

Ярослав Володимирович Тарасович¹, Володимир Ігорович Нікулішин²

¹аспірант кафедри картографії та геопросторового моделювання
Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)
E-mail: yaroslav.v.tarasovych@lpnu.ua

²кандидат технічних наук, доцент кафедри картографії та геопросторового моделювання
Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна)
E-mail: volodymyr.i.nikulishyn@lpnu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0027-3511>
Scopus Author ID: 56148982600

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ПОСТІВ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

У статті представлено підхід до збору, опрацювання та візуалізації даних про рівень води у річках Львівської області на основі геоінформаційних технологій. Розроблено вебзастосунок з використанням програмного забезпечення ArcGIS, який забезпечує інтерактивне відображення гідрологічних постів та значень рівня води у вигляді графіків і таблиць за обраний часовий період. Джерелом даних слугують спостереження, надані Басейновим управлінням водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну. Запропоноване рішення сприяє покращенню гідрологічного моніторингу, підтримці прийняття управлінських рішень щодо попередження паводків і реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з водними ресурсами.

Ключові слова: рівень води; гідрологічні пости; інтерактивна вебкарта; ArcGIS; гідрологічний ризик; візуалізація даних; Львівська область.

Табл.: 3. Рис.: 5. Бібл.: 8.

Актуальність теми дослідження. Кліматичні зміни спричиняють значну нестабільність у формуванні та розподілі водних ресурсів в Україні. Згідно з результатами дослідження [1], рівень водності протягом року може зазнавати істотних коливань. Для Львівської області це означає як загрозу дефіциту води в сільських громадах через очікуване зниження стоку під час осінньої межени, так і підвищений ризик виникнення катастрофічних паводків, особливо на гірських водотоках. Такі явища можуть призвести до значних економічних збитків та загроз для життя і здоров'я населення.

У цьому контексті особливої важливості набуває забезпечення системного моніторингу рівня води. Це дозволяє своєчасно виявляти критичні ситуації, запроваджувати превентивні заходи, підвищувати надійність водопостачання, а також ефективно управляти паводковими ризиками. Сучасні системи моніторингу відіграють ключову роль у прогнозуванні гідрологічних подій та впровадженні механізмів раннього попередження.

Оперативне отримання та аналіз актуальних даних, їх візуалізація на основі геоінформаційних технологій створює передумови для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень як у короткостроковій перспективі (реагування на надзвичайні ситуації), так і в довгостроковій (планування адаптаційних заходів до змін клімату). Саме тому розробка та впровадження регіонально орієнтованих систем моніторингу рівня води є надзвичайно актуальним науковим та практичним завданням.

Постановка проблеми. Проблема моніторингу рівнів води у водотоках Львівської області зумовлена потребою в оперативному виявленні гідрологічних загроз та оптимізації процесів управління водними ресурсами. Враховуючи зростання кліматичних викликів та ймовірність екстремальних гідрометеорологічних подій, особливої актуальності набуває розробка сучасних інструментів просторового аналізу, інтеграції даних із різних джерел та їх візуалізації у форматі, придатному для ухвалення рішень.

Представлена робота є початковим етапом реалізації комплексного дослідження, орієнтованого на створення методологічної основи для моделювання зон підтоплення та оцінювання супутніх ризиків. На поточному етапі передбачалося здійснення огляду наявних джерел гідрологічних даних, інструментальних засобів опрацювання інформації та технологій її просторової візуалізації.

Згідно з поставленою метою було сформульовано та виконано такі науково-технічні завдання:

1. **Попереднє опрацювання вхідних даних:** було здійснено опрацювання вхідних даних, отриманих від Басейнового управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну у форматі XLSX, із застосуванням спеціалізованої утиліти, реалізованої мовою Java. На наступному етапі дані було конвертовано у формат CSV з метою забезпечення можливості їх подальшого аналізу та інтеграції.

2. **Формування геопросторової бази даних:** на основі попередньо опрацьованих даних було створено файлову геопросторову базу даних(формат GDB) у середовищі ArcGIS Pro, яка забезпечує структуроване зберігання, опрацювання та подальше використання просторової інформації про гідрологічні пости.

3. **Реалізація картографічної візуалізації:** у середовищах ArcGIS Pro та ArcGIS Online було реалізовано інтерактивну вебкарту з відображенням місць розташування гідрологічних постів. Було забезпечено функціональність перегляду детальної атрибутивної інформації (географічні координати, назва водотоку, наявність виходу на заплаву, переливу через дамбу, підтоплення об'єктів інфраструктури тощо) шляхом взаємодії користувача зі спливаючими інформаційними вікнами.

4. **Створення інтерактивної панелі моніторингу:** розроблено функціональну панель моніторингу, що поєднує графічне та табличне представлення даних про рівень води в часовому розрізі. Було здійснено інтеграцію зазначених візуальних компонентів із геопросторовою базою даних для забезпечення актуальності та динамічного оновлення інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліматичні зміни є одним із ключових чинників, що впливають на водні ресурси в Україні. Згідно з дослідженням [1], спостерігається тенденція до зменшення річного об'єму опадів, зменшення висоти снігового покриву та перерозподілу стоку протягом року. Зокрема, для західних регіонів України характерні менш виражені весняні повені та підвищена ймовірність дефіциту водних ресурсів у літній період.

