

Шифр «ПОВІТРЯ_ONLINE»

«ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
ПОВІТРЯ НА ОСНОВІ ОНЛАЙН-МОДЕЛЕЙ
(НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНСЬКО-ПОЛЬСЬКОГО ПРИКОРДОННЯ)»

2021 рік

АНОТАЦІЯ

Моніторинг якості стану повітря стає дедалі важливішим для оцінки екологічного стану територій та забезпечення здорового й безпечного довкілля для громадян. Система державного моніторингу зараз недосконала, її частково доповнюють мережі громадського моніторингу та дані онлайн-моделей. Разом з тим, достовірність таких додаткових даних потребує ретельної перевірки.

Метою нашої роботи стала порівняльна оцінка екологічного стану атмосферного повітря конкретної території за даними з різних джерел.

Об'єкт дослідження – атмосферне повітря українсько-польського прикордоння, предмет – можливості оцінки його екологічного стану за даними різних моделей та вимірювань.

В першому розділі описано літературний огляд основних проблем та можливостей, пов'язаних із сучасним моніторингом стану повітря та наведено основні етапи і методику виконання дослідження.

У II розділі дослідили моделі прогнозу якості атмосферного повітря на он-лайн платформі Windy на прикладі українсько-польського прикордоння. В ході аналізу було виявлено середні концентрації забруднюючих речовин у атмосферному повітрі для основних забруднюючих речовин (діоксид азоту, поверхневий озон, сірчистий ангідрид, тверді частинки розміром 2,5 мкм, аерозолі, пил, чадний газ). Здійснено аналіз кореляційних взаємозв'язків між концентраціями забруднюючих речовин та метеоумовами. Здійснили порівняльну характеристику точності моделей прогнозу якості

В третьому розділі ми спробували здійснити перевірку даних дослідження за допомогою інших он-лайн платформ для моніторингу якості повітря та проведення власних вимірювань. Зроблено висновки щодо можливості та доцільності їх використання для оцінки екостану повітря.

Ключові слова: моніторинг повітря, сервіс Windy, моделі CAMS, забруднення, Луцьк, Люблін, аерозолі.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	5
1.1 Основні тенденції розвитку сучасних систем моніторингу повітря	5
2.2 Огляд найпоширеніших сервісів онлайн-моніторингу.....	6
2.3 Етапи та методика проведення власного дослідження	10
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИКОРДОННЯ ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНИ	12
2.1. Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Луцьк.....	12
2.2 Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Люблін ...	19
2.3 Порівняльна характеристика та аналіз забруднення атмосферного повітря	26
РОЗДІЛ 3 ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33
3.1 Порівняння даних дослідження з он-лайн платформи Waqi.info.....	33
3.2 Верифікація даних дослідження за допомогою он-лайн платформи EO Browser від Sentinel Hub	34
3.3 Верифікація даних дослідження за допомогою он-лайн платформи громадського екологічного контролю Eco-city	35
3.4 Порівняння даних дослідження з вимірюваннями	35
ВИСНОВКИ.....	37
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	39
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Забруднення атмосферного повітря часто має негативні наслідки для здоров'я населення. Для запобігання цьому важливим є проведення якісного екологічного моніторингу та прогнозування. Екологічний моніторинг стану повітря на сучасному етапі потребує вдосконалення, в тому числі через впровадження інновацій та технологічних стартапів. Значною мірою це питання вирішують нові станції та мережі громадського екологічного моніторингу та онлайн-сервіси відстеження якості повітря. Однак достовірність їх даних часто буває під сумнівом, тому важливо провести ряд досліджень щодо можливостей їх застосування для визначення екологічного стану повітря.

Метою нашої роботи стала порівняльна оцінка екологічного стану повітря українсько-польського прикордоння за даними з різних джерел. Об'єкт дослідження – атмосферне повітря над цією територією, предмет – можливості оцінки його екологічного стану за даними різних моделей та вимірювань.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання:

- проаналізувати сучасні проблеми і перспективи моніторингу повітря за літературними даними;
- провести спостереження за метеорологічними умовами та концентраціями забруднюючих речовин за вибраний період за допомогою он-лайн платформ Windy, Waqi;
- здійснити власні вимірювання вмісту забруднюючих речовин у повітрі за цей період;
- провести порівняльну оцінку отриманих даних.

Методи. В процесі виконання роботи було використано такі методи, як опрацювання літературних та електронних джерел, порівняльно-картографічний аналіз, інструментальні вимірювання, математико-статистичний аналіз.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Основні тенденції розвитку сучасних систем моніторингу повітря

Державний моніторинг стану атмосферного повітря України в межах своїх повноважень здійснюють Мінприроди (Міністерство екології та природних ресурсів), НКАУ (Національне космічне агентство України), МОЗ (Міністерство охорони здоров'я), Держкомгідромет (Державний комітет України по гідрометерології), та їхні органи на місцях.

Але державна система моніторингу має ряд недоліків, серед яких застарілість, непостійність, фрагментарність вимірювань, недосконалість мережі спостережень і т.п.. Недоліки такої системи неодноразово висвітлювались у працях [3, 6, 13, 20, 22].

Великим мінусом також є те, що отримувані дані державних мереж не викладаються у відкритий доступ в режимі реального часу. У 2018р була спроба виправити цю ситуацію запуском проекту «Відкрите довкілля» [14], але станом на сьогодні відсутні оновлення цієї бази. Принаймні на карті якості повітря для нашої області можна вибрати дані лише за період до 2017р. Крім того, це лише статистичні дані по викидах підприємств, а не фактичні дані вмісту забруднюючих речовин у повітрі. Робити по них певні узагальнення у регіональному аспекті можна [18], але для оцінки стану повітря «тут і зараз», а тим більше для прогнозування рівня забруднення, цього недостатньо.

Також в Україні довгий час не вимірювали концентрації дрібнодисперсних часточок у 2,5 та 10 мікрометрів. А саме ці показники лежать в основі багатьох закордонних індексів якості повітря.

За останнє десятиліття було напрацьовано серйозну теоретико-методологічну базу для вдосконалення системи моніторингу повітря, зокрема у працях В.С. Бахарєва [3, 4], А.В.Яцишина [23], В.Ісаєнка, А.Запорожця [12] та ін. З'явилося чимало прикладних розробок по моніторингу конкретних компонентів, по оцінці стану повітря у конкретних містах тощо [7, 8, 11, 16].

У серпні 2019 року було прийнято нову постанову КМУ щодо вдосконалення моніторингу повітря, яка врахувала чимало з попередніх недоліків. Але практичне її впровадження почалось і триває із значними затримками, до практичної реалізації справа ще не дійшла.

Окремим блоком з'явилося чимало праць та навіть реалізованих стартапів у галузі громадського екологічного моніторингу, який стає важливою альтернативою державному моніторингу. З того ж 2019 року в Україні запрацювали такі 2 потужні мережі – EcoCity та SaveEcoBot, у яких на сьогодні вже сотні окремих станцій моніторингу по всій країні, що передають дані про забруднення онлайн кожної хвилини. Можливості таких пристроїв та систем на їх основі стали широко розглядатись у працях науковців та студентів [1, 10, 11, 19, 21, 22].

Основні сервіси детальніше розглянемо далі.

2.2 Огляд найпоширеніших сервісів онлайн-моніторингу.

“Windy.com” чеський інформаційний сайт на якому в режимі реального часу можна побачити стан навколишнього природного середовища в різних куточках планети, прогноз погоди, різні метеорологічні показники. Також на цьому сайті ми можемо знайти інформацію про масу пилу в атмосфері, концентрацію чадного газу (CO) та масу діоксиду сірки (SO₂). Нерідко ці показники використовуються екологами для моніторингу стану атмосферного повітря, нормування викидів в атмосферу. Швидкість вітру частіше всього вимірюється в кілометрах за годину (km/h) або милях за годину (mph), концентрація чадного газу в одній мільярдній по об'єму (ppbv). Товщина озонового шару вимірюється в одиницях Добсона тощо. Також ми можемо вибрати одну з трьох запропонованих моделей прогнозу. В верхньому лівому кутку екрана знаходиться пошуковий рядок для швидкого знаходження потрібного нам місця на карті. В верхньому правому кутку екрану вертикально розташована панель для зближення/віддалення карти.

В даний час прогнози погоди засновані на даних моделей GFS, ECMWF і моделі NEMS від швейцарської компанії Meteoblue. Інформація на сайті постійно

оновлюється адже сайт працює практично в режимі реального часу.

Основна функція онлайн-сервісу Luftdaten.info виміряти та візуалізувати якість повітря, визначити який ефект завдає трафік на атмосферне повітря та наскільки значний вміст ультрадисперсних частинок і оксидів азоту в повітрі методом громадського моніторингу за допомогою датчиків мікрочастинок.

Основні відображувальні показники цього онлайн сервісу це вологість та температура повітря, тиск, шум(даний показник знаходиться в бета тестуванні). Також на карті, яка знаходиться на даному сайті, ми можемо побачити вміст частинок PM10 та PM2.5 та загальний індекс якості повітря(AQI). PM10 це частинки тієї чи іншої речовини діаметром від 10 мікрметра (мкм) і менше, PM2.5 це частинки речовини діаметром 2.5 мкм і менше. Джерелом отримання даних являються датчики мікрочастинок які збирають інформацію в режимі реального часу кожні 145 секунд та відправляють дані через інтернет до наступних онлайн – сервісів Luftdaten.info, aqicn.org, OpenSenseMap.org.

Більш детально Україна не представлена на даній карті так як, Німеччина. Окремо винесеної карти України не має, як для Польщі чи Америки. Проте якщо розглянути карту світу в загальному, то можна побачити, що такі датчики стоять в окремих містах України а саме: Рівному, Шепетівці, Тернополі, Львові. В Києві таких пристроїв декілька.

<http://air.kyivsmartcity.com> онлайн – сервіс основною функцією якого є моніторинг якості повітря Києва в режимі реального часу. У рамках проекту Managing Air Quality в Києві було встановлено дві стаціонарні станції — на першій smart-вулиці на Салютній, 2 та на Ревуцького, 35. Це перші датчики в Україні, що передають інформацію із супутника Sentinel-5p та наземних джерел інформації. Вони мають сенсори для вимірювання концентрації забруднювальних речовин у повітрі. В режимі реального часу визначають рівень пилу PM2.5 і PM10, оксиду азоту (NO), діоксиду сірки (SO2), озону (O3), бензолу (C6H6), діоксиду азоту (NO2), чадного газу (CO), вологості та температуру.

Усі виміри надходять на платформу air.kyivsmartcity.com, на якій можна переглянути та завантажити інформацію про рівень забруднення повітря в усіх

районах столиці. Інформація по стану атмосферного повітря на сайті оновлюється кожні 10 хвилин, усі системи моніторингу відповідають стандартам ЄС.

<https://eco-city.org.ua> онлайн-сервіс який візуалізує на карті стан атмосферного повітря, та інформує про вміст частинок PM10 та PM2.5, показує температуру повітря, вологість та атмосферний тиск. Попередньо ця інформація передається з пристроїв які вимірюють ці показники.

Основними показниками які відображені на даному сайті є: вологість повітря, температура та тиск, вміст пилу PM10 та PM2.5. Також на даному сайті відображений загальний індекс якості повітря(AQI) та швидкість вітру(м/с). Даний сервіс схожий на Luftdaten.info проте охоплює тільки територію України.

<https://www.regional.atmosphere.copernicus.eu> - служба моніторингу атмосфери Коперника (CAMS) надає послідовну та якісно контрольовану інформацію, пов'язану із забрудненням повітря, сонячною енергією, парниковими газами та зміною клімату в усьому світі.

Основні відображувані показники даного онлайн – сервісу це концентрація окису вуглецю(CO), діоксиду сірки(SO₂), двоокису азоту(NO₂), пилу PM10 та PM2.5. Причому на карті можна подивитись максимальну та мінімальну концентрацію тої чи іншої забруднюючої речовини за день.

Для отримання всіх спостережень, необхідних для надання послуг CAMS, ECMWF співпрацює з Європейським космічним агентством (ESA) та Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), а також багатьма іншими організаціями, що надають супутникові та спостереження на місцях.

CAMS реалізується Європейським центром прогнозів погоди середнього класу (ECMWF) від імені Європейської Комісії. ECMWF - незалежна міжурядова організація, яку підтримують 34 держави. Це і науково-дослідний інститут, і цілодобова оперативна служба, яка виробляє та поширює чисельні прогнози погоди своїм країнам-членам. Інформація на сайті оновлюється кожні 24 години. Служба моніторингу атмосфери Коперника (CAMS) онлайн - сервіс який охоплює тільки Європу. Оскільки Україна є частиною Європу, то сервіс повноцінно

відображає стан атмосферного повітря і на території України.

<https://air.plumelabs.com/en> онлайн - сервіс основною функцією якого є візуалізація на карті індексу якості повітря в Європі. Інформація на цей сервіс передається через мережу інтернет з стаціонарних станцій які вимірюють такі показники: Пил PM10 та PM2.5; Озон (O3); Діоксиду азоту (NO2); Діоксиду сірки (SO2). Інформація про вміст NO2, O3 та SO2 оновлюється щогодини а інформація про вміст пилу (PM10 та PM2.5) щодоби. Сайт працює в режимі реального часу, щоб дізнатись детальну інформацію потрібно натиснути на станцію яка вас цікавить. Знизу екрану впливе вікно в якому буде написано коли останній раз оновлюлася інформація по даній станції. Подивившись на карту яка представлена на даному онлайн – сервісі можна побачити, що станцій які б передавали інформацію на території України не має, а тому ми не можемо подивитися стан якості атмосферного повітря в нашій державі.

SaveEcoBot перший в Україні екологічний бот для агрегації даних про дозвільні документи та процедури забруднювачів довкілля, сплату екологічних податків та про якість повітря. Програма дозволяє в режимі реального часу отримувати інформацію про оновлення записів в Єдиному реєстрі ОВНС, куди приходять дані від суб'єктів господарювання про наміри здійснювати планову діяльність (будівництво, реконструкція і т.п.).

Зайшовши на сайт - <https://www.saveecobot.com>, та натиснувши на “Мапа якості атмосферного повітря” нам відкривається карта на якій ми можемо побачити станції моніторингу якості атмосферного повітря які в режимі реального часу передають інформацію безпосередньо на сайт. Клікнувши лівою кнопкою мишки на станцію яка нас цікавить відкривається вікно в якому більш детально подається інформація про стан повітря, та саму станцію. Як зазначено вище проект “Save eco bot” це виключно Український проект, а тому інформацію про стан атмосферного повітря, ми можемо тільки подивитись в межах території нашої держави.

2.3 Етапи та методика проведення власного дослідження

У минулому році нами було проведено ряд власних інструментальних досліджень по вимірюванню окремих параметрів екологічного стану повітря (запиленість, шум) навколо лікувальних установ нашого міста. Пізніше ми вирішили поцікавитись, наскільки реальні вимірювання корелюють із даними онлайн-сервісів якості повітря, і чи можна отримати достовірні прогнози щодо концентрації забруднень у визначених місцях.

Основним для цього було обрано сервіс Windy, це чеська компанія, яка надає послуги інтерактивного прогнозування погоди по всьому світу. Спочатку портал зосереджувався на анімації вітру, в даний час існують інші основні метеорологічні параметри, такі як температура, тиск, відносна вологість повітря, база хмар та додаткові панелі з більш розширеними даними. На даному сервісі доступні наступні шари по якості повітря:

- Шар діоксиду азоту (Відображає на карті рівні забруднення NO_2);
- Шар діоксиду сірки (Відображає на карті рівні забруднення SO_2);
- Шар концентрації чадного газу (Відображає концентрації CO на території всієї планети);
- Шари аерозолу, пилу та твердих мікрочастинок (Відображають рівні забруднення повітря цими частинками);
- Шар озону (Показує рівень поверхневого озону та небезпечні зони).

Важливо, що крім безпосередньої концентрації поліутантів у повітрі, сервіс дає можливість побачити прогноз їхньої динаміки на наступні години та дні, причому за різними моделями ці прогнози дещо відрізняються.

Тому першим етапом нашої роботи було формування бази даних за даними 2 моделей сервісу.

Для цього було обрано 3 доби (72 години) підряд, протягом яких фіксувались значення 6 основних забруднюючих речовин, фактичні та прогнозні.

Фіксування даних здійснювалось кожні три години три дні підряд (у неділю, понеділок та вівторок) для двох територій українсько-польського прикордоння – міст Луцьк та Люблін.

Після вибору часового відрізка та початку формування бази даних також було проведено 2 польових виходи для проведення інструментальних вимірювань стану повітря у м.Луцьку. Це були 6.00 ранку та 18.00 вечора першого дня спостережень. Під час них фіксувались значення вмісту чадного газу, формальдегіду, частинок PM2,5 і PM10 (рис.1.1). Паралельно визначались основні метеорологічні параметри.

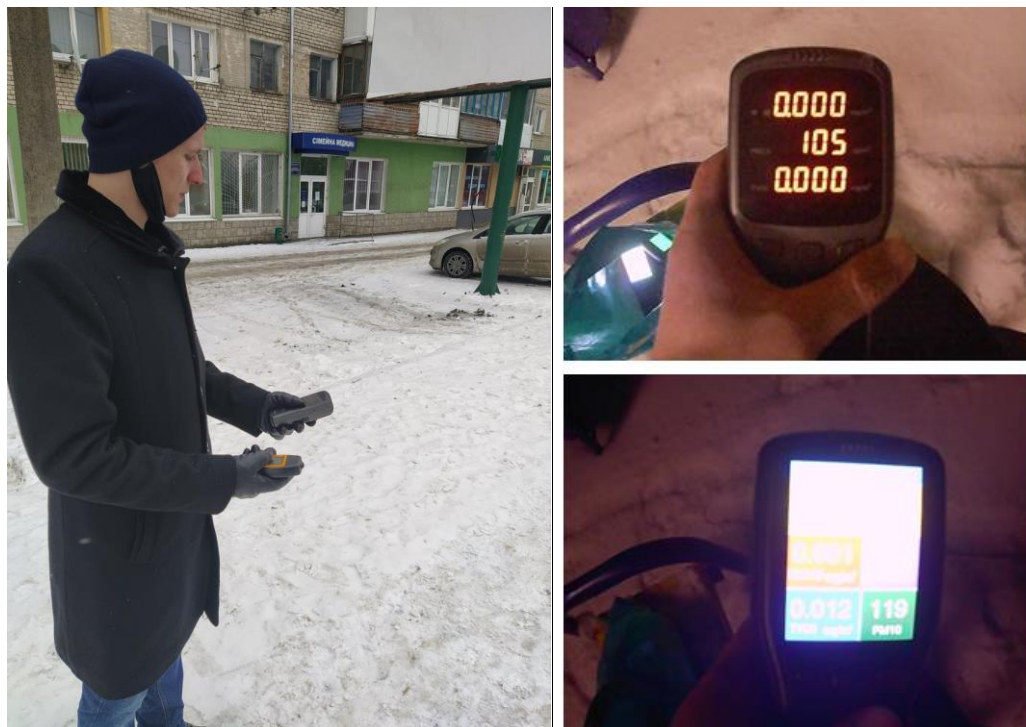


Рис.1.1. Власні вимірювання показників стану повітря у м.Луцьку

Після формування бази даних було проведено обробку отриманих результатів, визначено відхилення прогностичних від фактичних значень за різними моделями.

