

Д.С. Чуйко, магістрант
Ю.А. Тарнавський, к.ф.-м.н., доц.
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Персоналізована система інформування пацієнтів про критичний рівень забруднення повітря

У статті розглянуто проблему забруднення атмосферного повітря та його вплив на здоров'я населення. Обґрунтовано необхідність своєчасного інформування населення про критичний рівень забруднення. Проведено аналіз сучасних систем моніторингу якості повітря, зокрема українських та міжнародних рішень, визначено їхні недоліки та перспективи вдосконалення. Запропоновано персоналізовану систему інформування, що враховує індивідуальні особливості користувачів та надає рекомендації на основі їхнього стану здоров'я. У роботі представлено розробку мобільного застосунку для Android та iOS, що використовує Flutter для кросплатформенності та Air Quality API для отримання актуальних даних про забрудненість повітря. Вбудовані Google Maps дозволяють візуалізувати рівень забруднення у різних регіонах, а push-сповіщення забезпечують оперативне інформування користувачів про перевищення безпечних рівнів концентрації забруднюючих речовин. Додаток інтегрується з Firebase для забезпечення безпечного зберігання даних користувачів та налаштувань персоналізованих сповіщень. Система забезпечує автоматичний моніторинг, push-сповіщення та персоналізовані рекомендації для різних груп ризику. Визначено переваги запропонованого підходу, що включають високу точність даних, зручність використання та оперативність отримання інформації. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення мобільних екологічних систем моніторингу та розширення їхнього функціоналу з метою підвищення екологічної обізнаності населення та зниження негативного впливу забрудненого повітря на здоров'я.

Ключові слова: AQI; якість повітря; Flutter; Air Quality API; Google Maps.

Постановка проблеми та її актуальність. У сучасному світі проблема забрудненості повітря набуває дедалі більшої актуальності. Швидкий розвиток промисловості, збільшення кількості автотранспорту, активна урбанізація та техногенні катастрофи призводять до значного погіршення екологічної ситуації. Викиди токсичних речовин у повітря, воду та ґрунт, витіки небезпечних хімічних сполук, аварії на промислових підприємствах і атомних електростанціях створюють реальні загрози для здоров'я людей та довкілля.

Попри активні зусилля щодо моніторингу якості повітря, майже 99 % населення Землі продовжує зазнавати впливу забруднення, що перевищують безпечні норми, встановлені ВООЗ. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку мільйони передчасних смертей спричинені забрудненням атмосферного повітря [1], що робить його одним із найбільш значних екологічних ризиків для здоров'я в наш час. Вдихання шкідливих речовин, що містяться в повітрі, може сприяти розвитку або загостренню респіраторних захворювань, таких як астма, хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) та інфекції дихальних шляхів. Окрім цього, сучасні наукові дослідження виявили зв'язок між забрудненням повітря, серцево-судинними патологіями та порушеннями нервової системи [2]. Особливо вразливими до таких негативних впливів є діти, літні люди, вагітні жінки та особи, які страждають на хронічні захворювання органів дихання або серцево-судинної системи [3].

У таких умовах своєчасне інформування населення про критичний рівень забруднення повітря є вкрай важливим. Надійна система оповіщення дозволить людям оперативно реагувати на небезпеку та вживати необхідних запобіжних заходів. Це може враховувати обмеження перебування на відкритому повітрі, використання засобів індивідуального захисту, таких як маски й респіратори, закриття вікон і дверей для запобігання проникненню шкідливих речовин у приміщення.

Чим швидше люди отримають достовірну інформацію про загрозу, тим більше у них шансів зберегти здоров'я, уникнути небезпечних наслідків та вжити ефективних заходів для захисту себе і своїх близьких. Саме тому розробка та впровадження систем оповіщення про хімічну та радіаційну загрози є одним із пріоритетних напрямів у сфері екологічної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із важливих аспектів подолання проблеми забруднення атмосферного повітря є впровадження ефективних методів його моніторингу. Моніторинг якості повітря являє собою систематичний процес збору, вимірювання та аналізу даних про концентрацію забруднюючих речовин у атмосфері з метою оцінювання їхнього впливу на здоров'я людини та екосистеми. Моніторинг якості повітря дозволяє не лише визначати рівень забруднення, а й виявляти його

джерела, контролювати дотримання екологічних нормативів та розробляти ефективні стратегії зниження негативного впливу на довкілля [4].