На прикладі Волинської області, як показано у роботі [2], фіксуються зниження рівнів зволоження та водності річок через м'які зими з відлигами, зменшення обсягів снігу та нерівномірність літніх опадів. Ці зміни зумовлюють необхідність постійного моніторингу гідрологічної ситуації, зокрема рівнів води у річках.

Останні дослідження затоплень і моніторингу рівня води в басейні річки Уж на прикладі Закарпатської області демонструють прогрес у використанні сучасних технологій та європейських стандартів для управління паводковими ризиками [3]. Сучасні геопросторові дані та моделювання покращили попередження. Проєкт FloodUZH створив карти загроз і ризиків для Ужа за новими методиками та План управління ризиками для Ужгорода, використовуючи цифрове знімання з літальних апаратів та ГІС. Дослідження FloodUZH є прикладом застосування новітніх технологій для управління паводковими ризиками в регіоні.

Прикладом дослідження в галузі запобігання шкідливій дії води та ліквідації її наслідків є також впровадження автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи (AIBC) «Тиса»[4] в басейні річки Тиса, що в Закарпатті. Цей регіон, з огляду на свої територіальні особливості, є особливо вразливим до паводків та інших негативних наслідків дії води. Функціональна структура AIBC «Тиса», що включає підсистеми прогнозування паводків, контролю якості води, прогнозування зон затоплення та розробки оперативних планів, демонструє комплексний підхід до вирішення проблеми. Впровадження такої системи є значним кроком у напрямку підвищення безпеки населення та сталого розвитку регіону.

Окрема увага приділяється інструментальним методам збору гідрологічних даних. Зокрема, у статті [5] представлено систему дистанційного моніторингу рівня води на основі GSM-зв'язку, реалізовану для річки Сакар'я (Туреччина). Аналогічно, дослідження [6] описує IoT-платформу моніторингу на базі ультразвукових датчиків, яка забезпечує передачу даних через Thinger.IO та Telegram-бот для раннього сповіщення про паводкову загрозу.

Усі ці підходи демонструють ефективність поєднання автономного енергозабезпечення (зокрема, сонячних панелей) із бездротовими технологіями для збору гідрологічної інформації в реальному часі.

На національному рівні прикладом реалізації систем моніторингу є портал [7], який надає доступ до оперативної інформації про рівень води на автоматизованих гідропостах. Платформа дозволяє переглядати часові ряди вимірювань, графіки та таблиці змін рівня води, проте наразі охоплює лише автоматичні пости, що обмежує повноту відображення гідрологічної ситуації в регіонах із рейковими [8] постами.

Таким чином, аналіз сучасних підходів до моніторингу рівня води виявляє значні відмінності між українськими та міжнародними рішеннями як у технологічному, так і у функціональному вимірі. Міжнародні системи демонструють вищу адаптивність, інтеграційність і автономність, що слугує орієнтиром для модернізації національних підходів.

Для порівняльного аналізу основних характеристик систем узагальнено їх ключові параметри (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика українських та міжнародних систем збору й візуалізації гідрологічних даних

Ознака	Українські системи	Міжнародні приклади (MDPI 2023, RG 2024)
Типи постів	Автоматичні (обмежене покриття); рейкові – не інтегровані	Автоматичні; IoT-платформи з сенсорами різних типів (ультразвук, дощ тощо)
Джерело живлення	Переважно мережеве	Автономне живлення: сонячні панелі, батареї
Передача даних	Власна інфраструктура, періодичне оновлення	GSM, Wi-Fi, LoRa, платформи IoT (наприклад, Thinger.IO, Telegram-боти)
Часова розрізненість	Погодинна/добова	Майже реальний час або з інтервалом у декілька хвилин
Методи візуалізації	Вебінтерфейс з картою, таблицями та графіками. Карти загроз та ризику затоплення	Вебінтерфейс, мобільні сповіщення, інтеграція з платформами управління ризиками
Гнучкість масштабування	Обмежена: потребує модернізації інфраструктури	Висока: модульні рішення для різних регіонів
Адаптація до регіональних умов	Обмежена (в основному централізована подача даних)	Можливість локального налаштування відповідно до специфіки річки/басейну
Можливість інтеграції з іншими джерелами	Низька (рейкові пости не охоплюються)	Висока (гнучка архітектура IoT, підтримка різних датчиків)

Джерело: розроблено авторами.

Як видно з табл. 1, міжнародні рішення демонструють вищу технічну гнучкість завдяки використанню автономного живлення, універсальних IoT-платформ та можливості інтеграції різних типів сенсорів. Це дозволяє ефективно адаптувати системи до регіональних умов, забезпечуючи стабільний збір і передачу даних навіть за відсутності інженерної інфраструктури. Такий підхід може бути корисним для модернізації українських гідрологічних систем, особливо в районах, де домінують рейкові пости або обмежені ресурси.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри широке впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у сферу гідрологічного моніторингу, низка важливих аспектів залишається недостатньо дослідженою. Зокрема, актуальним є питання інтеграції даних із різних типів гідрологічних постів, зокрема автоматизованих та рейкових, що дозволило б суттєво розширити обсяг і глибину гідрологічної інформації. Відомі приклади реалізації, зокрема національний портал [8], переважно орієнтовані на автоматизовані пости та не враховують потенціал використання даних із рейкових постів.

