

УДК 680.3+556.5

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.1.103-114>

*Юрій Стародуб, д-р фіз.-мат. наук, професор (ORCID: 0000-0002-1947-7197)*

*Андрій Гавриць, канд. техн. наук (ORCID: 0000-0003-2527-7906)*

*Віктор Ковальчук, канд. наук держ. упр. (ORCID: 0000-0003-0043-4936)*

*Андрій Рогуля, канд. наук держ. упр. (ORCID: 0000-0002-2843-9205)*

*Вікторія Філіппова (ORCID: 0000-0003-0771-1975)*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## ДОСЯГНЕННЯ СТАБІЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ ШЛЯХОМ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ПАВОДКОВОГО ЗАТОПЛЕННЯ В УКРАЇНІ

*На сьогоднішній день дедалі актуальнішою стає проблема забезпечення стабільного розвитку населення і територій від надзвичайних ситуацій, які виникають щороку з більшою частотою.*

*Досягнути стабільного розвитку територій шляхом оптимізації плану проекту визначення зон можливого затоплення паводковими водами, шляхом удосконалення процесу моделювання зон підтоплення територій.*

*В статті запропоновано метод реалізації проєкту встановлення меж зон можливого затоплення паводковими водами, який передбачає відмежування зон, що є першочергові для використання у стабільному розвитку територій і зон, які потребують додаткових заходів захисту від надзвичайних ситуацій природного характеру. Авторами запропонований план оптимізації виконання проєкту визначення зон можливого затоплення паводковими водами шляхом удосконалення процесу моделювання зон підтоплення територій. Кінцевим продуктом реалізації проєкту є інформаційна система, що забезпечуватиме збирання, опрацювання, аналіз, моделювання та надсилання геоінформаційних даних з інформацією про зони ризиків затоплення територій.*

*Розроблений проєкт реалізований за допомогою комп'ютерного моделювання та досліджений на реальному прикладі затоплення територій Магальської сільської ради Чернівецької області України у 2008 році.*

*Результатом дослідження є запропонований план оптимізації виконання проєкту визначення зон можливого затоплення паводковими водами шляхом удосконалення процесу моделювання зон підтоплення територій. Запропонований метод реалізації проєкту визначення зон можливого затоплення паводковими водами дасть можливість на основі комп'ютерного моделювання розрахувати значення глибини затоплення територій на яких можливе виникнення цієї надзвичайної ситуації. В результаті отримані розрахунки будуть використані для створення інженерно-технічних заходів цивільного захисту від затоплення та підтоплення, що повинні забезпечити безпеку населення, яке проживає на цій території.*

**Ключові слова:** *цивільна безпека; проєкт; затоплення; моделювання зон підтоплення; геоінформаційні системи.*

**Вступ.** Згідно сайту державної статистики за 2021 рік виникло 124 надзвичайних ситуацій, 65 з яких природного характеру, а 53 техногенного характеру. В цих надзвичайних ситуаціях загинуло загалом 148 осіб, 24 з яких, від чинників природного характеру. Для попередження різних видів надзвичайних ситуацій застосовують велику кількість заходів об'єктового, місцевого, регіонального та державного рівнів. Найбільше людських втрат та матеріальних збитків виникає внаслідок повеней та затоплень, що з'являються миттєво на великих територіях. Тому, питанню захисту населення і територій від паводків і затоплень в деяких регіонах України приділяють особливу увагу. Так, в Стратегії розвитку Чернівецької області до 2027 року визначено завдання «Протипаводковий захист територій» одним з пріоритетних, щодо забезпечення безпеки в регіоні. Одним із запропонованих заходів реалізації

цього завдання для досягнення стабільного розвитку територій є проведення заходів із захисту від підтоплення та затоплення територій населених пунктів, у тому числі гірських. Згідно [1] стабільний розвиток – здатність системи розвиватися, зберігаючи свою структуру і функціональні особливості за різних впливів зовнішнього середовища. Для ефективної реалізації заходів захисту необхідно попередньо провести спостереження, аналіз, оцінку стану та прогноз впливу на безпеку населення та поширення підтоплення на сусідні території. Для цього необхідно реалізувати певні проекти захисту від затоплення чи підтоплення, одним з таких проектів є визначення зон можливого затоплення паводковими водами.

Моделювання зон можливого затоплення паводковими водами – інтегральний проект, що вимагає, щоб кожен процес, що відноситься до розробленого продукту, був належним чином приведений у відповідність і взаємопов'язаний з іншими процесами для полегшення їх координації. Дії, що виконуються під час одного процесу, звичайно впливають на цей процес та інші пов'язані з ним процеси. Успішне управління даним проектом має містити активне управління цими взаємодіями, щоб задовольнити вимоги спонсора, замовника.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є оптимізувати план виконання проекту визначення зон можливого затоплення паводковими водами, реалізація якого має призвести до захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій гідрологічного характеру. Для досягнення мети передбачено виконання наступних завдань:

1. Аналіз та дослідження проектів визначення зон можливого затоплення паводковими водами.
2. Оптимізація плану проекту.
3. Моделювання зони ризику затоплення (на прикладі паводкової ситуації у 2008 році).
4. Надання пропозицій захисту територій з урахуванням результатів попереднього моделювання.

**Огляд літератури.** Питання реалізації проектів визначення зон можливого затоплення паводковими водами неодноразово було предметом окремих досліджень та гострих дискусій. Значний вклад у розвиток теоретичних засад у питаннях управління проектами, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями в даному напрямку, і методів моделювання паводкових вод зробили: Хета К. Косонен, Матеуш Дудек, Йонг Джіанк, МакКейн Девіс, Юрій Стародуб та ін. [2-9].

