

УДК 004.738.5:551.5

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЕБПЛАТФОРМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Калініна К.Р., студентка

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Новак Д.С., кандидат технічних наук, доцент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Ключові слова:* метеорологічні дані, вебзастосунок, моніторинг, API, візуалізація.

Метеорологічні дані є одним із найважливіших класів науково-технічної інформації, що характеризується надзвичайно високою динамічністю, просторово-часовою залежністю та багатовимірністю. Автоматичні метеостанції виконують виміри щогодини або кожні кілька хвилин, а супутникові сенсори передають знімки кожні 10–15 хвилин [1]. Це ставить принципово нові вимоги до архітектури програмних систем, що мають ефективно обробляти та відображати такі потоки даних у режимі реального часу.

Питання стандартизації форматів обміну метеорологічними даними є критично важливим для забезпечення інтеперабельності глобальних інформаційних систем. Всесвітня метеорологічна організація (WMO) розробила розгалужену систему кодів – від традиційних алфавітно-цифрових форматів SYNOP (Surface Synoptic Observations) та METAR (Meteorological Aerodrome Report) до компактних бінарних структур BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data). Сучасним стандартом у наукових обчисленнях та вебсистемах є формат NetCDF (Network Common Data Form), що вирізняється самодокументованою бінарною структурою та здатністю зберігати багатовимірні масиви даних разом із метаданими [2]. Впровадження підтримки цих форматів є обов'язковою архітектурною вимогою для вебзастосунків, що інтегруються з міжнародними метеорологічними службами.

Аналіз ринку сучасних метеорологічних вебплатформ охоплює чотири ключові рішення. Windy (windy.com) є технологічно найдосконалішим загальнодоступним сервісом: анімована карта вітру на базі WebGL, понад 40 метеорологічних шарів від 8 числових моделей і глибина прогнозу до 10 днів (рис. 1).

Weather Underground (wunderground.com) вирізняється краудсорсинговою мережею понад 250 000 особистих метеостанцій у режимі реального часу (рис. 2). Це робить його незамінним інструментом для гіперлокального моніторингу мікрокліматичних відмінностей у межах міст, хоча аналітичні можливості платформи залишаються обмеженими.

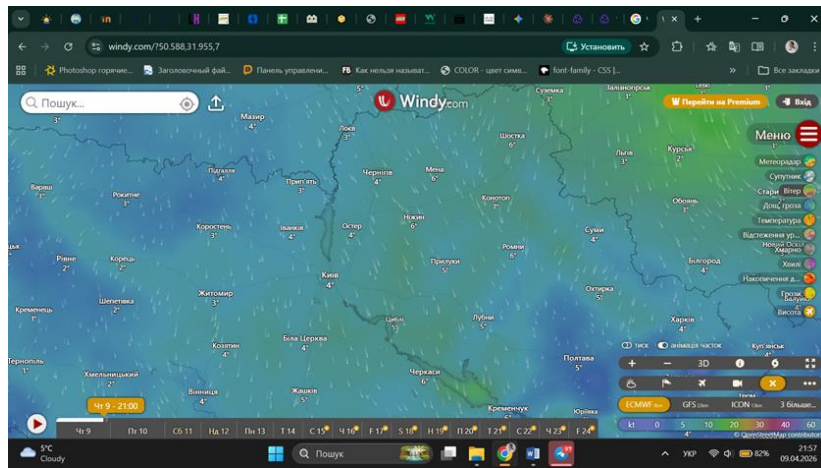


Рисунок 1 – Головна сторінка сервісу Windy

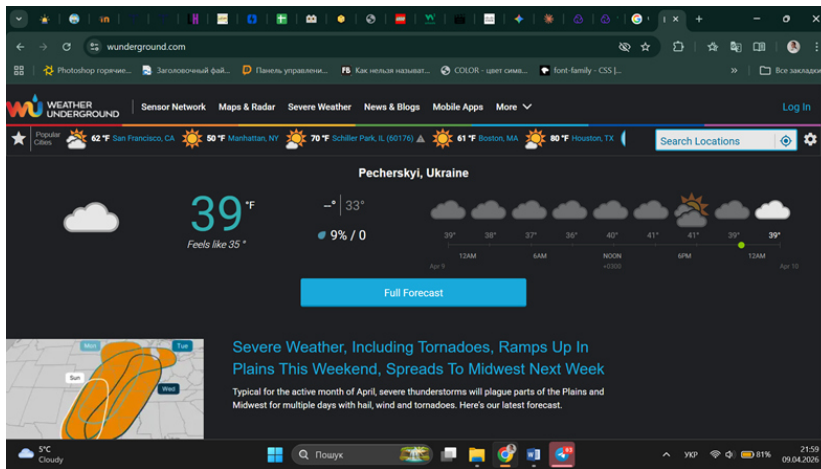


Рисунок 2 – Головна сторінка сервісу WeatherUnderground

Meteoblue (meteoblue.com) спеціалізується на надточних локальних прогнозах на основі власної моделі NMM3 з просторовим розрізненням до 4 км та архівними даними за 30 і більше років (рис. 3). Унікальною рисою сервісу є система multimodel – одночасне відображення прогнозів кількох NWP-моделей для однієї локації, що дозволяє оцінити невизначеність прогнозу [3].