Ще одним недостатньо опрацьованим напрямом є створення адаптивних систем моніторингу, здатних реагувати на динамічні зміни гідрологічних умов та забезпечувати ефективне функціонування в різних природно-кліматичних регіонах.

У межах цього дослідження передбачається розроблення підходу до опрацювання та візуалізації даних про рівень води з різномірних джерел. Запропонована система передбачає виведення інформації на інтерактивну вебкарту з відображенням гідрологічних постів, а також представлення показників у вигляді графіків і таблиць, що дає змогу здійснювати комплексний аналіз, виявляти просторово-часові закономірності та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Особливістю дослідження є його територіальна спрямованість на Львівську область, зокрема басейни річок Дністер, Західний Буг, Сян, Стир тощо. Такий регіональний фокус дозволяє врахувати специфіку місцевих гідрологічних умов і розробити адаптовані стратегії управління водними ресурсами.

Метою дослідження є розроблення та впровадження інтерактивного вебзастосунку на основі ArcGIS для візуалізації та аналізу динаміки рівня води в річках Львівської області. Розроблений інструмент призначений для відображення розташування гідрологічних постів, надання доступу до інформації про їхній поточний стан та аналізу часових рядів гідрологічних даних. Особливістю запропонованого підходу є інтеграція та візуалізація даних як з автоматизованих, так і з рейкових постів.

Виклад основного матеріалу. На основі поставлених завдань було реалізовано геоінформаційний підхід до збору та візуалізації даних гідрологічних постів у межах Львівської області з використанням інструментів ArcGIS. Основна увага була зосереджена на створенні структурованого середовища для інтеграції, просторового представлення та аналітичного опрацювання даних про рівень води, отриманих як з автоматизованих, так і з рейкових постів. Загальна структура реалізованого підходу подана на рис. 1.

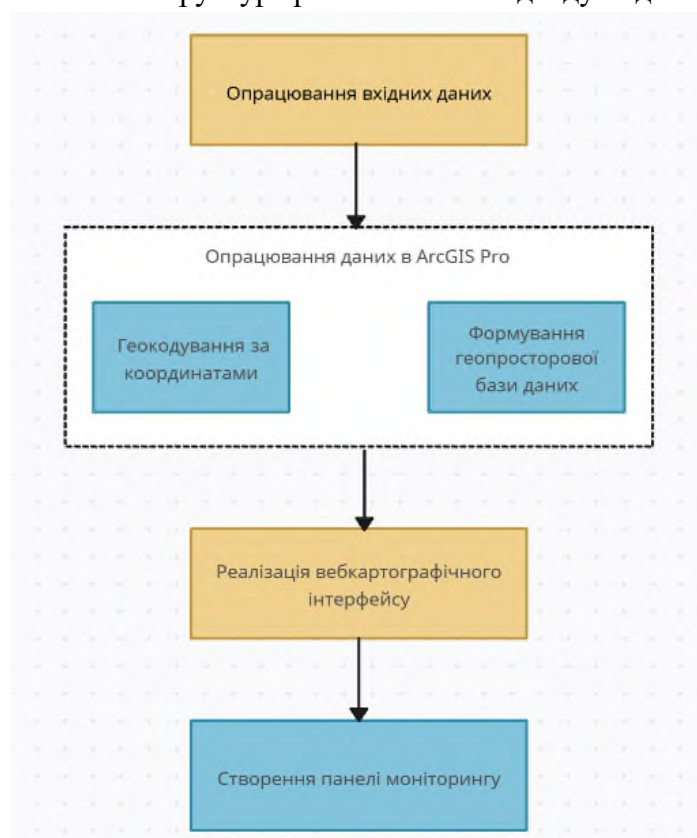


Рис. 1. Структурна схема етапів реалізації геоінформаційного підходу до візуалізації даних гідрологічних постів.

Джерело: розроблено авторами.

1. Опрацювання вхідних даних.

На початковому етапі було проведено опрацювання гідрологічних даних, отриманих від Басейнового управління водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну у форматі електронних таблиць (XLSX). Вихідний файл містив щоденні спостереження за рівнем води на гідрологічних постах Львівської та частково Волинської областей за 2024 рік, а також супровідну інформацію про характеристики кожного поста.

З метою забезпечення подальшого опрацювання та сумісності з геоінформаційним середовищем було розроблено спеціалізовану утиліту мовою програмування Java, яка автоматизувала процес трансформації вхідних даних у формат CSV. У межах цього процесу здійснювалося: стандартизація заголовків стовпців, приведення форматів дат до єдиного ISO-формату, усунення дублікатів та записів із некоректними або відсутніми значеннями.

У результаті опрацювання було сформовано два окремі набори даних:

- **таблиця спостережень за рівнем води**, що містить щоденні значення, дату фіксації, ідентифікатор поста та унікальний код запису;
- **таблиця атрибутивної інформації про пости**, яка включає дані про розташування, гідрографічну належність, адміністративну прив'язку, координати та фіксацію ризиків (вихід на заплаву, перелив через дамбу, затоплення об'єктів).

У результаті опрацювання сформовано два окремі набори даних, структура яких подана в табл. 2 та 3 відповідно.

