

Вінницький національний технічний університет

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки

Автоматизована оптоелектронна система екологічного моніторингу

Науковий керівник, к.т.н., доц Кожем'яко А.В.

Магістрант гр. ЛТО - 17м Сидорук О.О.



Мета і задачі дослідження. Мета МКР – розширення функціональних можливостей гео-інформаційних систем за рахунок введення вдосконалених оптоелектронних пристроїв моніторингу навколишнього середовища, що дозволяє візуалізувати набір даних та підвищити ефективність екологічного моніторингу для застосування в системах реального часу у містах з незадовільним екологічним станом.

Для досягнення поставленої мети передбачено розв'язання таких основних задач:

- проаналізувати актуальність розробки системи екологічного моніторингу;
- змоделювати концентрації забруднюючих речовин в атмосфері;
- вдосконалити метод оцінювання концентрації пилу та сумарного методу впливу викидів стаціонарних джерел;
- розробити автоматизований оптоелектронний пристрій екологічного моніторингу;
- вдосконалити гео-інформаційну автоматизовану оптоелектронну систему екологічного моніторингу, прийому, аналізу та візуалізації даних;
- розрахувати економічну частину.

Об'єкт дослідження – процес створення автоматизованої оптоелектронної системи екологічного моніторингу.

Предмет дослідження – методи та засоби вимірювання показників забруднення атмосфери в оптоелектронних системах екологічного моніторингу.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вдосконалено метод аналізу даних про вміст забруднюючих речовин в атмосфері за рахунок введення оптоелектронних пристроїв екологічного моніторингу, що дозволило розширити функціональні можливості геоінформаційних систем;
- розроблено метод вимірювання та прогнозування концентрації забруднюючих речовин у повітрі шляхом збору та обробки даних з концентрації пилу по фракціях у режимі реального часу, що дозволяє оперативно реагувати на спонтанні екологічні проблеми.

Практична цінність полягає у розробці відносно дешевого і практичного оптоелектронного пристрою екологічного моніторингу та програмного алгоритму, а також системи для забезпечення збору, аналізу та візуалізації даних, що забезпечують вирішення проблеми екологічного моніторингу.

Науково-технічний рівень одержаних результатів полягає у отриманні та візуалізації отриманих результатів спостереження, що забезпечує вирішення проблеми екологічного моніторингу.

Особистий внесок здобувача. Всі винесені на захист результати магістерської кваліфікаційної роботи отримано магістрантом особисто. Особистий внесок здобувача у роботах, отриманих у співавторстві: розробка розподіленої оптоелектронної системи екологічного моніторингу в режимі реального часу.

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати досліджень обговорювалися на конференціях:

IV Міжнародна науково-технічна конференція Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). 16-18 травня 2017 року.

Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2017) Вінницький національний технічний університет 02.01.2017 – 06.06.2017

XLVI Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2017)

Четверта міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2017), 31 жовтня – 2 листопада.

XLVII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2018)

Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2018) Вінницький національний технічний університет 02.01.2018 – 06.06.2018

VIII International Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS-ODS 2018” Ukraine, Vinnytsia, VNTU October 2-4, 2018

Робота з даної тематики зайняла друге місце на всеукраїнському конкурсі ІТ-проектів е-демократії Egap Challenge.

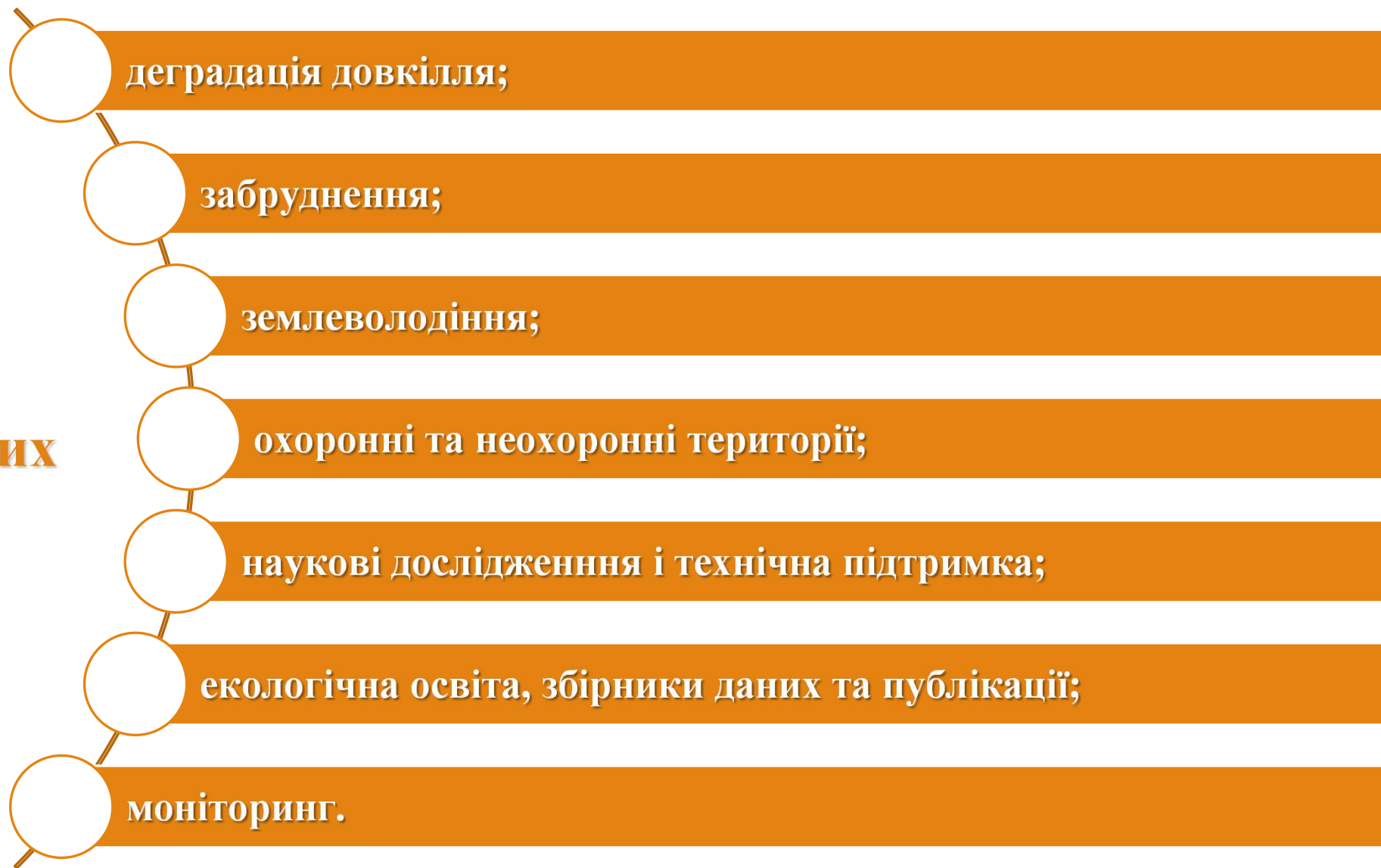
Перемога в Конкурсі – 2017/18 Стипендіальної програми «Завтра.UA» Фонду Віктора Пінчука.

Публікації. результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 2 публікації, з яких 2 статті у наукових фахових виданнях України, 7 тез доповідей у матеріалах конференцій, а також подана стаття до друку у видання що входить в міжнародну науково метричну базу Scopus.

Коли застосовують ГІС?

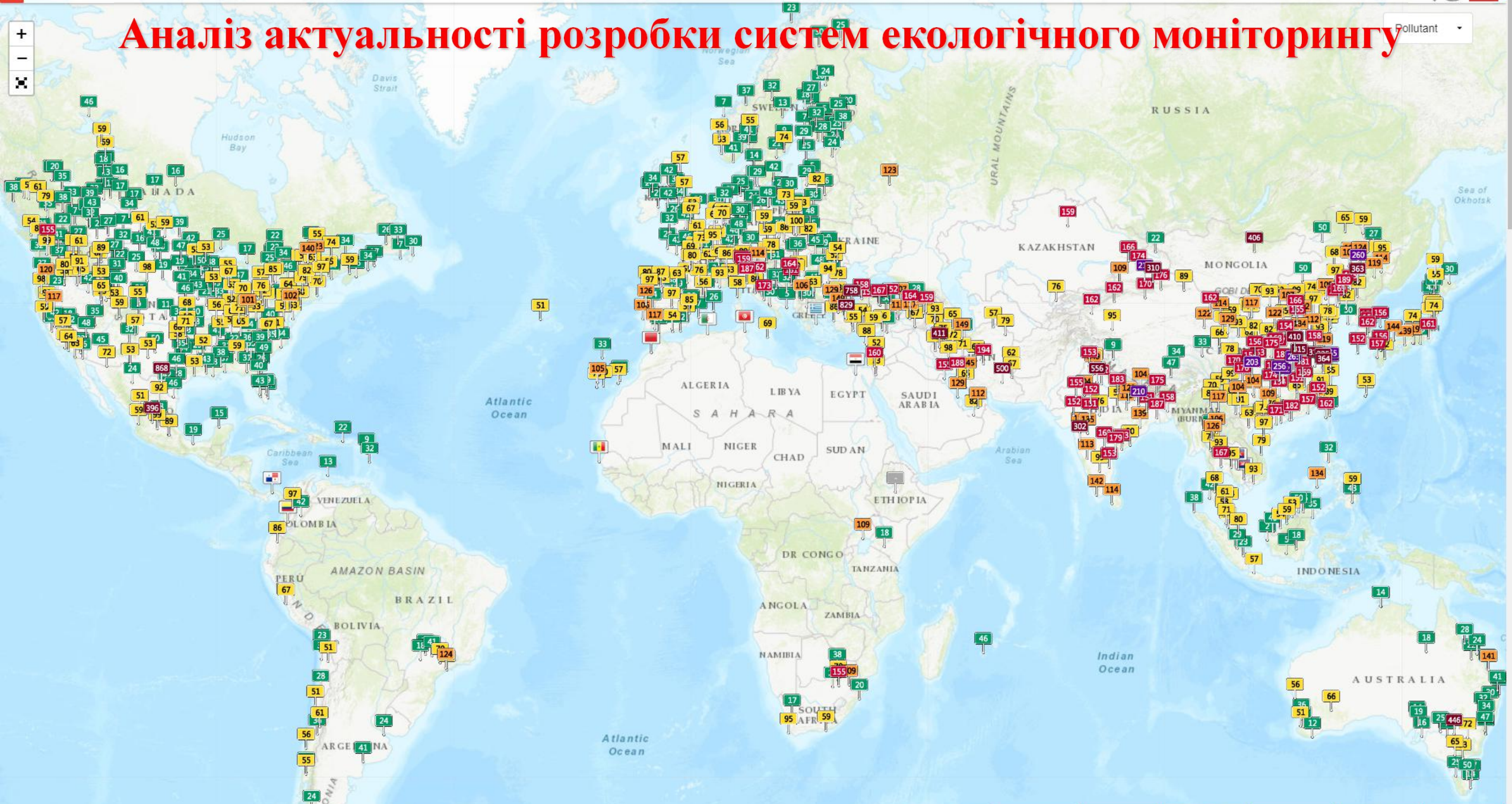
- обробка зображень зі супутника;
- перетворення растрових зображень в векторні графічні моделі;
- обробка картографічної інформації;
- обробка неструктурованої інформації;
- побудова моделей об'єктів або місцевості;
- аналіз моделей ГІС;
- отримання рішень на основі гео-інформації.

**Роль і місце
ГІС в
природоохоронних
заходах**



Аналіз актуальності розробки систем екологічного моніторингу

Pollutant ▾



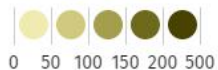
Гео-інформаційні системи для задач візуалізації наборів даних

Following the publication of the [Global Burden of Disease Commission on Pollution + Health](#), this website was developed to show exposures related to [modern pollution](#).