Одним із ключових завдань системи моніторингу є оперативне інформування населення про зміни у стані якості повітря, особливо в умовах перевищення безпечних рівнів забруднення. Використання персоналізованих інформаторів, таких як мобільні або вебдодатки для моніторингу якості повітря в реальному часі є ефективним засобом підвищення екологічної обізнаності населення. На відміну від традиційних методів оповіщення, такі інструменти мають низку суттєвих переваг. Зокрема, вони забезпечують своєчасне надсилання повідомлень про погіршення якості повітря, що є особливо важливим для вразливих категорій населення, таких як особи із захворюваннями дихальної та серцево-судинної систем, алергіки, вагітні жінки, діти та люди похилого віку.

Крім того, персоналізовані інформатори можуть адаптувати алгоритми оповіщення з урахуванням індивідуальних особливостей користувачів, таких як вік, медичні показники та рівень фізичної активності. Це дозволяє не лише оперативно інформувати про зміни якості повітря, а й розробляти персоналізовані рекомендації щодо заходів захисту від впливу забруднюючих речовин для кожної з груп населення.

Проаналізувавши останні дослідження та публікації у сфері інструментальних засобів розробки систем оповіщення населення про якість повітря було виявлено, що в Україні спостерігається впровадження інноваційних рішень, спрямованих на оперативне оповіщення громадян про екологічні загрози. Наприклад, українська мережа громадського моніторингу якості повітря Eco City розробила технічний документ [5], який об'єднує настанови та принципи застосування Українського індексу якості повітря (UAQI) для оперативного оповіщення населення про погіршення якості атмосферного повітря. Цей документ пояснює механізми використання результатів альтернативного громадського моніторингу для автоматизованого оповіщення через вебресурси та чат-сервіси, такі як Telegram. Особлива увага приділяється чат-боту «Radiation and Smog Alarm», розробленому в межах програми «Чисте повітря для України», який інформує про погіршення якості повітря, радіаційну та хімічну небезпеку.

Серед іноземних систем моніторингу однією з найбільш популярних є AirVisual від компанії IQAir [6]. AirVisual є глобальною платформою моніторингу якості повітря, яка надає дані в реальному часі про рівень забруднення повітря в різних регіонах світу. Платформа використовує мережу з більш ніж 10 000 офіційних станцій моніторингу та власних датчиків для збору даних про концентрацію забруднювачів, таких як PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, CO та O₃. Користувачі можуть отримувати інформацію через вебсайт або мобільний додаток, що дозволяє відстежувати якість повітря в режимі реального часу та отримувати сповіщення про зміни рівня забруднення. Крім того, AirVisual надає прогнози якості повітря на кілька днів вперед, що дозволяє користувачам планувати свою діяльність з урахуванням екологічних умов.

Одним з основних недоліків існуючих систем моніторингу якості повітря є відсутність персоналізованого підходу. Наявні сервіси не враховують індивідуальних особливостей користувачів, як-от наявність хронічних захворювань, перенесені хвороби або підвищену чутливість до певних видів забруднення. У зв'язку з цим важливою є розробка програмного продукту, який би вирішував зазначену проблему шляхом впровадження гнучкого налаштування системи інформування та регулярного оновлення даних щодо рівня забруднення. Цей спеціалізований підхід значно покращить здатність користувача вживати профілактичних заходів, тим самим пом'якшуючи потенційні ризики для здоров'я.

Формулювання мети. Основною метою є аналіз підходів до розробки системи моніторингу якості повітря та обґрунтування їх використання шляхом опису реалізації застосунку, що вирішуватиме проблему комплексного та персоналізованого інформування населення, а також надаватиме повні дані про забруднювачі повітря.