Таблиця 2 – Структура файлу з щоденними спостереженнями рівня води

Назва поля	Опис	Тип даних
ID	Унікальний ідентифікатор запису спостереження	Ціле число
POST_ID	Ідентифікатор гідрологічного поста	Ціле число
Дата	Дата фіксації рівня води	Дата
Рівень води	Виміряне значення рівня води, см	Десятькове число

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 3 – Структура файлу з атрибутивною інформацією про пости

Назва поля	Опис	Тип даних
ID	Унікальний ідентифікатор гідрологічного поста	Ціле число
Тип населеного пункту	Класифікація населеного пункту (місто, село тощо)	Текст
Назва населеного пункту	Назва населеного пункту	Текст
Район	Назва адміністративного району	Текст
Річка	Назва річки, на якій розташовано пост	Текст
Вихід на заплаву	Критичний рівень води для виходу на заплаву	Ціле число
Перелив через дамбу	Критичний рівень води для переливу через дамбу	Ціле число
Затоплення об'єкта	Критичний рівень води для затоплення інфраструктурного об'єкта	Ціле число
Геометрія	Геопросторове розташування гідрологічного поста	Point

Джерело: розроблено авторами.

Отримані дані було уніфіковано за структурою та підготовлено до подальшої інтеграції у геопросторову базу даних, що використовувалася в середовищі ArcGIS Pro.

2.1 Геокодування за координатами

Після завершення попереднього опрацювання даних здійснювався етап геокодування гідрологічних постів на основі наданих координат (широти та довготи), що містилися у таблиці атрибутивної інформації. Для цього було використано функціональні можливості програмного забезпечення ArcGIS Pro, яке забезпечує точне позиціонування об'єктів у просторі за географічними координатами у проекції WGS 84.

У процесі геокодування кожен гідрологічний пост було трансформовано в точковий об'єкт геометричного типу Point, що репрезентує його просторове розташування на карті. На основі згенерованого геометричного представлення було створено окремий геопросторовий шар (feature class), у якому кожна точка містить відповідний набір атрибутів:

назву поста, назву населеного пункту, адміністративний район, назву річки, тип населеного пункту, координати, а також зафіксовані характеристики гідрологічної небезпеки (вихід на заплаву, перелив через дамбу, затоплення об'єкта).

Отриманий шар став основою для подальшої побудови геопросторової бази даних, а також для формування картографічного представлення досліджуваної гідрологічної інформації у вебзастосунку.

2.2 Формування геопросторової бази даних

Для забезпечення централізованого зберігання та подальшого опрацювання просторових і табличних даних було створено нову файлову геопросторову базу даних (File Geodatabase, GDB) у середовищі ArcGIS Pro. Формат GDB є нативним для екосистеми ArcGIS та дозволяє зберігати великі обсяги структурованих даних з можливістю їхньої інтеграції, візуалізації та аналізу.

На першому етапі обидва попередньо підготовлені CSV-файли — таблиця атрибутивної інформації про гідрологічні пости та таблиця зі щоденними спостереженнями за рівнем води — були імпортовані до геобазиданих як окремі непов'язані таблиці.

Таблицю з даними про гідрологічні пости було перетворено на просторовий шар (feature class) шляхом призначення координатних полів X (довгота) та Y (широта) для кожного запису. Таким чином, кожен пост було відображено у вигляді точкового геометричного об'єкта з відповідним набором атрибутів, зокрема: назвою річки, адміністративною належністю, типом населеного пункту, категорією поста (автоматизований або рейковий), а також ознаками ризику (вихід на заплаву, перелив через дамбу, затоплення об'єкта).

З метою забезпечення логічного зв'язку між просторовими об'єктами та часовими рядами спостережень було створено відношення (relationship class) між двома таблицями. Зв'язок реалізовано за допомогою ключових полів ID (у таблиці постів) та POST_ID (у таблиці спостережень). Тип зв'язку визначено як «один до багатьох» (1:M), що дозволяє кожному гідрологічному посту відповідати множині записів про рівень води, що фіксувалися в різні дні.

Після встановлення логічного зв'язку обидві таблиці — просторовий шар постів та таблиця спостережень — були додані до поточного картографічного проєкту в середовищі ArcGIS Pro. Це дало змогу здійснювати спільну візуалізацію, тематичне групування та фільтрацію даних без втрати зв'язків між просторовими й табличними сутностями.

Для наочного відображення логічної структури побудованої геопросторової бази даних було створено UML-діаграму, що ілюструє сутності, їхні атрибути та взаємозв'язки між таблицями (рис. 2).