Також за цей час був здійснений пошук архівних даних про вміст забруднюючих речовин на сайті Eco-City, сайті WAQI та в EO-Browser. По Eco-City визначали вміст PM2,5 і PM10, чадного газу та діоксиду азоту (дані по м.Луцьк, Екотруба Львівська). По WAQI вдалось знайти архівні дані по станції у Любліні. А в EO-Browser за даними Sentinel-5 шукали вміст діоксиду азоту, чадного газу та аерозолів по всій досліджуваній території (але дані були дуже фрагментованими, очевидно через перешкоди у хмарності на моменти знімань).

По тих даних, де була інформація на відповідні дати, було проведено співставлення та порівняння.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИКОРДОННЯ ПОЛЬЩІ ТА УКРАЇНИ

2.1. Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Луцьк

Спостереження за динамікою концентрації діоксиду азоту здійснювались за допомогою моделей прогнозу якості повітря на он-лайн платформі Windy.com. На основі аналізу динаміки діоксиду азоту у місті Луцьк варто зазначити, середня концентрація діоксиду азоту у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості повітря CAMS EU 10km становить $5,66 \text{ мкг/м}^3$ та за даними моделі якості CAMS 40km – $2,66 \text{ мкг/м}^3$ (Дивіться Таб. А.1 Додатку).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 18 та 21 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення NO_2 становив – $10,62$ та $10,41 \text{ мкг/м}^3$, а найменші показники концентрації діоксиду азоту за цією ж моделлю спостерігались о 12 годині даного експерименту, тоді концентрація діоксиду азоту становила $3,07 \text{ мкг/м}^3$. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації NO_2 коливаються в діапазоні $4\text{-}7 \text{ мкг/м}^3$. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить $0,26 \text{ мкг/м}^3$, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій діоксиду азоту коливається в діапазоні $-0,5\text{-}0,3 \text{ мкг/м}^3$.

За даними моделі CAMS 40km було встановлено, що найбільші концентрації діоксиду азоту характерні для третьої та шостої години експерименту даного дослідження, рівень концентрації діоксиду азоту становив – $7,38$ та $6,25 \text{ мкг/м}^3$. Найменша концентрація забруднення атмосферного повітря м. Луцьк діоксидом азоту за даними моделі CAMS 40km спостерігалась о 39 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення діоксидом азоту становив – $0,94 \text{ мкг/м}^3$. За даними моделі прогнозу якості повітря CAMS 40km концентрації діоксиду азоту на території м. Луцьк коливаються в діапазоні $1\text{-}4 \text{ мкг/м}^3$. Середньостатистична

різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить $0,09 \text{ мкг/м}^3$, а середньоквадратична похибка між прогнозованим та фактичним значенням концентрацій діоксиду азоту коливається в діапазоні між $-0,6-0,6 \text{ мкг/м}^3$.

В ході дослідження концентрацій діоксиду азоту на території міста Луцьк було встановлено, що модель прогнозу якості повітря CAMS 10km є точнішою за модель прогнозу CAMS EU 40km. Використання обох моделей відображено на рис. 2.1.

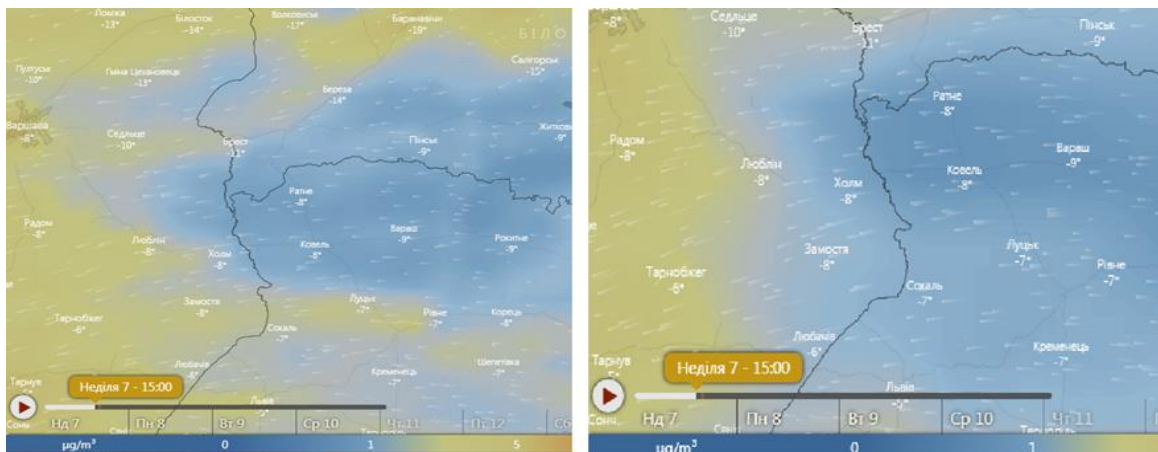


Рис.2.1 Порівняння моделей якості повітря по NO2

Крім того під час дослідження нами було здійснено аналіз кореляційного взаємозв'язку між рівнем концентрацій діоксиду азоту та метеорологічними умовами серед них; температура повітря (1), відносна вологість повітря(2), сила вітру та його напрям(3). Коефіцієнти кореляції між концентрацією діоксиду азоту та метеорологічними умовами відображено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Коефіцієнти кореляції між концентрацією діоксиду азоту та метеорологічними умовами

Модель прогнозу	Коеф. Корел.1	Коеф. Корел.3	Коеф. Корел.2	Коеф. Корел.4
CAMS EU 10km	-0,52	-0,16	0,32	-0,02
CAMS 40km	-0,29	0,36	0,50	0,50
Усереднено	-0,40	0,10	0,41	0,24

Наступним кроком буде дослідження рівня забруднення атмосферного

повітря суспендованими твердими частинками розміром 2,5 Мкм (PM_{2,5}). Дані спостережень за PM_{2,5} на території м. Луцьк відображено у таблиці А2 Додатку А

В ході аналізу динаміки PM_{2,5} у місті Луцьк варто зазначити, що середня концентрація PM_{2,5} у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості повітря CAMS EU 10km становить 10,44 мкг/м³ та за даними моделі якості CAMS 40km – 3,64 мкг/м³.

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря PM_{2,5} на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 33 та 72 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення PM_{2,5} становив – 15 та 14 мкг/м³, а найменші показники концентрації PM_{2,5} за цією ж моделлю спостерігались о 6 та 12 годині даного експерименту, тоді концентрація PM_{2,5} становила 6 мкг/м³. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації PM_{2,5} коливаються в діапазоні 7-13 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -0,08 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій PM_{2,5} коливається в діапазоні від -2 до 2 мкг/м³.

За даними моделі CAMS 40km було встановлено, що найбільші концентрації PM_{2,5} характерні для темного часу доби зокрема о нульовій, шостій та інших годинах ранку експерименту даного дослідження, рівень концентрації PM_{2,5} становив – 5 мкг/м³. Найменша концентрація забруднення атмосферного повітря м. Луцьк PM_{2,5} за даними моделі CAMS 40km спостерігалась о 9, 42, 45 та інших годинах експерименту даного дослідження, рівень забруднення PM_{2,5} становив – 2 мкг/м³. За даними моделі прогнозу якості повітря CAMS 40km концентрації PM_{2,5} на території м. Луцьк коливаються в діапазоні 2-5 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -0,44 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозованим та фактичним значенням концентрацій PM_{2,5} коливається в діапазоні від -0,2 до 0 мкг/м³.

В ході дослідження концентрацій діоксиду азоту на території міста Луцьк було встановлено, що модель прогнозу якості повітря CAMS 40km є точнішою за модель прогнозу CAMS EU 40km. Використання обох моделей відображено на рис. 2.2.

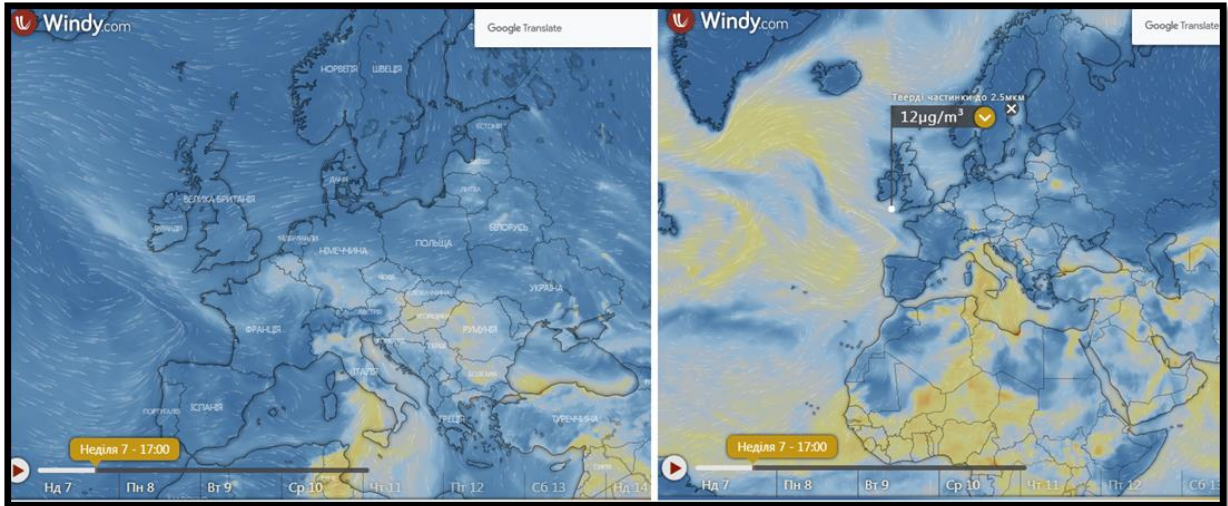


Рис. 2.2 Інтерфейс платформи Windy та моделі прогнозу якості повітря за забруднюючою речовиною PM_{2,5}.

Спостереження за динамікою концентрації SO₂ здійснювались за допомогою моделі прогнозу якості повітря на он-лайн платформі Windy.com.

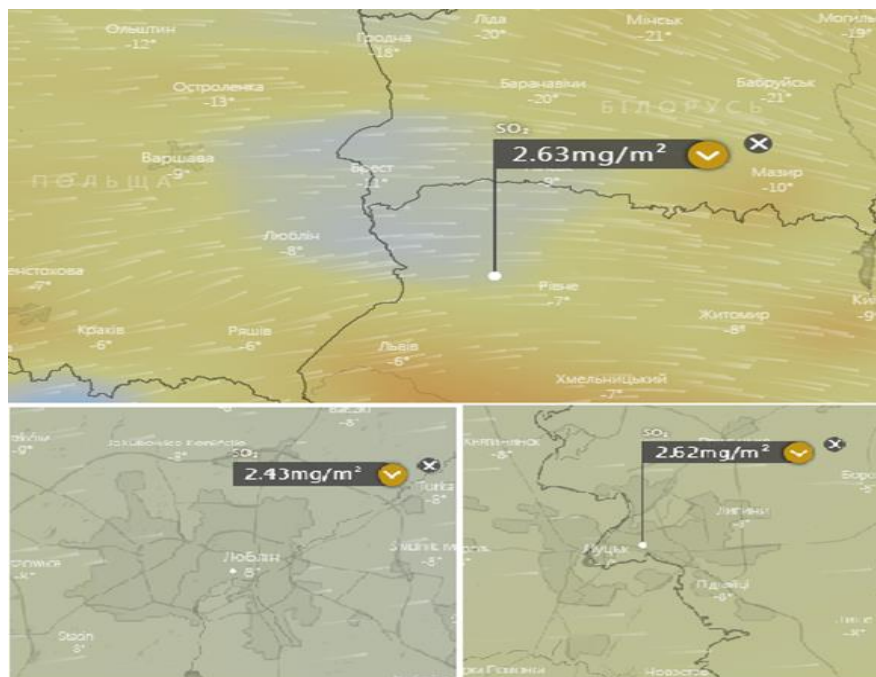


Рис. 2.3 Порівняльна характеристика концентрацій SO₂ на платформі Windy.com

Під час аналізу динаміки SO₂ у місті Луцьк було з'ясовано, що середня концентрація сірчистого ангідриду у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості CAMS 40km – 3,97 мг/м² (Дивіться Табл. А3 Додатку А).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря SO₂ на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу CAMS 40km спостерігались о 3 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення сірчистим ангідридом становив – 10,6 мг/м², а найменші показники концентрації SO₂ спостерігались о 42 та 66 годині даного експерименту, тоді концентрація сірчистого ангідриду становила 2,48 та 2,74 мг/м². За даними моделі CAMS 40km концентрації SO₂ коливаються в діапазоні 2,9-6 мг/м². Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -0,20 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій SO₂ коливається в діапазоні від -2 до 2 мкг/м³.

В ході дослідження нами було здійснено аналіз кореляційного взаємозв'язку між рівнем концентрацій SO₂ та метеорологічними умовами серед них; температура повітря, відносна вологість повітря, сила вітру та його напрямок. Коефіцієнти кореляції між концентрацією SO₂ та метеорологічними умовами відображено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.2

Коефіцієнти кореляції між концентрацією SO₂ та метеорологічними умовами для м. Луцьк

Модель прогнозу	Коеф. Корел.1	Коеф. Корел.2	Коеф. Корел.3	Коеф. Корел.4
CAMS 40km	0,12	0,27	0,54	0,60

На основі даних аналітики коефіцієнтів кореляції варто зазначити, що під час дослідження концентрацій сірчистим ангідридом на території міста Луцьк було встановлено наявність дуже слабкого прямого кореляційного

взаємозв'язку між SO_2 та температурою (Коефіц. Кореляції становить 0,12). Також слабкий прямий взаємозв'язок із рівнем забруднення сірчистим ангідридом характерний для вологості (Коеф. Кореляції становить 0,27). Між концентрацією SO_2 та напрямом та силою вітру спостерігається доволі сильний взаємозв'язок (Коефіцієнти Кореляції становлять 0,60 та 0,54).

Під час аналізу динаміки забруднення аерозолями у місті Луцьк було з'ясовано, що середній рівень забруднення аерозолями у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості CAMS 40km становить 0,06 AOD (Дивіться Табл. А4 Додатку А).

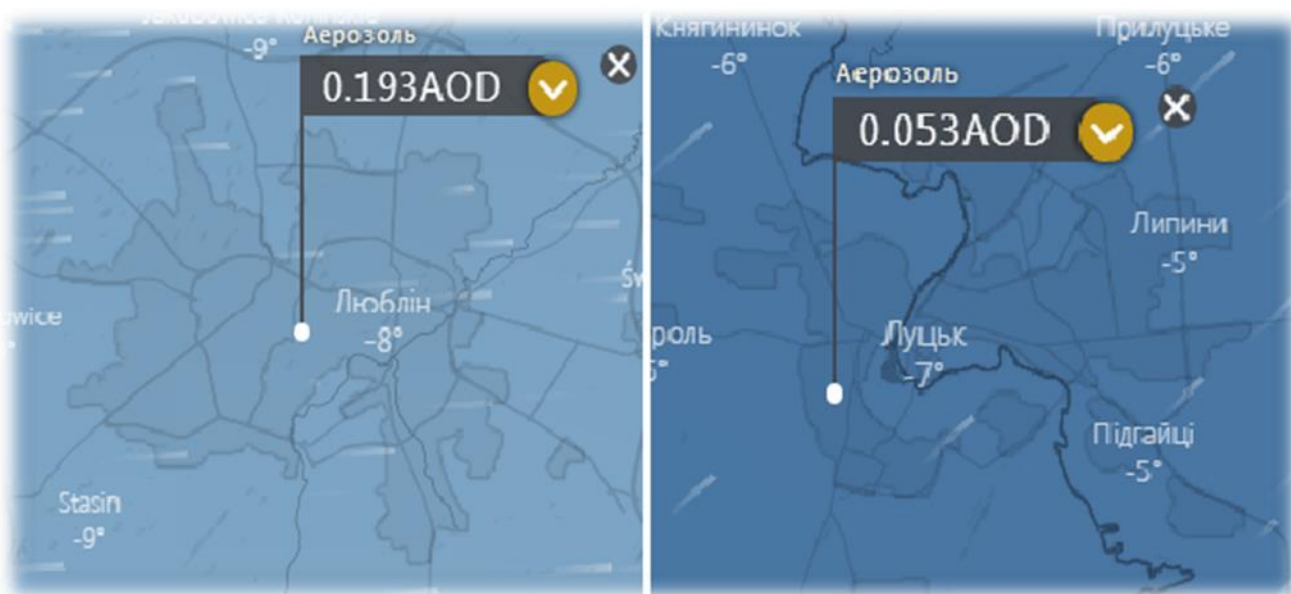


Рис. 2.4 Рівні забруднення атмосферного повітря аерозолями

В ході дослідження було виявлено, що найбільші рівні забруднення атмосферного повітря на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу CAMS 40km спостерігались о 72 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення аерозолем становив – 0,164 AOD, а найменші показники рівня забруднення аерозолями спостерігались о 21 годині даного експерименту, тоді рівень забруднення аерозолями становив 0,024 AOD. За даними моделі CAMS 40km рівні аерозолів коливаються в діапазоні 0,03-0,09 AOD. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -0,01 AOD, а середньоквадратична похибка між

прогнозом та фактичним значенням концентрацій аерозолів коливається в діапазоні від -0,05 до 0,01 AOD.

На основі даних коефіцієнтів кореляції варто зазначити, було встановлено наявність середнього прямого кореляційного взаємозв'язку між рівнем забруднення повітря аерозолями та температурою (0,58

Під час аналізу динаміки концентрацій чадного газу у місті Луцьк було з'ясовано, що середній рівень забруднення CO у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості GEOS 22km становить 315,2 Ppbv (Дивіться Табл. А5 Додатку А).

Найбільші рівні забруднення атмосферного повітря чадним газом на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу GEOS 22km спостерігались о 48 та 72 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення чадним газом становив – 494 та 491 Ppbv, а найменші показники рівня забруднення чадним газом спостерігались о 15-18 годині даного експерименту, тоді рівень забруднення чадним газом становив 204 Ppbv. За даними моделі GEOS 22km концентрація чадного газу коливається в діапазоні 204-400 Ppbv. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -54,84, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій CO коливається в діапазоні від -100 до 0 Ppbv.

Дані спостережень за поверхневим озоном на території м. Луцьк відображено у таблиці А6 Додатку А.

В ході аналізу динаміки поверхневого озону у місті Луцьк варто зазначити, що середня концентрація O₃ у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості повітря CAMS EU 10km становить 47,23 мкг/м³ та за даними моделі якості CAMS 40km – 57,53 мкг/м³ (Дивіться Таб. 2.11).

найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря поверхневим озоном на території м. Луцьк за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 12 та 63 годині експерименту даного дослідження, рівень

забруднення O_3 становив – 56,05 та 56,04 $\text{мкг}/\text{м}^3$, а найменші показники концентрації озону за цією ж моделлю спостерігались о 33 та 48 годині даного експерименту, тоді концентрація O_3 становила 36-37 $\text{мкг}/\text{м}^3$. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації поверхневого озону коливаються в діапазоні 41-54 $\text{мкг}/\text{м}^3$. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 2,15 $\text{мкг}/\text{м}^3$, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій озону коливається в діапазоні від -6 до 6 $\text{мкг}/\text{м}^3$.

За даними моделі CAMS 40km було встановлено, що найбільші концентрації поверхневого озону характерні для 51-60 годин експерименту даного дослідження, рівень концентрації поверхневого озону становив коливався в межах 68,74-65,04 $\text{мкг}/\text{м}^3$. Найменша концентрація забруднення атмосферного повітря м. Луцьк O_3 за даними моделі CAMS 40km спостерігалась о 48, 69, 72 годинах експерименту даного дослідження, рівень забруднення O_3 спостерігався в межах 39,08-39,72 $\text{мкг}/\text{м}^3$. За даними моделі прогнозу якості повітря CAMS 40km концентрації поверхневого озону на території м. Луцьк коливаються в діапазоні 40-70 $\text{мкг}/\text{м}^3$.