Так, в статті [2] досліджено проекти захисту водних об'єктів від забруднення, в тому числі від впливів затоплення. Автори застосували підхід ментальної моделі для дослідження практики прийняття рішень зацікавленими сторонами проекту водних об'єктів у місті Азрак під час фази активного управління інцидентами та для початку роботи з визначення факторів, які впливають на виконання проекту очистки водних об'єктів під час реагування на надзвичайні ситуації. Дослідження показало, що покращення здатності фахівців-практиків розпізнавати й вирішувати нетехнічні внутрішні концепції, які впливають на їхні процеси прийняття рішень, може позитивно вплинути на будівництво та роботу проекту загалом.

У статтях [3, 4] розглядаються проблемні підходи управління, з якими стикається Китай у боротьбі з міськими повенями та управлінням міськими зливовими водами, з особливим акцентом на політичній ініціативі, яка називається губчастими містами. Представлена ініціатива – це сучасне розуміння сталого управління зливовими водами в містах та використання підходів міжнародних проектів захисту від повеней, заснованих на використанні інноваційних методів, що направлене на пом'якшення зростаючих повеней та пов'язаних з ними водних та екологічних наслідків, проблем екологічної інфраструктури. Окрім низки позитивних рис реалізації даного проекту авторами наводяться основні проблеми його реалізації. Починаючи від технологічної складності й закінчуючи обмеженими можливостями управління або їх відсутністю, що відображено в ідеології управління, об'ємах та можливостях навчання, спільному та інтегрованому управлінні, фінансуванні інвестицій, шляху реалізації, планування, організація та оцінки проекту. Дані проблеми, навіть враховуючи запропоновані шляхи їх вирішення, вказують на обмеження використання даної методики в населених пунктах, де використовуються дренажні системи управління зливовими водами.

Як і в роботі описаній вище, дослідження авторів статті [5] розглядає проблему використання різноманітних підходів захисту від повеней в міських агломераціях. Проаналізувавши велику кількість методів та підходів управліннь до вирішення цього завдання автори пропонують використовувати стійкі міські дренажні системи (SUDS) в якості основних заходів. Стійкі міські дренажні системи мають на меті уповільнити та зменшити кількість поверхневого стоку в районі, щоб мінімізувати ризик повеней у нижній течії та зменшити ризик дифузного забруднення міських водойм. Заходи, запропоновані цим підходом, повністю засновані на природній довготривалій перспективі (наприклад, висадка дерев чи створення систем біоретенції) і не передбачають технологічних інноваційних заходів захисту від затоплення.

Дослідження [6, 7] описує підходи до моделювання небезпек внаслідок затоплення підземних шахт, що дасть можливість передбачити виникнення надзвичайних ситуацій на поверхні землі. Авторами запропонована методологія, представлена в статті, заснована на методі кінцевих елементів, що дозволяє після калібрування 3D чисельної моделі за допомогою вимірювань поверхневих просядок, а також геолого-гірничих даних змодельовати процес затоплення шляхом зміни щільності середовища відповідно до класичних принципів механіки ґрунтів і гірських порід, а потім отримати прогнозовані значення зміни поверхні землі. Дана методологія працює лише в обмежених просторах (шахтах) і не містить умови насиченості ґрунту паводковими водами.

В статті [8] порушене питання необхідності прогнозування небезпеки та розроблення заходів захисту території Червоноградського гірничо-промислового району від затоплення. Авторами проведена оцінка екологічної небезпеки надходження металів у води річки Західний Буг у випадку підйому рівня води. На основі концептуальної моделі, описаної авторами в статті [9], розроблена модель прогнозованого затоплення та забруднення досліджуваної території. Ця стаття передбачає використання запропонованої методики лише у випадках виникнення надзвичайних ситуацій на усіх видах функціонального призначення території (населених пунктах, сільськогосподарських угіддях чи шахтах). Проте існує необхідність запровадження схожих проєктів для визначення зон можливого паводкового затоплення саме до настання цієї надзвичайної ситуації.

Проте, це питання й досі вирішується неоднозначно. Аналізуючи сучасні проєкти визначення зон затоплення, можна зауважити, що вони нерідко базуються на принципово різних підходах. Навіть для окремих зон існують різні методики їх класифікації. На сьогодні, на законодавчому рівні встановлено єдину систему класифікації зон затоплення в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України (далі – КМУ) [10].

**Матеріали і методи.** У процесі проведення дослідження використані методи моделювання, системного та структурного аналізу – для вивчення предметної області системи попередження надзвичайних ситуацій та проведення порівняльного аналізу відомих моделей і розробки нових; програмні засоби імітаційного моделювання виникнення надзвичайних ситуацій – для візуального представлення наслідків надзвичайних ситуацій та моделювання зон ризиків затоплення території.

Метою створення проєкту визначення зон можливого затоплення паводковими водами (далі – ПВЗМЗ) є створення єдиної інформаційно-аналітичної системи, що дозволяє проводити збір, обробку, систематизацію та поширення інформації про стан зон можливого затоплення та якість водних ресурсів у вигляді інформаційних продуктів.

Призначенням ПВЗМЗ є ефективне управління підготовкою до екстрених випадків, підвищення безпеки життєдіяльності населення на основі створених інформаційних продуктів, надання інформаційних послуг фізичним та юридичним особам.

Завдання ПВЗМЗ – поширення достовірної неупередженої інформації про зони затоплення серед органів влади, служб та населення.