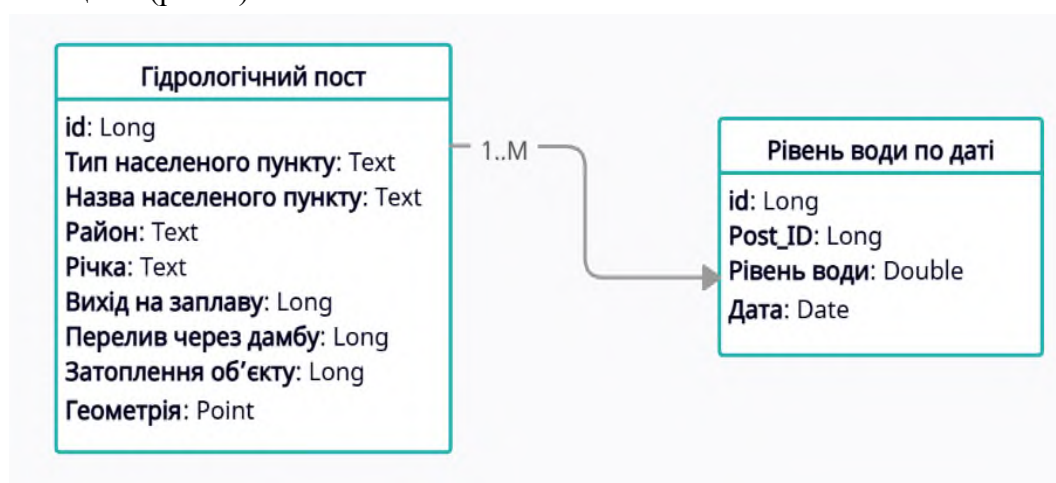


Рис. 2. UML-діаграма логічної структури геопросторової бази даних
Джерело: розроблено авторами.

На завершальному етапі отриманий картографічний проєкт, що включав пов'язані дані про гідрологічні пости та відповідні їм часові ряди рівнів води, було опубліковано на платформі ArcGIS Online. Це забезпечило інтеграцію даних у вебзастосунок, їхню доступність для інтерактивного перегляду та подальшого використання в рамках розробленої панелі візуалізації.

3. Реалізація вебкартографічного інтерфейсу

Наступним етапом реалізації стало створення інтерактивного вебкартографічного інтерфейсу для візуалізації просторових даних про гідрологічні пости. У середовищі ArcGIS Pro було згенеровано композицію карти з використанням просторового шару, отриманого шляхом геокодування, та пов'язаної з ним таблиці спостережень за рівнем води. Після налаштування символів, масштабування та атрибутивного наповнення, карта була опублікована на платформі ArcGIS Online у вигляді вебкарти.

У процесі публікації було забезпечено інтерактивну функціональність карти. Користувач отримує можливість перегляду атрибутивної інформації про кожен гідрологічний пост через спеціально налаштовані спливаючі вікна. Вміст цих вікон формується динамічно на основі даних, отриманих із пов'язаної геопросторової бази, і містить такі відомості, як: назва поста, назва річки, тип населеного пункту, значення виходу на заплаву, ознаки ризиків тощо (рис. 3).

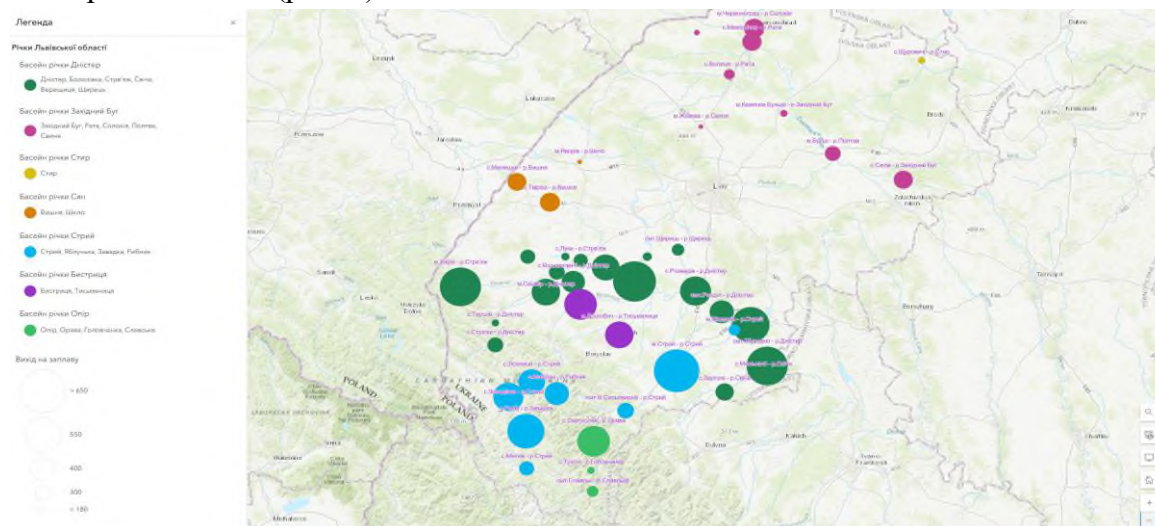


Рис. 3. Інтерфейс опублікованої вебкарти в ArcGIS Online

Джерело: розроблено авторами.

Для покращення зручності користування та забезпечення гнучкої роботи з даними було реалізовано фільтри за критеріями, зокрема — за типом поста (автоматизований/рейковий) та часовими інтервалами. Таке фільтрування дозволяє сконцентрувати увагу на конкретних просторових чи часових аспектах гідрологічної ситуації.

З метою візуального структурування об'єктів на карті було створено легенду. У ній кожен гідрологічний пост було позначено символом відповідно до басейну річки, до якої він належить. Для кращої візуальної диференціації басейни було згруповано та закодовано кольором, що дозволяє швидко орієнтуватися у просторовій структурі гідромережі.

Крім кольорового поділу, у вебінтерфейсі було реалізовано застосування способу значків для відображення ступеня потенційного ризику затоплення. Зокрема, розмір символів (точок), що позначають гідрологічні пости, було масштабовано пропорційно до значення атрибута «вихід на заплаву». Посты з більшими значеннями відображаються більшими за розміром, що вказує на вищу гідрологічну небезпеку. Такий підхід дозволяє відобразити інтенсивність явища без необхідності числового підпису кожної точки, зберігаючи чистоту візуального середовища.