Під час аналізу динаміки концентрацій пилу у місті Луцьк було з'ясовано, що середній рівень забруднення пилом у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості GEOS 22km становить 2,08 $\text{мкг}/\text{м}^3$ (Дивіться Табл. А7 Додатку А).

2.2 Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря у місті Люблін

На основі аналізу динаміки діоксиду азоту у місті Люблін варто зазначити, середня концентрація діоксиду азоту у атмосферному повітрі на території міста Люблін за даними моделі якості повітря CAMS EU 10km становить 10,70 $\text{мкг}/\text{м}^3$ та за даними моделі якості CAMS 40km – 7,70 $\text{мкг}/\text{м}^3$ (Дивіться Таб. Б1 Додатку Б).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації

забруднення атмосферного повітря на території м. Люблін за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 18 та 21 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення NO₂ становив – 18,52 та 23,83 мкг/м³, а найменші показники концентрації діоксиду азоту за цією ж моделлю спостерігались о 51 та 54 годині даного експерименту, тоді концентрація діоксиду азоту становила 5,13-4,36 мкг/м³. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації NO₂ коливаються в діапазоні 6-17 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 0,82 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій діоксиду азоту коливається в діапазоні від -2 до 3 мкг/м³.

За даними моделі CAMS 40km було встановлено, що найбільші концентрації діоксиду азоту характерні для темного періоду доби зокрема найбільші концентрації NO₂ спостерігались о 0, 13, 21, 24, 27, 66 та 69 годинах експерименту даного дослідження, рівень концентрації діоксиду азоту становив коливався в межах 13-17,4 мкг/м³. Найменша концентрація забруднення атмосферного повітря у м. Люблін діоксидом азоту за даними моделі CAMS 40km спостерігалась о 51 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення діоксидом азоту становив – 1,6 мкг/м³. За даними моделі прогнозу якості повітря CAMS 40km концентрація діоксиду азоту на території м. Люблін коливається в діапазоні 2-17 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 1,29 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозованим та фактичним значенням концентрацій діоксиду азоту коливається в діапазоні між -1 та 4 мкг/м³.

Другим кроком у дослідженні атмосферного повітря міста Люблін буде дослідження рівня забруднення атмосферного повітря суспендованими твердими частинками розміром 2,5 Мкм (PM_{2,5}). Дані спостережень за PM_{2,5} на території м. Люблін відображено у таблиці Таб. Б2 Додатку Б.

Середня концентрація PM_{2,5} у атмосферному повітрі на території міста Люблін за даними моделі якості повітря CAMS EU 10km становить 14,48 мкг/м³ та за даними моделі якості CAMS 40km – 8,2 мкг/м³

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря PM_{2,5} на території м. Люблін за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 30-36 годинах експерименту даного дослідження, рівень забруднення PM_{2,5} коливався в межах 19-28 мкг/м³, а найменші показники концентрації PM_{2,5} за цією ж моделлю спостерігались о 3 та 6 годині даного експерименту, тоді концентрація PM_{2,5} становила 7-9 мкг/м³. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації PM_{2,5} коливаються в діапазоні 7-19 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 0,72 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій PM_{2,5} коливається в діапазоні від -3 до 4 мкг/м³.

За даними моделі CAMS 40km було встановлено, що найбільші концентрації PM_{2,5} характерні для темного часу доби зокрема о 18, 21, 24, 27 та інших годинах експерименту даного дослідження, рівень концентрації PM_{2,5} коливався в межах 11-18 мкг/м³. Найменша концентрація забруднення атмосферного повітря м. Люблін PM_{2,5} за даними моделі CAMS 40km спостерігалась о 45-54 годинах експерименту даного дослідження, рівень забруднення PM_{2,5} становив – 3 мкг/м³. За даними моделі прогнозу якості повітря CAMS 40km концентрації PM_{2,5} на території м. Люблін коливаються в діапазоні 3-15 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 0,76 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозованим та фактичним значенням концентрацій PM_{2,5} коливається в діапазоні від -2 до 3 мкг/м³.

Під час аналізу динаміки SO₂ у місті Люблін було визначено, що середня концентрація сірчистого ангідриду у атмосферному повітрі на території міста Луцьк за даними моделі якості CAMS 40km – 3,97 мг/м²

(Дивіться Таб. Б3 Додатку Б)

В ході дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря SO_2 на території м. Люблін за даними моделі прогнозу CAMS 40km спостерігались о 63-69 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення сірчистим ангідридом становив $8,23-9,56 \text{ мг/м}^2$, а найменші показники концентрації SO_2 спостерігались о 33-39 годинах даного експерименту, тоді концентрація сірчистого ангідриду становила $3,17-3,36 \text{ мг/м}^2$. За даними моделі CAMS 40km концентрації SO_2 коливаються в діапазоні $3,1-9,8 \text{ мг/м}^2$. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить $0,11 \text{ мкг/м}^3$, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій SO_2 коливається в діапазоні від -1 до 1 мкг/м^3 .

В ході дослідження нами було здійснено аналіз кореляційного взаємозв'язку між рівнем концентрацій SO_2 та метеорологічними умовами серед них; температура повітря, відносна вологість повітря, сила вітру та його напрямок. Коефіцієнти кореляції між концентрацією SO_2 та метеорологічними умовами відображено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Коефіцієнти кореляції між концентрацією SO_2 в атмосферному повітрі міста та метеорологічними умовами для м. Люблін

Модель прогнозу	Коеф. Корел.1	Коеф. Корел.2	Коеф. Корел.3	Коеф. Корел.4
CAMS 40km	0,64	-0,09	0,45	0,57

Встановлено наявність нормального прямого кореляційного взаємозв'язку між SO_2 та температурою (Коефіц. Кореляції становить 0,64).

Під час аналізу динаміки забруднення аерозолями у місті Люблін було з'ясовано, що середній рівень забруднення аерозолями у атмосферному повітрі на території міста Люблін за даними моделі якості CAMS 40km становить 0,08 AOD (Дивіться Табл. Б4 Додатку Б).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші рівні забруднення атмосферного повітря на території м. Люблін за даними моделі прогнозу CAMS 40km спостерігались о 69 та 72 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення аерозолем становив – 0,176 та ,236 AOD, а найменші показники рівня забруднення аерозолями спостерігались о 9-21 годині даного експерименту, тоді рівень забруднення аерозолями коливався в межах 0,035-0,037 AOD. За даними моделі CAMS 40km рівні аерозолів коливаються в діапазоні 0,035-0,11 AOD. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -0,01 AOD, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій аерозолів коливається в діапазоні від -0,03 до 0,002 AOD.

П'ятим кроком в процесі дослідження атмосферного повітря м. Люблін стане дослідження рівня забруднення повітря чадним газом.

Середній рівень забруднення CO у атмосферному повітрі на території міста Люблін за даними моделі якості GEOS 22km становить 288,12 Ppbv (Дивіться Табл. Б5 Додатку Б).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші рівні забруднення атмосферного повітря чадним газом на території м. Люблін за даними моделі прогнозу GEOS 22km спостерігались о 57 та 60 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення аерозолем становив – 392 та 398 Ppbv, а найменші показники рівня забруднення аерозолями спостерігались о 3, 15 та 18 годині даного експерименту, тоді рівень забруднення аерозолями становив 237-238 Ppbv. За даними моделі GEOS 22km концентрація чадного газу коливається в діапазоні 237-398 Ppbv. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить -27,68 Ppbv, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій CO коливається в діапазоні від -68 до 1 Ppbv.

Таблиця 2.4

Коефіцієнти кореляції між рівнем концентрацій чадного газу в атмосферному повітрі та метеорологічними умовами для м. Люблін

Модель прогнозу	Коеф. Корел.1	Коеф. Корел.2	Коеф. Корел.3	Коеф. Корел.4
GEOS 22km	0,50	-0,58	0,45	-0,01

Встановлено наявність значного прямого кореляційного взаємозв'язку між рівнем забруднення повітря чадним газом та температурою (Коефіц. Кореляції становить 0,50). Також наявний доволі значний прямий взаємозв'язок між рівнем забруднення CO та силою вітру (Коеф. Кореляції становить 0,45). Між рівнем забруднення повітря CO та відносною вологістю спостерігається певний зворотний взаємозв'язок (Коефіцієнт Кореляції становить -0,58). З напрямом вітру взаємозв'язок відсутній.

Наступним кроком буде дослідження рівня забруднення атмосферного повітря поверхневим озоном. Дані спостережень за поверхневим озоном на території м. Люблін відображено у Таб. Б6 Додатку Б.

Під час дослідження було виявлено, що найбільші концентрації забруднення атмосферного повітря поверхневим озоном на території м. Люблін за даними моделі прогнозу CAMS EU 10km спостерігались о 12 та 15 годині експерименту даного дослідження, рівень забруднення O₃ становив – 59,22 та 61,75 мкг/м³, а найменші показники концентрації озону за цією ж моделлю спостерігались о 21 та 33 годині даного експерименту, тоді концентрація O₃ становила 29,88 та 32,51 мкг/м³. За даними моделі CAMS EU 10km концентрації поверхневого озону коливаються в діапазоні 40-54 мкг/м³. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить 1,42 мкг/м³, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій озону коливається в діапазоні від -2 до 11 мкг/м³.

В ході дослідження концентрацій поверхневого озону на території міста Люблін було встановлено, що модель прогнозу якості повітря CAMS 40km є точнішою за модель прогнозу CAMS EU 10km. Порівняльна характеристика використання обох моделей для моніторингу концентрацій поверхневого озону відображена на рис. 2.5.

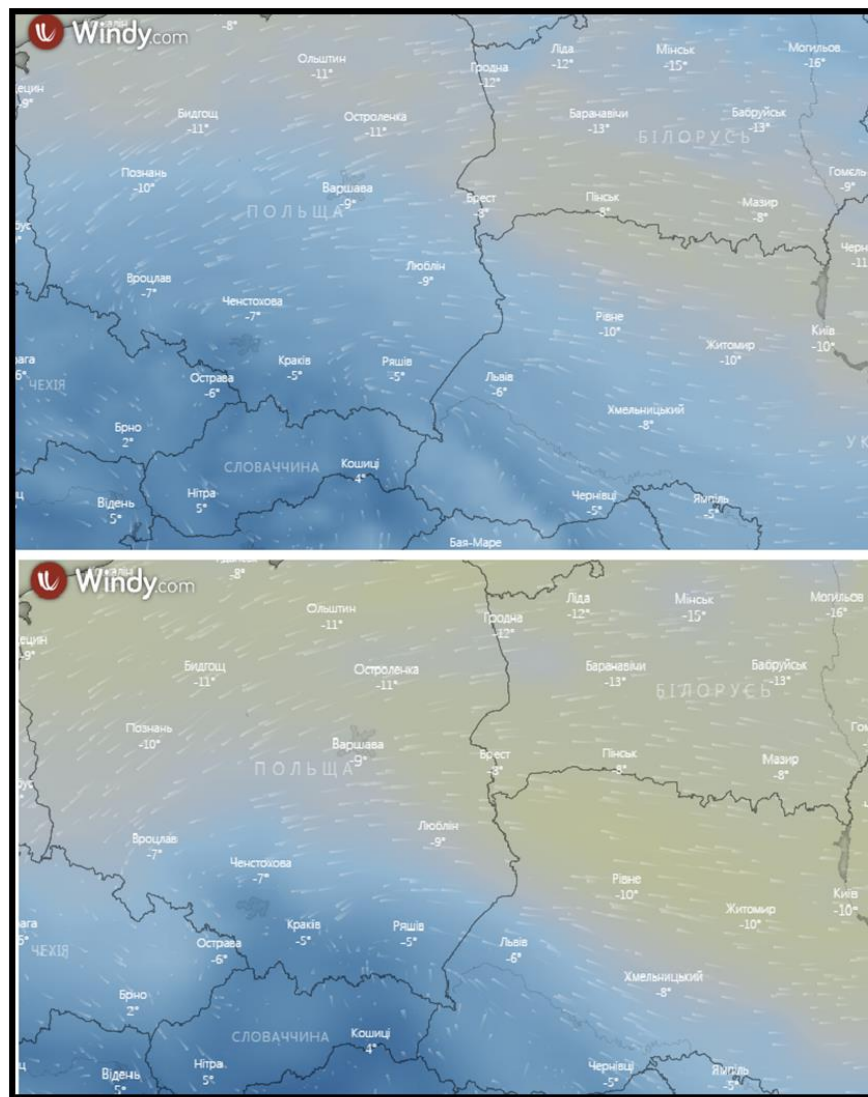


Рис 2.5 Порівняльна характеристика використання обох моделей для моніторингу концентрацій поверхневого озону на платформі Windy.com (зверху – модель CAMS EU 10km, знизу – модель CAMS 40km)

Фінальним етапом в процесі дослідження атмосферного повітря м. Люблін стане дослідження рівня забруднення атмосферного повітря пилом.

В ході дослідження ми використали платформу Windy.com та лише одну (доступну) модель прогнозу якості повітря – GEOS 22km.

Під час аналізу динаміки концентрацій пилу у місті Люблін було визначено, що середній рівень забруднення пилом атмосферного повітря на території міста Люблін за даними моделі якості GEOS 22km становить 1,82 мкг/м³ (Дивіться Табл. Б7 Додатку Б).

В ході дослідження було виявлено, що найбільші рівні забруднення атмосферного повітря пилом на території м. Люблін за даними моделі прогнозу GEOS 22km спостерігались о 60-66 годинах експерименту даного дослідження, рівень забруднення пилом коливався в межах $6,9-2,9 \text{ мкг/м}^3$, а найменші показники рівня забруднення пилом спостерігались о 51 годині даного експерименту, тоді рівень забруднення аерозолями становив 0 мкг/м^3 . За даними моделі GEOS 22km концентрація пилу коливається в діапазоні $0,8-3 \text{ мкг/м}^3$. Середньостатистична різниця між прогнозованим та фактичним значенням становить $-0,53 \text{ мкг/м}^3$, а середньоквадратична похибка між прогнозом та фактичним значенням концентрацій пилу коливається в діапазоні від -2 до 1 мкг/м^3 . Порівняльна характеристика моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі на платформі Windy.com наведена на рис. 2.6.

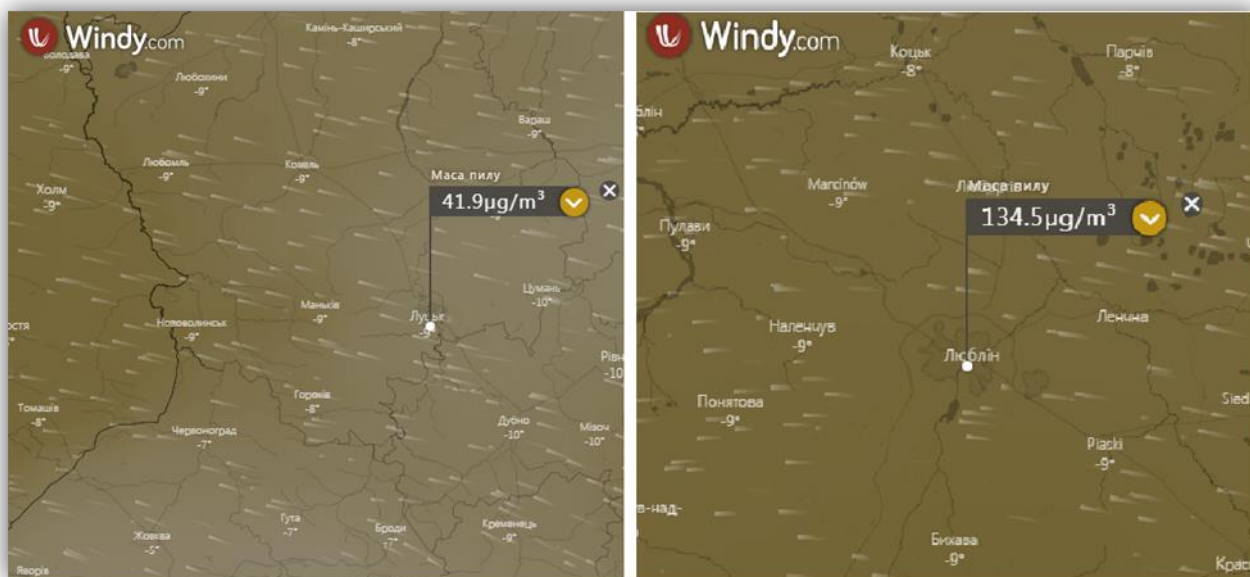


Рис.2.6 Порівняльна характеристика моніторингу концентрації пилу в атмосферному повітрі на платформі Windy.com

2.3 Порівняльна характеристика та аналіз забруднення атмосферного повітря

На основі даних статистики та спостережень у платформі Windy.com було здійснено аналіз динаміки концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі та обчислено коефіцієнти їх кореляції з

метеорологічними умовами. В даному пункті наукової роботи наведено порівняльну характеристику між результатами дослідження міста Луцьк та Люблін.

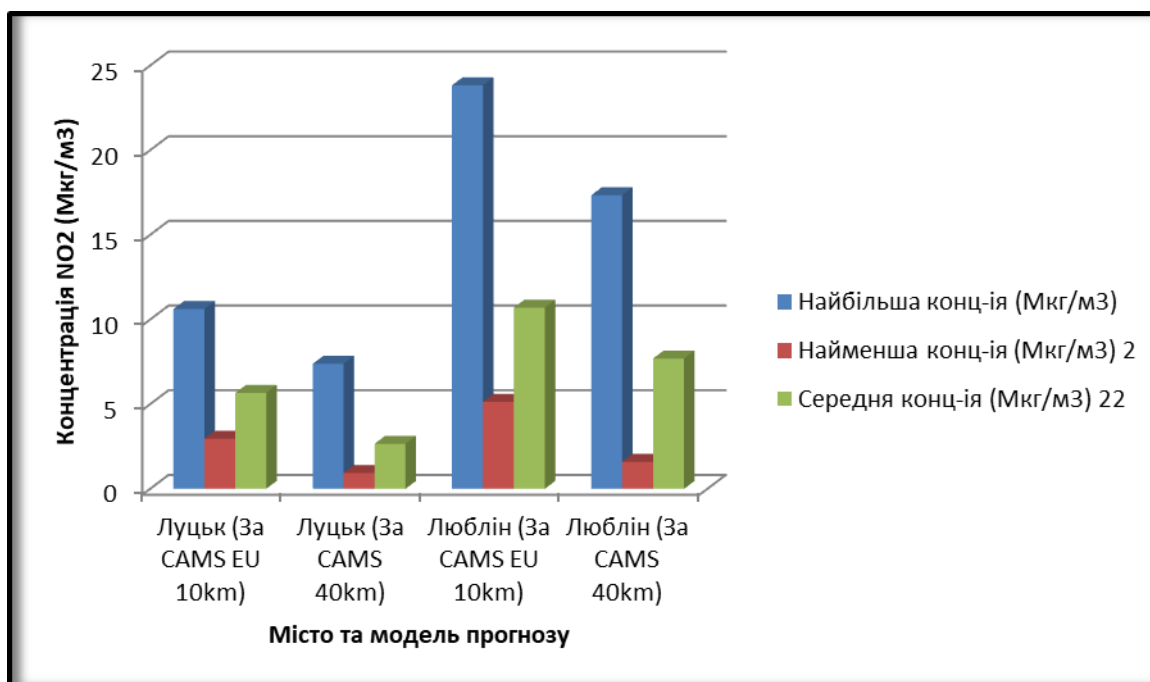


Рис. 2.7 Порівняльна характеристика концентрацій забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту

В ході аналізу результатів експерименту було визначено, що на території міста Люблін спостерігається більше забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту ніж на території м. Луцьк. Як свідчать результати дослідження (Див. Рис. 2.7) найбільші середні концентрації та показники забруднення повітря діоксидом азоту характерні для міста Люблін за обома моделями прогнозу якості повітря. Показники забруднення діоксидом азоту в атмосферному повітрі м. Люблін більші вдвічі в порівнянні із містом Луцьк.