Основний результат ПВЗМЗ є модель зон можливого затоплення та платформа поширення інформації серед користувачів.

Побічний результат ПВЗМЗ є проектування протипаводкових споруд, аналіз витрат часу на евакуацію людей, аналіз економічних втрат під час паводків, аналіз реагування екосистем на паводки, інформація про розміщення людей, техніки та інших ресурсів.

Вхідні дані: цифрова модель рельєфу, аерофото- та космознімки, метеорологічні дані, паперові карти на район робіт.

Документи та матеріали, що повинні бути представлені за результатом виконання робіт:

- детальний план створення і впровадження ПВЗМЗ;
- інформаційні продукти ПВЗМЗ (модель зон можливого затоплення та платформа поширення інформації серед користувачів).

Складові елементи оптимізованого плану проекту вивчення небезпек водних надзвичайних ситуацій представлені на рисунку 1.

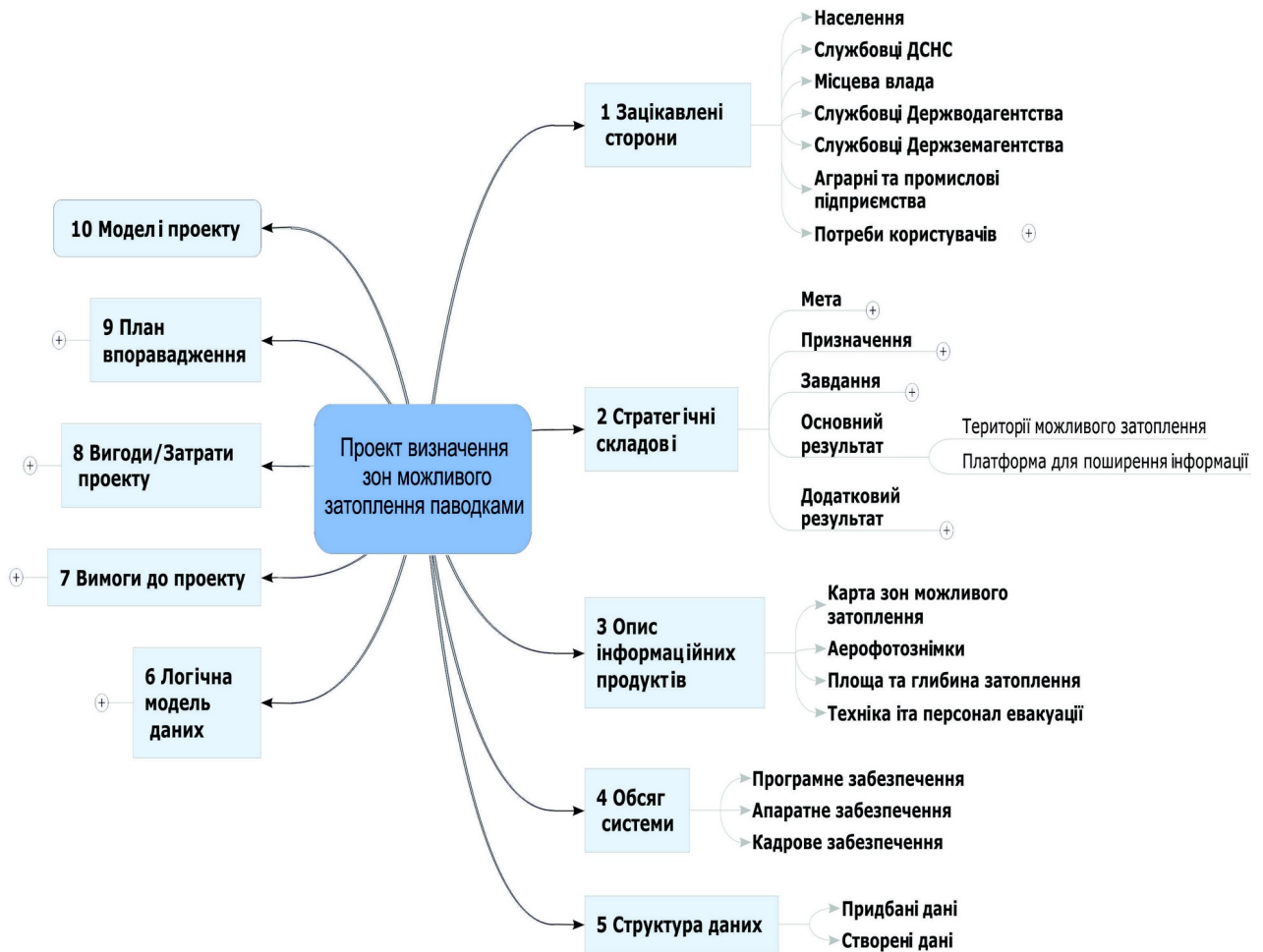


Рисунок 1. Складові елементи проекту вивчення небезпек водних надзвичайних ситуацій. Джерело: власна розробка авторів

ПВЗМЗ паводковими водами створюється в результаті діяльності проектної команди. Проектна команда складається з: менеджера проекту, досвідченого спеціаліста з геоінформаційних систем; штатного працівника замовника; регіонального штатного працівника; у разі необхідності долучаються консультанти.

Команда проекту створює ПВЗМЗ на основі детального плану створення і впровадження ПВЗМЗ, що складається з наступних компонентів, що зображені на рисунку 1:

1. Зацікавлені сторони проекту та їх потреби.
2. Стратегічні складові проекту.
3. Опис інформаційних продуктів.
4. Обсяг системи проекту.

