  $\text{NO}_2$  між 2019 та 2018 становила 21.03 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ), між 2020 та 2019 — 9.12 (109 molecules/ $\text{mm}^2$ ). Таким чином, спостерігається зростання концентрації діоксиду азоту над територією України.

Щоб зрозуміти кількісні характеристики зміни якості повітря в регіональному масштабі в період пандемії на підставі даних з супутника AURA було пораховано значення концентрації  $\text{NO}_2$  в атмосфері за два періоди: I період — з січня по березень, відображає стан якості повітря до введення карантинних обмежень; II період — з квітня по червень, який показує якість повітря в період карантинних обмежень. Для порівняння було обрано дані за три роки: 2018, 2019 та 2020 За-

просторовим розподілом концентрації  $\text{NO}_2$  в 2018 та 2019 рр. виділяються промислові регіони: Донецький (Донецька, Луганська області); Придніпровський (Дніпропетровська, Запорізька); Столичний (Київська, Чернігівська області, м. Київ), з максимальною забрудненістю повітря. Слід зазначити, що навесні 2020 року до традиційного задимлення додалися негативні ефекти від лісових пожеж і великої пилової бурі, що знайшло своє відображення в I періоді 2020 р. з перевищеннем значень концентрації  $\text{NO}_2$  в 1.2–1.5 разів ніж у попередні роки. На картосхемі Рис. 3 е, що відповідає II періоду 2020 року за супутниковими даними виявлено значне зниження вмісту діоксиду азоту над всією територією України, що пов'язано з карантинними заходами, що в свою чергу спричинило уповільнення економічного зростання в період пандемії.

Для аналізу змін концентрації діоксиду азоту за I період (січень–березень) та II період (квітень–червень) було побудовано гістограми розподілу  $\text{NO}_2$  за три роки (Рис. 4 а), що показали однакову залежність змін концентрації для 2018 та 2019 рр. Значення концентрації діоксиду азоту в I період на 33% (2018 р.) та 21% (2019 р.) менші ніж у II період. У 2020 році в I період концентрація  $\text{NO}_2$  на 30% більше ніж у II період. Аналіз гістограм з Рис. 4 б показує ріст значень концентрації  $\text{NO}_2$  по всіх роках у I період. Що стосується II періоду також спостерігається ріст у 2018 та 2019 рр., крім 2020 року в період карантинних заходів.

Домішки діоксиду азоту, що потрапляють в атмосферу, представляють серйозну небезпеку для екологічної ситуації, так як здатні викликати кислотні дощі, а також самі по собі є токсичними речовинами, що викликають подразнення слизових оболонок, впливають в загальному на дихальні шляхи і легені, а також викликають зміни складу крові, зокрема, зменшують вміст в крові гемоглобіну.

З кінця XIX ст. у зв'язку з швидким зростанням видобутку основного енергоресурсу — викопного палива спостерігається різке зростання емісії вуглекислого газу. Якщо за весь час існування цивілізації в результаті господарської діяльності людини в атмосферу, за деякими оцінками, надійшло близько 360 млрд. тонн вуглекислого газу, то основна його частина припадає саме на останнє сторіччя, причому темпи цього процесу неухильно ростуть (Стат. сб. Росстат, 2006).

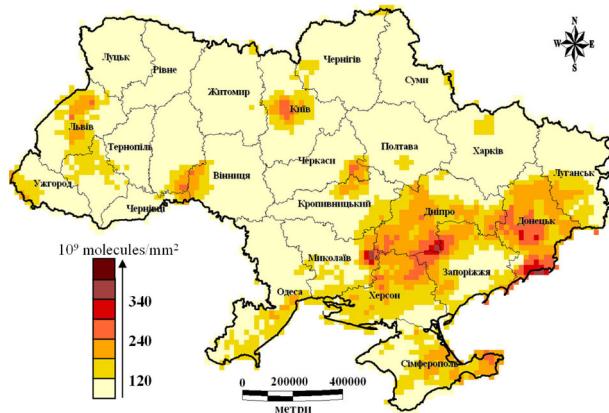
Парниковий ефект — настільки ж необхідна умова для підтримки життя на Землі, як і сама атмосфера, а парникові гази відображають частину довгохвильового сонячного випромінювання, зігріваючи нижні шари атмосфери. В результаті приземна температура зростає. Тобто небезпеку становить не сам парниковий ефект, а перевищення деякого його фонового рівня, який зберігався майже незмінним протягом мільйонів років, і це призводить до глобального потепління.