Стосовно забруднення атмосферного повітря твердими частинками розміром 2,5 Мкм варто зазначити, що ситуація є аналогічною. В ході аналізу було встановлено, що середні концентрації PM_{2,5} у атмосферному повітрі міста Люблін є більшими в 1,5-2,2 рази ніж в атмосферному повітрі міста Луцьк. Порівняльна характеристика концентрацій забруднення повітря PM_{2,5} відображена на рис. 2.8.

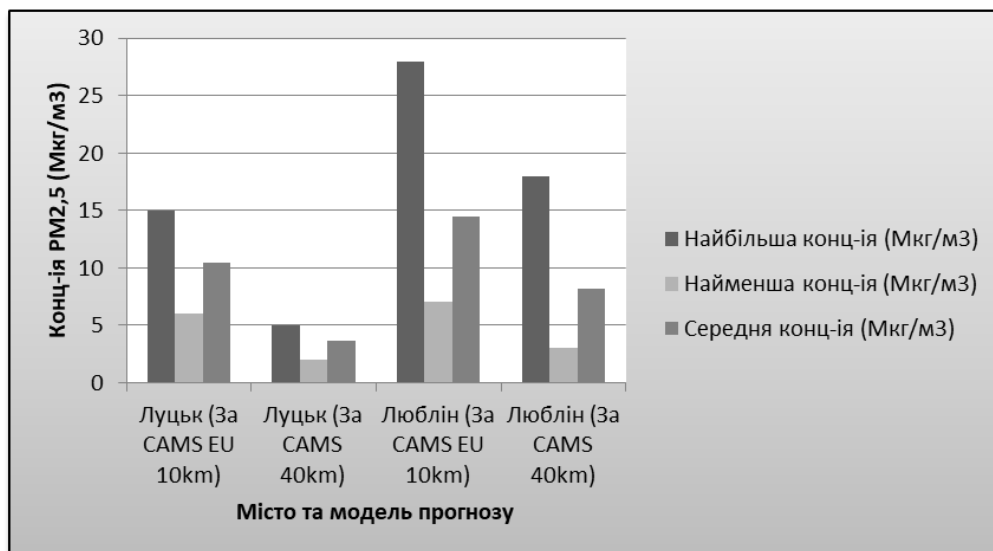


Рис. 2.8 Порівняльна характеристика концентрацій забруднення повітря PM_{2,5} у м. Луцьк та Люблін за обома моделями прогнозу

В ході дослідження було встановлено, що у атмосферному повітрі на території м. Люблін концентрації сірчистого ангідриду є вищими в 1,3 рази в порівнянні з містом Луцьк. Зокрема середня концентрація SO₂ у місті Люблін становить 5,32 мг/м², в м. Луцьк – 3,97 мг/м². Найбільші концентрації SO₂ характерні для м. Люблін. Порівняльна характеристика показників забруднення атмосферного повітря SO₂ висвітлена на рис. 2.9.

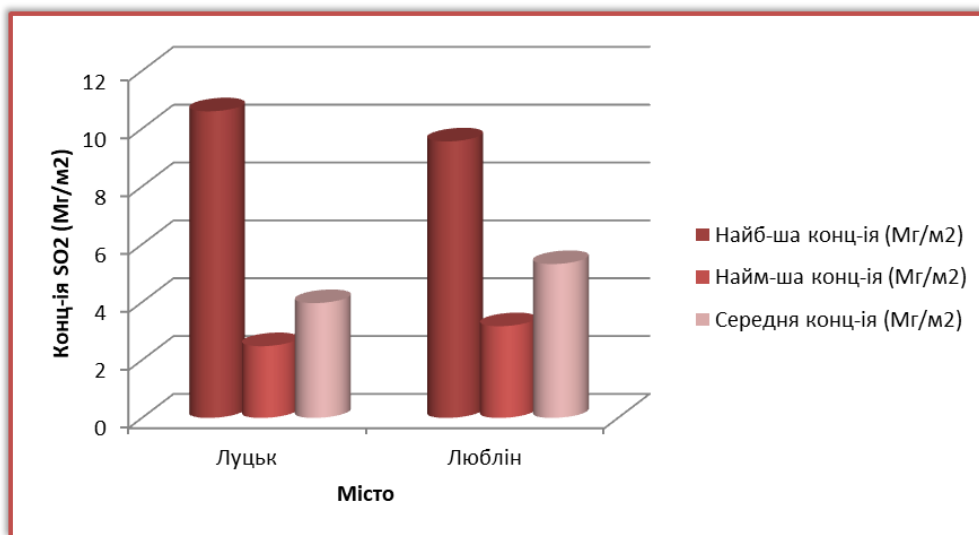


Рис. 2.9 Порівняльна характеристика концентрацій забруднення атмосферного повітря SO₂ на території м. Луцьк та Люблін

Під час дослідження забруднення атмосферного повітря аерозолями було встановлено, що вищі рівні забруднення повітря аерозолями характерні

для м. Люблін на території якого рівень забруднення аерозолями вищий в 1,3 рази в порівнянні із м. Луцьк. Найменший рівень забруднення повітря аерозолями характерний для міста Луцьк. Зокрема середній рівень забруднення аерозолями у місті Люблін становить 0,08 AOD, в м. Луцьк – 0,06 AOD. Порівняльна характеристика показників забруднення атмосферного повітря аерозолями висвітлена на рис. 2.10.

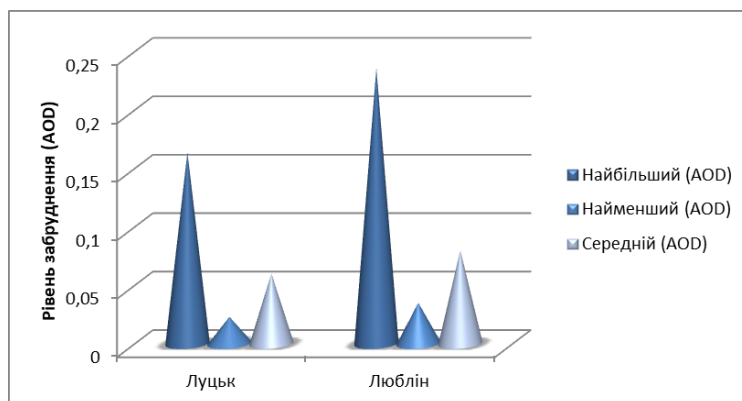


Рис. 2.10 Порівняльна характеристика рівнів забруднення атмосферного повітря аерозолями на території м. Луцьк та Люблін

Вищі рівні забруднення повітря CO характерні для міста Луцьк на території якого рівень забруднення чадним газом вищий на 9,4% в порівнянні із м. Люблін. Зокрема середній рівень забруднення аерозолями у місті Люблін становить 288,12 Ppbv, в м. Луцьк – 315,2 Ppbv. Порівняльна характеристика показників забруднення атмосферного повітря чадним газом висвітлена на рис. 2.11.

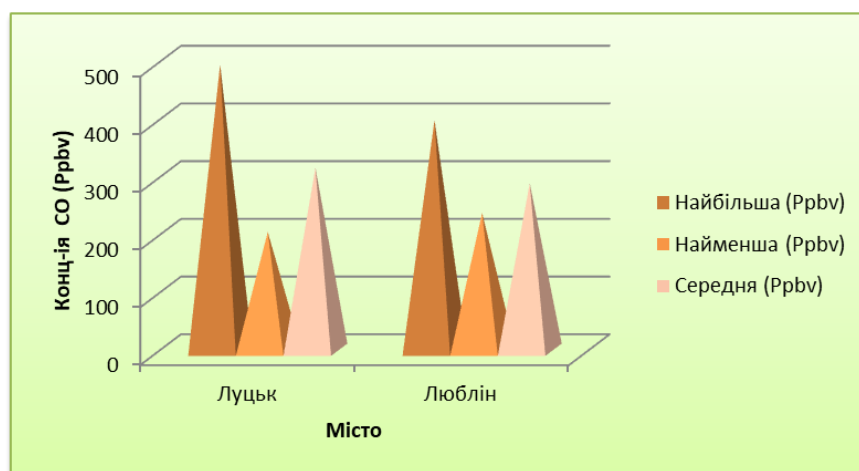


Рис. 2.11 Порівняльна характеристика рівнів забруднення атмосферного повітря чадним газом на території м. Луцьк та Люблін

В ході дослідження забруднення атмосферного повітря поверхневим озonom було встановлено, що рівні забруднення повітря O_3 фактично однакові, але на території міста Луцьк концентрації O_3 є вищими на 0,7-2,5% в порівнянні із м. Люблін. Зокрема середній рівень забруднення O_3 за моделлю прогнозу якості повітря CAMS EU 10km у місті Люблін становить 45,98 $мкг/м^3$, в м. Луцьк – 47,13 $мкг/м^3$. Порівняльна характеристика показників забруднення атмосферного повітря поверхневим озonom висвітлена на рис. 2.12.

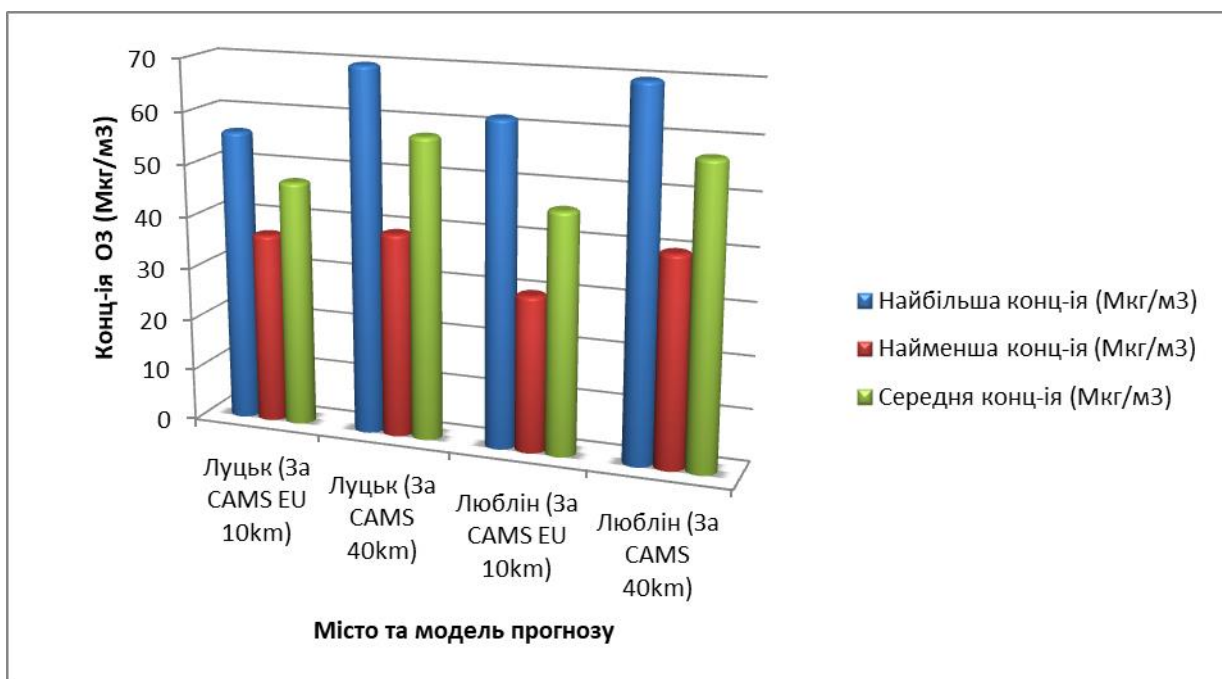


Рис. 2.12 Порівняльна характеристика рівнів забруднення атмосферного повітря поверхневим озonom на території м. Луцьк та Люблін

В ході дослідження забруднення атмосферного повітря пилом було встановлено, що концентрації забруднення повітря пилом на території міста Луцьк є вищими на 14,3% в порівнянні із містом Люблін. Зокрема середня концентрація забруднення повітря пилом у місті Люблін становить 1,82 $мкг/м^3$, в м. Луцьк – 2,08 $мкг/м^3$. Порівняльна характеристика показників забруднення атмосферного повітря пилом висвітлена на рис. 2.13

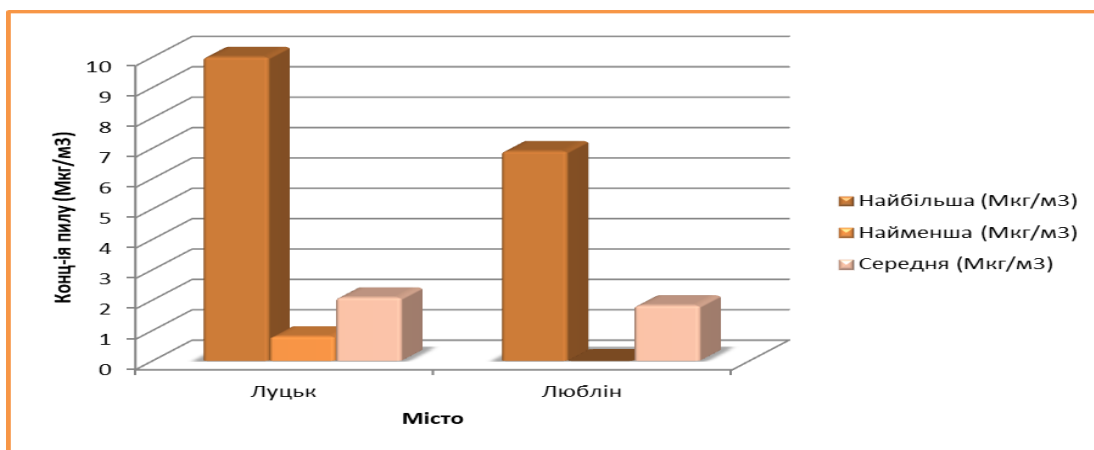


Рис. 2.13 Порівняльна характеристика рівнів забруднення атмосферного повітря пилом на території м. Луцьк та Люблін

Зокрема під час нашого дослідження ми використовували три моделі прогнозу якості повітря серед них; CAMS EU 10km, CAMS 40km, GEOS 22km.

Для моніторингу діоксиду азоту, PM_{2,5} та поверхневого озону використовували моделі прогнозу CAMS EU 10km та CAMS 40km. Порівняльна характеристика точності даних моделей прогнозу відображена на рис. 2.14.

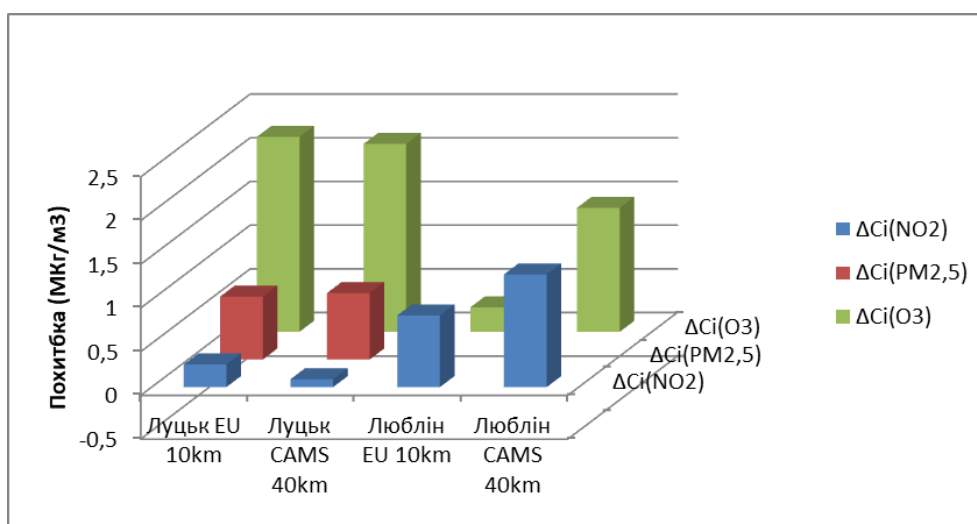


Рис. 2.14 Порівняльна характеристика точності моделей прогнозу якості повітря на основі забруднення атмосферного повітря на території м. Луцьк та Люблін

Для моніторингу концентрацій забруднення атмосферного повітря сірчистим ангідридом та аерозолями використовувалася лише модель

прогнозу CAMS 40km. Порівняльна характеристика точності моделі прогнозу під час моніторингу SO₂ та аерозолів відображена на рис.2.15

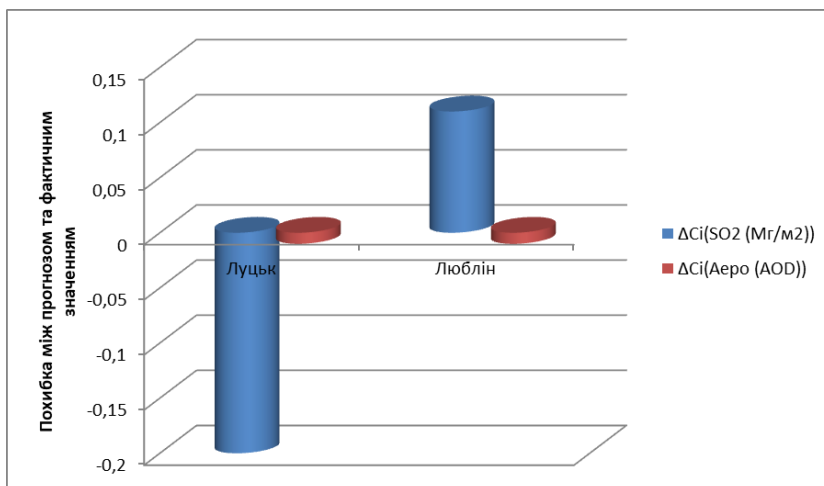


Рис. 2.15 Порівняльна характеристика точності моделі прогнозу якості повітря на основі забруднення атмосферного повітря SO₂ та аерозолями на території м. Луцьк та Люблін

Для моніторингу концентрацій забруднення атмосферного повітря чадним газом та пилом використовувалася лише модель прогнозу GEOS 22km. Порівняльна характеристика точності моделі прогнозу під час моніторингу відображена на рис. 2.16.

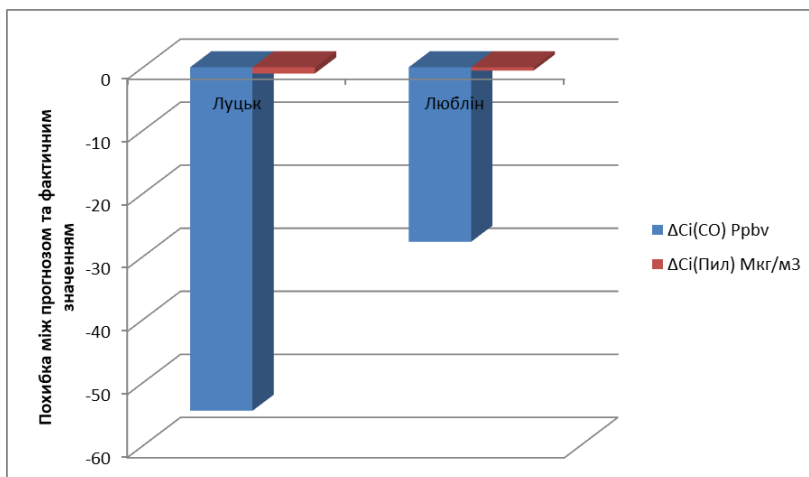


Рис. 2.16 Порівняльна характеристика точності моделі прогнозу якості повітря на основі забруднення атмосферного повітря CO та пилом на території м. Луцьк та Люблін

Загалом, по більшості речовин повітря м.Люблін є більш забрудненим, але прогноз і моделювання за різними варіантами має свої особливості, які треба враховувати надалі.