This interactive map provides data on air and soil pollution globally. [Sources](#) are credible, government approved datasets, updated on a regular basis. [More](#)

Air Pollution

AQI



Contaminated Sites

Site location

Pollution Deaths

Pure Earth as Secretariat of GAHP is responsible for the production of this map with input from partner organizations:

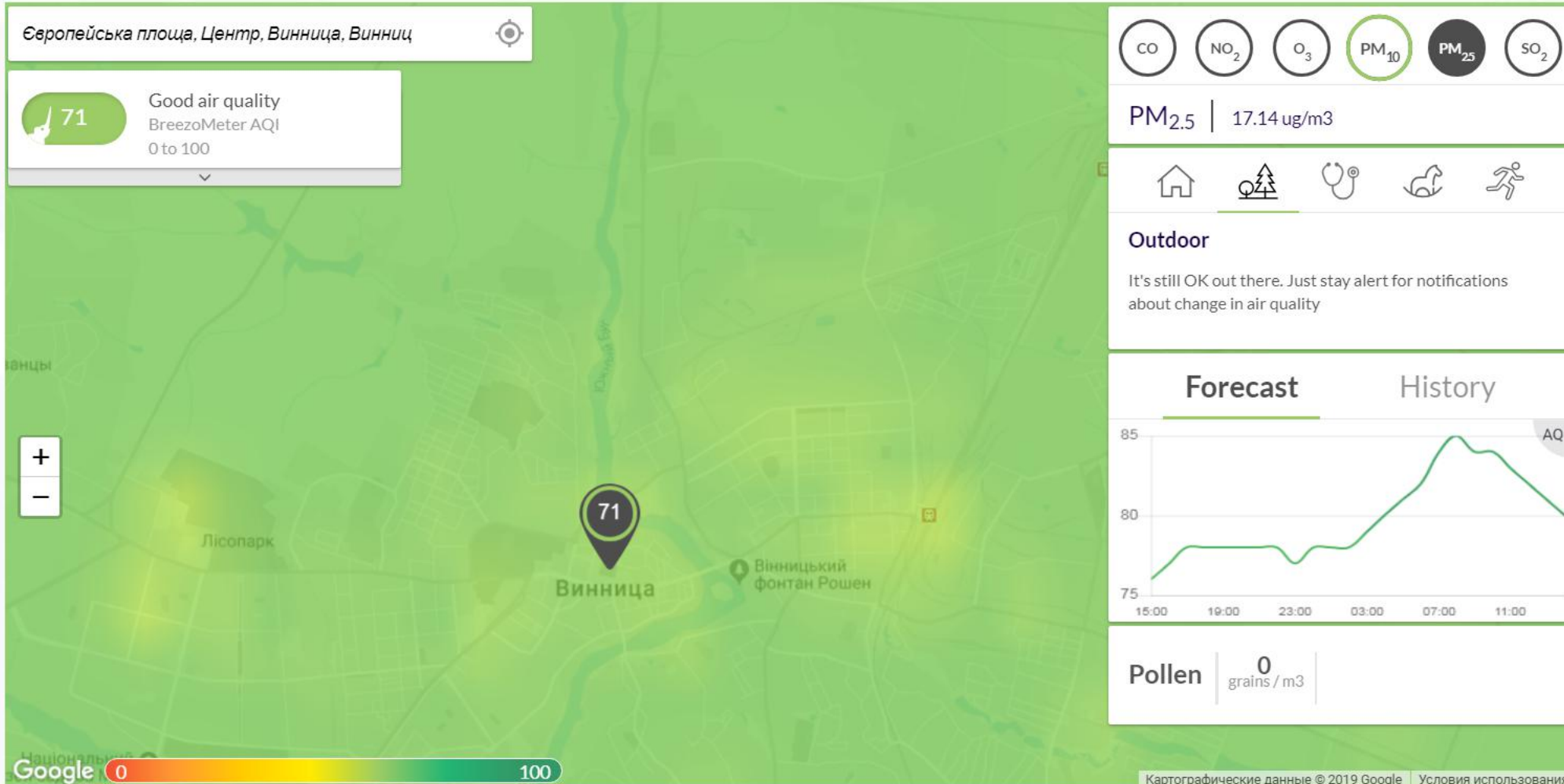
- Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)
- Google Earth Outreach
- Amnold Institute for Global Health, Mt. Sinai
- World Resources Institute – Aqueduct Water Risk Analysis
- National Geographic, Your Shot
- Air Visual
- Axis Maps
- Environmental Performance Index at Yale University
- Dalhousie
- CIESIN
- UN Environment Live
- UN Environment GEMS Water
- USAID
- European Commission
- UNIDO



Обробка просторових даних в гео-інформаційних системах

Винница, Украина

Air Quality



Enjoy using this interactive air quality map to easily visualize real-time air quality.



Розрахунок концентрації забруднюючих речовин в атмосфері

Розпочнемо розрахунок із обрахування витрат газоповітряної суміші:

$$\omega = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2}, [\text{МГ/М}^3], \quad (1)$$

Розрахуємо коефіцієнти, необхідні для визначення максимальної концентрації.:

$$f = \frac{1000 \times \omega^2 \times D}{H^2 \times \Delta T}, \quad (2)$$

$$v = 0,65 \times \left(\frac{V \times \Delta T}{H} \right)^{1/3}, \quad (3)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times f^{1/2} + 0,34 \times f^{1/3}}, \quad (4)$$

$$n = 0,532 \times v^2 - 2,13 \times v + 3,13, \quad (5)$$

Розрахунок концентрації забруднюючих речовин в атмосфері

Після обрахунку усіх параметрів підставляємо значення у загальну формулу та отримуємо значення максимальної концентрації у повітрі:

$$C = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 (V \times \Delta T)^{1/2}}, [\text{мг/м}^3], \quad (6)$$

Для розрахунку відстані від джерела викидів до точки максимальної концентрації визначимо безрозмірний коефіцієнт d , який розраховується за наступною формулою при умові, що $0.5 \leq V_m \leq 2$ та $f < 100$:

$$d = 7 \times \sqrt{v} (1 + 0.28 \times f^{1/3}), \quad (7)$$

Розрахунок концентрації забруднюючих речовин в атмосфері

Розрахуємо відстань до максимальної концентрації:

$$X_{max} = \frac{5-f}{4} \times d \times H, [\text{м}]. \quad (8)$$

Після цього визначаємо параметр $S(X)$, який у свою чергу має різні формули в залежності від відстані від джерела викидів. Якщо відстань на якій визначається концентрація менша за відстань X_{max} то її визначаємо за формулою:

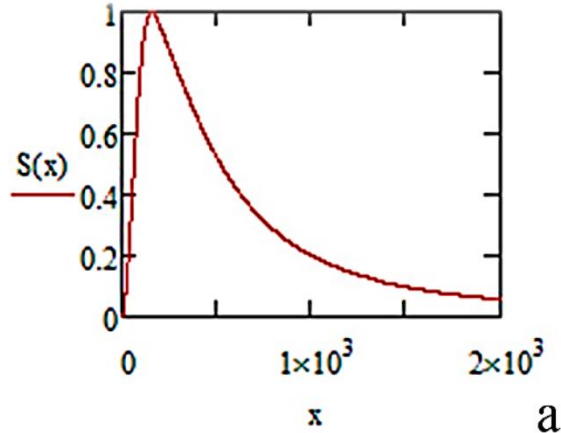
$$S(X) = 3 \times R^4 - 8 \times R^3 + 6 \times R^2 \quad (9)$$

При умові, що відстань буде більшою за X_{max} , але не більше за $8 * X_{max}$ тоді формула матиме вигляд:

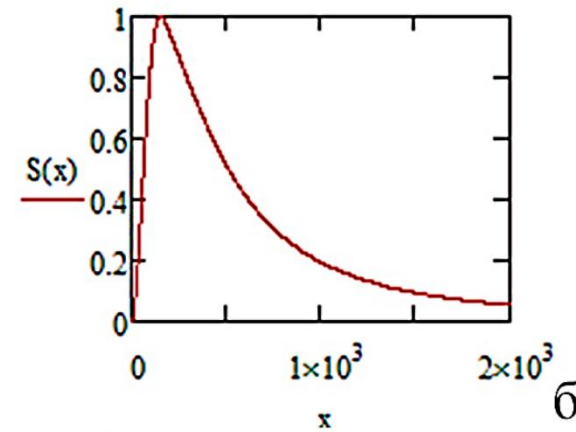
$$S(X) = \frac{1,13}{0,13 \times R^2 + 1}. \quad (10)$$

Розрахунок концентрації забруднюючих речовин в атмосфері

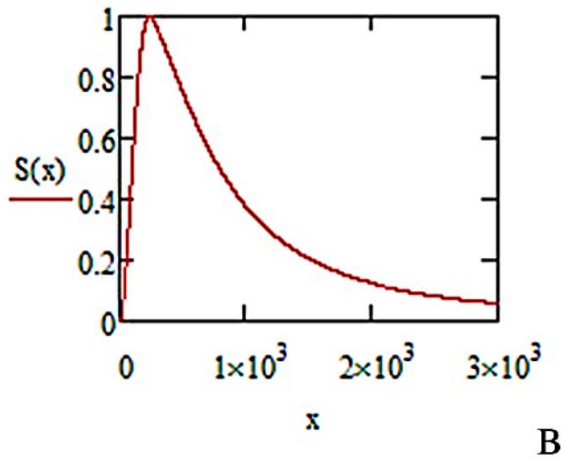
Графік концентрації **діоксиду нітрогену** в повітрі відстані до джерела викиду.



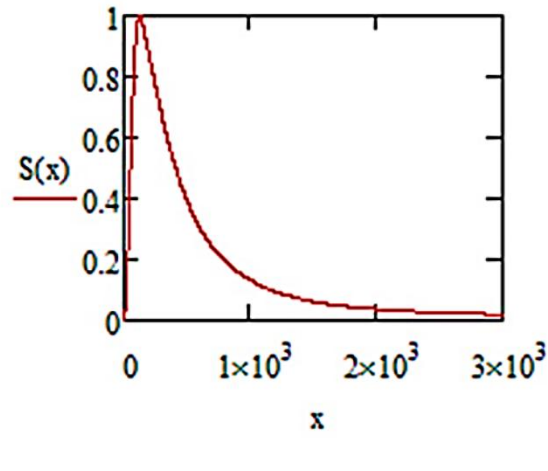
Графік концентрації **оксиду нітрогену** в повітрі відстані до джерела викиду.



Графік концентрації **оксиду карбону** в повітрі відстані до джерела викиду.



Графік концентрації **пилу** в повітрі відстані до джерела викиду.