Як відомо з багатьох міжнародних публікацій (Quere et al., 2020; Badgley et al., 2017; Mahecha et al., 2010; Герасименко, 2020; IEA, 2020; Schwandner et al., 2017), в тому числі, і за участю співробітників Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України (ЦАКДЗ) (Лялько та ін., 2010; Лялько та ін., 2015; Лялько та ін., 2020) використання матеріалів багаторічних моніторингових зйомок за допомогою спеціалізованих космічних апаратів ENVISAT, GOSAT, OCO-2 дало можливість зафіксувати особливість змін вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері в часі і просторі.

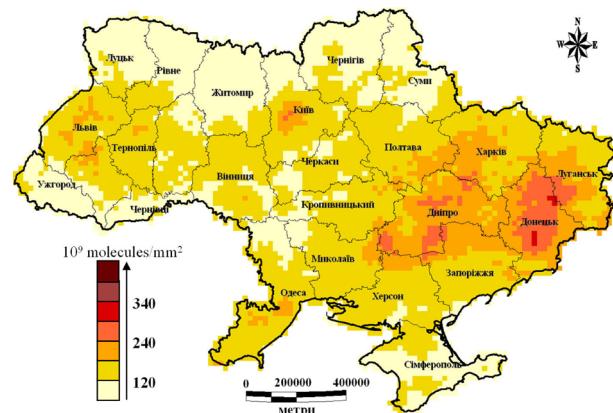
Вчені з інституту океанографії каліфорнійського університету Сан-Дієго та Національне управління океанічних та атмосферних досліджень NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) досліджували вміст двоокису вуглецю в атмосфері за даними обсерваторії Мауна-Лоса. Станом на травень 2020 року, концентрація двоокису вугле-

цю досягла піку в 417.1 ppm, що є найвищим місячним показником за всю історію спостережень. Пікове значення, зареєстроване цього року було вище на 2.4 ppm, а ніж пікове значення травня 2019 року, яке дорівнює 414.8 ppm. Щомісячні значення  $\text{CO}_2$  і обсерваторії Мауна-Лоа вперше перевищили порогове значення 400 ppm у 2014 році. Такий високий рівень концентрації двоокису вуглецю в атмосфері не спостерігався протягом декількох мільйонів років (Quere et al., 2020; Vaughan, 2020; Ghoussoub, 2020; Borunda, 2020; C&C, 2020; NASA Earth observatory, 2020).

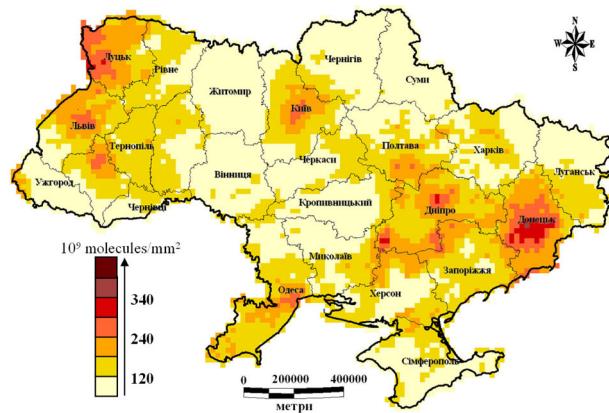
Була проведена оцінка розподілу концентрації  $\text{CO}_2$  за супутниковими даними над територією України під час пандемії, отримані результати порівнювались з результатами за попередні два роки (Рис. 5). Аналіз отриманих результатів показав, що річний хід розподілу концентрації  $\text{CO}_2$  носить “синусоїdalний” характер, що відповідає загальним тенденціям підвищення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Щорічні коливання розподілу концентрації  $\text{CO}_2$  для території України визначається рослинністю, тому з квітня по вересень внаслідок фотосинтезу вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері падає, а з жовтня по