РОЗДІЛ 3 ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ

В даному розділі ми спробували провести порівняння даних поточного дослідження за допомогою он-лайн сервісів Wiqi.info, Eco-city та EO-Browser Sentinel-5, та власних вимірювань.

3.1 Порівняння даних дослідження з он-лайн платформи Waqi.info

Верифікацію даних досліджень концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі на території міста Люблін було здійснено за допомогою он-лайн сервісу Wiqi.info та EO Browser від Sentinel Hub. В ході аналізу он-лайн платформи Waqi.info було виявлено, що станом на 31 січня середньодобові показники забруднення PM_{2,5} становлять – 55,4 мкг/м³, PM₁₀ – 49 мкг/м³, поверхневого озону – 26 мкг/м³, діоксиду азоту – 13,16 мкг/м³, сірчистого ангідриду – 13,1 мг/м², чадного газу – 400 Ppbv. Водночас показники спостережень на платформі Windy.com є подібними, однак показники діоксиду азоту є трохи нижчими ніж в статистичних відомостях отриманих в результаті експерименту. Отримані дані про показники PM_{2,5} перевищують в 5-6 раз значення отримані в результатах експерименту. Із поверхневим озоном ситуація є зворотною показники отримані від он-лайн сервісу Waqi.info є вдвічі меншими ніж отримані під час експериментальних спостережень на платформі Windy.com. Відповідно до аналізу статистичних відомостей результатів спостережень та он-лайн платформи Waqi.info варто зазначити, що значення показників SO₂ є на 50% вищими ніж отримані під час результатів експерименту. Подібна ситуація спостерігається під час аналізу показників чадного газу. Деталізована порівняльна характеристика відображена на рис. 3.1. Знімки екрану із он-лайн платформи Waqi.info висвітлено у Додатку И.

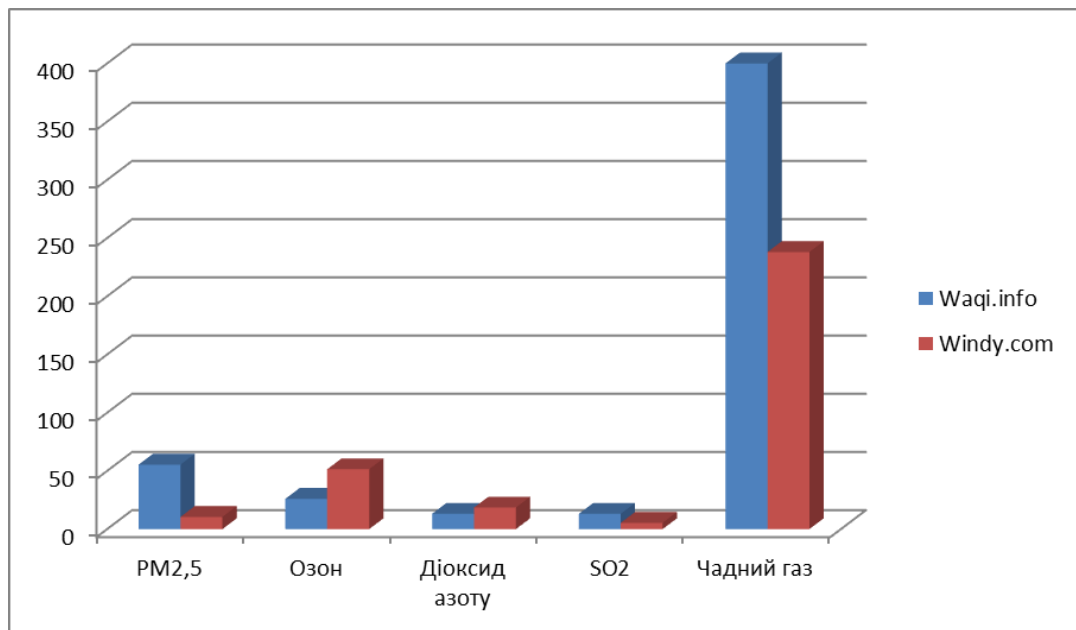


Рис. 3.1 Порівняльна характеристика між значеннями показників забруднення між платформою Waqi.info та Windy для м. Люблін

3.2 Верифікація даних дослідження за допомогою он-лайн платформи EO Browser від Sentinel Hub

В ході верифікації було здійснено аналіз показників забруднюючих речовин атмосферного повітря та зроблено декілька знімків он-лайн платформи EO Browser під час досліджень (Дивіться Додатки І, І).

Зокрема серед показників забруднення атмосферного повітря на території міста Луцьк було виявлено наступні значення; аерозолі – 1 моль/м², чадний газ – 0,045 моль/м², поверхневий озон – 0,2 моль/м², сірчистий ангідрид – 1,1 моль/м². У Додатку І наведено знімки екрану під час досліджень рівня забруднення атмосферного повітря на території м. Луцьк в процесі верифікації даних дослідження.

Для міста Любліна показники забруднення повітря за даними платформи EO Browser є наступними; аерозолі -1 моль/м², чадний газ – 0,0375 моль/м², поверхневий озон – 0,18 моль/м², сірчистий ангідрид – 3,24 моль/м². У додатку І наведено знімки екрану під час досліджень рівня забруднення атмосферного повітря на території м. Люблін в процесі верифікації даних дослідження.

Дані про показники формальдегіду та діоксиду азоту на жаль недоступні у зв'язку з високим ступенем хмарності на території міст даного дослідження.

3.3 Верифікація даних дослідження за допомогою он-лайн платформи громадського екологічного контролю Eсо-city

Верифікацію даних дослідження за допомогою он-лайн платформи Eсо-city здійснено для показників забруднення атмосферного повітря міста Луцьк.

В ході дослідження було виявлено наступні значення показників забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на території м. Луцьк о шостій годині експерименту на платформі Eсо-city; PM_{2,5} – 73,4 мкг/м³ (перевищення в 12 раз в порівнянні з результатами спостережень), діоксид азоту – 123,68 мкг/м³ (перевищення в 20 раз в порівнянні з результатами спостережень) та чадний газ – 3001, 86 мкг/м³.

Також о вісімнадцятій годині експерименту на платформі Eсо-city було виявлено наступні значення; PM_{2,5} – 76,33 мкг/м³ (перевищення в 12 раз в порівнянні з результатами спостережень), діоксид азоту – 87,06 мкг/м³ (перевищення в 7 раз в порівнянні з результатами спостережень) та чадний газ – 3388, 67 мкг/м³. Порівняльна характеристика між даними показників забруднення атмосферного повітря та результатами експериментальних спостережень відображена у Додатку Й.

3.4 Порівняння даних дослідження з вимірюваннями

Верифікацію даних дослідження за допомогою порівняння реальних вимірів показників забруднення атмосфери отриманих в результаті використання приладів. Дану верифікацію здійснено для показників забруднення атмосферного повітря міста Луцьк на його території у трьох точках досліджень поблизу медичних закладів м. Луцьк (Міська лікарня, Обласна дитяча лікарня та обласна клінічна лікарня).

В ході дослідження було виявлено наступні показники рівнів забруднення атмосферного повітря на території міста Луцьк о шостій годині експерименту;

- Поблизу Обласної дитячої лікарні (формальдегід – 0,126 мг/м³, PM_{2,5} – 33 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 0,471 мкг/м³, PM₁₀ – 48 мкг/м³);

- Поблизу Обласної клінічної лікарні (формальдегід – 0,273 мг/м³, PM_{2,5} – 35 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 0,046 мкг/м³, PM₁₀ – 55 мкг/м³);

- Поблизу Міської клінічної лікарні (формальдегід – 0,232 мг/м³, PM_{2,5} – 48 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 0,643 мкг/м³, PM₁₀ – 43 мкг/м³);

Також в ході дослідження було виявлено наступні показники рівнів забруднення атмосферного повітря на території міста Луцьк о вісімнадцятій годині експерименту;

- Поблизу Обласної дитячої лікарні (формальдегід – 0,384 мг/м³, PM_{2,5} – 45 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 4,198 мкг/м³, PM₁₀ – 119 мкг/м³);

- Поблизу Обласної клінічної лікарні (формальдегід – 0,273 мг/м³, PM_{2,5} – 53 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 0,212 мкг/м³, PM₁₀ – 112 мкг/м³);

- Поблизу Міської клінічної лікарні (формальдегід – 0,662 мг/м³, PM_{2,5} – 45 мкг/м³, леткі органічні сполуки – 1,129 мкг/м³, PM₁₀ – 50 мкг/м³);

Більш детальна характеристика вимірів за допомогою інструментальних приладів відображена у Додатках К та Л.

На жаль, по переліку досліджуваних речовин ми могли співставити лише дрібнодисперсні часточки. При цьому їх вміст по замірах був значно вищий, ніж на даних windy, але схожий з даними waqi та esocity. Це можна пояснити тим, що моделі windy ґрунтуються на усереднених інтерпольованих значеннях по комірках великого розміру (10 на 10км), у яких не розрізняються невеликі відмінності, пов'язані з локальними забрудненнями.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні сервіси онлайн-моніторингу стану повітря дають великі масиви екологічної інформації, яка може суттєво доповнювати, а іноді замінювати дані державної системи моніторингу. Однак при їх використанні треба ретельно перевіряти джерела отримання даних та оцінювати їх достовірність.

2. Порівняння екологічного стану повітря українсько-польського прикордоння показало дещо вищі рівні забруднення по більшості досліджуваних речовин у польській частині, що може бути пов'язано із ближчою відстанню до промислових центрів та західним переносом забруднень. Але за різних метеоумов така ситуація може змінюватись.

3. Порівняння прогнозів забруднення за моделями CAMS 10 і CAMS 40 очікувано показало більшу точність у CAMS 10 із меншим розміром комірки розрахункових значень. Хоча в окремі відрізки по окремих речовинах (напр., поверхневий озон) точнішою була CAMS 40. Але загалом різниця очікуваного значення та фактичного по багатьох речовинах складала до 50%. Значення CAMS 10 по містах переважно суттєво вищі.

4. Попри неточність фактичних прогнозних значень, динаміка концентрації забруднюючих речовин обома моделями відображалась досить добре.

5. Кореляційний аналіз вмісту полютантів із метеоумовами переважно не виявляв дуже високих зв'язків у цей часовий відрізок. Найбільші значення (0,5-0,6) найчастіше виявлялись по кореляції з температурою та відносною вологістю. У багатьох випадках концентрація забруднювачів зростала у вечірні та нічні години із високою вологістю та, ймовірно, низхідними потоками повітря.

6. Власні інструментальні вимірювання по мікрочастинках показали значну схожість із даними сервісів, що отримують дані від стаціонарних станцій, та перевищення від даних онлайн-моделювання.

7. Для ефективного моніторингу стану повітря надалі потрібні

триваліші дослідження з більшим охопленням території та комбінованим використанням як інструментальних вимірювань, так і даних дистанційного зондування та онлайн-моделювання, із врахуванням виявлених у нашому дослідженні особливостей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Артемчук, В. І., & Мединцев, Б. І. (2019). Контроль запиленості повітря за допомогою мобільного додатку.
2. Афанасьєва, О. В. (2018). Розробка веб-системи обробки і аналізу гідрометеорологічних даних (Doctoral dissertation, ОДЕКУ).
3. Бахарєв, В. С., Шевченко, І. В., Коваль, С. С., & Корцова, О. Л. (2017). Інформаційно-технологічні аспекти управління екологічною безпекою в системах муніципального моніторингу атмосферного повітря. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, (4), 68-73.
4. Бахарєв, В. С. (2018). Комплексна система екологічного моніторингу атмосферного повітря урбосистем (Doctoral dissertation, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського).
5. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 199 с.
6. Боголюбов, В. М., Мокін, В. Б., & Клименко, М. О. (2018). Моніторинг довкілля.
7. Буцик, І. В. (2020). Оцінка ефективності системи моніторингу якості атмосферного повітря м. Суми (Master's thesis, Сумський державний університет).
8. Вадімов, В. М., Яровий, І. Д., Плаксієнко, І. Л., Горбонос, В. М., Кузенко, Л. Ю., & Костюченко, Ю. С. (2019). Моніторинг повітряного середовища міста Полтава ("Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти"–12 грудня 2019року, Полтава –255с).
9. Волошин, О. С., & Гуменюк, Г. Б. (2020). Оцінка впливу забруднення повітря на показники захворюваності органів дихання.
10. Гнесь, В. О. (2020). Мобільний додаток для екомоніторингу довкілля (Master's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського).
- 11.Голік, Ю. С., Ілляш, О. Е., & Максюта, Н. С. (2020). Концепція створення громадського моніторингу стану забруднення атмосферного повітря в місті Полтава (Doctoral dissertation, Національний університет" Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка").
12. Isaenko, V., Zaporozhets, A., Babikova, K., Gulevets, D., & Savchenko, S. (2019). Огляд методів та засобів моніторингу забруднення повітря. Вісник Національного Авіаційного Університету, 80(3), 61-70.
13. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка] / Кольцов М., Шевченко Л. — Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. — 13 с.
14. Онлайн база екологічних даних «Відкрите довкілля». – Режим доступу: <https://openaccess.org.ua/>
15. Про онлайн ресурс Windy.com [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Windy_\(weather_service\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Windy_(weather_service))

16. Маренич, А. В. Розробка системи моніторингу атмосферного повітря урбосистем із застосуванням пересувних екологічних лабораторій (Doctoral dissertation, КрНУ. Кременчук, 2017).

17. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології: підручник. – К.: 2012. – 426 с

18. Согор, А. Р., Ярема, Н. П., Геба, М. С., & Серант, О. В. (2018). Створення екологічних карт Львівщини за даними моніторингу атмосферного повітря. Молодий вчений, (6 (1)), 23-27.

19. Федонюк, В. В., Іванців, О. В., & Турко, С. В. (2020). Студентський проект моніторингу екологічного стану повітря у місті Луцьку. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матер. Всеукр. наук.-практ. заоч. конф. студ., аспір. та молод. учених, м. Маріуполь, С.138-140.

20. Федонюк, М. А. (2013). До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря. Державне управління: удосконалення та розвиток, (2).

21. Черевко М.І. Інформаційна технологія екомоніторингу повітря для міст за допомогою засобів ІОТ : автореферат дипломної роботи магістра за спеціальністю „126 — інформаційні системи та технології“/ М.І. Черевко. — Тернопіль: ТНТУ, 2019. — 123 с.

22. Черних В. О. Моніторинг довкілля в Україні: проблеми та перші кроки до впровадження нових технологій / Сучасні досягнення природничих наук : матеріали Всеукр. студ. наук.-практ. конф.. – Полтава, 2020. – С. 295-297.

23. Яцишин, А. В., Куцан, Ю. Г., Артемчук, В. О., Каменева, І. П., Попов, О. О., & Ковач, В. О. (2019). Принципи та методи управління екологічною безпекою на основі інтелектуального аналізу даних мережі моніторингу атмосферного повітря. Електронне моделювання, (41,№ 4), 85-101.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТРЕЖЕНЬ ДЛЯ МІСТА ЛУЦЬК

Таблиця А.1 Показники концентрації діоксиду азоту на території міста Луцьк

Час (Год)	Концентрація за Sams 40km (Мкг/м3)			Концентрація за СAMS EU 10km (Мкг/м3)		
	Прогноз	Фактична	ΔСі	Прогноз	Фактична	ΔСі
0	5,59	3,88	1,71	7,42	5	2,42
3	7,23	7,38	-0,15	6,8	6,44	0,36
6	6,25	6,25	0	6,08	6,08	0
9	2,98	2,97	0,01	5,56	5,42	0,14
12	1,71	2,38	-0,67	3,35	3,07	0,28
15	1,86	1,94	-0,08	4,27	4,52	-0,25
18	4,18	3,63	0,55	8,01	10,62	-2,61
21	6,56	4,97	1,59	8,55	10,41	-1,86
24	4,13	3,71	0,42	7,53	6,5	1,03
27	2,66	3,31	-0,65	9,75	6,5	3,25
30	2,49	2,53	-0,04	9,37	5,89	3,48
33	2,56	2,32	0,24	8,37	8,35	0,02
36	1,57	1,24	0,33	4,93	4,7	0,23
39	1,3	0,94	0,36	4,63	4,12	0,51
42	1,96	1,54	0,42	7,09	6	1,09
45	1,9	1,78	0,12	7,2	6,24	0,96
48	1,46	2,72	-1,26	3,97	4,24	-0,27
51	0,97	1,06	-0,09	2,26	4,24	-1,98
54	0,92	0,99	-0,07	2,92	3,74	-0,82
57	1,2	1,25	-0,05	3,77	3,91	-0,14
60	1,01	1,15	-0,14	3,27	2,96	0,31
63	1,2	1,26	-0,06	3,99	3,75	0,24
66	2,09	2,14	-0,05	6,08	6,59	-0,51
69	2,69	2,73	-0,04	6,91	6,06	0,85
72	2,47	2,53	-0,06	5,87	6,04	-0,17
Усереднено	2,76	2,66	0,09	5,92	5,66	0,26

Показники концентрації PM2.5 на території міста Луцьк

Час	Концентрація за Сams 10km (Мкг/м3)			Концентрація за Сams EU 40km (Мкг/м3)		
	Прогноз	Фактична	ΔСі	Прогноз	Фактична	ΔСі
0	5	5	0	9	8	1
3	5	5	0	7	7	0
6	4	4	0	6	6	0
9	2	2	0	8	8	0
12	2	4	-2	6	6	0
15	3	3	0	9	10	-1
18	4	3	1	10	12	-2
21	5	4	1	12	13	-1
24	3	5	-2	12	10	2
27	3	5	-2	14	10	4
30	3	5	-2	13	11	2
33	4	5	-1	13	15	-2
36	4	3	1	14	13	1
39	2	2	0	12	12	0
42	3	2	1	13	13	0
45	2	2	0	12	13	-1
48	2	5	-3	10	13	-3
51	2	2	0	7	9	-2
54	1	2	-1	9	9	0
57	2	2	0	9	10	-1
60	2	3	-1	9	9	0
63	4	4	0	10	8	2
66	4	5	-1	11	10	1
69	5	5	0	12	12	0
72	4	4	0	12	14	-2
Усеред.	3,2	3,64	-0,44	10,36	10,44	-0,08

Показники рівнів забруднення сірчистим ангідридом на території міста Луцьк

Час (Год)	Концентрація за Сams 40km (Мг/м ²)		Різниця між прогнозованою та фактичною (Мг/м ²)
	Прогнозована	Фактична	
0	9,21	6,91	2,3
3	10,6	10,6	0
6	6,52	6,52	0
9	4,08	4,08	0
12	3,93	5,1	-1,17
15	3,95	4,04	-0,09
18	3,26	3,43	-0,17
21	2,77	2,83	-0,06
24	2,26	2,96	-0,7
27	2,39	2,93	-0,54
30	2,76	3,08	-0,32
33	3,46	3,36	0,1
36	3,22	3,95	-0,73
39	2,54	3,13	-0,59
42	2,37	2,48	-0,11
45	2,36	3,3	-0,94
48	2,8	3,65	-0,85
51	3,88	4,13	-0,25
54	4,37	3,91	0,46
57	3,52	3,49	0,03
60	2,57	3,09	-0,52
63	2,41	3,13	-0,72
66	2,38	2,74	-0,36
69	3,3	3,45	-0,15
72	3,46	3,05	0,41
Усредн.	3,77	3,97	-0,20