5. Структура даних проекту.
6. Логічна модель даних.
7. Вимоги до проекту.
8. Вивчення затрат/вигод і ризиків впровадження проекту.
9. План впровадження проекту.
10. Моделі проекту.

Під час створення ПВЗМЗ необхідно дотримуватись вимог Законодавства України [10-13] та міжнародних стандартів [14], зокрема створені геопросторові дані повинні бути передані до Державного картографо-геодезичного фонду України згідно з положеннями документів [10,12].

Контроль за роботою проектної команди проводить наглядовий комітет, який повинен збиратись не рідше ніж щомісячно для розгляду звітів проектної команди та ухвали ключових рішень.

На всіх етапах створення ПВЗМЗ підготовку даних та їх безпосереднє занесення в атрибутивні таблиці здійснює проектна команда, вона ж несе відповідальність за достовірність занесеної інформації.

Користувачами ПВЗМЗ є посадові особи підрозділів місцевої влади, волонтери інформаційних центрів, працівники інших органів та служб, а також громади населених пунктів.

Потреби користувачів полягають в цілодобовому доступі до інформації на безоплатній основі через мережу Інтернет та в роздрукуванні стендів в інформаційних центрах усім фізичним та юридичним особам.

Коротко опишемо інформаційні продукти проекту. Модель зон можливого затоплення повинна представляти у вигляді карти та містити цифрову модель рельєфу, аерофотознімок, інформацію про конфігурацію, площу та глибину затоплення [15].

Модель витрат часу на евакуацію людей повинна бути у вигляді карти та містити аналіз автошляхів, аналіз доступної техніки, час евакуації.

ПВЗМЗ має містити інформацію про розміщення, кількість та характеристики наявного персоналу, техніки та інших ресурсів у вигляді картографічних символів.

Обсяг системи ПВЗМЗ представляє реальні дані, апаратні і програмні засоби, що обираються командою геоінформаційної системи (далі – ГІС-командою). Описи інформаційних продуктів перетворюють у майстер-список вхідних даних. Базовий майстер список вхідних даних, приклад:

1. Цифрова модель рельєфу у векторному TIN форматі на територію 18 інформаційних центрів. Приблизний обсяг 4 Гб.
2. Аерофотознімки на територію України та супутникові знімки на територію Румунії та Молдови в електронній формі. Приблизний обсяг 20 Гб.
3. Паперові карти з нанесеними базовими шарами (вулиці, автошляхи). Формат аркушів А0-А4. Приблизний обсяг 40 листів.

Апаратне забезпечення не нижче персональних комп'ютерів Intel i3/3Gb RAM/500HDD/Nvidia Geforce 405, чорно-білий принтер, монітор 19'', доступ до мережі Інтернет на швидкості не менше 5 Mbit за секунду.

Програмне забезпечення не менше однієї платної ліцензійної копії Digitals/Delta® для редагування інформації та 18 безкоштовних демоверсій для перегляду ПВЗМЗ.

ПВЗМЗ створюється на основі аерофотознімання та пошарової інформації. Основні шари карти:

- межі адміністративних одиниць;
- елементи забудови;
- автомобільні шляхи;
- земельні ділянки з характеристикою рослинності;
- підземні та наземні комунікації;
- назви вулиць.

Перелік шарів з їх назвами може уточнюватись та розширюватись.

Точність шарів повинна бути не нижчою за вимоги топографічних карт масштабу 1:50000.

Виконується занесення атрибутивної інформації об'єктів, що містяться на відповідних шарах. Використовуються таблиці формату dbf. Назви полів таблиць узгоджуються з зацікавленими підрозділами інформаційних центрів та органами місцевого самоврядування. Кількість полів та їх назва може уточнюватись під час виконання робіт.

Вирішуються питання організації резервного копіювання інформації з метою недопущення її втрати.

За узгодженням з відповідними службами виконується розробка стандартних звітів, формування яких можливе з використанням наявного програмного забезпечення.

Масштаб шарів не повинен бути дрібнішим за значення 1:50 000. Роздільна здатність цифрової моделі не повинна перевищувати 90 м на місцевості. Картографічна проекція шарів – Гаусса-Крюгера. Система координат шарів – умовна система координат СК63. Шари повинні бути топологічними (не містити розривів та накладок). Дані шарів повинні зберігатись у реляційній базі моделі даних.

Проект ПВЗМЗ використовує ієрархічну структуру будови моделей. Результати виконання попередньої моделі є основою наступних. Моделі і зв'язки моделей ПВЗМЗ зображені на рисунку 2. Початковою – виступає модель водозбірних басейнів.