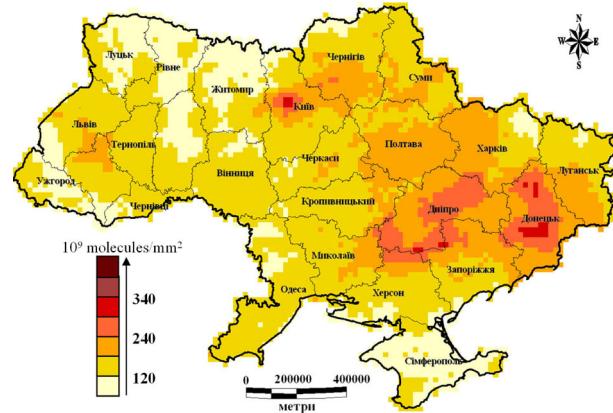
(а) — I період 2018 року



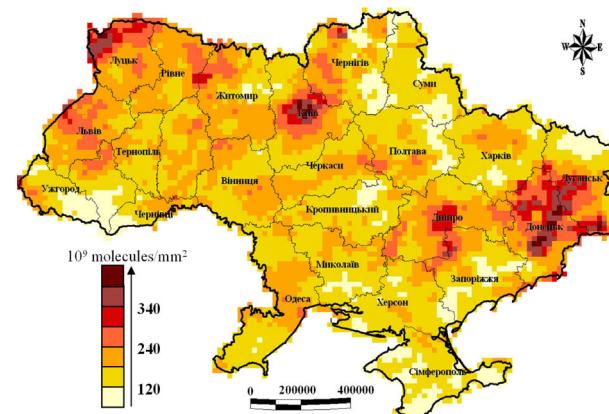
(б) — II період 2018 року



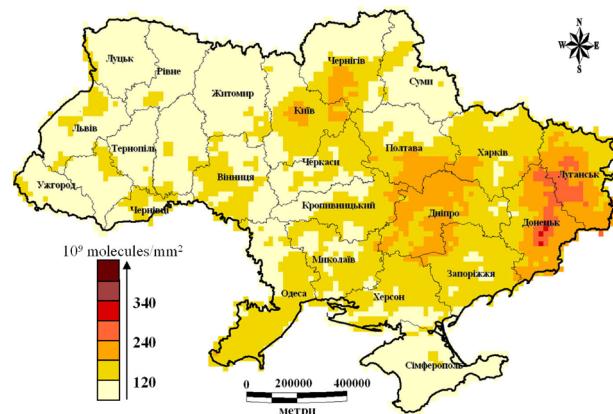
(в) — I період 2019 року



(г) — II період 2019 року

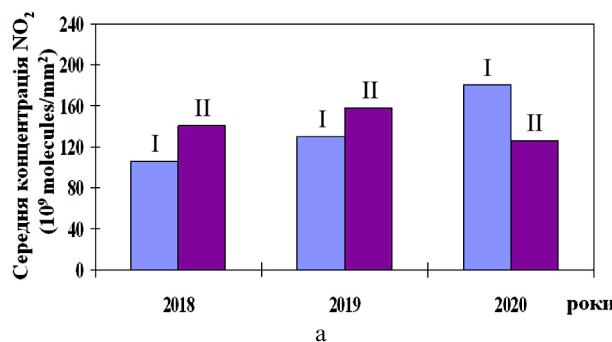


(д) — I період 2020 року



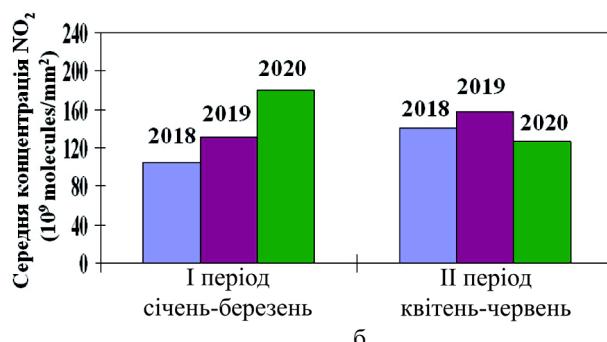
(е) — II період 2020 року

Рис. 3. Розподіл концентрації  $\text{NO}_2$  над територією України, за даними супутника AURA за I період (а, в, д) та II період (б, г, е) для 2018–2020 років



а

Рис. 4. Середні значення концентрації  $\text{NO}_2$  для I та II періодів над територією України, за даними супутника AURA за: а) I-II періоди по 2018–2020 рр., б) за роками 2018–2020 рр. за I-II періоди



б

березень підвищується. Вклад в зимовий приріст дає спалювання викопного палива (вугілля, нафти, газу).