Показники рівнів забруднення аерозолями на території міста Луцьк

Час	Рівень забруднення за моделлю Sams 40km (AOD)		Різниця між прогнозованою та фактичною величиною (AOD)
	Прогнозовий	Фактичний	
0	0,046	0,058	-0,012
3	0,064	0,058	0,006
6	0,039	0,039	0
9	0,031	0,032	-0,001
12	0,044	0,037	0,007
15	0,046	0,036	0,01
18	0,031	0,031	0
21	0,024	0,023	0,001
24	0,02	0,031	-0,011
27	0,018	0,034	-0,016
30	0,027	0,047	-0,02
33	0,036	0,061	-0,025
36	0,036	0,059	-0,023
39	0,041	0,073	-0,032
42	0,055	0,075	-0,02
45	0,066	0,077	-0,011
48	0,069	0,064	0,005
51	0,063	0,108	-0,045
54	0,052	0,091	-0,039
57	0,046	0,072	-0,026
60	0,05	0,053	-0,003
63	0,062	0,051	0,011
66	0,081	0,079	0,002
69	0,066	0,075	-0,009
72	0,069	0,164	-0,095
Усередн.	0,05	0,06	-0,01

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря чадним газом на території міста Луцьк

Час	Концентрація за моделю GEOS (Ppbv)		Різниця між прогнозованою та фактичною (Ppbv)
	Прогнозована	Фактична	
0	289	256	33
3	289	289	0
6	283	283	0
9	207	261	-54
12	207	214	-7
15	205	204	1
18	202	204	-2
21	214	209	5
24	218	306	-88
27	254	305	-51
30	276	305	-29
33	270	336	-66
36	277	309	-32
39	249	262	-13
42	250	265	-15
45	268	277	-9
48	294	494	-200
51	299	350	-51
54	286	350	-64
57	292	365	-73
60	279	339	-60
63	284	363	-79
66	298	395	-97
69	273	448	-175
72	246	491	-245
Усередн.	260,36	315,20	-54,84

Показники концентрації поверхневого озону в атмосферному повітрі на території міста Луцьк

Час	Концентрація за Sams 40km (Мкг/м ³)			Концентрація за Sams EU 10km (Мкг/м ³)		
	Прогноз	Фактична	ΔCi	Прогноз	Фактична	ΔCi
0	50,38	54,93	-4,55	45,29	46,65	-1,36
3	43,47	43,47	0	40,29	40,3	-0,01
6	44,01	44,01	0	42,83	42,83	0
9	55,37	55,37	0	50,2	46,25	3,95
12	62,55	57,06	5,49	57,22	56,05	1,17
15	66,92	65,47	1,45	56,77	53,04	3,73
18	67,08	65,17	1,91	50,18	50,05	0,13
21	64,01	63,64	0,37	44,22	41,92	2,3
24	65,97	59,95	6,02	44,65	50,09	-5,44
27	66,26	59,9	6,36	40,95	50,09	-9,14
30	64,66	59,15	5,51	40,67	46,65	-5,98
33	63,46	60,03	3,43	47,15	36,68	10,47
36	64,24	64,63	-0,39	54,78	50,2	4,58
39	64,6	68,74	-4,14	55,79	51,64	4,15
42	63,87	66,7	-2,83	46,72	48,62	-1,9
45	64,45	65,04	-0,59	47,71	41,01	6,7
48	66,68	39,2	27,48	51,66	37,09	14,57
51	67,6	66,85	0,75	59,13	53,27	5,86
54	67,23	69,84	-2,61	54,96	54,94	0,02
57	64,51	68,85	-4,34	52,69	43,55	9,14
60	60,58	62,04	-1,46	54,77	51,11	3,66
63	56,72	54,76	1,96	59,76	56,04	3,72
66	49,68	44,99	4,69	48,95	44,07	4,88
69	44,55	39,08	5,47	41,9	43,55	-1,65
72	45,07	39,42	5,65	45,29	45,07	0,22
Усеред.	59,76	57,53	2,23	49,38	47,23	2,15

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря пилом на території міста Луцьк

Час	Концентрація за моделю GEOS 22km (Мкг/м ³)		Різниця між прогнозованою та фактичною величиною (Мкг/м ³)
	Прогнозована	Фактична	
0	0,9	0,9	0
3	1,6	0,9	0,7
6	1,6	1,6	0
9	1,5	1,5	0
12	0,9	1	-0,1
15	0,9	0,9	0
18	0,9	0,9	0
21	0,9	0,9	0
24	0,9	0,9	0
27	0,9	0,9	0
30	0,9	0,9	0
33	0,9	0,9	0
36	0,9	1,2	-0,3
39	0,9	0,9	0
42	0,9	0,9	0
45	0,9	1,1	-0,2
48	0,9	0,9	0
51	0,9	0,8	0,1
54	0,9	0,8	0,1
57	0,9	0,8	0,1
60	0,9	0,9	0
63	2,2	5,3	-3,1
66	1,6	7,2	-5,6
69	1,6	9	-7,4
72	1,3	10	-8,7
Усредн.	1,10	2,08	-0,98

Час	Температура С		Δt	Вітер м/с		Δv	Вологість %		Δf	НВ	Азимут вітру
	Прогноз	Фактична		Прогноз	Фактична		Прогноз	Фактична			
0:00	-1	-4	3	8	9	-1	92	92	0	Захід	270
3:00	-3	-4	1	9	9	0	92	92	0	Захід	270
6:00	-3	-3	0	8	8	0	90	90	0	Захід	270
9:00	-3	-3	0	8	8	0	93	92	1	Захід	270
12:00	-4	-4	0	7	6	1	88	89	-1	Захід	270
15:00	-3	-7	4	6	4	2	84	88	-4	Пд. Зх.	225
18:00	-6	-6	0	3	4	-1	90	88	2	Пд. Зх.	225
21:00	-7	-12	5	4	6	-2	90	95	-5	Півд.	180
24	-13	-10	-3	6	4	2	96	89	7	Пд. Сх.	135
27	-11	-10	-1	4	4	0	88	89	-1	Пд. Сх.	135
30	-12	-10	-2	5	4	1	88	89	-1	Пд. Сх.	135
33	-12	-8	-4	5	5	0	88	90	-2	Схід	90
36	-9	-6	-3	6	6	0	84	87	-3	Схід	90
39	-6	-5	-1	4	5	-1	83	86	-3	Схід	90
42	-9	-7	-2	4	6	-2	89	89	0	Схід	90
45	-13	-6	-7	5	7	-2	91	90	1	Схід	90
48	-8	-5	-3	6	8	-2	93	90	3	Схід	90
51	-7	-1	-6	7	6	1	94	90	4	Пд	180
54	-7	0	-7	8	6	2	92	90	2	Пд	180
57	-6	0	-6	9	6	3	90	89	1	Пд	180
60	-1	0	-1	8	6	2	88	90	-2	Пд	180
63	-1	0	-1	7	6	1	86	90	-4	Пд	180
66	-1	0	-1	6	6	0	89	90	-1	Пд	180
69	-1	1	-2	7	8	-1	90	89	1	Пд	180
72	-1	1	-2	8	9	-1	92	92	0	Пд. Зх.	225
Усереднено	-5,92	-4,36	-1,56	6,32	6,24	0,08	89,6	89,8	-0,2	Пд	176,4

ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТРЕЖЕНЬ ДЛЯ МІСТА ЛЮБЛІН

Таблиця Б1

Показники концентрації забруднення повітря діоксидом азоту на території міста Люблін

Час (Год)	Концентрація за Sams 40km (Мкг/м3)			Концентрація за SAMS EU 10km (Мкг/м3)		
	Прогноз	Фактична	ΔCi	Прогноз	Фактична	ΔCi
0	8,4	11,59	-3,19	8,86	10,22	-1,36
3	4,53	4,53	0	7,19	7,21	-0,02
6	4,33	4,33	0	6,26	6,27	-0,01
9	4,99	5,54	-0,55	10,56	10,1	0,46
12	3,98	4,71	-0,73	6,41	6,58	-0,17
15	5,75	5,71	0,04	5,88	6,19	-0,31
18	17,63	13,18	4,45	16,44	18,52	-2,08
21	28,41	17,34	11,07	22,68	23,83	-1,15
24	19,51	13,98	5,53	22,52	15,39	7,13
27	14,53	16,18	-1,65	15	14,3	0,7
30	13,1	9,59	3,51	13,94	10,38	3,56
33	12,51	10,4	2,11	15,86	15,85	0,01
36	6,72	5,03	1,69	10,04	7,91	2,13
39	5,23	2,71	2,52	8,75	7,39	1,36
42	8,05	4,44	3,61	13,69	12,21	1,48
45	6,94	4,23	2,71	13,25	11,64	1,61
48	3,45	2,9	0,55	10,97	7,71	3,26
51	1,98	1,6	0,38	5,27	5,13	0,14
54	2,94	2,54	0,4	4,96	4,36	0,6
57	4,98	4,25	0,73	9,19	7,89	1,3
60	4,39	4,01	0,38	6,73	5,26	1,47
63	6,27	7,09	-0,82	9,97	8,81	1,16
66	11,56	12,95	-1,39	16,98	17,39	-0,41
69	13,4	14,28	-0,88	15,95	15,67	0,28
72	11,15	9,4	1,75	10,55	11,21	-0,66
Усереднено	8,99	7,70	1,29	11,52	10,70	0,82

Показники концентрації забруднення атмосферного повітря PM2.5 на території міста Люблін

Час	Концентрація за Sams 10km (Мкг/м3)			Концентрація за Sams EU 40km (Мкг/м3)		
	Прогноз	Фактична	ΔCi	Прогноз	Фактична	ΔCi
0	5	7	-2	9	10	-1
3	5	5	0	7	7	0
6	5	5	0	9	9	0
9	6	6	0	12	13	-1
12	5	6	-1	9	12	-3
15	6	6	0	8	11	-3
18	11	10	1	10	11	-1
21	15	11	4	16	17	-1
24	14	14	0	17	15	2
27	16	13	3	17	15	2
30	18	11	7	25	19	6
33	14	11	3	29	28	1
36	10	9	1	27	21	6
39	8	5	3	19	15	4
42	9	4	5	18	14	4
45	6	3	3	18	15	3
48	4	3	1	15	13	2
51	3	3	0	14	13	1
54	3	3	0	12	14	-2
57	5	5	0	13	13	0
60	7	7	0	13	12	1
63	10	12	-2	13	13	0
66	13	15	-2	15	16	-1
69	14	18	-4	18	19	-1
72	12	13	-1	17	17	0
Усеред.	8,96	8,2	0,76	15,2	14,48	0,72

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря сірчистим ангідридом на території міста Люблін

Час (Год)	Концентрація за Sams 40km (Мг/м ²)		Різниця між прогнозованою та фактичною (Мг/м ²)
	Прогнозована	Фактична	
0	6,49	7,47	-0,98
3	5,74	5,75	-0,01
6	5,34	5,34	0
9	5	5	0
12	5,39	5,65	-0,26
15	5,77	5,44	0,33
18	5,68	5,39	0,29
21	5,32	5,06	0,26
24	5,56	4,77	0,79
27	4,62	4,42	0,2
30	3,65	3,84	-0,19
33	3,28	3,28	0
36	3,44	3,17	0,27
39	3,7	3,36	0,34
42	3,38	3,62	-0,24
45	3,18	3,75	-0,57
48	3,99	3,6	0,39
51	4,42	4,19	0,23
54	4,56	4,93	-0,37
57	4,55	4,85	-0,3
60	5,26	5,21	0,05
63	8,73	8,23	0,5
66	10,09	9,56	0,53
69	9,74	9,41	0,33
72	8,85	7,76	1,09
Усредн.	5,43	5,32	0,11

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря аерозолями на території міста Люблін

Час	Рівень забруднення за моделлю Sams 40km (AOD)		Різниця між прогнозованою та фактичною величиною (AOD)
	Прогнозовий	Фактичний	
0	0,057	0,071	-0,014
3	0,052	0,052	0
6	0,051	0,051	0
9	0,037	0,037	0
12	0,037	0,036	0,001
15	0,038	0,035	0,003
18	0,036	0,037	-0,001
21	0,036	0,035	0,001
24	0,04	0,039	0,001
27	0,045	0,045	0
30	0,038	0,052	-0,014
33	0,041	0,062	-0,021
36	0,047	0,072	-0,025
39	0,07	0,084	-0,014
42	0,081	0,079	0,002
45	0,086	0,084	0,002
48	0,075	0,087	-0,012
51	0,056	0,109	-0,053
54	0,054	0,081	-0,027
57	0,061	0,057	0,004
60	0,066	0,077	-0,011
63	0,12	0,113	0,007
66	0,129	0,12	0,009
69	0,131	0,236	-0,105
72	0,15	0,176	-0,026
Усередн.	0,07	0,08	-0,01

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря чадним газом на території міста Луцьк

Час	Концентрація за моделю GEOS 22km (Ppbv)		Різниця між прогнозованою та фактичною (Ppbv)
	Прогнозована	Фактична	
0	237	251	-14
3	237	238	-1
6	249	249	0
9	260	260	0
12	274	273	1
15	235	237	-2
18	226	238	-12
21	247	246	1
24	237	247	-10
27	220	247	-27
30	238	247	-9
33	249	294	-45
36	257	325	-68
39	237	290	-53
42	229	278	-49
45	240	275	-35
48	267	276	-9
51	305	366	-61
54	358	366	-8
57	372	392	-20
60	350	398	-48
63	246	303	-57
66	257	301	-44
69	253	305	-52
72	231	301	-70
Усередн.	260,44	288,12	-27,68

Показники концентрації поверхневого озону в атмосферному повітрі на території міста Люблін

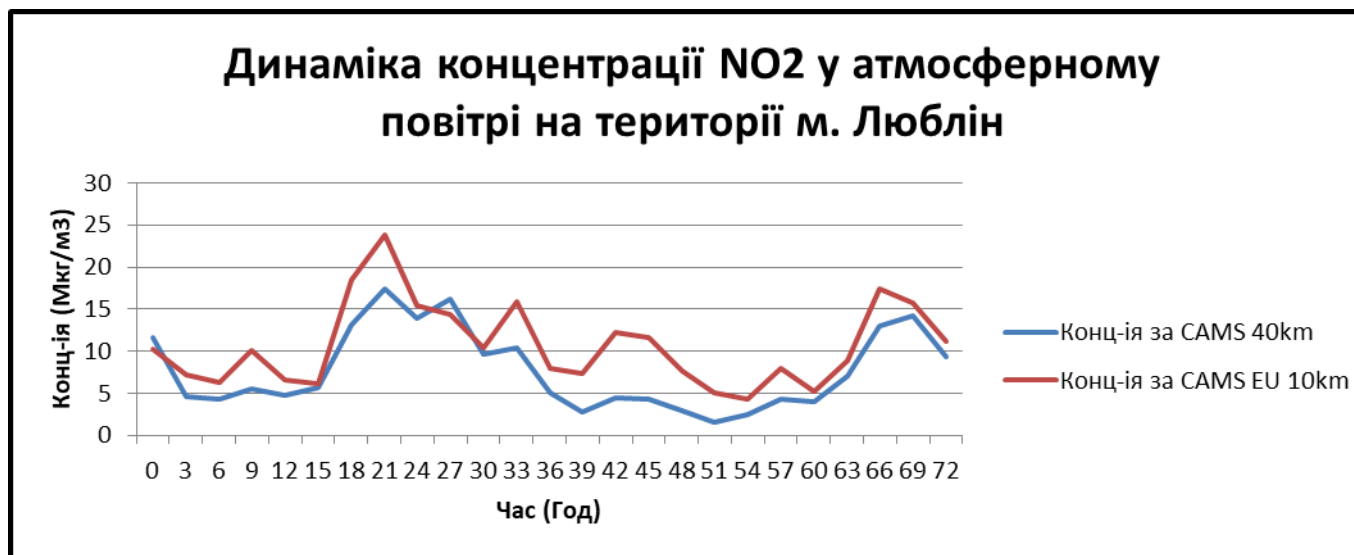
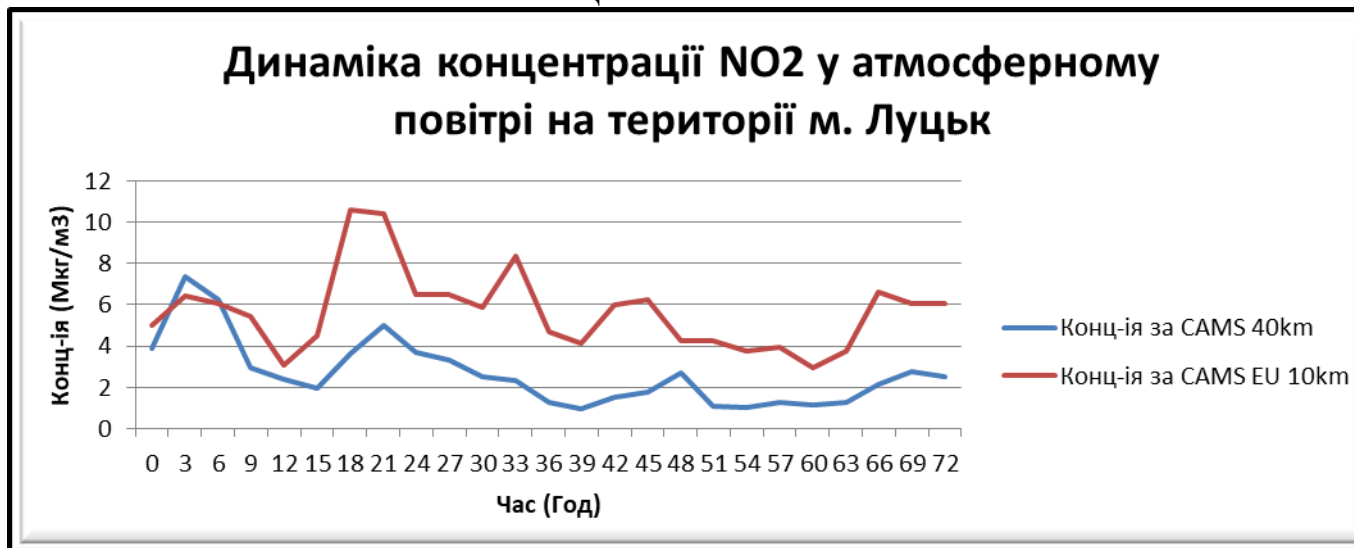
Час	Концентрація за Sams 40km (Мкг/м3)			Концентрація за Sams EU 10km (Мкг/м3)		
	Прогноз	Фактична	ΔCi	Прогноз	Фактична	ΔCi
0	47,35	40,15	7,2	42,65	40,28	2,37
3	55,82	55,82	0	46,63	46,64	-0,01
6	58,81	58,81	0	49,68	49,68	0
9	61,07	61,08	-0,01	48,67	50,87	-2,2
12	67,01	66,12	0,89	59,84	59,22	0,62
15	68,78	69,83	-1,05	59,9	61,75	-1,85
18	57,79	63,44	-5,65	47,63	51,43	-3,8
21	45,67	57,66	-11,99	40,31	29,88	10,43
24	52,33	58,24	-5,91	32,07	43,14	-11,07
27	56,13	60,18	-4,05	35,32	43,14	-7,82
30	57,32	61,62	-4,3	41,38	46,11	-4,73
33	58,13	58,94	-0,81	36,16	32,51	3,65
36	64,17	63,89	0,28	41,67	42,8	-1,13
39	66,34	68,29	-1,95	54,16	47,26	6,9
42	64,41	66,68	-2,27	51,24	40,95	10,29
45	63,5	65,32	-1,82	44,83	39,8	5,03
48	63,77	65,04	-1,27	51,28	45,56	5,72
51	62,09	60,34	1,75	50,83	52,74	-1,91
54	57,45	56,41	1,04	52,5	49,95	2,55
57	52,49	48,38	4,11	45,32	45,54	-0,22
60	54,71	45,45	9,26	55,38	46,17	9,21
63	58,46	48,85	9,61	62,67	54,96	7,71
66	53,07	46,35	6,72	51,39	46,63	4,76
69	46,72	41,47	5,25	41,83	41,33	0,5
72	42,06	40,03	2,03	41,55	41,13	0,42
Усеред.	57,42	57,14	0,28	47,40	45,98	1,42