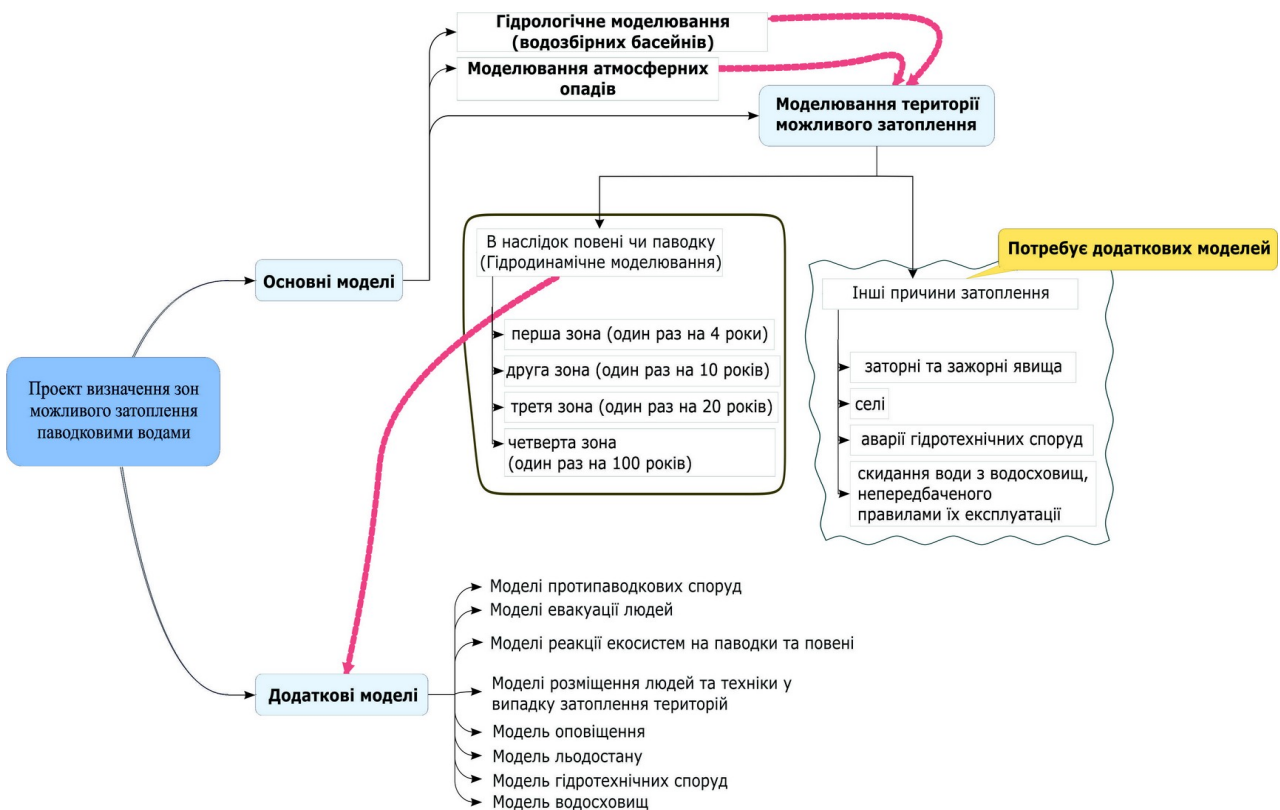


Рисунок 2. Моделі, що використовуються у ПВЗМЗ. Джерело: власна розробка

авторів

ГІС-команда на підставі описів інформаційних продуктів та майстер списків вхідних даних встановлює сумарне використання функцій ПВЗМЗ, класифікує системні функції на три класи за частотою використання та визначає тип мережевої системи ПВЗМЗ. За результатом визначення вимог до ПВЗМЗ складається звіт про попередню структуру ПВЗМЗ.

Вивчення затрат/вигод і ризиків впровадження ПВЗМЗ проводять у чотири етапи:

- визначення витрат за роками;
- розрахунок вигод за роками;
- порівняння вигод і витрат;
- розрахунок співвідношення витрат/вигод;

Вивчення ризиків проводять у три етапи:

- визначення ризиків;
- аналіз ризиків;
- планування управління ризиками.

Результатом вивчення ризиків є план управління ризиками ПВЗМЗ. Результатом вивчення витрат/вигод є визначення рентабельності впровадження ПВЗМЗ.

План впровадження ПВЗМЗ повинен містити:

1. Аналіз робіт з партнерами, органами влади та іншими організаціями.
2. Технічну інформацію про способи обміну даними (формат, точність, стандарт метаданих та фізичне розміщення даних).
3. Аналіз правових питань.
4. Системну інтеграцію з існуючим устаткуванням.
5. Вузькі потенціальні місця продуктивності.
6. План захисту та безпеки системи.
7. План підбору та навчання персоналу роботи з ПВЗМЗ.
8. План закупівлі необхідного апаратного та програмного забезпечення.
9. План поточного тестування та тестування перед передачею системи замовнику.
10. План управління змінами при впровадженні ПВЗМЗ.
11. Бюджет створення та використання ПВЗМЗ.

Результатом моделі, що показана на рисунку 2, виступає гідрологічна мережа території та водозбірні басейни в точках гирл. Модель атмосферних опадів дозволяє вдосконалити та підвищити точність розрахунків під час моделювання територій можливого затоплення. Додаткові вхідні моделі даних дозволяють розширити можливості проекту. Для прикладу модель затору з заданими параметрами висоти та ширини затору, дозволяє змодельовувати території, що затопляться в результаті затору на руслі потоку.

Схема процесу моделювання територій можливого затоплення представлена на рисунку 3.

**Результати дослідження.** Результатом дослідження є запропонований план оптимізації виконання проекту визначення зон можливого затоплення паводковими водами шляхом удосконалення процесу моделювання зон підтоплення територій.

Процес моделювання розпочинається зі збору вхідних даних:

1. Створення водозбірного басейну території, що отримується з попереднього моделювання.
2. Визначення гідрологічної мережі, що отримується з попереднього моделювання.
3. Завантаження цифрової моделі рельєфу.
4. Кількість опадів в межах водозбірного басейну, за регресійною формулою або за моделлю гідрографа.
5. Аерофотознімки досліджуваної території.
6. Статистичні історичні дані затоплення досліджуваної території.
7. Отримання даних зйомки із землі.