Викладення основного матеріалу. На початку розробки будь-якого програмного продукту одним з перших і найважливіших кроків є вибір платформи. Як платформу для застосунку було обрано мобільні пристрої на операційних системах Android і iOS з таких причин:

- мобільні додатки забезпечують значно швидший доступ до потрібної інформації порівняно з їх веб- та настільними версіями;
- оскільки мобільні пристрої майже завжди знаходяться під рукою, ймовірність швидкої реакції користувача на зміни у рівні забруднення повітря значно більша;
- мобільні додатки надають можливість реалізувати функцію push-повідомлень, що допомагає звернути увагу користувача на погіршення стану забруднення повітря і своєчасно вжити необхідні заходи для захисту здоров'я.

Для розробки мобільного додатка був обраний фреймворк Flutter [7]. Основною перевагою цього фреймворку та мови Dart, яку він використовує, порівняно з іншими інструментами розробки мобільних додатків (Kotlin, Swift, Java), є кросплатформеність. Це дає змогу створювати мобільні, веб- та настільні додатки з однієї кодової бази, що значно спрощує процес розробки. Крім того, Flutter надає можливість швидко створювати зручні та естетичні користувацькі інтерфейси завдяки великій кількості доступних віджетів а також пакетів, створених спільнотою. Це, зокрема, дозволяє ефективно відображати дані у вигляді діаграм, графіків та інших інтерактивних елементів, що покращує їх сприйняття. Також цей

фреймворк дає змогу легко інтегрувати в застосунок Google карти, що використовуються для відображення теплової карти забруднення повітря, і різні сервіси платформи Firebase [8] як система аутентифікації (Firebase Authentication) і віддалена база даних (Cloud Firestore).

Було проведено аналіз основних постачальників даних про якість повітря, за результатами якого обрано Google Air Quality API [9]. Цей сервіс надає найбільш повну інформацію про стан атмосферного повітря, зокрема:

- поточний стан;
- погодинна історія (до 30 днів);
- погодинний прогноз (до 96 годин);
- плитки теплової карти з різними індексами та забруднювачами.

Ці дані дають змогу надати користувачеві повну картину про стан забруднення повітря в його місці знаходження або будь-якій геолокації, яка його цікавить.

Також, на відміну від інших постачальників, Air Quality API збирає дані з великої кількості різноманітних надійних джерел, таких як державні станції моніторингу, комерційні сенсорні мережі й супутникова інформація та для моделювання якості повітря використовує багатошаровий підхід: дані різних джерел комбінуються, а потім шари зважуються за складними алгоритмами. Це забезпечує найбільш точний обрахунок поточного стану якості повітря.

Air Quality API надає значення AQI (індекс якості повітря) та 6 видів забруднювачів:

- O₃ – озон;
- PM_{2.5}, PM₁₀ – вдихувані тверді частинки (до 2.5 та 10 мкм відповідно);
- CO – чадний газ;
- SO₂ – діоксид сірки;
- NO₂ – діоксид азоту.

Ці дані, а також категорії AQI та кожного забруднювача і домінуючий забруднювач у поточній геолокації користувача відображаються в зручному для сприйняття вигляді на головному екрані реалізованого додатка (рис. 1).



Рис. 1. Демонстрація частини головного екрана з основною інформацією про стан якості повітря

Крім даних про поточний стан якості повітря, користувач також може ознайомитися з історичними даними (до 30 днів) та прогнозом (до 96 годин), які відображаються у вигляді графіків (рис. 2), за допомогою пакета `syncfusion_flutter_charts`. Для кожного з графіків можна обрати, які з даних будуть на ньому відображатись: AQI чи один з 6 доступних забруднювачів.

Для реалізації теплової карти якості повітря було використано пакет `google_maps_flutter`, який забезпечує інтеграцію з Google Maps, а також Air Quality API, що надає відповідні плитки теплової карти. Такий підхід дозволяє візуалізувати рівень забрудненості в різних регіонах у зручному та наочному форматі. Завдяки інтерактивній карті користувач може швидко отримати актуальну інформацію про якість повітря в будь-якій геопозиції (рис. 3).