Автоматизований оптоелектронний пристрій екологічного моніторингу

Розробка пристрою моніторингу,

ESP8266 – мікроконтролер,

DS3231 – годинник реального часу,

BME 280 – датчик температури, вологості та тиску,

PMS5003 – сенсор пилу

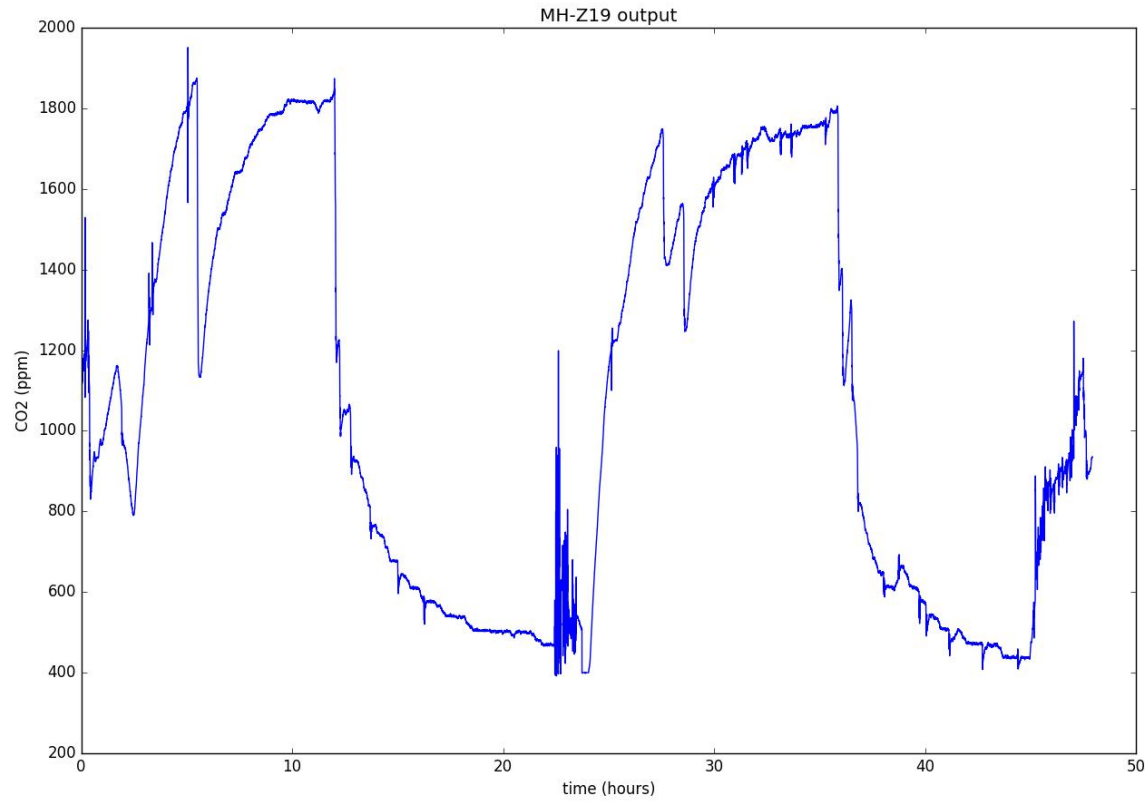


Автоматизований оптоелектронний пристрій екологічного моніторингу

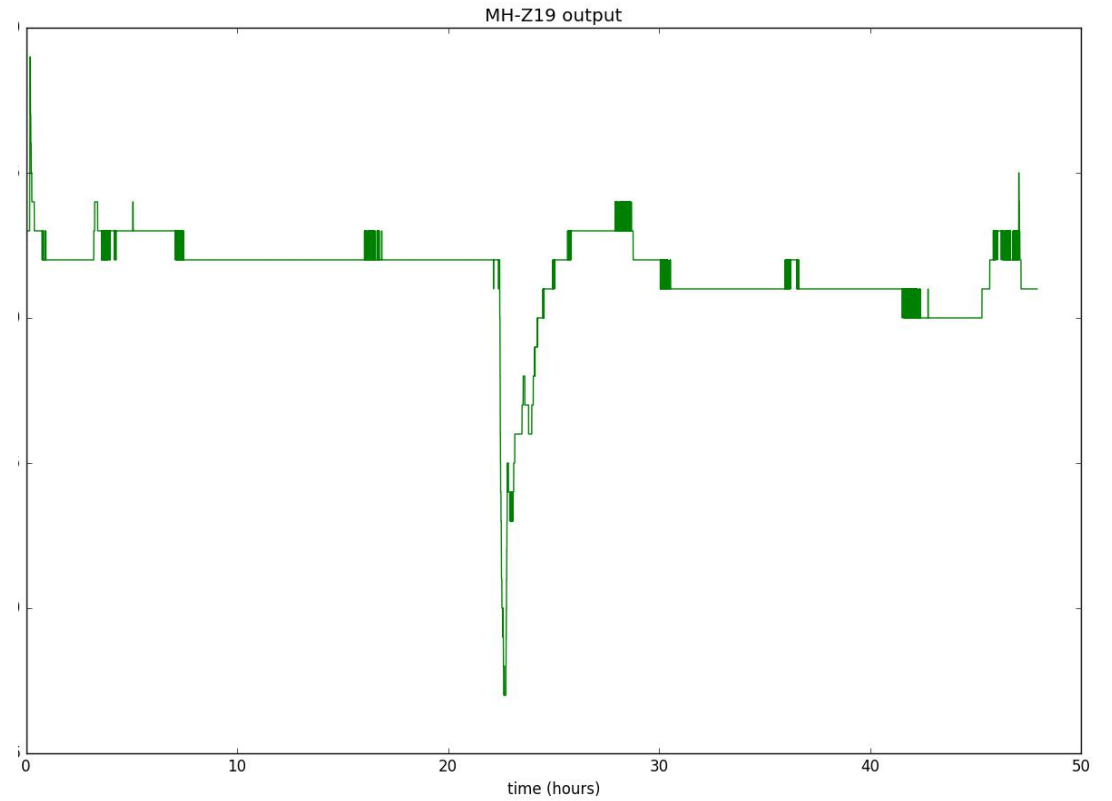


Дисплей пристрою екологічного моніторингу

Калібрування датчика CO_2 МН – Z19

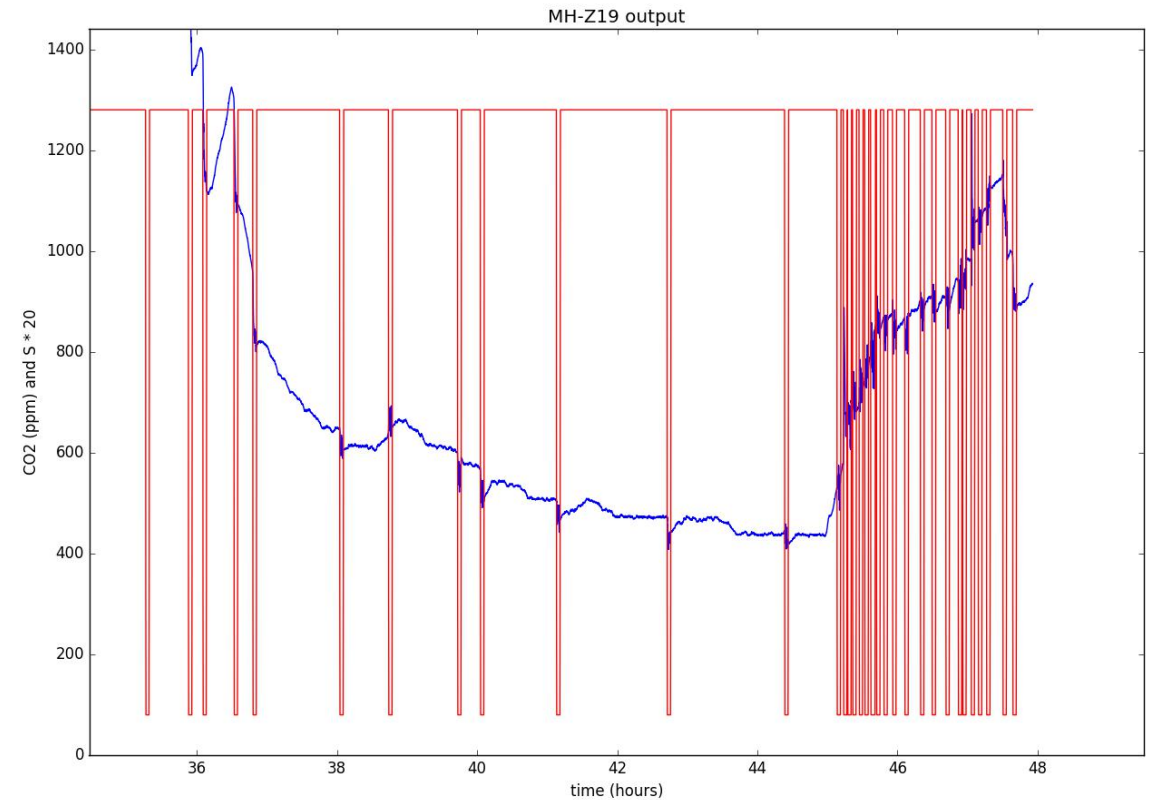
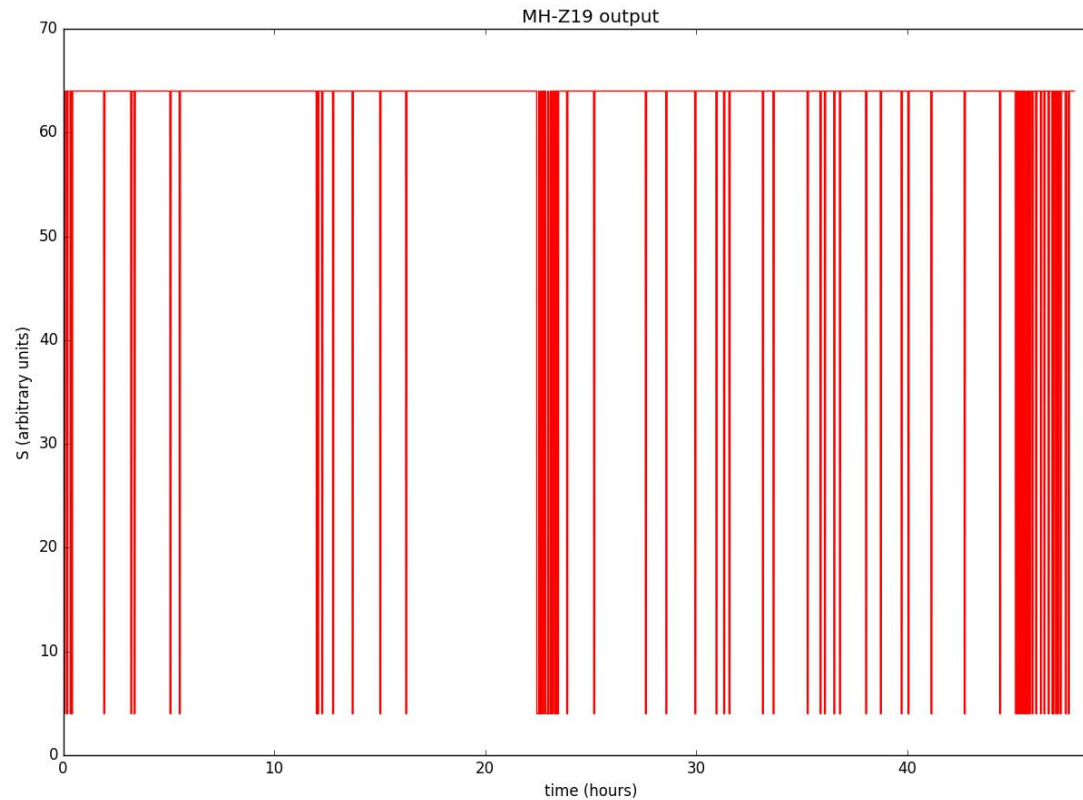