Було розраховано середньорічну концентрацію  $\text{CO}_2$  (Таблиця 2), для 2018 р., яка складає 405.91 ppmV, для 2019 р. — 408.13 ppmV.

Таблиця 2.

Розподіл концентрації  $\text{CO}_2$  за супутниковими даними за 2018–2020 роки

Роки	Середньорічні	
	ppmV	січень–червень
2018	405.91	407.68
2019	408.13	409.37
2020		411.76

Таким чином, приріст концентрації  $\text{CO}_2$  за два роки склав — 2.22 ppmV. Для порівняння з даними за січень–червень 2020 р., було розраховано середня концентрація  $\text{CO}_2$  за аналогічні місяці 2018–2020 рр. За шість місяців 2018 р. концентрація  $\text{CO}_2$  складала 407.68 ppmV, для 2019 р. — 409.37 ppmV, для 2020 р. — 411.76 ppmV. Приріст концентрації  $\text{CO}_2$  за шість місяців 2019 р. над 2018 р. склав 1.69 ppmV, а з 2020 р. над 2019 р. приріст складав 2.39 ppmV. Отримані результати показують, що продовжується спостерігатися ріст концентрації  $\text{CO}_2$  з року в рік над територією України, наразі це значення складає 2.22–2.39 ppmV (Рис. 5 а).

Були проведені розрахунки концентрації  $\text{CO}_2$  за I та II періоди 2018–2020 рр. щоб виявити чи було скорочення (змен-

шення) викидів під час карантинних обмежень у II періоді 2020 р. (Рис. 5 б). Отриманий результат підтверджив, що річний приріст концентрації  $\text{CO}_2$  по роках та сезонний хід розподілу. Різниця між періодами по роках складала: для 2018 р. — 0.18 ppmV або 0.05%, для 2019 р. — 0.23 ppmV або 0.06%, для 2020 р. — 0.24 ppmV або 0.06%, що є статистично незначимою величиною.

#### 4. Висновки

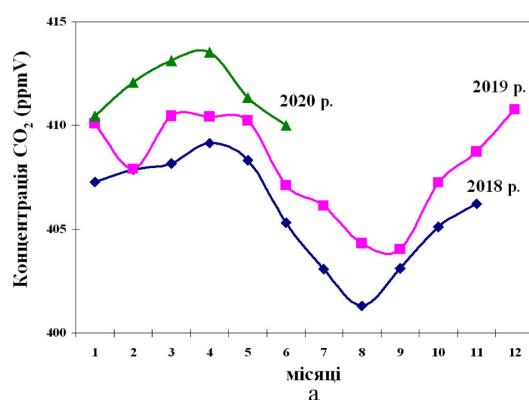
В регіональному масштабі на території України під час пандемії не було виявлено значних змін концентрації  $\text{CO}_2$ . Причина полягає в тому, що зниження викидів повинно бути досить великим, щоб відрізнятися від природної мінливості  $\text{CO}_2$  викликаної тим, як рослини і ґрунти реагують на сезонні і річні коливання температури і вологості повітря та ґрунту. Ці природні коливання велиki і на сьогодні карантинні обмеження їх не перекрили.

Вплив карантинних обмежень на зміну концентрації  $\text{CO}_2$  виділяється над індустриальними регіонами та великими містами, при умові, що була зупинена економічна діяльність великих інфраструктурних об'єктів.

Виявлене за просторовим кількісним аналізом суттєве зменшення  $\text{NO}_2$  під час пандемії, пояснюється тим, що це газ який повністю продукується діяльністю людини.