Для полегшення використання карти кожен пост супроводжується підписом з його назвою, розміщеним безпосередньо над точкою. Це дозволяє користувачеві швидко ідентифікувати об'єкт без додаткової взаємодії з інтерфейсом (рис. 4).

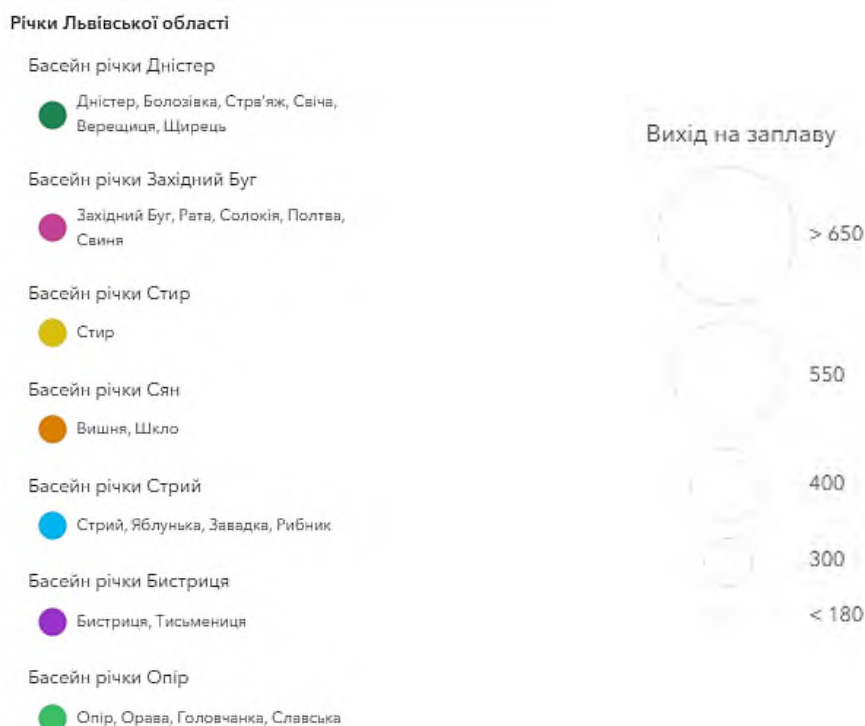


Рис. 4. Легенда опублікованої вебкарти в ArcGIS Online

Джерело: розроблено авторами.

Після завершення налаштувань в ArcGIS Online вебкарта була готова до подальшої інтеграції в інформаційно-аналітичну панель та використання кінцевими користувачами для перегляду, аналізу та прийняття управлінських рішень у сфері гідрологічної безпеки.

4. Створення інтерактивної панелі моніторингу

На основі опублікованої вебкарти у середовищі ArcGIS Online було реалізовано інтерактивну панель моніторингу (Dashboard), яка забезпечує комплексне представлення просторових і часових даних про рівень води на гідрологічних постах Львівської області. Використання вебпанелі дозволяє поєднати функціональність просторової візуалізації з можливістю оперативного аналітичного огляду гідрологічної інформації у зручному для користувача форматі.

Конфігурація панелі здійснювалася шляхом інтеграції опублікованої вебкарти з табличними даними часових рядів рівня води, що були попередньо структуровані у геопросторовій базі даних. Завдяки реалізованим у середовищі ArcGIS Pro зв'язкам типу «один до багатьох» між просторовим шаром постів та таблицею спостережень, було забезпечено автоматизовану синхронізацію між вибором об'єкта на карті та відповідним відображенням графіків і таблиць у панелі.

До складу інформаційно-аналітичної панелі увійшли два ключові компоненти:

- **Динамічний графік (Time Series Chart)** — візуалізує зміну рівня води в часі для обраного гідрологічного поста. Це дозволяє виявляти сезонні тенденції, аномальні коливання, гідрологічні екстремуми тощо.

- **Аналітична таблиця (Details Table)** — відображає повний перелік значень рівня води для вибраного поста з датами фіксації. Така таблиця забезпечує деталізований числовий огляд, зручний для ручного перегляду, перевірки та подальшого експорту.

У процесі налаштування було реалізовано повну взаємодію між просторовим та табличним елементами панелі. При натисканні на гідрологічний пост на карті автоматично оновлювалися як графік, так і таблиця відповідно до обраного об'єкта. Такий механізм фільтрації сприяв підвищенню інтуїтивності взаємодії користувача з панеллю (рис. 5).