Показники рівнів забруднення атмосферного повітря пилом на території міста Луцьк

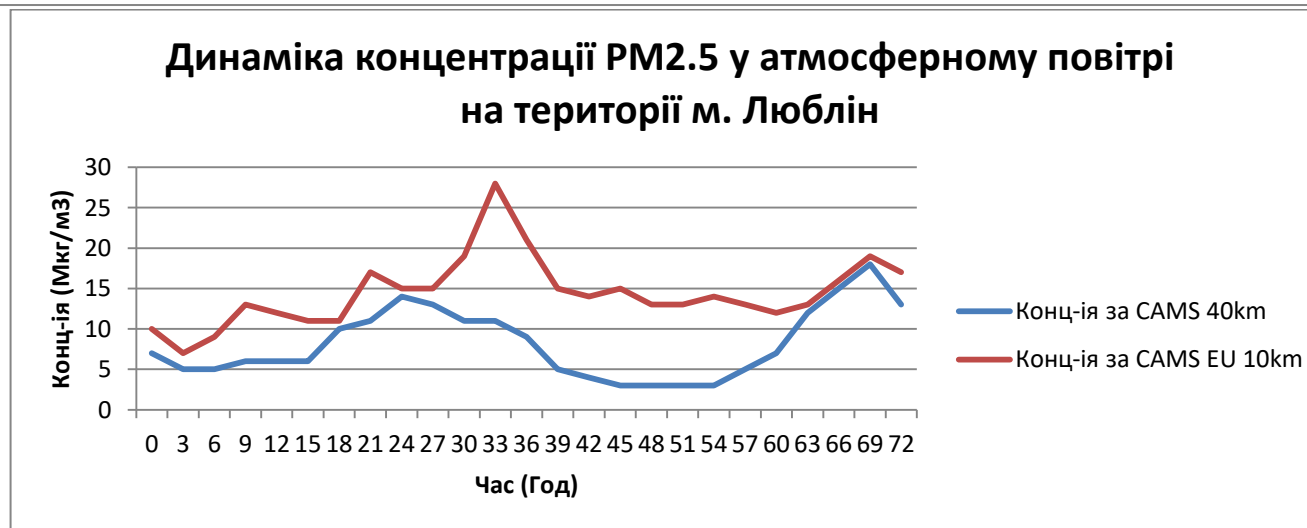
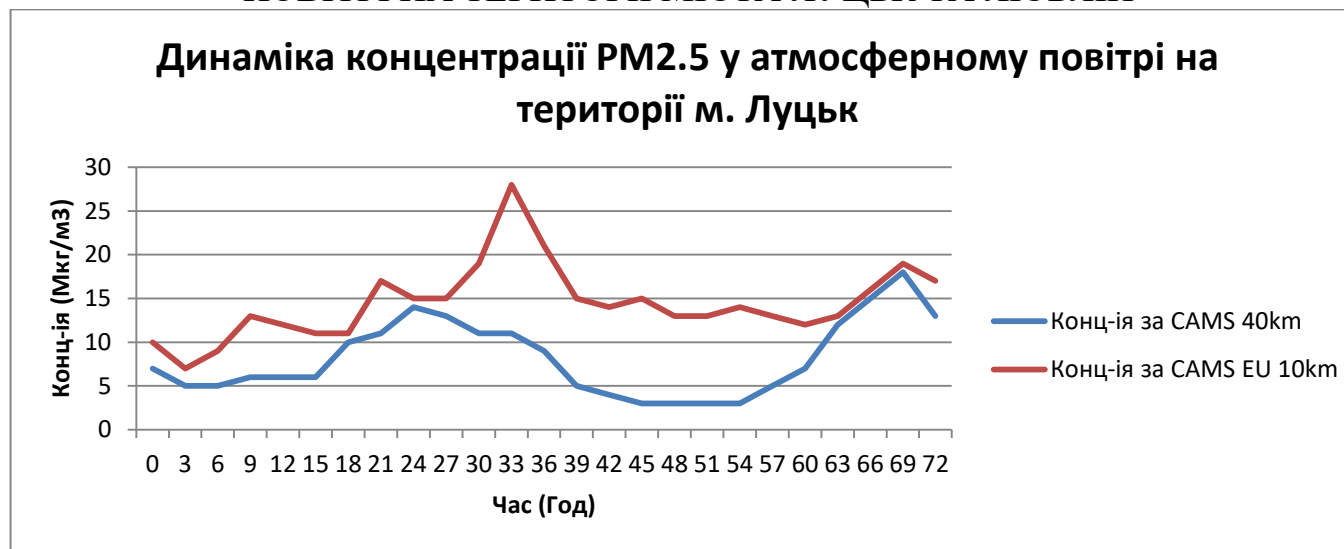
Час	Концентрація за моделю GEOS 22km (мкг/м ³)		Різниця між прогнозованою та фактичною величиною (мкг/м ³)
	Прогнозована	Фактична	
0	1,9	2,6	-0,7
3	1,9	1,9	0
6	1,9	1,9	0
9	1,8	1,8	0
12	1,8	1,9	-0,1
15	1,9	1,9	0
18	1,9	1,8	0,1
21	1,9	1,8	0,1
24	1	1,1	-0,1
27	1,8	1,1	0,7
30	0,9	1,1	-0,2
33	0,9	0,8	0,1
36	0,9	0,9	0
39	0,9	0,9	0
42	0,9	0,9	0
45	0,9	0,9	0
48	0,9	0,9	0
51	0,9	0	0,9
54	0,9	0,8	0,1
57	0,9	1,7	-0,8
60	1,8	6,9	-5,1
63	0,9	4	-3,1
66	0,9	2,9	-2
69	0,9	2,1	-1,2
72	0,9	2,8	-1,9
Усредн.	1,29	1,82	-0,53

Час	Температура С		Δt	Вітер м/с		Δv	Вологість %			НВ	Азимут вітру
	Прогноз	Фактична		Прогноз	Фактична		Прогноз	Фактична	Δf		
0:00	-4	-3	-1	8	9	-1	92	92	0	Захід	270
3:00	-4	-4	0	8	8	0	91	91	0	Захід	270
6:00	-4	-4	0	7	7	0	91	93	-2	Захід	270
9:00	-5	-5	0	6	6	0	91	92	-1	Захід	270
12:00	-5	-5	0	6	6	0	82	84	-2	Захід	270
15:00	-4	-5	1	6	6	0	75	76	-1	Захід	270
18:00	-7	-6	-1	4	4	0	85	83	2	Пд. Зх	225
21:00	-21	-11	-10	4	4	0	89	88	1	Пд. Зх	225
24	-17	-15	-2	5	4	1	91	94	-3	Пд.Сх.	135
27	-17	-15	-2	5	4	1	92	94	-2	Пд.Сх.	135
30	-18	-15	-3	4	4	0	86	94	-8	Пд.Сх.	135
33	-17	-15	-2	4	5	-1	86	88	-2	Пд.Сх.	135
36	-12	-9	-3	3	4	-1	91	85	6	Схід	90
39	-7	-4	-3	3	5	-2	87	74	13	Схід	90
42	-9	-6	-3	6	6	0	87	84	3	Схід	90
45	-10	-8	-2	6	7	-1	87	89	-2	Схід	90
48	-11	-8	-3	8	8	0	90	90	0	Схід	90
51	-10	-5	-5	9	8	1	90	79	11	Пд. Зх	225
54	-7	-2	-5	9	8	1	90	79	11	Пд. Зх	225
57	-5	1	-6	8	8	0	86	79	7	Пд. Зх	225
60	-1	1	-2	8	8	0	85	79	6	Пд. Зх	225
63	1	1	0	7	8	-1	75	79	-4	Пд. Зх	225
66	0	1	-1	7	7	0	79	79	0	Пд. Зх	225
69	1	1	0	8	7	1	77	87	-10	Пд. Зх	225
72	1	1	0	7	9	-2	83	88	-5	Пд	180
Усереднено	-7,68	-5,56	-2,12	6,24	6,4	-0,16	86,32	85,6	0,72	Пд	192,6

ДОДАТОК В ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ АЗОТУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА
ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



ДОДАТОК Г ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК РОЗМІРОМ 2,5 МКМ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



ДОДАТОК Д ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ СІРЧИСТОГО АНГІДРИДУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



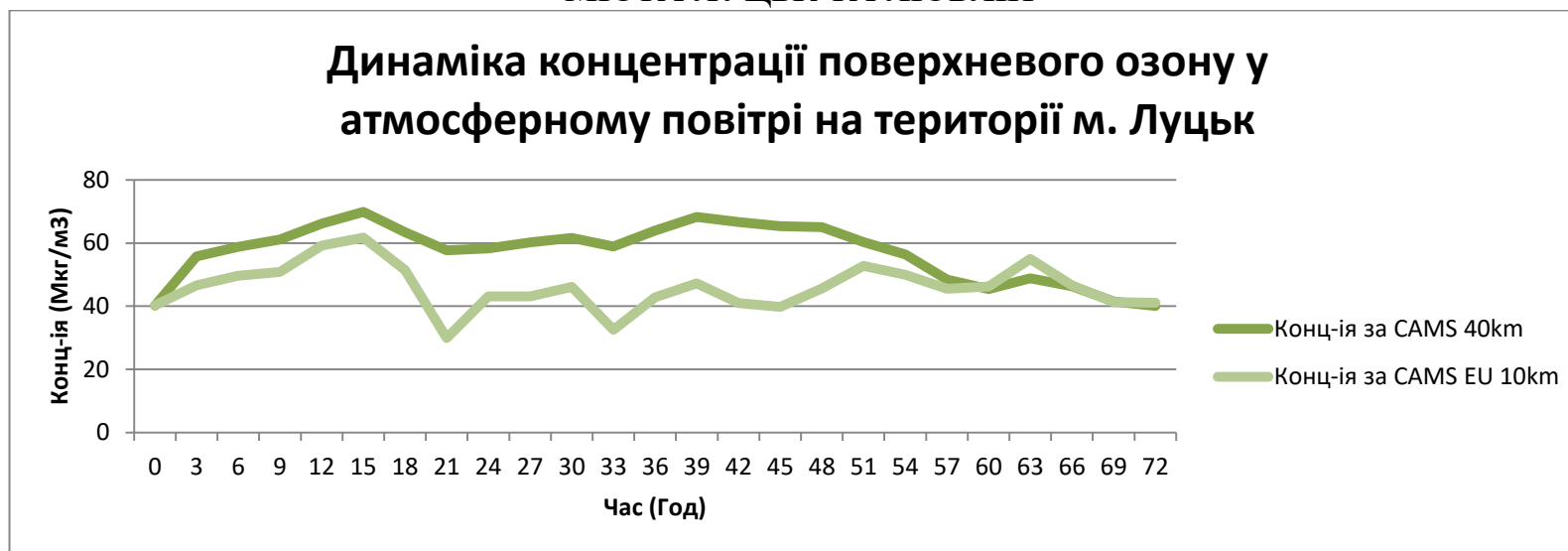
ДОДАТОК Е ДИНАМІКА РІВНІВ ЗАБРУДНЕННЯ АЕРОЗРОЯМИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА
ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



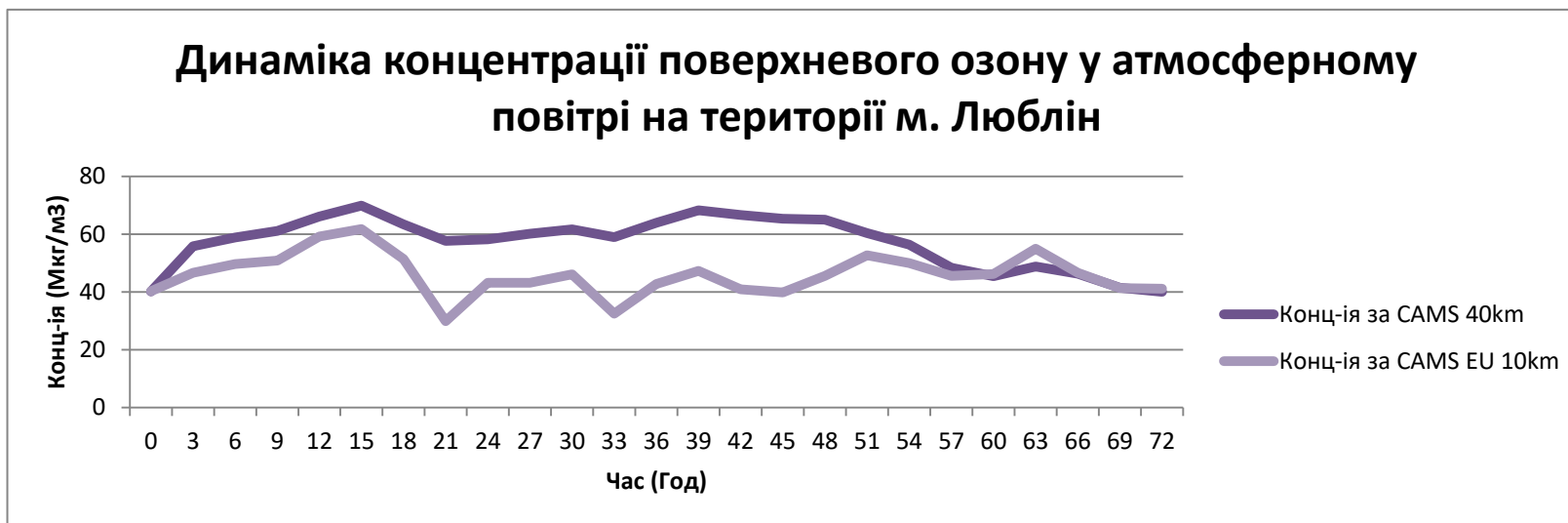
ДОДАТОК Є ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ЧАДНОГО ГАЗУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА
ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



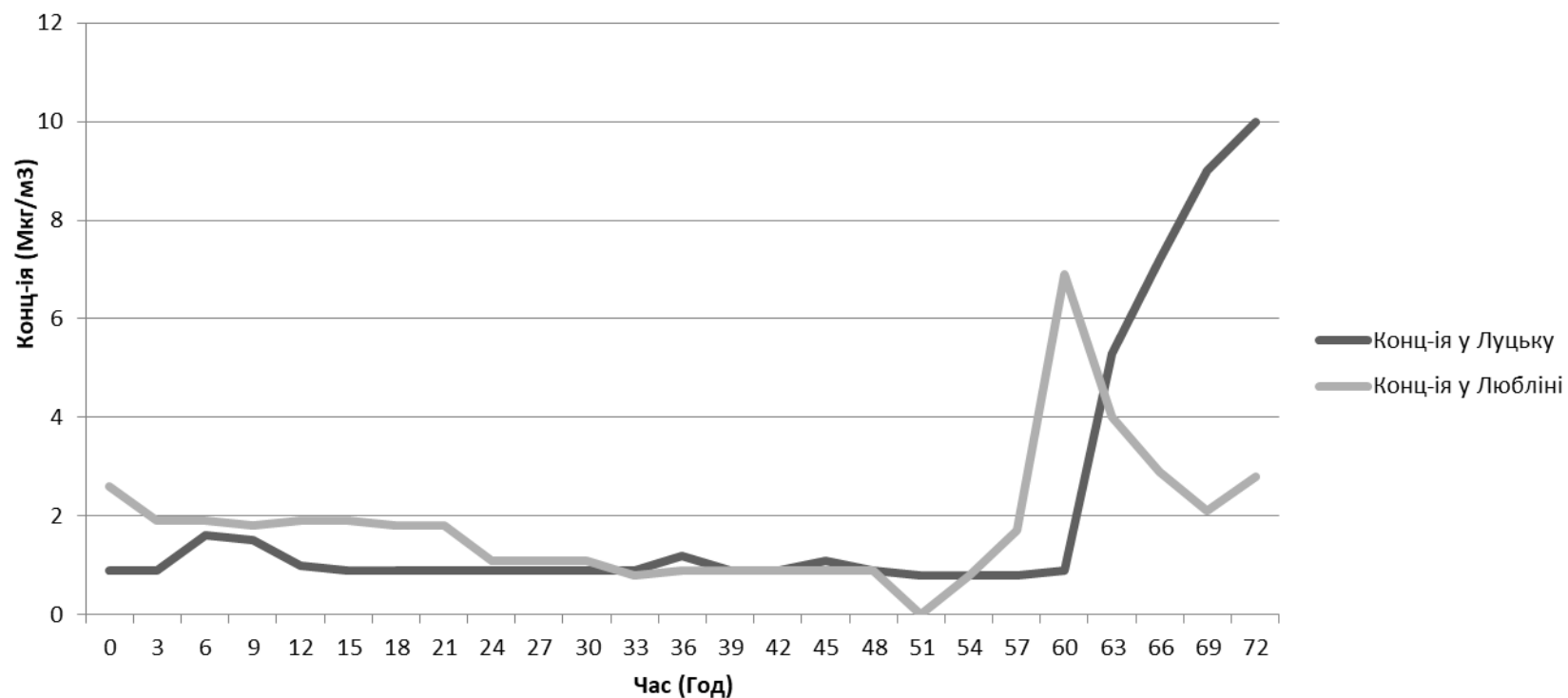
ДОДАТОК Ж ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ОЗОНУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



ДОДАТОК З ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК ТА ЛЮБЛІН



Динаміка концентрації пилу у атмосферному повітрі на території м. Луцьк та Люблін



ДОДАТОК И ЗНІМКИ ЕКРАНУ ПЛАТФОРМИ WAQI.INFO ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЮБІН

Lublin ul.Obywatelska past 78 months daily average AQI

Data Sources

Regional Inspectorate for Environmental Protection in Lublin (Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Lublinie) - Główny inspektorat ochrony środowiska

Daily Data

PM_{2.5} PM₁₀ O₃ NO₂ SO₂ CO

Summary	Days of the month																														
2021	[Grid showing daily AQI values for 2021, including February and January]																														
2020	[Grid showing daily AQI values for 2020, including December, November, October, September, August, July, June, May, April, March, February, and January]																														
2019	[Grid showing daily AQI values for 2019, including December, November, and October]																														

Lublin ul.Obywatelska past 78 months daily average AQI

Data Sources

Regional Inspectorate for Environmental Protection in Lublin (Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Lublinie) - Główny inspektorat ochrony środowiska