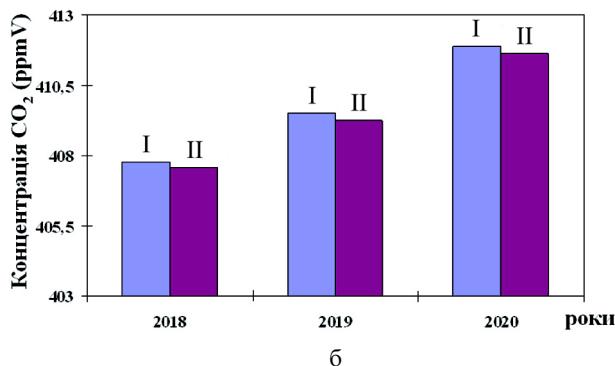
Моніторинг атмосферного середовища можна відслідковувати за допомогою даних ДЗЗ.

Подальші дослідження можуть полягати: в дослідженнях розподілу концентрації  $\text{SO}_2$ , який відноситься до високого класу небезпеки і продукується тільки людською діяльністю; у використанні інших супутників ДЗЗ, з більшою просторовою розрізnenістю, які визначають  $\text{CO}_2$  в атмосфері.



а

Рис. 5. Концентрація  $\text{CO}_2$  за даними з супутника GOSAT над територією України, а) за місяцями 2018–2020 рр., б) за I та II періоди для 2018–2020 рр.