Графік CO_2 датчика CO_2 МН – Z19



Графік температури датчика CO_2 МН – Z19

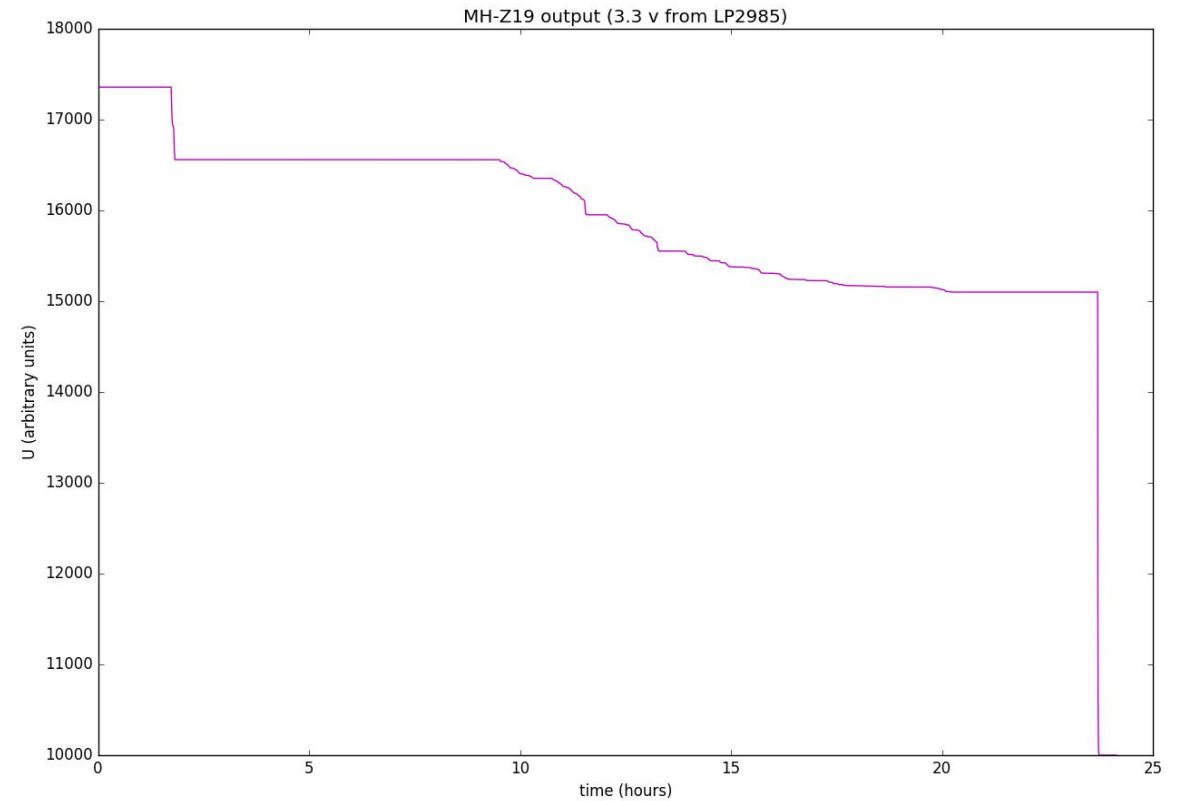
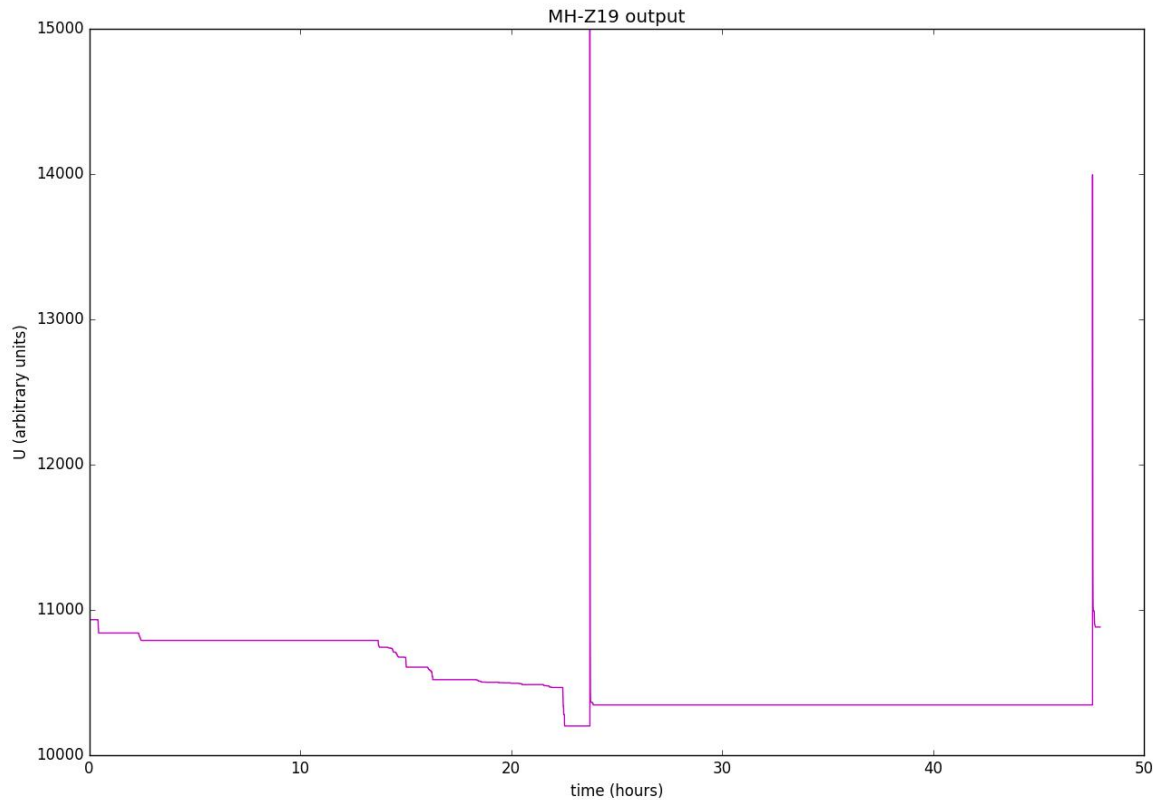
Калібрування датчика CO_2 МН – Z19



Графіки величини S та CO_2 датчика CO_2 МН – Z19

Величина $S = 64$, коли показання датчика CO_2 починають різко змінюватися $S = 4$. Отже, величина S дає дані про стан самого датчика і вірність його показань на даний момент часу, що дає нам отримати точні дані в режимі реального часу

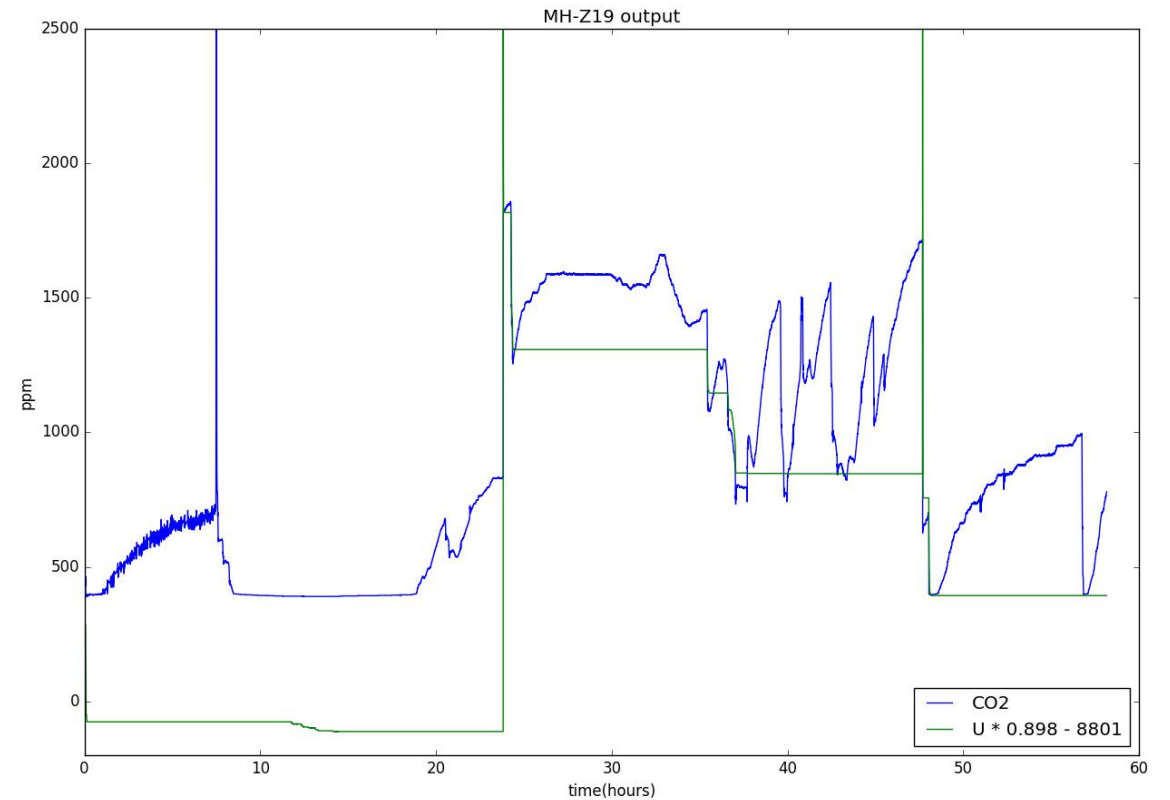
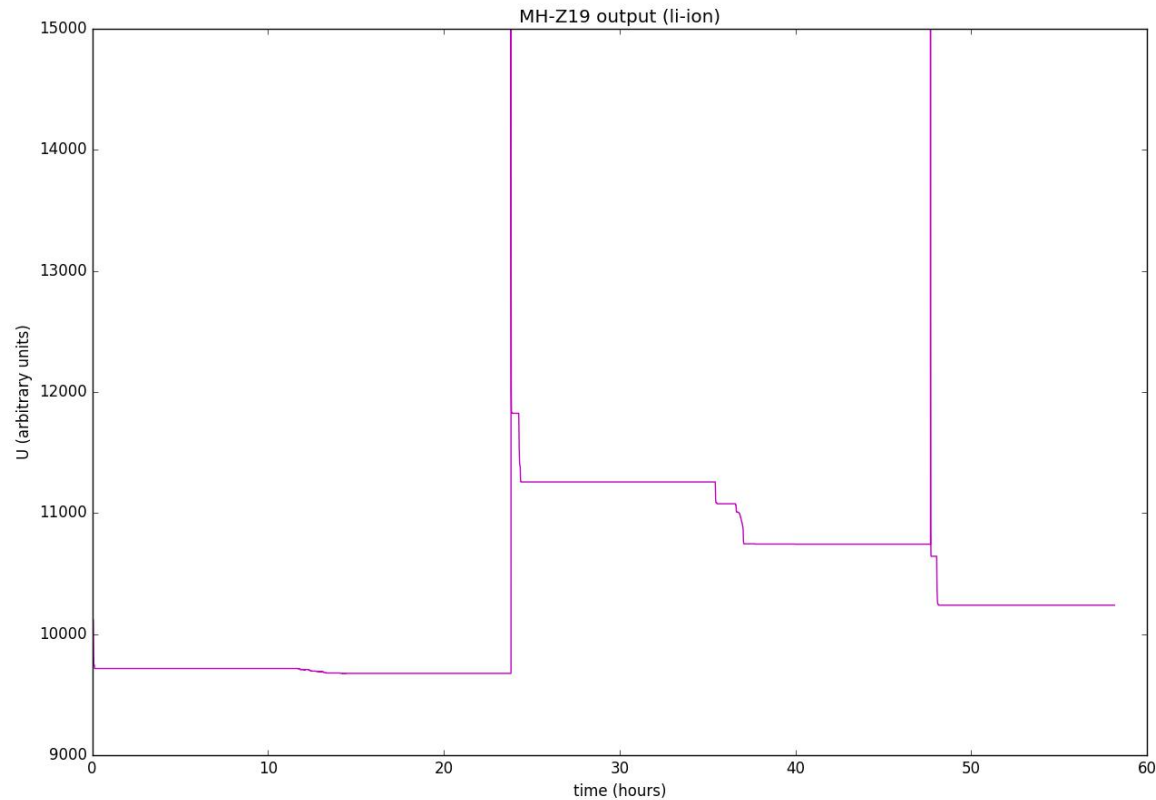
Калібрування датчика CO_2 МН – Z19



Графіки величини U датчика CO_2 МН – Z19 при напрузі живлення 5V та 3,3V

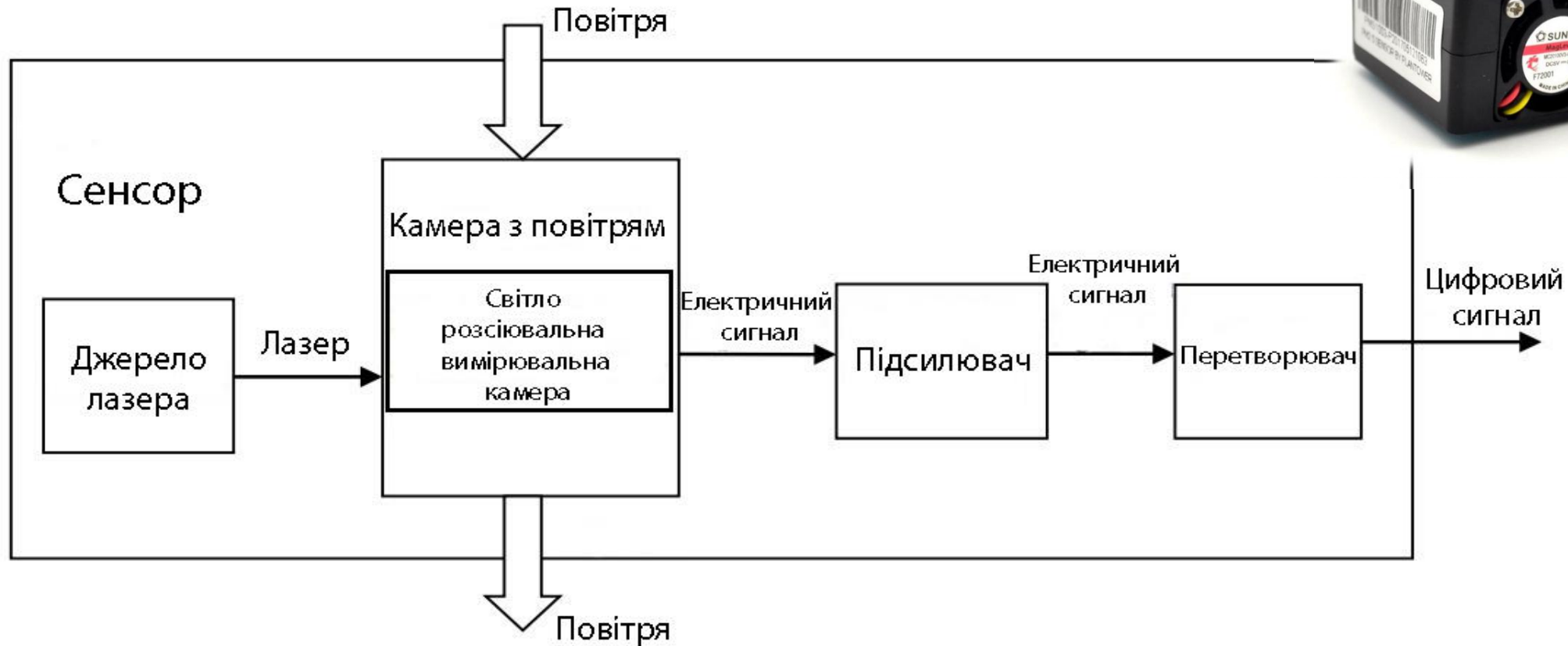
Величина U показує час горіння світлодіода або енергію яка для цього затрачується.