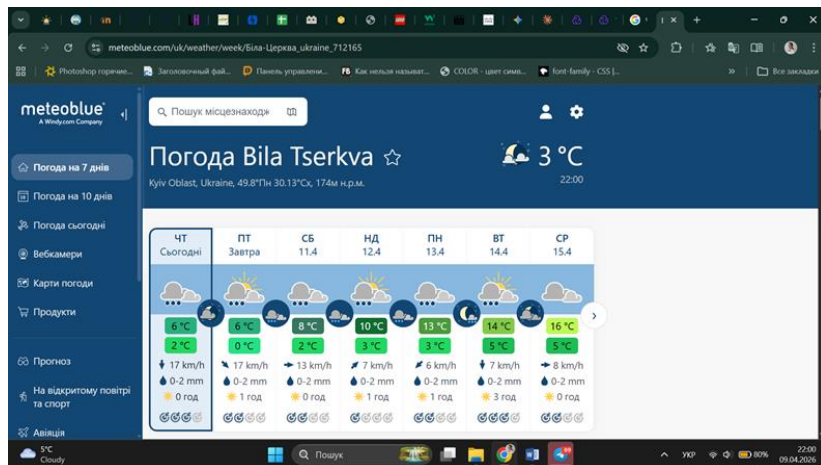


Рисунок 3 – Головна сторінка сервісу Meteoblue

The Weather Channel (weather.com) є найбільшим за аудиторією порталом, орієнтованим виключно на масового споживача (рис. 4). Застосунок пропонує інтуїтивний інтерфейс та персоналізовані сповіщення, проте повністю непридатний для наукового аналізу даних.

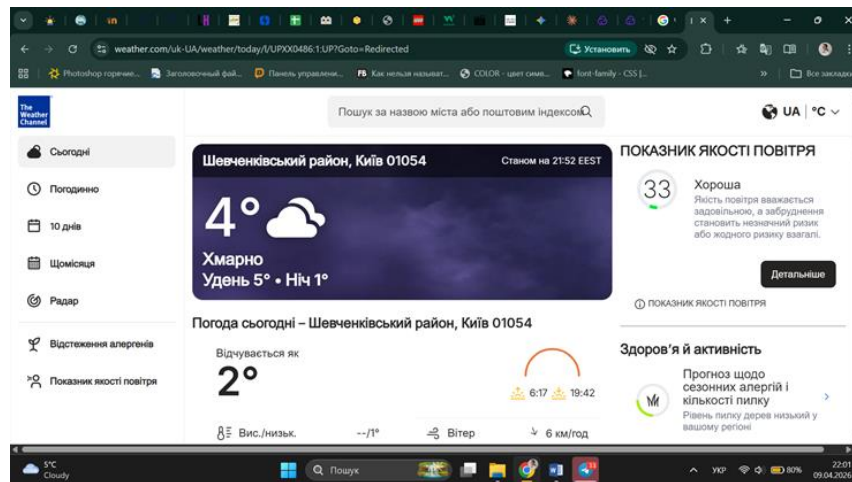


Рисунок 4 – Головна сторінка сервісу TheWeatherChannel

Систематизований порівняльний аналіз за критеріями функціональності, точності даних, зручності інтерфейсу, інструментів аналітики, можливостей інтеграції та відкритості даних виявив чіткий розрив між двома полюсами ринку. B2C-орієнтовані платформи мають інтуїтивний інтерфейс, але не надають аналітичних інструментів; науково-аналітичні платформи мають потужний функціонал, але значний поріг входу. Спільним обмеженням усіх розглянутих систем є відсутність гнучких інструментів для користувацького аналізу – зокрема, можливості завантажувати довільні часові ряди, будувати кореляційні діаграми між параметрами або порівнювати спостереження різних точок на одному графіку без залучення дорогих корпоративних пакетів.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує наявність незайнятої ніші для вебзастосунку, який поєднував би інтуїтивний інтерфейс із потужними аналітичними інструментами на основі відкритих джерел даних. Для його реалізації обґрунтовано використання стеку React + FastAPI + InfluxDB у поєднанні з бібліотеками Chart.js або D3.js для візуалізації часових рядів.

#### Список використаних джерел

1. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8). Geneva: WMO, 2018. 1177 p.
2. WMO. Manual on Codes. Volume I.1: International Codes (WMO-No. 306). Geneva: WMO, 2019.
3. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Vol. 146, No. 730. Pp. 1999–2049.