б

## Література

- Ветрова В. Загрязнение диоксидом азота над Китаем резко снизилось. RW Space. 2020. URL: <https://rwspace.ru/news/zagryaznenie-dioksidom-azota-nad-kitaem-rezko-snizilos.html>.
- Герасименко А. Остановка вырубки лесов может предотвратить будущие пандемии – Scientific American. ZN,UA. 2020. URL: [https://zn.ua/WORLD/ostanovka-vyrubki-lesov-mozhet-predotvratit-buduschie-pandemii-scientific-american-353130\\_.html](https://zn.ua/WORLD/ostanovka-vyrubki-lesov-mozhet-predotvratit-buduschie-pandemii-scientific-american-353130_.html).
- Катаєва М. У Київраді пояснили, що покращить стан повітря в місті. Вечірній Київ. 2020). URL: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/u-kyivradi-poyasnyly-shcho-pokrashchyt-stan-povityra-v-misti/>.
- Лялин Д. Как спутники могут помочь в борьбе с коронавирусом COVID-19. V-kosmose. 2020. URL:<https://v-kosmose.com/kak-sputniki-mogut-pomoch-v-borbe-s-koronavirusov-covid-19/>.
- Лялько В. І., Костюченко Ю. В., Дворецкая И. Н., Мовчан Д. М., Сахацкий А. И., Шпортьюк З. М. Жолобак Г. М. Изменения земных систем в Восточной Европе. / Отв. ред. В. И. Лялько. Киев. 2010. 582 с.
- Лялько В. І., Сахацький О. І., Костюченко Ю. В., Мовчан Д. М., Артеменко І. Г., Ваколюк М. В. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки / за ред. В. І. Лялька. Київ: Наук. думка, 2015. 283 с.
- Лялько В. І., Апостолов О. А., Дорофей Є. М. Протипандемічні заходи сприяють зменшенню впливу парникового ефекту на клімат: Космічні дослідження в Україні 2018–2020 / Наук. ред. О. П. Федоров. Київ: ІКД НАН України та ДКА України. 2020 (в друці).
- Медведева Н. Коронавирус. Китай резко снизил объем загрязнения атмосферы – инфографика NASA. Ліга. Новости. 2020. URL:<https://news.liga.net/world/news/koronavirus-kitay-rezko-snizil-obem-zagryazneniya-atmosfery-nasa/>.
- Стат. сб. Росстат. Охрана окружающей среды в России. Москва: Стат. сб. Росстат, 2006. 239 с.
- Badgley G., Field C. B., Berry, J. A. Canopy near-infrared reflectance and terrestrial photosynthesis. *Science Advances*. 2017. № 3 (3). DOI: 10.1126/sciadv.1602244.
- Borunda A. Plunge in carbon emissions from lockdowns will not slow climate change. National Geographic. 2020. URL: <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/05/plunge-in-carbon-emissions-lockdowns-will-not-slow-climate-change/>.
- C&C. Despite pandemic, CO<sub>2</sub> hits new record. C&C. 2020. URL: <https://climateandcapitalism.com/2020/06/04/despite-pandemic-co2-hits-new-record>.
- Ghoussoub M. Talking CO<sub>2</sub> in the midst of a pandemic. Advanced Science News. 2020. URL: <https://www.advancedsciencenews.com/talking-co2-in-the-midst-of-a-pandemic>.
- GOSAT Data Archive Service. 2020. URL: <https://data2.gosat.nies.go.jp>.
- IEA. Global CO<sub>2</sub> emission in 2019. IEA, Paris. 2020. URL: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>.
- Kanniah K. D., Zaman N. A. F. K., Kaskaoutis D. S., Latif M. T. COVID-19 impact on the atmospheric environment in the Southeast Asia region. *Science of The Total Environment*. 2020. № 736. C. 139658. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139658.
- Li Li, Qing Li, Ling Huang, Qian Wang, Ansheng Zhu, Jian Xu, ... and Andy Chan. Air quality changes during the COVID-19 lockdown over the Yangtze River Delta Region: An insight into the impact of human activity pattern changes on air pollution variation. *Science of The Total Environment*. 2020. № 732. C. 139282. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139282.
- Mahecha M. D., Reichstein M., Carvalhais N., Lasslop G., Lange H., Seneviratne S. I., ...Richardson A. D. Global convergence in the temperature sensitivity of respiration at ecosystem level. *Science*. 2010. № 329(5993). C. 838–840. DOI:10.1126/science.1189587.
- Nakada L. Y. K., Urban R. C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in Sao Paulo state, Brasil. *Science of The Total Environment*. 2020. №730. C. 139087. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139087.
- NASA. AURA atmospheric chemistry. NASA. 2020. URL: <https://avdc.gsfc.nasa.gov>.
- NASA Earth observatory. Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China. NASA Earth observatory. 2020. URL:<https://www.nsta.org/lesson-plan/how-does-pandemic-cause-less-co2>.
- Otmani A., Benchrif A., Tahri M., Bounakhla M., Chakir E. M., Bouch M. E., Krombi M. Impact of Covid-19 lockdown on PM10, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations in Sale City (Morocco). *Science of The Total Environment*. 2020. № 735. C. 139541. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139541.
- Quere C. L., Jackson R. B., Jones M. W., Smith A. J. P., Abernethy S., Andrew R. M., ... Peters G. P. Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*. 2020. № 10. C. 647–653. DOI: 10.1038/s41558-020-0797-x.
- RW Space. Загрязнение диоксидом азота над Китаем резко снизилось. RW Space. 2020. URL: <https://rwspace.ru/news/zagryaznenie-dioksidom-azota-nad-kitaem-rezko-snizilos.html>.
- Schwandner F. M., Gunson M. R., Miller C. E., Carn S. A., Eldering A., Krings T., ... Podolske J. R. Spaceborne detection of localized carbon dioxide sources. *Science*. 2017. № 358 (6360). C. 5782. DOI: 10.1126/science.aam5782.
- Vaughan A. CO<sub>2</sub> levels hit record high despite emissions dip from coronavirus. New Scientist. 2020. URL: <https://www.newscientist.com/article/2245330-co2-levels-hit-record-high-despite-emissions-dip-from-coronavirus/>.
- World Health Organization. Q&A: How is COVID-19 transmitted? WHO. 2020. URL:<https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-how-is-covid-19-transmitted/>.