Калібрування датчика CO_2 МН – Z19



На калібрування датчика вказує щабель величиною понад 1000 ppm на 48 год. При цьому значення U впало в порівнянні з тим, яке було до калібрування. Легко бачити, що справжня концентрація CO_2 у даний період зростає. Висновок з цього впливає сам собою - величина U - не зовсім «сире» значення поглинання, а розраховується вже з поправкою на поточне калібрування, представляючи собою, деяку різницю мінімальних показань в поточному і попередньому циклі калібрування.

Датчик пилу PMS5003



Датчик пилу PMS5003, використовує теорію лазерного розсіювання. Розсіювання лазерного випромінювання у повітрі зважених частинок, під час збору розсіяного світла під певним кутом, щоб отримати інтенсивність розсіювання в порівнянні з годографом (кривою залежності від часу). Після збору даних мікропроцесора отримується залежність між тимчасовою областю і частотною областю за допомогою перетворення Фур'є, а потім через ряд алгоритмів, щоб отримати кількість частинок в еквівалентних обсягах і об'ємних одиницях різного розміру.

Вдосконалення методу оцінювання концентрації пилу

У полідисперсних середовищах для закону Бугера-Ламберта-Бера до істинного коефіцієнта поглинання k_λ , введемо новий коефіцієнт розсіювання k'_λ :

$$I_\lambda = I_{0\lambda} \exp[-(k_\lambda + k'_\lambda)LC], \quad (11)$$

Далі на основі вимірювання величини каламутності обчислимо фільтрацію:

$$E_\lambda = \lg\left(\frac{I_{0\lambda}}{I_{п\lambda}}\right), \quad (12)$$

Значення E_λ визначається за формулою

$$E_\lambda = k \frac{CLd^3}{d^4 + \gamma k^4}, E_\lambda = k \frac{CLd^2}{d^4 + \gamma k^4} \quad (13)$$

Вдосконалення методу оцінювання концентрації пилу

Коли $\lambda = const, k = const, \gamma = const$, вираз для значення запиленості буде набувати вигляду:

$$E = KLC, \quad (14)$$

де K — коефіцієнт запиленості середовища (коефіцієнт пропускання).

Похибка перетворення ΔD вимірюваної оптичної щільності пилогазового середовища визначається за формулою:

$$\Delta D = 0,43 \times \left(\frac{\Delta S_u}{S_u} + \frac{\Delta_0}{S_u} \times 10^{-D} \right), \quad (15)$$

де $\Delta S_u, S_u$ - коефіцієнт перетворення вимірювальної системи і величина його сумарної нестабільності; Δ_0 - зміщення нуля приладу.

Вдосконалення методу оцінювання концентрації пилу

Форма частинок може бути різною — від ниткоподібних частинок до симетричних кристалів. Розсіяння світла в оптично неоднорідних середовищах з розмірами неоднорідності, малими у порівнянні з довжиною світлової хвилі і заломлення значень, що відрізняються від вартості заломлення навколишнього середовища, описується рівнянням Релея:

$$I_{p\lambda} = I_{0\lambda} \left(\frac{n_1^2 - n^2}{n^2} \times \frac{NV^2}{\lambda^4 R^2} 2(1 + \cos^2 \beta) \right) \quad (16)$$

Вдосконалення методу оцінювання концентрації пилу

У вимірювальній камері пиломіра, одночасно формується два різних ослаблених сигнали Y_1 і Y_2 , один з яких: Y_1 є функцією перетворення концентрації пилу X_1 , що вимірюється, а другий Y_2 , сумарною функцією перетворення концентрації пилу X_1 з фіксованим рівнем затемнення X_0 .

Сигнали Y_1 і Y_2 надходять до перетворювача де вирішується система рівнянь:

$$\begin{cases} Y_1 = K X_1 \\ Y_2 = K (X_0 + X_1) \end{cases}, \quad (17)$$

де K – коефіцієнт перетворення оптичного пиломіра

Відносно визначення концентрації пилу X_1 :

$$X_1 = \begin{cases} Y_1 X_0 \\ Y_2 - Y_1 \end{cases}. \quad (18)$$

Вдосконалений метод визначення концентрації забруднюючих речовин в атмосфері

В якості комплексного показника (показника, який враховує наявність в повітрі всіх речовин, навіть тих, у яких їх концентрація не перевищує ГДК) якості атмосферного повітря найбільш вводимо індекс забруднення атмосфери :

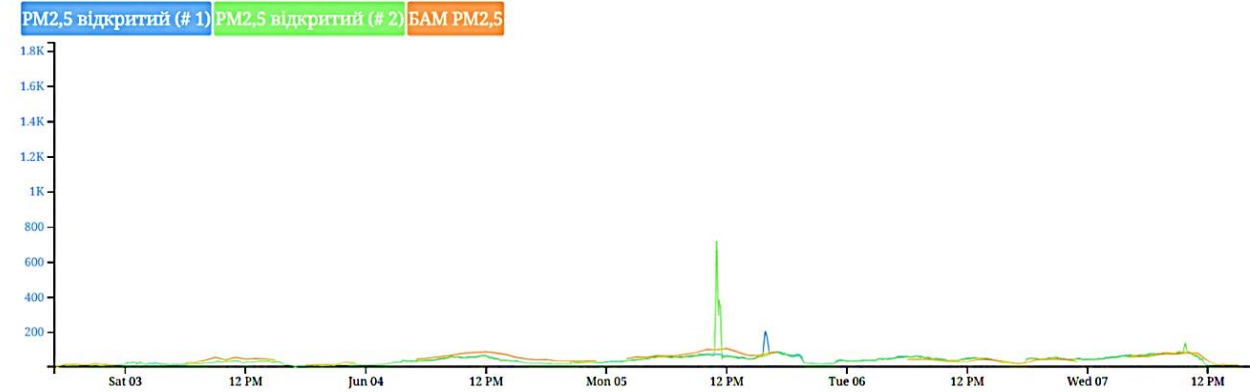
$$I = \sum_i m_i \times \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (19)$$

де i - кількість шкідливих речовин, виявлених в атмосферному повітрі території; C_i – концентрація i -тої речовини, мг/м³; ГДК _{i} - гранично допустима концентрація i -тої речовини; m_i - коефіцієнт екологічної небезпеки i -тої речовини.