Підготовча обробка даних у ArcGIS 10.1 за допомогою модуля GeoRAS 10.1 приводиться для співставлення до єдиного формату та встановлення єдиних зв'язків згідно наступних етапів:

1. Витрата води з басейну з повторюваністю 2, 4, 10, 20, 100 років для русла та приток.
2. Фіксування основного русла і приток.
3. Фіксування берегових ліній.
4. Фіксування гідротехнічних споруд.

5. Фіксування мостів та їх інфраструктури (насипи, тощо).

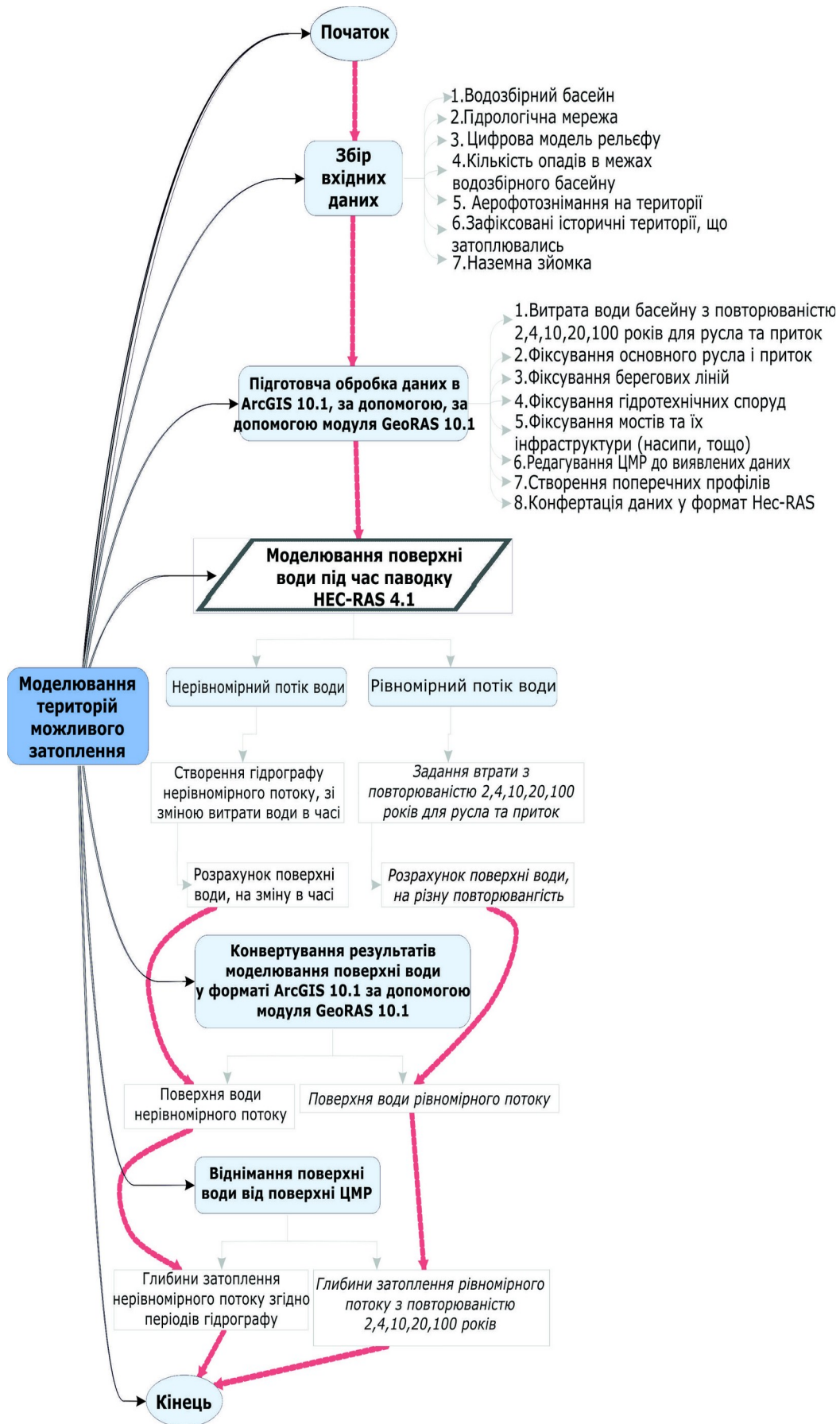


Рисунок 3. Схема процесу моделювання території можливого затоплення.  
Джерело: власна розробка авторів



6. Редагування ЦМР до виявлених даних.
7. Створення поперечних профілів.
8. Конвертація даних у формат Hec-RAS.

Моделювання поверхні води під час паводку в HEC-RAS 4.1 дозволяє отримати два відмінних результати на базі двох різних підходів:

- нерівномірний потік води. Спершу потрібно створити гідрограф нерівномірного потоку зі зміною витрати води в часі;
- рівномірний потік води. Задаються витрати з повторюваністю раз у 2, 4, 10, 20, 100 років для русла та приток.

Отримані результати конвертуються з формату HEC-RAS у формат ArcGIS 10.1 за допомогою модуля GeoRAS 10.1.

Для отримання глибини затоплення проводиться арифметичне віднімання рівня поверхні води від рівня поверхні цифрової моделі рельєфу (далі – ЦМР).

З метою перевірки ефективності оптимізованого плану проєкту проведено моделювання зон затоплення паводку 26-28 липня 2008 року на території Магальської сільської ради Чернівецької області, Україна. Результат визначених зон затоплення представлений на рисунку 4.