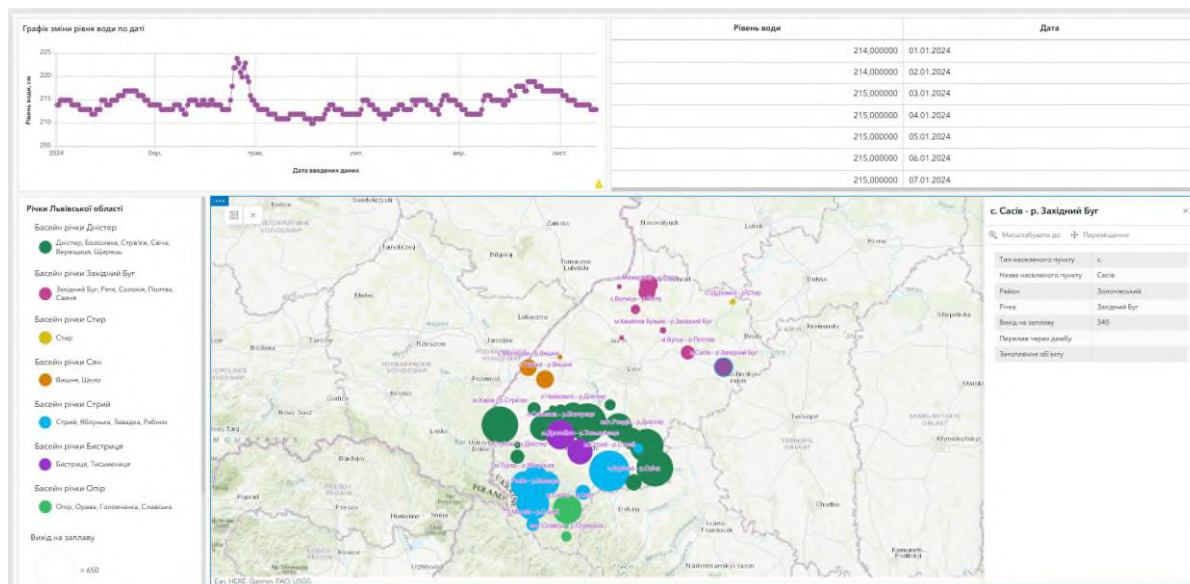


Рис. 5. Інтерфейс інтерактивної панелі моніторингу гідрологічних постів у середовищі ArcGIS Online

Джерело: розроблено авторами.

Результатом є створення інтерактивного інформаційного середовища, яке забезпечує комплексну підтримку ухвалення рішень щодо гідрологічної ситуації в регіоні на основі реальних вимірювань. Така система дозволяє оперативно виявляти критичні зміни рівнів води, відстежувати динаміку гідрологічних процесів і оцінювати ризики на локальному рівні.

Висновки. У межах дослідження було реалізовано геоінформаційний підхід до опрацювання, інтеграції та візуалізації гідрологічних даних на прикладі річок Львівської області. Створений вебзастосунок, заснований на інструментах ArcGIS Pro та ArcGIS Online, забезпечує просторове представлення гідрологічних постів із можливістю інтерактивного доступу до атрибутивної інформації, а також аналітичного опрацювання часових рядів рівнів води.

Запропоноване рішення охоплює повний цикл роботи з даними – від попереднього опрацювання вихідних електронних таблиць до формування інтерактивної панелі моніторингу. Особливістю є інтеграція інформації як з автоматизованих, так і з рейкових постів, що суттєво розширює охоплення гідрологічної інформації для регіону.

Практична реалізація запропонованого підходу демонструє потенціал використання геоінформаційних технологій для покращення управління водними ресурсами, зокрема в аспектах оцінювання паводкових ризиків, візуалізації гідрологічних показників та забезпечення доступу до оперативної інформації для фахівців та органів влади.

У подальших дослідженнях передбачається розширення функціональності системи з акцентом на автоматичне оновлення даних у режимі реального часу, інтеграцію з метеорологічними показниками та розроблення моделей прогнозування рівня води й зон потенційного затоплення.

Список використаних джерел

1. Сніжко, С., Шевченко, О., & Дідовець, Ю. (2021). *Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України*. Центр екологічних ініціатив «Екодія». <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/analiz-vplyvu-vodni-resursy-full.pdf>.
2. Мальований, М. С., Боярин, М. В., Бедункова, О. О., Нетробчук, І. М., & Волошин, В. У. (2023). Вплив кліматичних змін на водний режим річок Волинської області. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія: Сільськогосподарські науки*, 1(101), 150–164.
3. FloodUZH. (б. д.). *Моделювання, картування затоплень та управління ризиками затоплення у басейні р. Уж*. https://flooduzh.buvrtysa.gov.ua/?page_id=1553.
4. АІВС – «Тиса». (2021). *Оперативне прогнозування паводків та наукове забезпечення управління водними ресурсами. 30 років розвитку водного господарства України*. <https://davr.gov.ua/news/aivs--tisa-operativne-prognozuvannya-pavodkiv-ta-naukove-zabezpechennya-upravlinnya-vodnimi-resursami-30-rokiv-rozvitku-vodnogo-gospodarstva-ukraini>.
5. Apaydin, S., & Koseoglu, H. (2025). Design and implementation of a real-time river monitoring station with an ultrasonic sensor and GSM module. *Applied Sciences*, 15(4), Article 1910. <https://doi.org/10.3390/app15041910>
6. Nur Syamsi, Ulfah, M., & Lesmideyarti, D. (2024). Water level monitoring for flood early mitigation based on Internet of Things (IoT). *Tepian*, 5(2), 58–64. <https://doi.org/10.51967/tepiant.v5i2.2504>.
7. УкрГМЦ - Дані автоматичних гідрологічних постів. *УкрГМЦ*. URL: <https://www.meteo.gov.ua/ua/Dani-avtomatichnikh-hidrolohichnikh-postiv>.
8. Державне підприємство «УкрНДНЦ». (2024). *ДСТУ 3517:2024. Гідрологія суходолу. Терміни та визначення основних понять*. Київ: ДП «УкрНДНЦ».