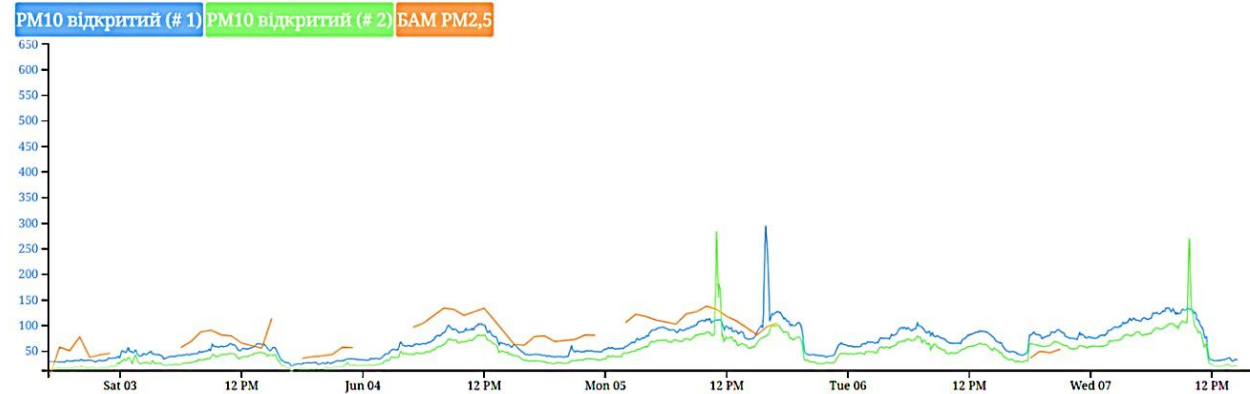
Датчик пилу PMS5003



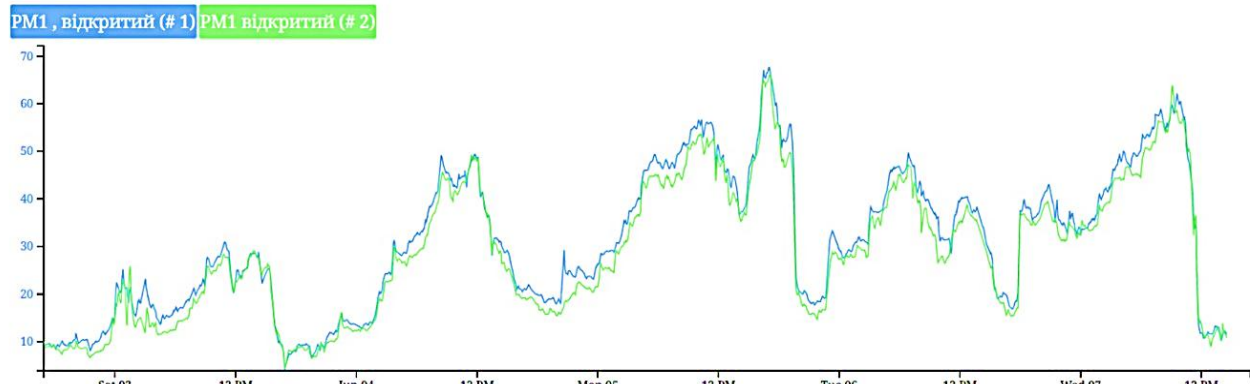
Вимірювання: PM2.5 в мг / м3



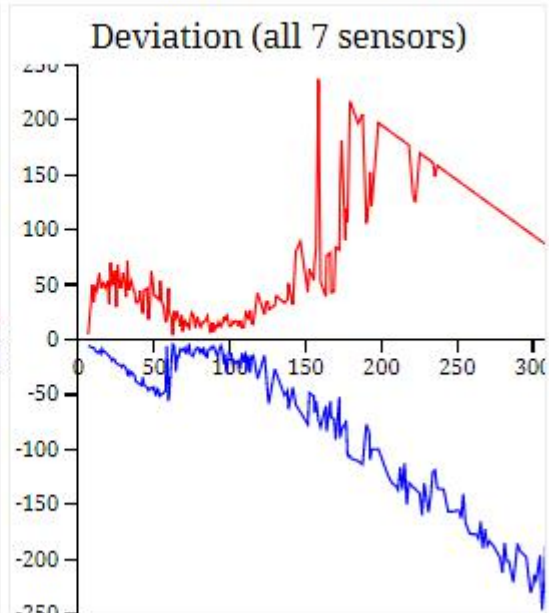
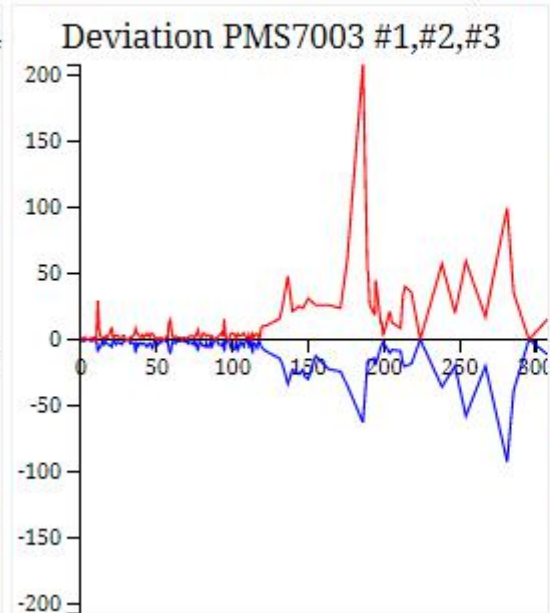
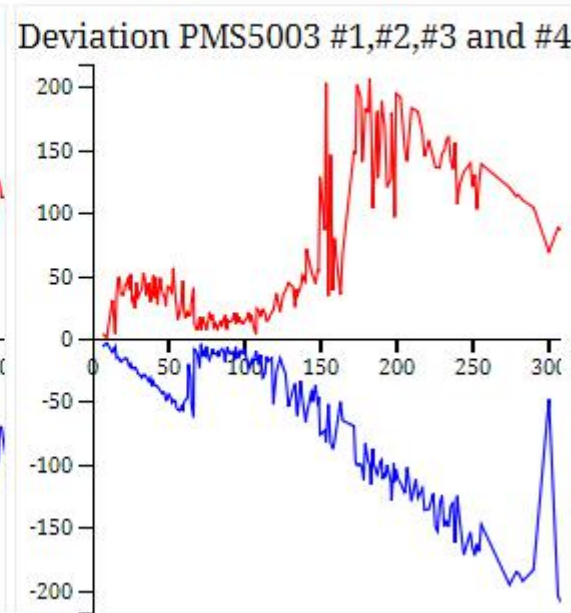
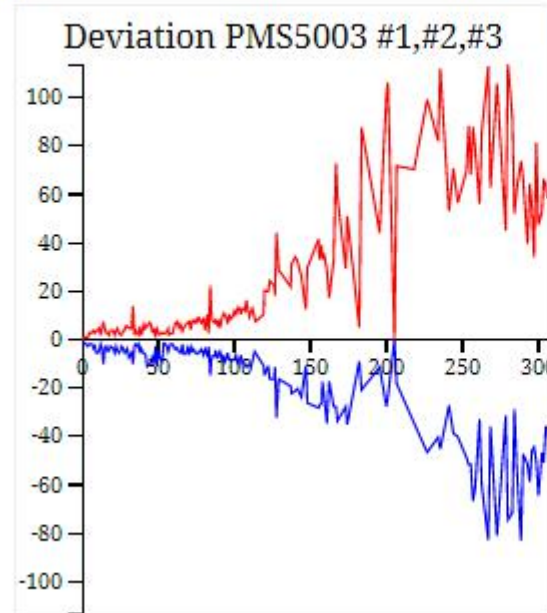
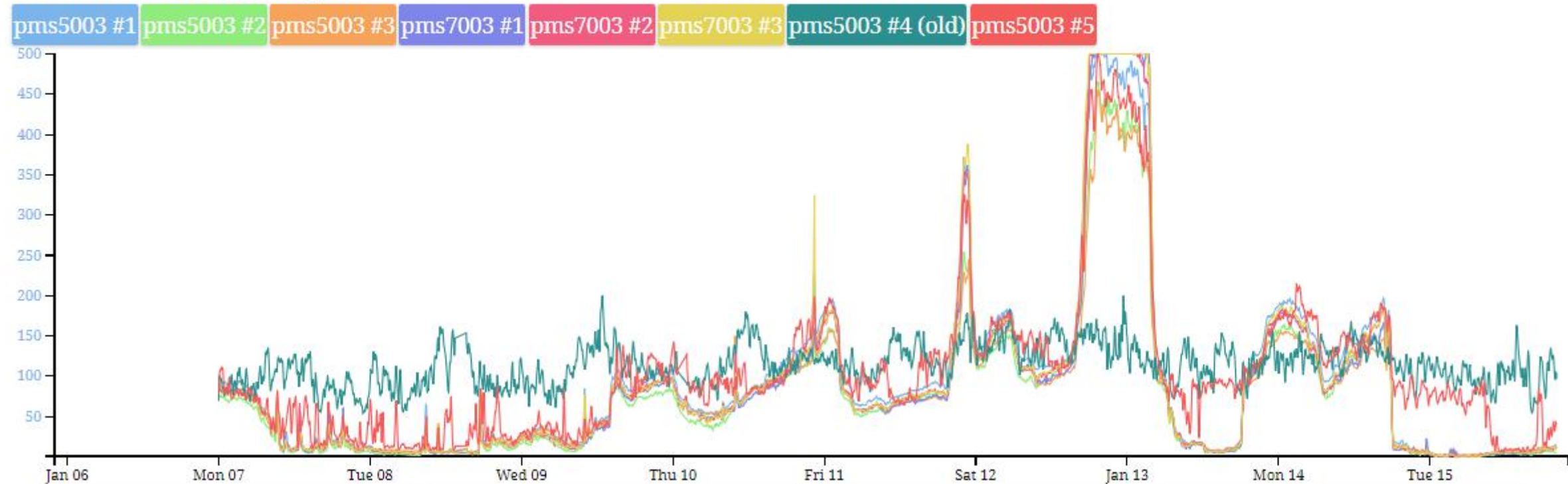
Вимірювання: PM10 в мг / м3



Вимірювання: PM1 в мг / м3

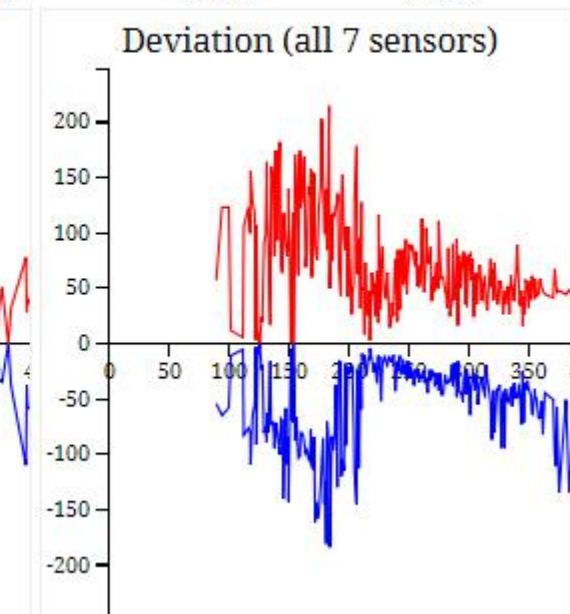
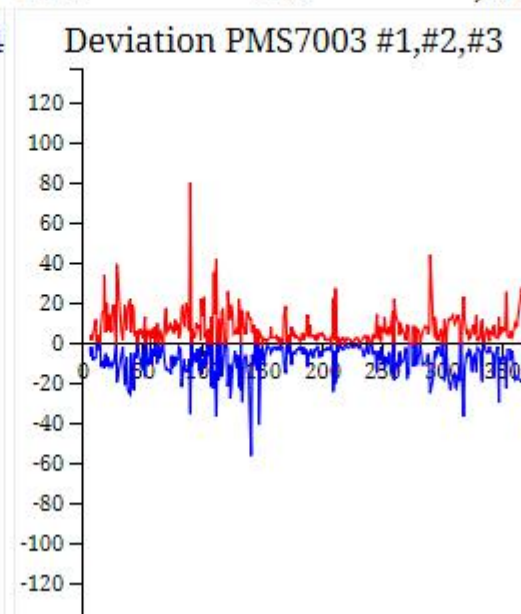
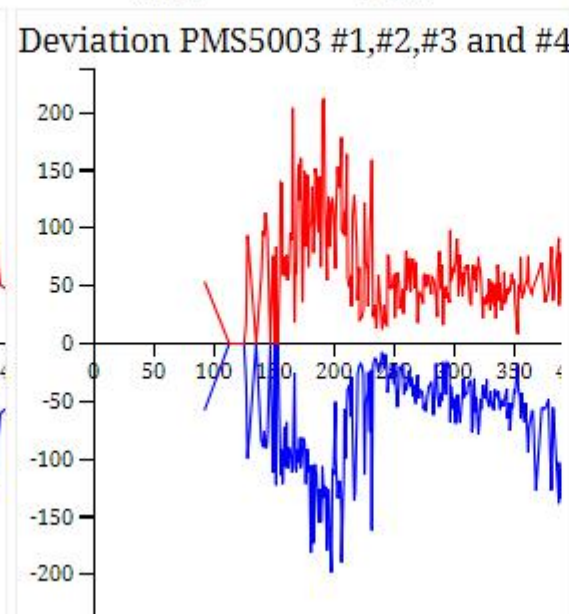
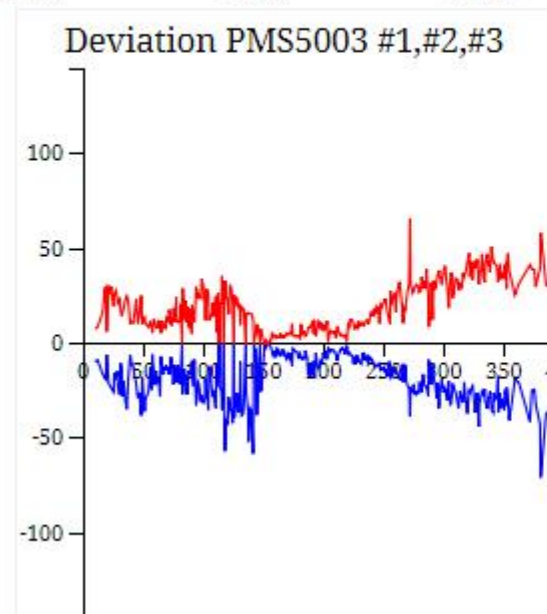
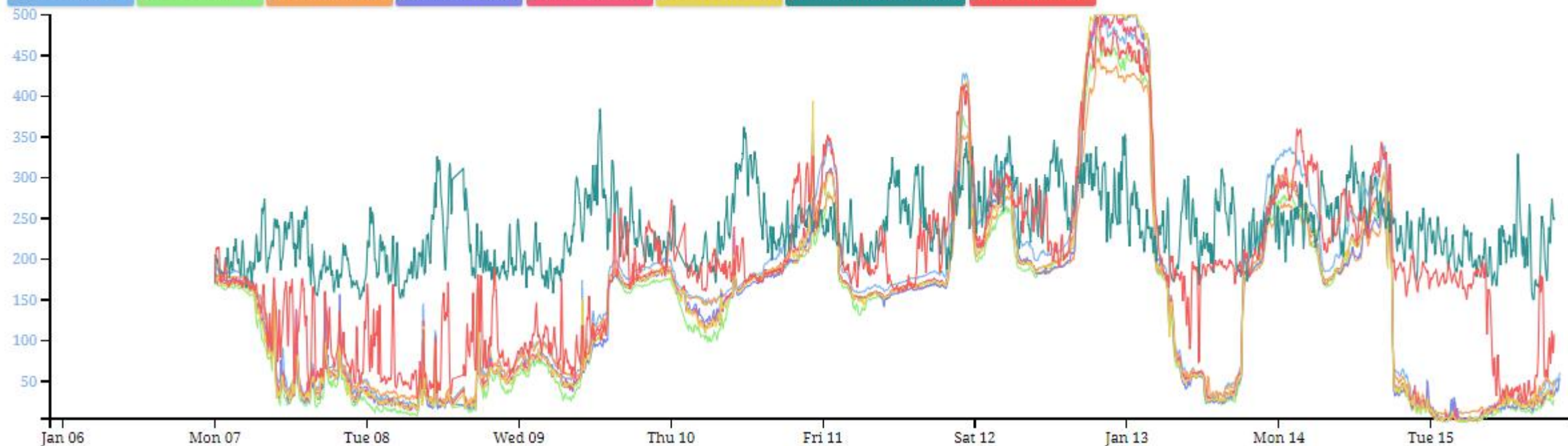


Measurement: PM10 (AQI)