Крім цього, у застосунку використовується Geocoding API [10], що надає географічні координати для текстових адрес і текстові адреси для географічних координат, і Autocomplete API [11], який повертає

прогнози місць у відповідь на запит із текстом для пошуку та географічними межами, що контролюють сферу пошуку (використовується під час пошуку населених пунктів). У застосунку реалізовано опитувальник, у якому користувач може вибрати, до яких груп ризику він може себе зарахувати. Відповідно до результатів опитування в застосунку встановлюються межі для кожного забруднювача, у разі перевищення яких користувач буде проінформований за допомогою push-повідомлення. За допомогою цього опитувальника додаток може враховувати індивідуальні особливості кожного користувача. Застосунок працює у фоновому режимі та раз на 15 хвилин перевіряє концентрацію забруднювачів у місці розташування користувача, що забезпечує оперативне інформування про перевищення концентрації одного або кількох забруднювачів, що дасть змогу швидко вжити заходів щодо забезпечення безпеки для здоров'я.

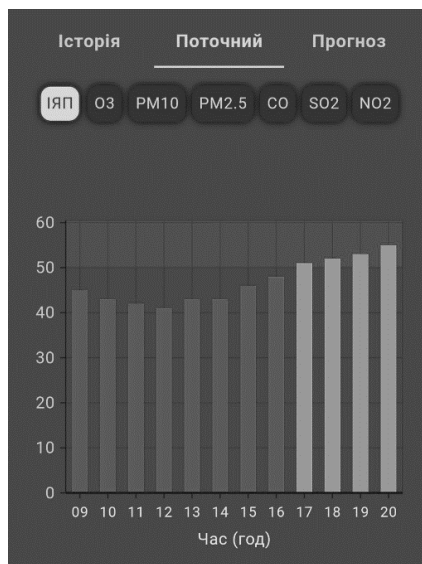


Рис. 2. Демонстрація частини головного екрана з графіками історичних та поточних даних стану якості повітря

Для кожної з груп ризику наводяться індивідуальні рекомендації для гарантування безпеки їхньому здоров'ю за різних рівнів забруднення повітря.



Рис. 3. Демонстрація екрана з тепловою картою стану якості повітря

Можемо бачити, що більшість функціоналу було реалізовано за допомогою пакетів та API Google Maps і сервісів Firebase, які також є частиною екосистеми Google. Використання виключно сервісів Google

є оптимальним рішенням, оскільки вони забезпечують високу точність та узгодженість даних, стабільність роботи, а також повну сумісність між компонентами екосистеми. Це дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з інтеграцією сторонніх рішень, підвищити безпеку та прискорити розробку, оскільки всі необхідні інструменти вже оптимізовані для спільної роботи. Крім того, централізоване використання Google API гарантує довготривалу підтримку, регулярні оновлення та актуальність даних, що особливо важливо для моніторингу якості повітря в реальному часі. Використання різних сервісів, що належать до різних платформ, може мати низку суттєвих недоліків. Наприклад, можуть виникнути проблеми сумісності – інтеграція сервісів від різних постачальників може спричиняти конфлікти через різні формати даних, механізми аутентифікації або протоколи зв'язку. Це ускладнює розробку та вимагає додаткових ресурсів на адаптацію. Також збільшується складність розробки та підтримки, бо використання різних API може призвести до додаткових витрат часу на їх налаштування, тестування та оновлення. Будь-які зміни в одному сервісі можуть впливати на роботу всього додатка, що ускладнює підтримку. Крім цього, важливою проблемою є ризики безпеки та надійності – кожен додатковий сервіс є потенційною точкою вразливості. Використання різних платформ може ускладнити управління доступами, безпечним збереженням даних та відповідністю до стандартів захисту інформації.

Висновки. У ході дослідження було здійснено аналіз існуючих підходів до розробки систем моніторингу якості повітря. На основі отриманих результатів було прийнято рішення використовувати мобільні додатки як основну платформу, оскільки вони забезпечують оперативний доступ до даних та зручність для користувачів. Як фреймворк обрано Flutter, що дозволяє створювати кросплатформні рішення з єдиною кодовою базою. Джерелом даних про якість повітря є Air Quality API, який надає актуальну та детальну інформацію про стан забрудненості. Для інтеграції картографічних сервісів використано Google Maps, що забезпечує високу точність геолокаційних даних та зручну візуалізацію отриманих результатів. Такий комплексний підхід дозволяє створити ефективну, гнучку та надійну систему моніторингу, орієнтовану на широке коло користувачів.