References

1. Snizhko, S., Shevchenko, O., & Didovets, Y. (2021). Analiz vplyvu klimatichnykh zmin na vodni resursy Ukrainy. Tsentr ekolohichnykh initsiatyv. [Analysis of the Impact of Climate Change on Ukraine's Water Resources] [Electronic resource]. *Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiia» - Ecoaction Center for Environmental Initiatives*. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/06/analiz-vplyvu-vodni-resursy-full.pdf>
2. Malovanyi, M. S., Boyaryn, M. V., Bedunkova, O. O., Netrobchuk, I. M., & Voloshyn, V. U. (2023). Vplyv klimatichnykh zmin na vodnyi rezhym richok Volynskoi oblasti. [The impact of climate change on the water regime of rivers in the Volyn region.] *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Serii: Silskohospodarski nauky - Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering. Series: Agricultural Sciences*, 1(101), 150–164.
3. FloodUZH. (n.d.). Modeliuvannya, kartuvannya zatoplen ta upravlinnia ryzykamy zatoplennia u baseini r. Uzh. [Modeling, Mapping of Floods and Risk Management in the Uzh River Basin]. https://flooduzh.buvrtysa.gov.ua/?page_id=1553.
4. AIVS "Tysa". (2021). Operativne proghnozuvannya pavodkiv ta naukove zabezpechennia upravlinnia vodnymi resursamy. 30 rokiv rozvytku vodnoho hospodarstva Ukrainy. [Operational Flood Forecasting and Scientific Support for Water Resources Management. In 30 Years of Water Management Development in Ukraine]. <https://davr.gov.ua/news/aivs--tisa-operativne-prognozuvannya-pavodkiv-ta-naukove-zabezpechennya-upravlinnya-vodnimi-resursami-30-rokiv-rozvitku-vodnogo-gospodarstva-ukraini>.
5. Apaydin, S., & Koseoglu, H. (2025). Design and implementation of a real-time river monitoring station with an ultrasonic sensor and GSM module. *Applied Sciences*, 15(4), Article 1910. <https://doi.org/10.3390/app15041910>.
6. Nur Syamsi, Ulfah, M., & Lesmideyarti, D. (2024). Water level monitoring for flood early mitigation based on Internet of Things (IoT). *Tepian*, 5(2), 58–64. <https://doi.org/10.51967/tepiant.v5i2.2504>.
7. Ukrainian Hydrometeorological Center. (n.d.). *Hydrology of Ukraine*. <https://www.meteo.gov.ua/ua/Dani-avtomatichnikh-hidrolohichnikh-postiv>.

8. State Enterprise "UkrNDNC". (2024). DSTU 3517:2024. Hidrolohiia sukhodolu. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat. [Land Hydrology. Terms and Definitions of Basic Concepts]. SE "UkrNDNC".

Отримано 16.06.2025

UDC 528

Yaroslav Tarasovych¹, Volodymyr Nikulishyn²

¹PhD candidate, Department of Cartography and Geospatial Modelling
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)
E-mail: yaroslav.v.tarasovych@lpnu.ua

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cartography and Geospatial Modelling
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)
E-mail: volodymyr.i.nikulishyn@lpnu.ua, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0027-3511>
Scopus Author ID: [56148982600](https://orcid.org/0000-0003-0027-3511)

EXPERIENCE OF USING A GEO-INFORMATION APPROACH FOR VISUALIZATION OF HYDROLOGICAL POSTS DATA IN THE LVIV REGION

This article addresses the urgency of improving hydrological monitoring and effective water resource management, which is particularly crucial for flood prevention and rapid emergency response.

The problem lies in the need to develop a tool for efficient collection, processing, and visualization of water level data in the rivers of the Lviv region. The research objective is to develop and implement an interactive web application based on ArcGIS for visualizing and analyzing water level dynamics. This tool is designed to display the location of hydrological posts, provide access to their current status information, and analyze time series of hydrological data. The key feature of this approach is the integration and visualization of data from both automated and manual (gauge) posts, significantly expanding the coverage of hydrological information.

Based on the stated objectives, the geoinformation approach has been implemented for collecting and visualizing hydrological post data in the Lviv region using ArcGIS tools. The data source for this system comprises observations provided by the Basin Water Resources Management of the Western Bug and Sian Rivers. As a result, the interactive ArcGIS monitoring dashboard has been developed. It visualizes spatial and temporal water level data, integrating a web map with tabular time series data. This ensures automatic synchronization between selecting a post on the map and displaying dynamic charts and analytical tables. The web application facilitates comprehensive analysis of hydrological data.

The proposed solution significantly enhances hydrological monitoring and supports managerial decision-making regarding flood prevention and emergency response. Its practical value lies in its application for water resource management and flood risk assessment, including the visualization of indicators and access to operational information for specialists and authorities. Future research will focus on real-time data updates, integration with meteorological indicators, and development of models for forecasting water levels and potential flood zones.

Keywords: water level; hydrological posts; interactive web map; ArcGIS; hydrological risk; data visualization; Lviv region.

Table: 3. **Fig.:** 5. **References:** 8.