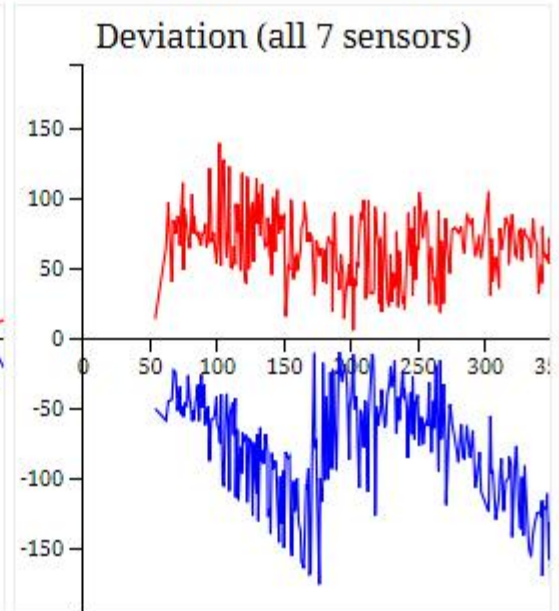
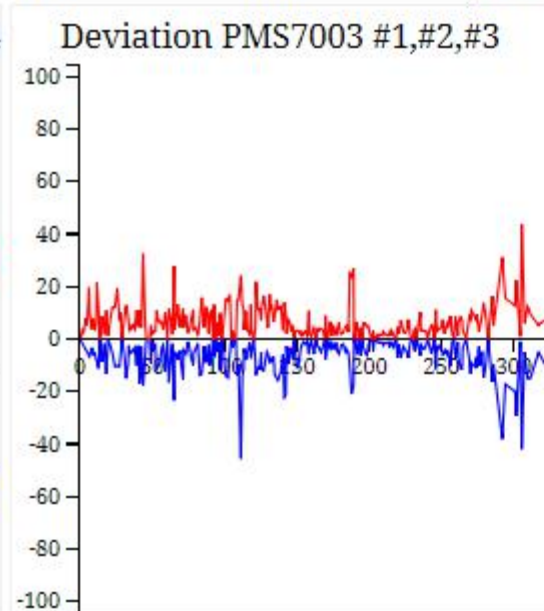
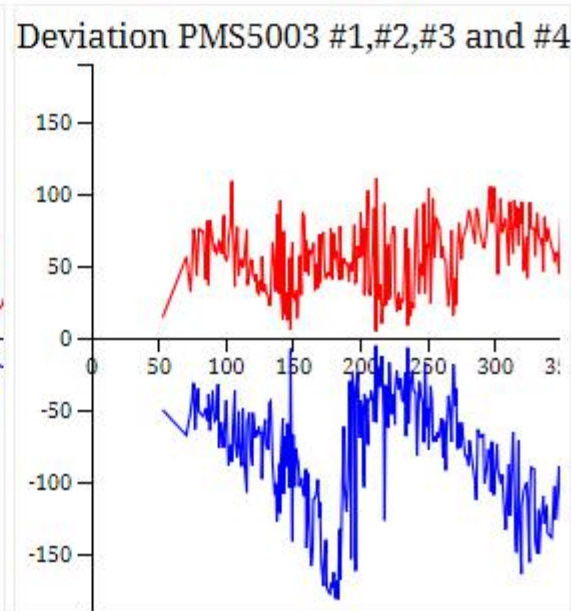
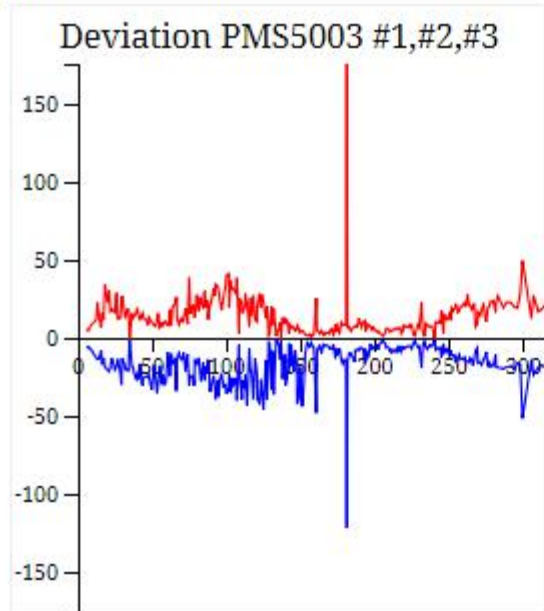
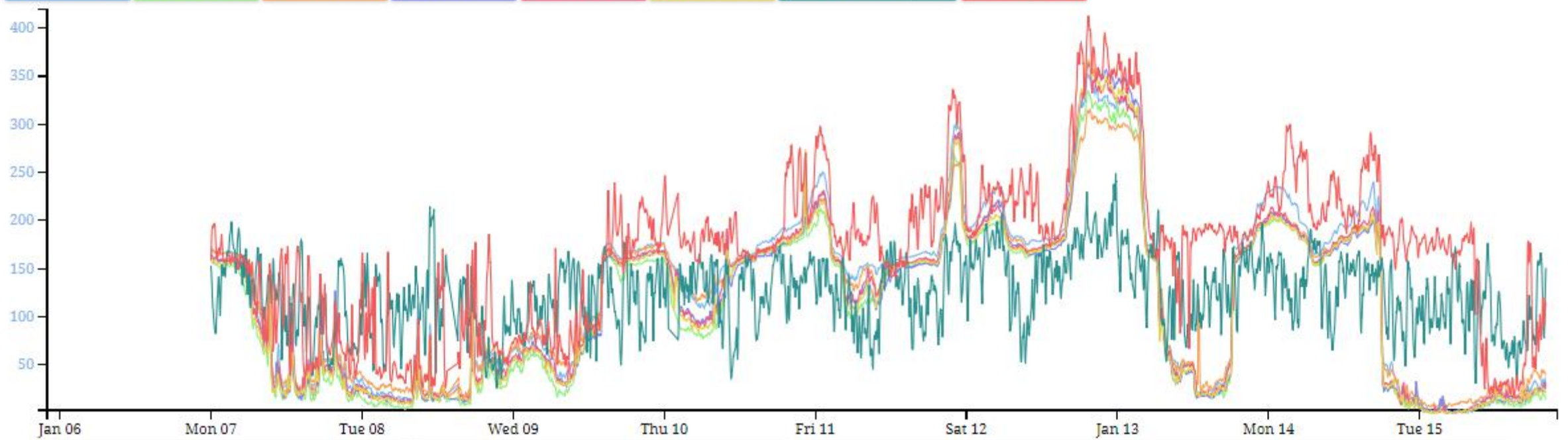
Measurement: PM2.5 (AQI)

pms5003 #1 pms5003 #2 pms5003 #3 pms7003 #1 pms7003 #2 pms7003 #3 pms5003 #4 (old) pms5003 #5

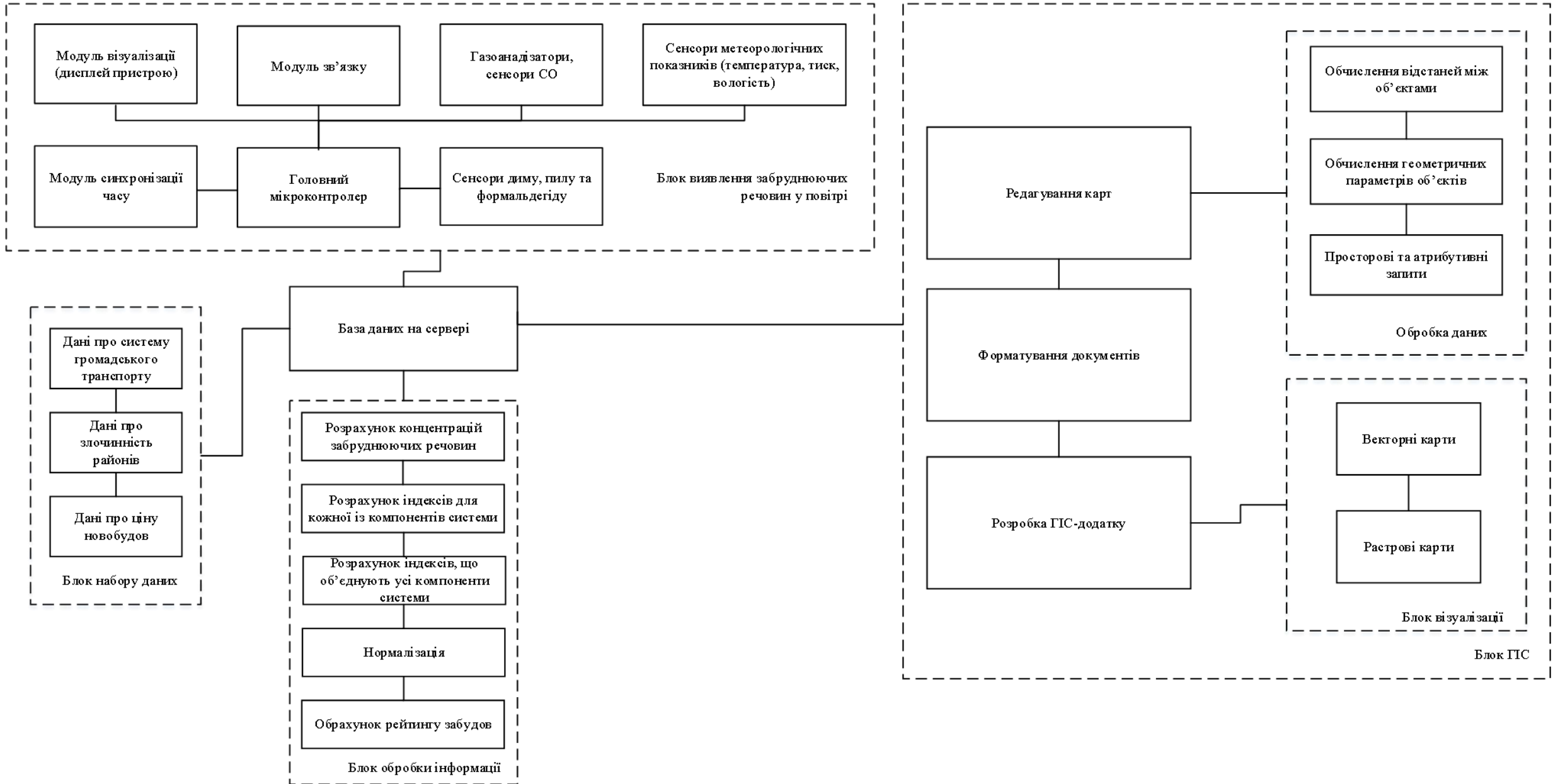


Measurement: PM1 (AQI)