## References

- Badgley, G., Field, C. B., Berry, J. A. (2017). Canopy near-infrared reflectance and terrestrial photosynthesis. *Science Advances*. 3 (3). e1602244. doi: 10.1126/sciadv.1602244.
- Borunda, A. (2020). Plunge in carbon emissions from lockdowns will not slow climate change. National Geographic. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/05/plunge-in-carbon-emissions-lockdowns-will-not-slow-climate-change/>.
- C&C. (2020). Despite pandemic, CO<sub>2</sub> hits new record. C&C. Retrieved from <https://climateandcapitalism.com/2020/06/04/despite-pandemic-co2-hits-new-record>.
- Gerasimenko, A. (2020). Stopping deforestation could prevent future pandemics – Scientific American. ZN,UA. Retrieved from [https://zn.ua/WORLD/ostanovka-vyrubki-lesov-mozhet-predotvratit-buduschie-pandemii-scientific-american-353130\\_.html](https://zn.ua/WORLD/ostanovka-vyrubki-lesov-mozhet-predotvratit-buduschie-pandemii-scientific-american-353130_.html). (In Russian).
- Ghoussoub, M. (2020). Talking CO<sub>2</sub> in the midst of a pandemic. Advanced Science News. Retrieved from [https://www.advancedsciencenews.com/talking-co2-in-the-midst-of-a-pandemic/](https://www.advancedsciencenews.com/talking-co2-in-the-midst-of-a-pandemic).
- GOSAT Data Archive Service (2020). Retrieved from <https://data2.gosat.nies.go.jp>.
- IEA (2020). Global CO<sub>2</sub> emission in 2019. IEA, Paris. URL: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>.
- Kanniah, K. D., Zaman, N. A. F. K., Kaskaoutis, D. S., Latif, M. T. (2020). COVID-19 impact on the atmospheric environment in the Southeast Asia region. *Science of The Total Environment*. 736. 139658. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139658>.
- Katayeva, M. (2020). The Kyiv City Council explain what will improve the state of the air in the city. Vechirnij Kyiv. Received from: <https://vechirniy.kyiv.ua/news/u-kyivradi-poyasnyly-shcho-pokrashchyt-stan-povityra-v-misti/>. (in Ukrainian).
- Li Li, Qing Li, Ling Huang, Qian Wang, Ansheng Zhu, Jian Xu, ... Andy

- Chan. (2020). Air quality changes during the COVID-19 lockdown over the Yangtze River Delta Region: An insight into the impact of human activity pattern changes on air pollution variation. *Science of The Total Environment.* 732. 139282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139282>.
- Lyalin, D. (2020). How satellites can help against the coronavirus COVID-19. V-kosmose. Retrieved from <https://v-kosmose.com/kak-sputniki-mogut-pomoch-v-borbe-s-koronavirusov-covid-19/>. (in Russian).
- Lyalko, V. I., Sakhatsky, A. I., Kastyuchenko, Yu. V., Movchan, D. M., Artemenko, I. G., Vakolyuk, M. V., Lyalko, V. I. (Eds.) (2015). Greenhouse effect and climate changes in Ukraine: assessment and consequences. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian).
- Lyalko, V.I., Kostyuchenko Yu. V., Dvoreckaya I. N., Movchan D. M., Sahackij A. I., Shportyuk Z. M. ... Zholobak G. M. (Eds.) (2010). Earth systems change over Eastern Europe. Kyiv. (in Ukrainian).
- Lyalko, V. I., Apostolov, A. A., Dorofey, E. M. (2020). Anti-Pandemic Measures Help to Reduce the Impact of the Greenhouse Effect on Climate. COSPAR 2018-2020. Kyiv: SRI NAS of Ukraine and SSA. (in Ukrainian).
- Mahecha, M. D., Reichstein, M., Carvalhais, N., Lasslop, G., Lange, H., Seneviratne, S. I., ... Richardson, A. D. (2010). Global convergence in the temperature sensitivity of respiration at ecosystem level. *Science.* 329(5993). 838-840. doi:10.1126/science.1189587.
- Medvedeva, N. (2020). Coronavirus. China reduced air pollution – NASA infographic. Liga News. Retrieved from <https://news.liga.net/world/news/koronavirus-kitay-rezko-snizil-obem-zagryazneniya-atmosfery-nasa/>. (in Russian).
- Nakada, L. Y. K., Urban, R. C. (2020). COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in Sao Paulo state, Brasil. *Science of The Total Environment.* 730.139087. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>.
- NASA. AURA atmospheric chemistry (2020). Retrieved from <https://avdc.gsfc.nasa.gov>.
- NASA Earth observatory. (2020). Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China. NASA Earth observatory. Retrieved from <https://www.nsta.org/lesson-plan/how-does-pandemic-cause-less-co2>.
- Otmani, A., Benchrif, A., Tahri, M., Bounakhla, M., Chakir, E. M., Bouch, M. E., Krombi, M. (2020). Impact of Covid-19 lockdown on PM10, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations in Sale City (Morocco). *Science of The Total Environment.* 735. 139541. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139541>.
- Quere, C. L., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., ... Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change.* 10. 647–653. doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.
- RW Space. Загрязнение диоксидом азота над Китаем резко снизилось. (2020). Retrieved form <https://rwspace.ru/news/zagryaznenie-dioksidom-azota-nad-kitaem-rezko-snizilos.html>.
- Schwandner, F. M., Gunson, M. R., Miller, C. E., Carn, S. A., Eldering, A., Krings, T., ... Podolske, J. R. (2017). Spaceborne detection of localized carbon dioxide sources. *Science.* 358 (6360). 5782. DOI: 10.1126/science.aam5782.
- Stat. sb. Rosstat. (2006). Environmental protection in Russia. Moscow: Stat. sb. Rosstat. (in Russian).
- Vaughan, A. (2020). CO<sub>2</sub> levels hit record high despite emissions dip from coronavirus. New Scientist. Retrieved from <https://www.newscientist.com/article/2245330-co2-levels-hit-record-high-despite-emissions-dip-from-coronavirus/>.
- Vetrova, V. (2020). Nitrogen dioxide pollution in China drops. RW Space. Retrieved form <https://rwspace.ru/news/zagryaznenie-dioksidom-azota-nad-kitaem-rezko-snizilos.html>. (in Russian).
- World Health Organization. Q&A: How is COVID-19 transmitted? WHO. (2020). Retrieved from <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-how-is-covid-19-transmitted/>.

## ДИСТАНЦІОННИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯННЯ АТМОСФЕРНОЇ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ В ПЕРИОД КАРАНТИННИХ ОГРАНИЧЕНЬ COVID-19

В. И. Лялько, Л. А. Елистратова, А. А. Апостолов, И. Ф. Романчук

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, ул. Олеся Гончара 55-Б, Киев, 01054, Украина

В начале марта 2020 Всемирная организация здравоохранения объявила COVID-19, как пандемию. С 12 марта 2020 карантинные ограничения введены в Украине.

Введение карантинных мероприятий глобального масштаба, уменьшили интенсивность промышленного производства и перемещения транспорта, но не привели к существенному — сокращение планетарных колебаний парниковых газов.

В рамках исследования над территорией Украины было выявлено реальное площадное распространения в атмосфере антропогенных выбросов: парниковых газов, в частности, углекислого газа CO<sub>2</sub> и аэрозолей, в частности NO<sub>2</sub>, используя материалы дистанционных съемок Земли. Результаты проведенных исследований показали, что карантин способствовал сокращению NO<sub>2</sub>, вследствие спада промышленности и транспортной активности. По содержанию в атмосфере CO<sub>2</sub>, существенного уменьшения не обнаружено, поскольку эта величина зависит как от антропогенного так и естественного факторов.

**Ключевые слова:** NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, GOSAT, AURA, пандемия, COVID-19, изменения климата

## REMOTE MONITORING OF THE ATMOSPHERE IN UKRAINE DURING THE COVID-19 RESTRICTIONS

V. I. Lyalko, L. A. Yelistratova, A. A. Apostolov, I. F. Romanciu

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geology Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. 55-B Oles Gonchar st, 01054 Kyiv, Ukraine

In March, 2020 World Health Organization declared COVID-19 a pandemic phenomenon. Beginning from the March, 12 2020 the quarantine restrictions have been introduced in Ukraine.

The measures of global quarantine reducing industrial production and transportation have not led to the reduction in fluctuations of greenhouse gases. This study was dedicated to reveal distributions of CO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> gases in the atmosphere for Ukraine. The gases were detected using the remote sensing data.

The results show that NO<sub>2</sub> emissions have been reduced during the quarantine restrictions accompanied by declining industry and transport activity. It is not significant decrease in CO<sub>2</sub> content in the atmosphere, as it depends on both anthropogenic and natural factors.

**Keywords:** NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, GOSAT, AURA, pandemic, COVID-19, climate change

Рукопис статті отримано 01.06.2020