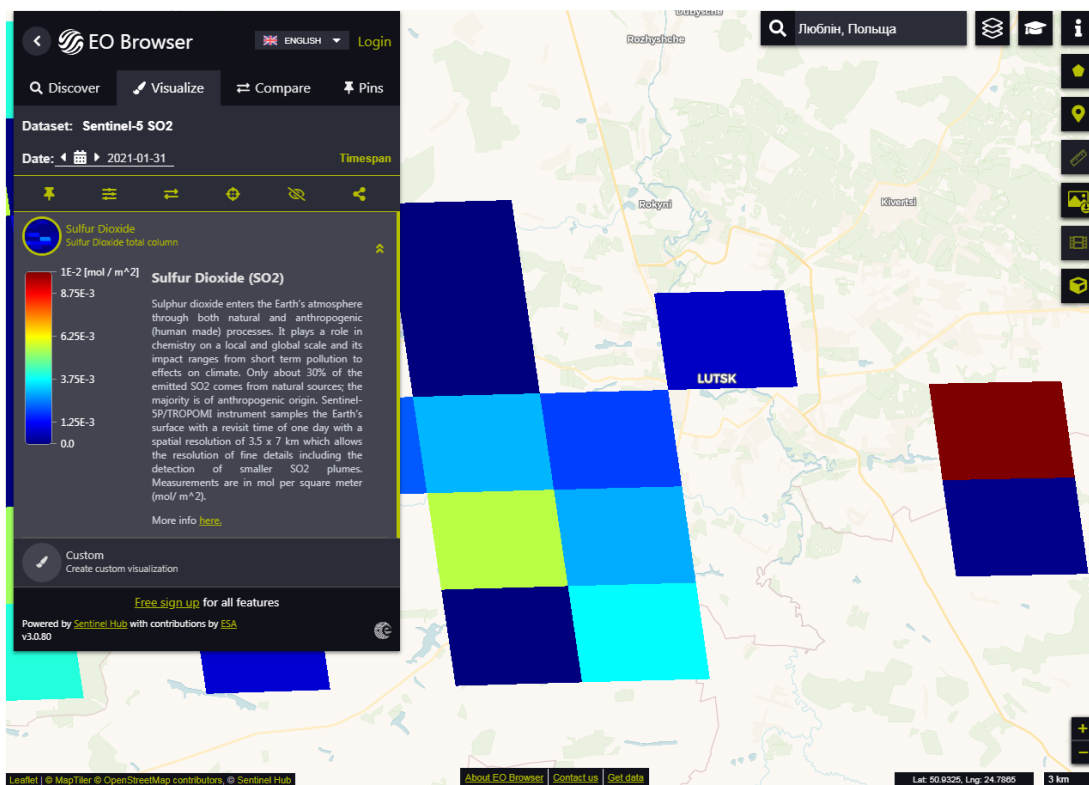
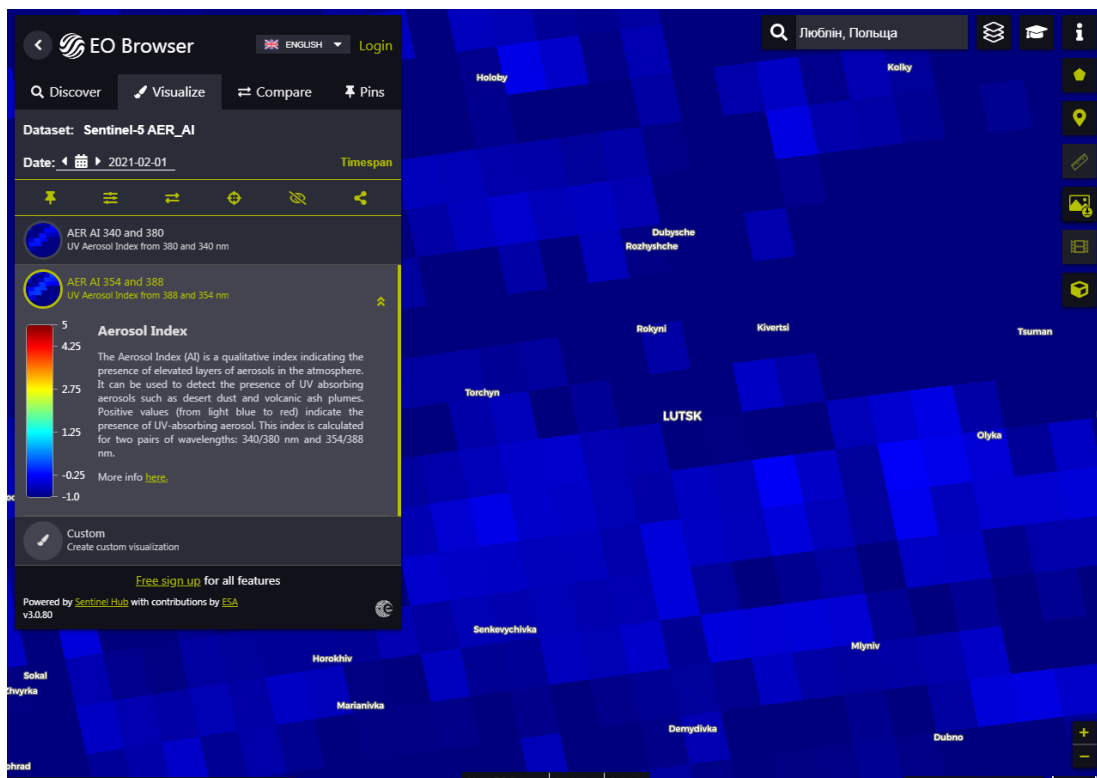
Daily Data

PM_{2.5} PM₁₀ O₃ NO₂ SO₂ CO

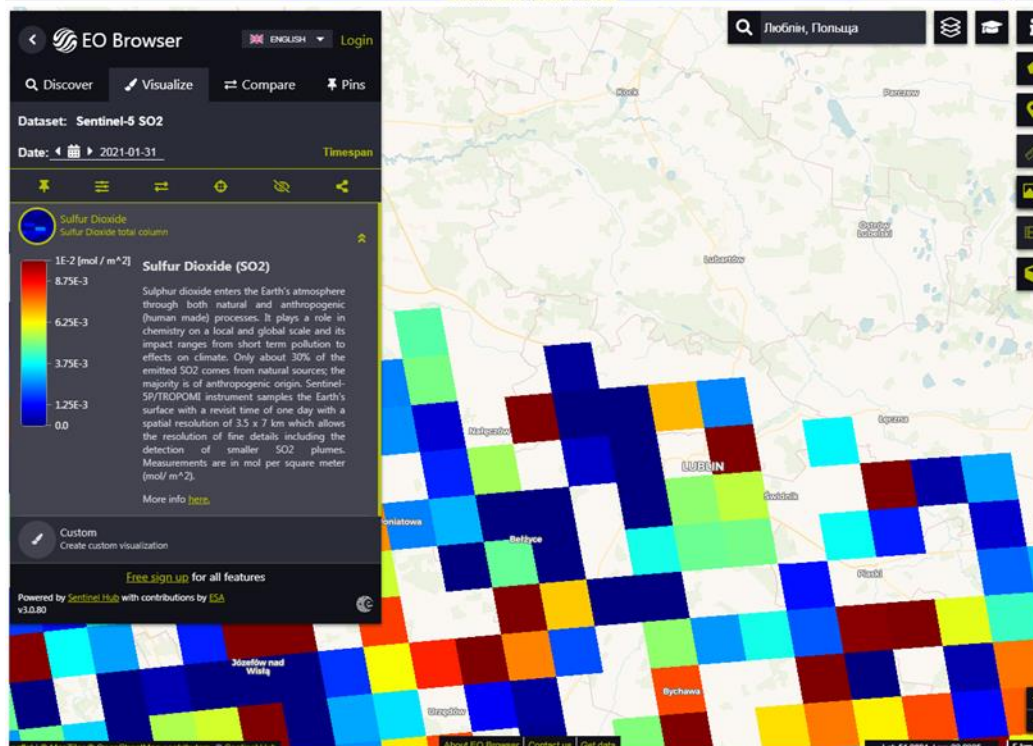
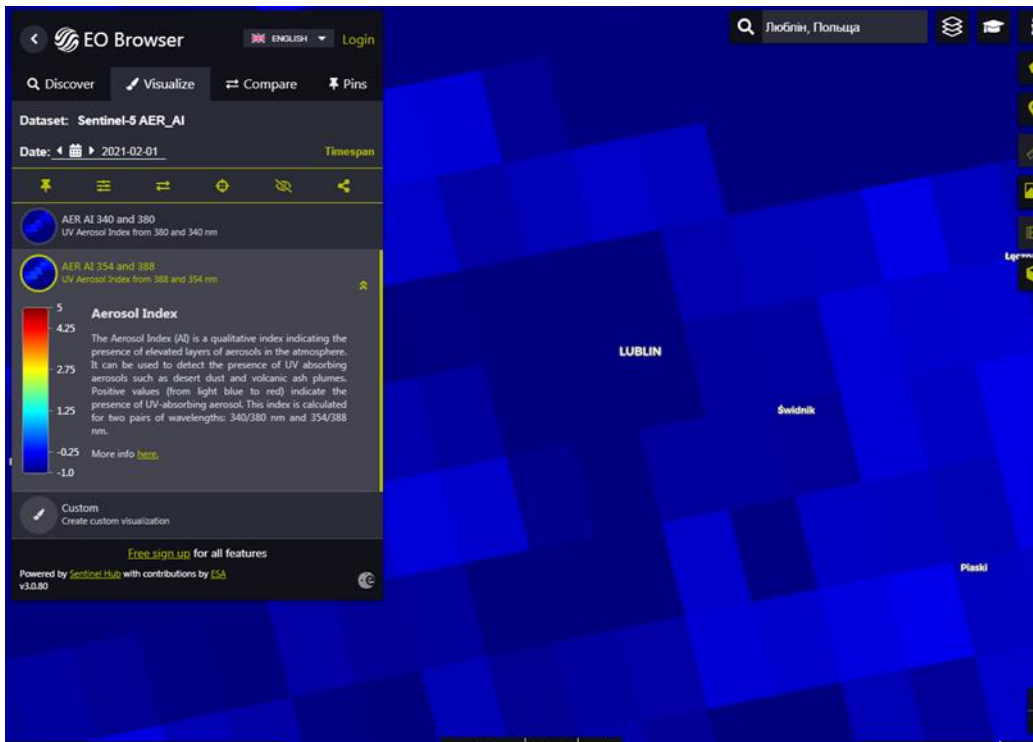
Summary	Days of the month																														
2021	[Grid showing daily AQI values for 2021, including February and January]																														
2020	[Grid showing daily AQI values for 2020, including December, November, October, September, August, July, June, May, April, March, February, and January]																														
2019	[Grid showing daily AQI values for 2019, including December, November, and October]																														

ДОДАТОК І ЗНІМКИ ЕКРАНУ ПЛАТФОРМИ EO BROWSER ВІД SENTINEL HUB ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ

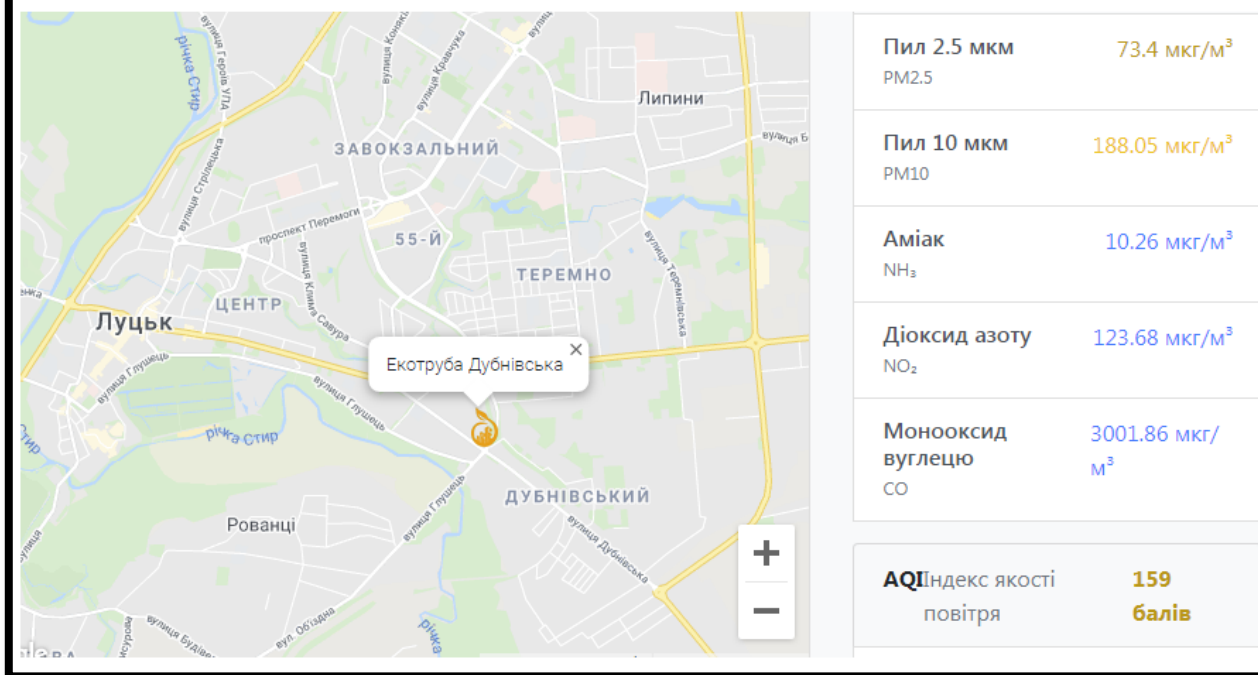
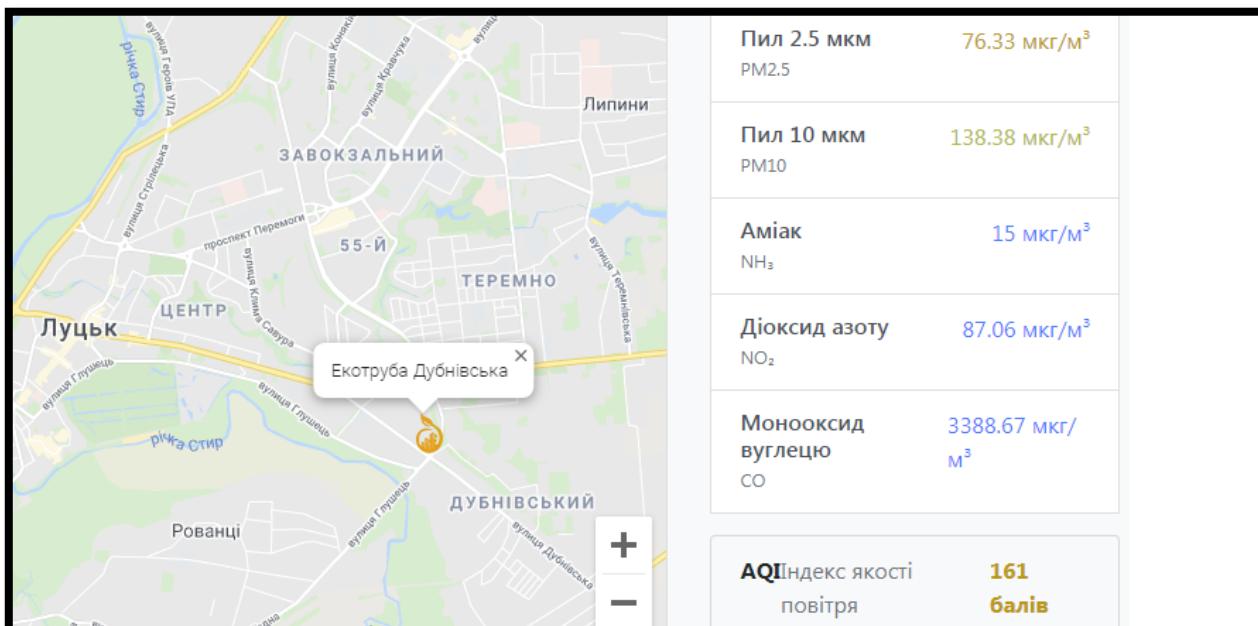
РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК




ДОДАТОК І ЗНІМКИ ЕКРАНУ ПЛАТФОРМИ EO BROWSER ВІД SENTINEL HUB ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЮБЛІН



ДОДАТОК Й ЗНІМКИ ЕКРАНУ ПЛАТФОРМИ ЕСО-CITY ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК



ДОДАТОК К РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПРИБЛІДІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК О ШОСТІЙ ГОДИНІ ЕКСПЕРИМЕНТУ

 Волинська дитяча лікарня	Показник	Значення		Показник	Значення		Показник	Значення
	Формальдегід	0,126 мг/м ³		Формальдегід	0		Чадний газ	0
	PM 2.5	33 мкг/м ³		PM2.5	58 мкг/м ³			
	ЛОС	0,471 мг/м ³		ЛОС	0			
	PM10	48 мкг/м ³						
Обласна клінічна лікарня	Показник	Значення		Показник	Значення		Показник	Значення
	Формальдегід	0,273 мг/м ³		Формальдегід	0		Чадний газ	0
	PM 2.5	35 мкг/м ³		PM2.5	64 мкг/м ³			
	ЛОС	0,046 мг/м ³		ЛОС	0			
	PM10	55 мкг/м ³						
Міська клінічна лікарня	Показник	Значення		Показник	Значення		Показник	Значення
	Формальдегід	0,232 мг/м ³		Формальдегід	0,012 мг/м ³		Чадний газ	0
	PM 2.5	48 мкг/м ³		PM2.5	82 мкг/м ³			
	ЛОС	0,643 мг/м ³		ЛОС	0,03 мг/м ³			
	PM10	43 мкг/м ³						
	Час : 06:00	Хмарно	t=-10	f=93%	v=0,89 м/с	Зх.		

ДОДАТОК Л РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛУЦЬК О ВІСІМНАДЦЯТІЙ ГОДИНІ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Місця вимірювань	Показник		Значення		Показник		Значення		Показник		Значення	
	Волинська дитяча лікарня	Формальдегід	0,384 мг/м ³	Формальдегід	0	Формальдегід	0	Формальдегід	0	Чадний газ	0	
PM 2.5		45 мкг/м ³	PM2.5	105 мкг/м ³	PM2.5	105 мкг/м ³	PM2.5	105 мкг/м ³				
ЛОС		4,198 мг/м ³	ЛОС	0	ЛОС	0	ЛОС	0				
PM10		119 мкг/м ³										
Обласна клінічна лікарня	Формальдегід	0,273 мг/м ³	Формальдегід	0	Формальдегід	0	Формальдегід	0	Чадний газ	0		
	PM 2.5	53 мкг/м ³	PM2.5	102 мкг/м ³	PM2.5	102 мкг/м ³	PM2.5	102 мкг/м ³				
	ЛОС	0,212 мг/м ³	ЛОС	0	ЛОС	0	ЛОС	0				
	PM10	112 мкг/м ³										
Міська клінічна лікарня	Формальдегід	0,662 мг/м ³	Формальдегід	0,012 мг/м ³	Формальдегід	0,012 мг/м ³	Формальдегід	0,012 мг/м ³	Чадний газ	0		
	PM 2.5	45 мкг/м ³	PM2.5	114 мкг/м ³	PM2.5	114 мкг/м ³	PM2.5	114 мкг/м ³				
	ЛОС	1,129 мг/м ³	ЛОС	0,03 мг/м ³	ЛОС	0,03 мг/м ³	ЛОС	0,03 мг/м ³				
	PM10	50 мкг/м ³										
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>												
Час : 18:00		Ясно		t=-8		f=88%		v=4 м/с		Пд.3х.		