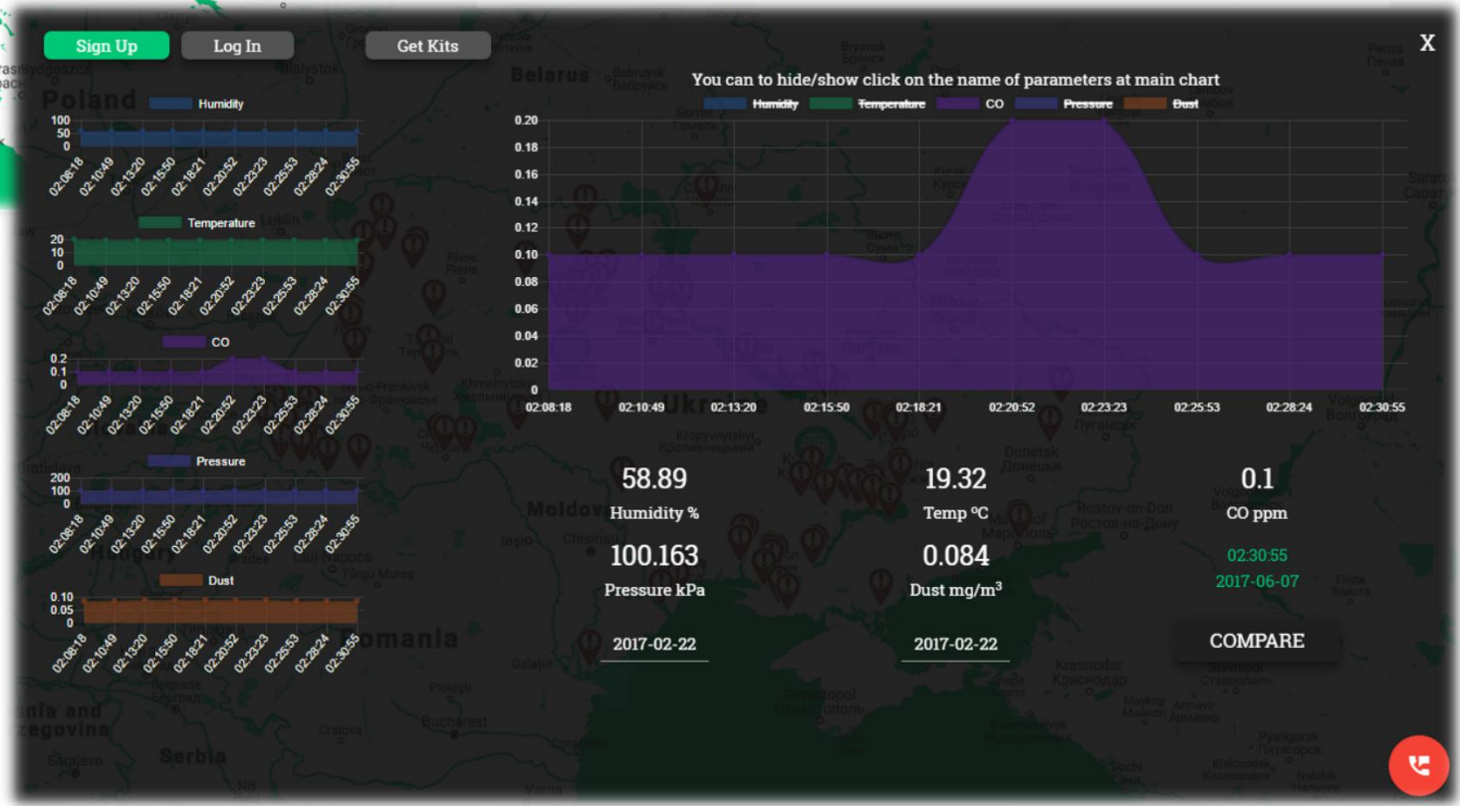
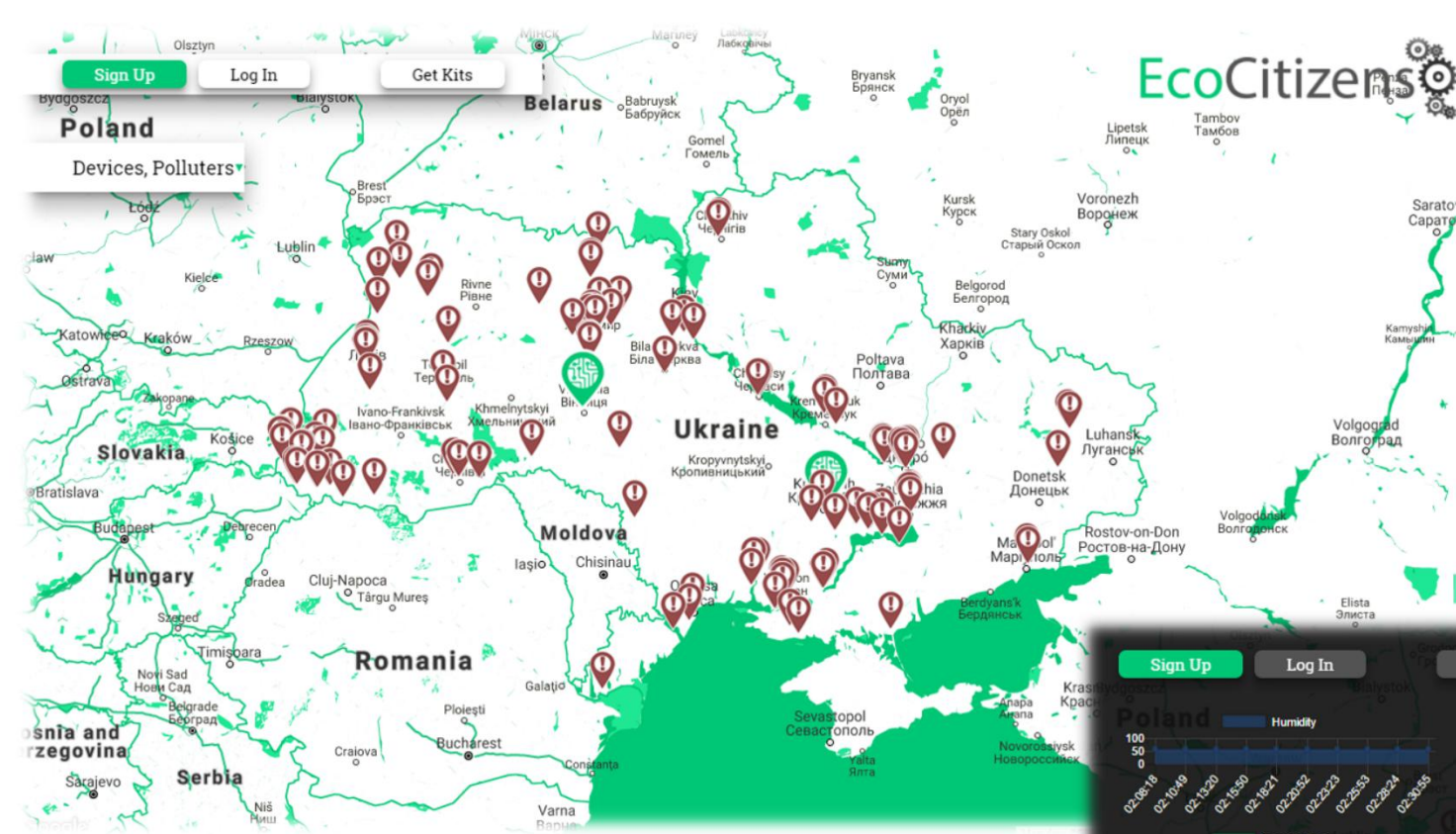
pms5003 #1 pms5003 #2 pms5003 #3 pms7003 #1 pms7003 #2 pms7003 #3 pms5003 #4 (old) pms5003 #5



Структурна схема автоматизованої оптоелектронної системи екологічного моніторингу



Вдосконалена гео-інформаційної автоматизованої оптоелектронної системи екологічного моніторингу, прийому, аналізу та візуалізації даних



Автоматизована оптоелектронна системи екологічного моніторингу

Sign Up

Log In

Get Kits

Vinnitsa, Ukraine, Address



32%

Humidity

22°C

Temperature

514 ppm

CO2

101 kPa

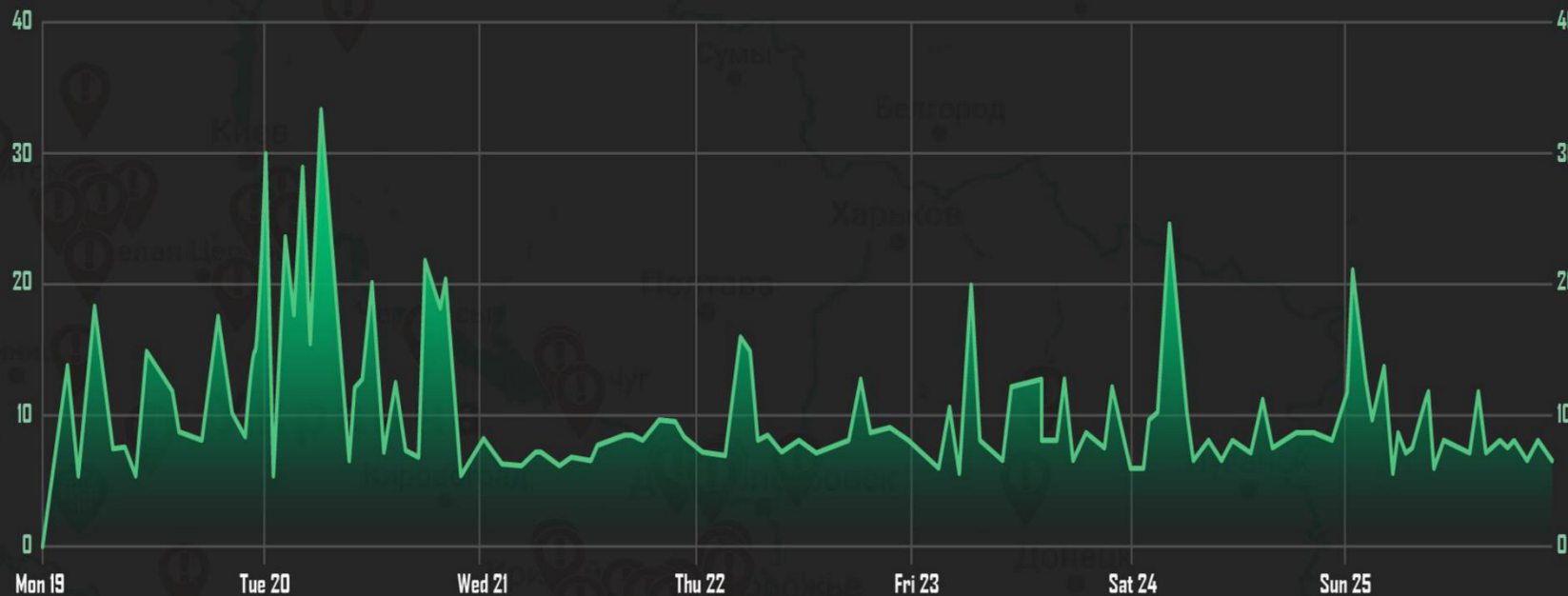
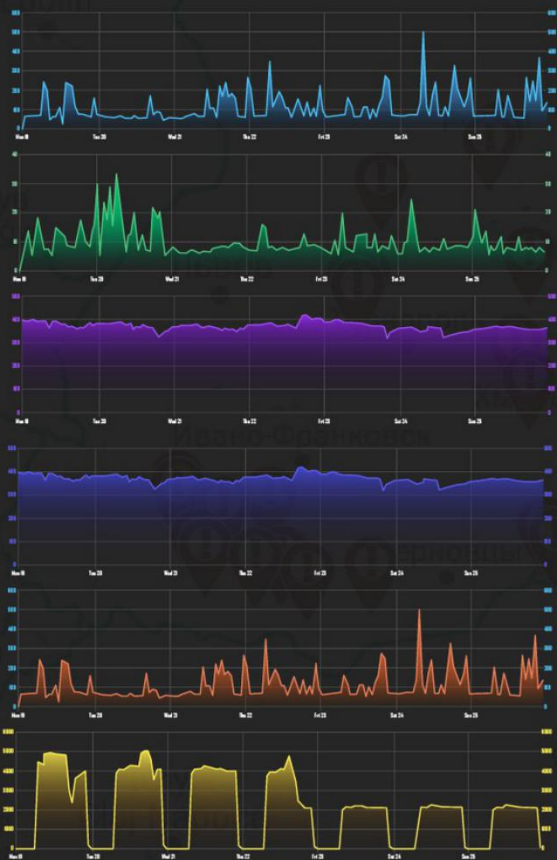
Pressure

230 lux

Light

15%

Pollution



Show All

highest

average

lowest

value

12.19.16

12.25.16

Compare

12.12.16

12.19.16

7 days

Update data every

10 m

Висновки

1. Проведено аналіз структурних схем існуючих оптичних пиломірів та газоаналізаторів. Приведено їх структурні та оптичні схеми. Виконано порівняння методів оптичного вимірювання. Під час аналізу розглянуто різні типи оптичних датчиків та газоаналізаторів, їх характеристики, для вибору доцільних датчиків, задля оптимального вибору забруднюючої речовини та відповідного вимірювального датчика.
2. У даній роботі проведено моделювання та прогнозування розсіювання забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел. шляхом вивчення розподілу швидкості і напрямку вітру. На основі отриманих даних охарактеризовано вплив підприємств на навколишнє середовище за допомогою програмного забезпечення Mathcad, яке максимально відповідає поставленій задачі, та проведено розрахунок викидів. Розраховано методи прогнозування концентрацій забруднюючих речовин, а саме фенолу, діоксиду нітрогену (NO_2), оксиду нітрогену (NO), оксиду карбону (CO) та пилу.
3. Вдосконалено метод вимірювання та прогнозування концентрації забруднюючих речовин у повітрі шляхом збору та обробки даних з концентрації пилу по фракціях у режимі реального часу, що дозволяє оперативно реагувати на спонтанні екологічні проблеми.
4. Розроблено автоматизований оптоелектронний пристрій екологічного моніторингу, який в режимі реального часу вимірює та накопичує інформацію про стан забруднення атмосфери.
5. Було оброблено концентрації у заданих точках концентрацій кожної із забруднюючих речовин та їх сумарний вплив на середовище. Окрім даних про моніторинг навколишнього середовища було взято дані із інформативних сайтів про цінову політику забудовників, рівень злочинності та гео-просторові дані про розміщення шкіл, садочків та системи транспорту у м. Вінниця. У ході роботи було розглянуто питання поєднання оптоелектронної та гео-інформаційної систем. Як складову оптоелектронної системи було розроблено систему датчиків моніторингу навколишнього середовища, які вимірюють стан навколишнього середовища та концентрацію у ньому забруднюючих речовин. У системі гео-просторових даних було візуалізовано набори даних, що зберігаються у базі даних системи.
6. Економічна частина МКР містить розрахунок витрат на розробку та виготовлення нового технічного рішення сума яких складає 118830,91 гривень. Обраховано чистий прибуток, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, знайдено термін окупності витрат для виробника та економічний ефект для споживача при використанні даної розробки. В результаті аналізу розрахунків можна зробити висновок, що спроектований пристрій у виробництві дешевший за аналог і є високо конкурентоспроможним. Період окупності складе близько 0,74 роки.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

Магістрант гр. ЛТО - 17м Сидорук О.О.