У результаті виконаної роботи було створено комплексний і персоналізований інформатор, що забезпечує своєчасне оповіщення населення про критичність стану забруднення повітря. Завдяки цьому додатку користувач отримує актуальні дані про концентрацію забруднювачів у своєму місці перебування або в обраній локації, а також може переглядати історичні показники та прогнози. Це дає змогу заздалегідь вжити необхідних заходів для збереження здоров'я та уникнення потенційних загроз. Завдяки оперативній системі сповіщень користувач миттєво дізнається про погіршення стану забруднення повітря в зоні свого перебування, що дає йому змогу своєчасно подбати про власну безпеку та вжити необхідних заходів для захисту здоров'я.

References:

1. World Health Organization (WHO), «New WHO Global Air Quality Guidelines aim to save millions of lives from air pollution», [Online], available at: <https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
2. Brook, R.D., Franklin, B., Cascio, W. at al. (2004), «Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association», *AHA/ASA journals*, doi: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
3. US EPA, «Research on Health Effects from Air Pollution», [Online], available at: <https://www.epa.gov/air-research/research-health-effects-air-pollution>
4. US EPA, «Managing Air Quality – Ambient Air Monitoring», [Online], available at: https://www.epa.gov/air-quality-management-process/managing-air-quality-ambient-air-monitoring?utm_source=chatgpt.com
5. Soroka, M.L. (2022), *Nastanovy ta pryntsyipy opovishchennia naselennia pro yakist povitria, radiatsiinu ta khimichnu nebezpeku*, Praha, Ivano-Frankivsk, 58 p, [Online], available at: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2022/12/cleanair.org.ua-radiation-and-smog-alarm-uaqi-radiation-and-smog-alarm-2022-1.pdf>
6. IQAir, *About IQAir*, [Online], available at: <https://www.iqair.com/about-iqair>
7. Windmill, E. (2019), *Flutter in Action*, 368 p.
8. Firebase, *Firebase Documentation*, [Online], available at: <https://firebase.google.com/docs>
9. «Air Quality API overview», *Google for Developers*, [Online], available at: <https://developers.google.com/maps/documentation/air-quality/overview>
10. «Geocoding API overview», *Google for Developers*, [Online], available at: <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview>
11. «Place Autocomplete», *Google for Developers*, [Online], available at: <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/autocomplete>

Чуйко Дмитро Сергійович – магістрант 1-го курсу НТУУ «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

– розробка додатків для мобільних платформ.

E-mail: chuiko.dmytro@lil.kpi.ua.

Тарнавський Юрій Адамович – кандидат фізико-математичних наук, доцент НТУУ «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського».

<https://orcid.org/0000-0003-3226-3107>.

Наукові інтереси:

- технології програмування;
- технології захисту інформації;
- автоматизація технологічних процесів.

E-mail: tarnavski.yu@gmail.com.

Chuiko D.S., Tarnavski Yu.A.

Personalized system for informing patients about critical levels of air pollution

The article examines the issue of atmospheric air pollution and its impact on public health, substantiating the need for timely informing the population about critical pollution levels. An analysis of modern air quality monitoring systems, including Ukrainian and international solutions, has been conducted, identifying their shortcomings and prospects for improvement. A personalized information system has been proposed, taking into account users' individual characteristics and providing recommendations based on their health conditions. The study presents the development of a mobile application for Android and iOS, utilizing Flutter for cross-platform compatibility and the Air Quality API for obtaining real-time air pollution data. Integrated Google Maps allow for the visualization of pollution levels in different regions, while push notifications ensure prompt user alerts regarding the exceedance of safe pollutant concentration levels. The application is integrated with Firebase to ensure the secure storage of user data and personalized notification settings. The system provides automatic monitoring, push notifications, and personalized recommendations for different risk groups. The advantages of the proposed approach include high data accuracy, ease of use, and timely information delivery. The obtained results can be used for further improvement of mobile environmental monitoring systems and the expansion of their functionality to enhance environmental awareness among the population and reduce the negative impact of polluted air on health.

Keywords: AQI; air quality; Flutter; Air Quality API; Google Maps.

Стаття надійшла до редакції 14.04.2025.