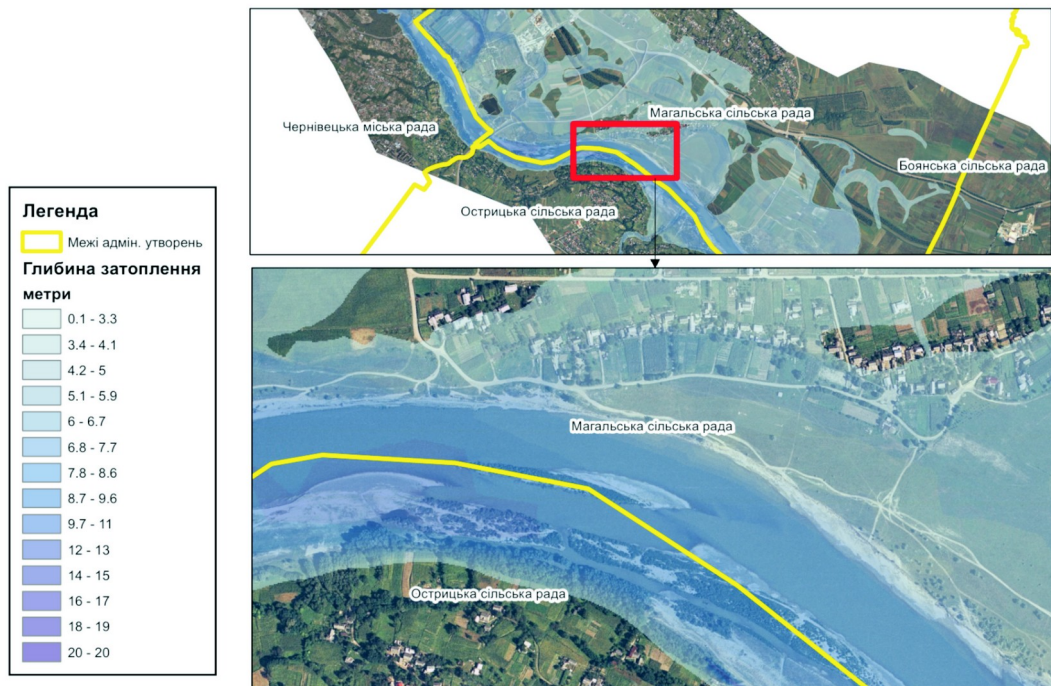


Рисунок 4. Результат моделювання зони ризиків затоплення території Магальської сільської ради у 2008 році. Джерело: власна розробка авторів

Результатом виконання проєкту є створення інформаційної системи, що забезпечить збирання, опрацювання, аналіз, моделювання та надсилання геоінформаційних даних з інформацією про зони ризиків затоплення територій. Загальний вигляд такої інформаційної системи наведений у роботі [9].

**Обговорення.** На рисунку 4 бачимо територію в двох масштабах, дрібному та збільшеному. На збільшеному масштабі відображаються будинки, вулиці, території, що були затоплені внаслідок паводку, що стався на цій території в 2008 році. Результат моделювання був звірений з даними інвентаризації земель, що були затоплені паводком. Розбіжності не перевищували 50 м у плані та 3 м по висоті.

З рисунку 4 бачимо, що великі території населеного пункту з житловими будівлями розміщуються в зоні затоплення паводком. Під час порівняння результатів паводків з офіційними документами [16] встановлено, що розбіжності забезпечують вимоги точності.

**Висновки.**

1. Проблема забезпечення стабільного розвитку територій, на яких існує ризик виникнення затоплення, полягає у реалізації ряду заходів покликаних визначити зони виникнення цих надзвичайних ситуацій та створення ефективних заходів інженерно-технічного захисту.

2. Відповідний рівень безпеки населення і території досягається шляхом реалізації проєктів захисту від затоплення чи підтоплення, одним з яких є проєкт визначення зон можливого затоплення паводковими водами. Авторами запропонований план оптимізації виконання цього проєкту шляхом удосконалення процесу моделювання зон підтоплення територій на основі комп'ютерного моделювання меж небезпечних зон, які піддаються затопленню. Це дасть можливість оцінити межі поширення небезпеки на сусідні території, а також розрахувати значення глибини затоплення територій, на яких можливе виникнення цієї надзвичайної ситуації та прийняти правильне управлінське рішення по розміщенню інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

3. Правильність розрахунку та реальність комп'ютерної моделі було перевірено з фактичними затопленнями, що траплялися на цій території згідно офіційних історичних даних шляхом порівняльного аналізу. Під час порівняння результатів з офіційними документами встановлено, що розбіжності забезпечують вимоги точності, а отже реалізація запропонованого оптимізованого проєкту визначення зон можливого затоплення паводковими водами дасть можливість досягнути стабільного розвитку території за різних впливів зовнішнього середовища.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Камінський, В. Ф., Сайко, В. Ф. (2014). Стратегія оптимізації використання земельних ресурсів в агропромисловому виробництві України в контексті світового стабільного розвитку. Вісник аграрної науки, (3), 5-10.
2. Kosonen, H. K., & Kim, A. A. (2018). Mental model approach to wastewater treatment plant project delivery during emergency response. *Journal of construction Engineering and Management*, 144(6), 05018005.
3. Jiang, Y., Zevenbergen, C., & Ma, Y. (2018). Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. *Environmental science & policy*, 80, 132-143.
4. Bloemen, P., Reeder, T., Zevenbergen, C., Rijke, J., & Kingsborough, A. (2018). Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23(7), 1083-1108.
5. Davis, M., & Naumann, S. (2017). Making the case for sustainable urban drainage systems as a nature-based solution to urban flooding. In *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas* (pp. 123-137). Springer, Cham.
6. Dudek, M., Tajduś, K., Misa, R., & Sroka, A. (2020). Predicting of land surface uplift caused by the flooding of underground coal mines—A case study. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 132, 104377.
7. Dudek, M., & Tajduś, K. (2021). FEM for prediction of surface deformations induced by flooding of steeply inclined mining seams. *Geomechanics for Energy and the Environment*, 28, 100254.
8. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX* (Vol. 10783, p. 107830P). International Society for Optics and Photonics.

9. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P., (2018). Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding. MATEC Web of Conferences 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824700019FESE> 2018).
10. Постанова КМУ від 04.04.2018 року №247 «Про затвердження Порядку розроблення плану управління ризиками затоплення».
11. ДСТУ 7894:2015 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Методика оброблення даних. Порядок розроблення».
12. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 червня 2013 р. № 483 «Порядок інформаційної взаємодії між кадастрами та інформаційними системами».
13. Наказ МВС України від 17 січня 2018 року № 30 «Про затвердження Методики попередньої оцінки ризиків затоплення».
14. ДСТУ 19101:2009 «Географічна інформація. Еталонна модель» (ISO 19101:2002).
15. Web-site EarthExplorer. Access: \www/ URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>.
16. Технічна документація з інвентаризації земель Магальської сільської ради Чернівецької області, що були затоплені в результаті паводку 26-28 липня 2008 року. Чернівецький науково-дослідний та проєктний інститут землеустрою 2009 рік.

## REFERENCES

1. Kaminskyi V.F., & Saiko V.F. (2014). Strategy for optimizing the use of land resources in agro-industrial production of Ukraine in the context of global sustainable development. Bulletin of Agricultural Science, (3), 5-10.
2. Kosonen, H. K., & Kim, A. A. (2018). Mental model approach to wastewater treatment plant project delivery during emergency response. Journal of construction Engineering and Management, 144(6), 05018005.
3. Jiang, Y., Zevenbergen, C., & Ma, Y. (2018). Urban pluvial flooding and stormwater management: A contemporary review of China's challenges and "sponge cities" strategy. Environmental science & policy, 80, 132-143.
4. Bloemen, P., Reeder, T., Zevenbergen, C., Rijke, J., & Kingsborough, A. (2018). Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(7), 1083-1108.
5. Davis, M., & Naumann, S. (2017). Making the case for sustainable urban drainage systems as a nature-based solution to urban flooding. In Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas (pp. 123-137). Springer, Cham.
6. Dudek, M., Tajduś, K., Misa, R., & Sroka, A. (2020). Predicting of land surface uplift caused by the flooding of underground coal mines—A case study. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 132, 104377.
7. Dudek, M., & Tajduś, K. (2021). FEM for prediction of surface deformations induced by flooding of steeply inclined mining seams. Geomechanics for Energy and the Environment, 28, 100254.
8. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX (Vol. 10783, p. 107830P). International Society for Optics and Photonics.
9. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P., (2018). Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding. MATEC Web of Conferences 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/matecconf/201824700019FESE> 2018).
10. Resolution of the Cabinet of Ministers of 04.04.2018 №247 "On approval of the Procedure for developing a flood risk management plan".
11. DSTU 7894: 2015 "Remote sensing of the Earth from space. Methods of data processing. The order of development ".

12. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of June 3, 2013 № 483 "Procedure for information interaction between cadastral and information systems of the approved".
13. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine 17.01.2018 №30 "On approval of the Methodology of preliminary assessment of flood risks".
14. DSTU 19101: 2009 "Geographical information. Reference model "(ISO 19101: 2002).
15. Web-site EarthExplorer. Access: \www/ URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>.
16. Technical documentation on the inventory of lands of Magal village council of Chernivtsi region, which were flooded as a result of the flood of July 26-28, 2008. Chernivtsi Research and Design Institute of Land Management 2009.

*Yurii Starodub, DSc, Prof., Andrii Havrys, PhD, Viktor Kovalchuk, PhD,  
Andrii Rogulia, Viktoria Filippova,  
Lviv State University of Life Safety*

### **ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES BY IMPLEMENTATIONS THE PROJECT OF DETERMINATION OF FLOOD ZONES IN UKRAINE**

*Stable development of territories is to ensure the security of current and future generations of the population living in this area. As the number of emergencies increases, it becomes more difficult to do so every year.*

*Optimize the project plan to identify areas of possible flooding by flood waters to achieve stable development of territories.*

*The authors a method of setting the boundaries of zones of possible flooding floodwater was proposed, that clearly demarcates areas that priorities for sustainable development of territories and areas that require additional security measures from the action of natural emergencies. The paper plan optimized project management determines areas of possible flooding floodwater were proposed, which measures to improve the quality and timing of the modelling process areas of possible flooding were shown. The project resulted in the definition of areas of possible flooding floodwater is information (automated) system for collecting, processing, analysis, design and delivery of geospatial data area (zone) possible flooding.*

*The developed project was implemented with the help of computer modeling and studied on a real example of flooding of the territories of Magal village council of Chernivtsi region of Ukraine in 2008.*

*The result of the study is a proposed plan to optimize the project to identify areas of possible flooding by flood waters by improving the process of modeling areas of flooding. The proposed project to identify areas of possible flooding by flood waters will provide an opportunity to programmatically obtain the depths of flooding in areas where there is a risk of these natural emergencies. The obtained data will be used to create engineering and technical measures to protect areas from flooding, which will ensure the safety of current and future generations of the population living in this area.*

**Key words:** *civil protection; project; flooding; modelling flooding zones; geographic information systems.*