

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ЗАХІДНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО УТГК
НАУКОВО – ДОСЛІДНИЙ ГЕОДЕЗИЧНИЙ, ТОПОГРАФІЧНИЙ І КАРТОГРАФІЧНИЙ
ІНСТИТУТ (ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА)
ЗАКАРПАТСЬКА РЕГІОНАЛЬНА ФІЛІЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКЕ
АЕРОГЕОДЕЗИЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «СИНЕВИР»
ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ «АСОЦІАЦІЯ ФАХІВЦІВ
ЗЕМЛЕУСТРОЮ УКРАЇНИ»**

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

**МАТЕРІАЛИ
ХІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО - ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

26-28 жовтня 2023 р.

Ужгород

Ужгород – 2023

УДК 630+528.4(063)
ББК ПЗ+Д143л0
М34

Матеріали XI-ї міжнародної науково-практичної конференції «НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ» (26-28 жовтня 2023 року). – Ужгород: Видавництво, 2023. – с.205

У збірнику матеріалів конференції представлені роботи, які відображають загальнотеоретичні, методологічні, практичні проблеми та результати досліджень у галузі вивчення рухів земної поверхні, вищої геодезії, інженерної геодезії, картографії, аерогеодезії, фотограмметрії, геоінформатики, кадастру, правових відносин у галузі землекористування, лісівництва, заповідної справи та раціонального природокористування.

Рекомендується для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та широкого кола громадськості.

Редакційна колегія:

*декан, к.т.н. І.Калинич (відповідальний редактор),
доцент, к.б.н. А. Мигаль (заступник відповідального редактора),
професори, доктори технічних наук С. Савчук, І. Тревого,
професор, д.ф.-м.н. В. Дробнич, доцент, к.геогр.н. М.Карабінюк,
доцент, к.б.н. Л. Потіш, професор, д.ф.-м.н. С.Поп, доцент, к.н.з.д.у. В. Пересоляк*

технічний редактор М. Ничвид

Відповідальний за випуск: доцент, к.б.н. А. Мигаль

Матеріали подано в авторській редакції.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори.

**Рекомендовано до друку
Редакційно-видавничою радою ДВНЗ "УжНУ"
(протокол №6 від 24 жовтня 2023 року)**

Адреса редакції:

*Ужгород 88000, вул. Університетська, 14
Географічний факультет ДВНЗ «УжНУ»
тел./факс (0312)640354*

ISBN 978-617-8127-28-2

© Ужгородський національний університет, 2023

УДК 680.3+556.5

А.В.Шлінські, І.П.Радиш

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

shlinsky77@ukr.net, ihor.radysh@uzhnu.edu.ua

СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ДІЛЯНКИ СІЛ БЕНЕ, БОРЖАВА, ВАРИ ЯК БАЗОВА СКЛАДОВА ПРИ ПЛАНУВАННІ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Метою дослідження є розробка ефективної моделі зон затоплення для сіл Бене, Боржава та Вари, яка допоможе в майбутньому плануванні населених пунктів та їх розвитку. Проект поєднує в собі геологічні, геоморфологічні та історичні дані для створення моделі зон затоплення. Застосування цих даних дозволяє розробити більш точну модель, яка враховує різноманітні фактори, включаючи зміни клімату.

Ключові слова: зони затоплення, річка Боржава, зміни клімату, гідрологічні показники, протипаводковий захист, паводковий моніторинг.

Постановка проблеми

Правильне планування населених пунктів, яке враховує дані моделювання зон затоплення, допомагає уникнути ситуацій, коли житлові зони потрапляють під загрозу, що може мати ризик для життя і здоров'я людей. Врахування можливих зон затоплення при плануванні дозволяє також уникнути великих витрат на відновлення після негоди, заощаджує кошти при плануванні гідротехнічних споруд, адже одразу можна визначити рівень достатнього забезпечення безпеки населення запроєктованими інженерними рішеннями. Як результат, попередження затоплень допомагає уникнути забруднення водойм і нанесення шкоди екосистемі, дозволяє зберегти природні ресурси, побудувати інфраструктуру, яка буде стійкою до паводків і захищена від пошкоджень і руйнувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Один з прикладів сучасної системи прогнозування та попередження паводків у світі - це система "European Flood Awareness System" (EFAS), що розроблена Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF) разом з Європейською комісією та іншими партнерами [2].

Система поєднує дані з різних джерел, таких як метеорологічні моделі, дані зі спостережень за річками та озерами, телеметричні дані, інформацію про стан водостоку тощо. Одна з головних

особливостей EFAS - це здатність виявляти паводкові загрози на певній території та вчасно випускати попередження [3].

У статті [2] описується проста растрова модель для симуляції затоплення водою певних територій. В ній розглядається один із методів моделювання повеней та зон затоплення, який використовує растровий підхід. Результати цієї роботи можуть бути корисними для тих, хто працює з гідрологічним моделюванням і потребує простих і ефективних методів симуляції затоплень.

Постановка завдання

Ця стаття стосується об'єкту дослідження а саме річки Боржава та її гідрологічних показників на постійно діючому посту системи протипаводкового захисту АІВС Тиса, назва посту с.Нижні Ремети Берегівського (минушого) району, дані отримано за період з 01.03.2018 по 31.08.2018 з періодичністю 15 хв, в сумі отримано більше 15 000 показників рівня води.

Виклад основного матеріалу

В українському земельному праві дослідження з питань планування та охорони земель, які є основою просторових ресурсів, ключовим засобом у сільському та лісовому господарствах, а також елементом ландшафту та екосистем, проводили такі вчені як В.І. Андрейцев, Г.І. Балюк та інші експерти у сферах екологічного, аграрного, адміністративного та конституційного права. Вивчення їх робіт свідчить, що багато з них акцентували на тому, що екстремальна

децентралізація у земельних питаннях не є доречною для державного регулювання в контексті захисту та використання землі, особливо коли земельні відносини мають змішане приватно-державне значення. Проте, довгий час ці дослідження не відображались в державній політиці та законодавстві. Існуючі правові виклики у сфері земельного планування продовжують бути предметом уваги науковців, адже їх аспекти у контексті децентралізації та розвитку місцевого самоврядування залишаються недостатньо вивченими [1].

У вітчизняному контексті децентралізація державних повноважень у сфері земельних відносин стала актуальною після того, як за 15-20 років після прийняття Земельного кодексу України 25 жовтня 2001 року влада сфокусувалась на максимальній централізації своїх функцій. Це стосувалось питань планування територій, землеустрою, реєстрації земельних ділянок, а також контролю над землями державної власності за межами міст і сіл. У результаті такого підходу місцевому самоврядуванню дозволялось діяти лише у межах населених пунктів. Такі зміни в управлінні призвели до проблем корупції, хабарництва та інших неправомірних дій.

Основним виходом з цієї ситуації може бути побудова держави, яка буде відповідати демократичним, правовим та соціальним стандартам. Це можливо, коли держава передасть частину своїх обов'язків на рівень місцевих громад, зокрема у сфері управління землею та іншими природними ресурсами, надаючи гарантії відповідно до Конституції України.

Для аналізу такої гігантської для сприйняття людиною числа даних потрібно використовувати сучасні методи статистики а також трохи програмування для спрощення обчислень. Для отримання статистики ми знайшли моду (115,31 м), середнє арифметичне (116,28 м), медіану (115,95) та стандартне відхилення (0,92502) рівнів води за отриманий період [4]. На рисунку 1 представлено гістограму розподілу рівнів води за частотою а на рисунку 2 представлено гідрограф рівнів води за наявний період.

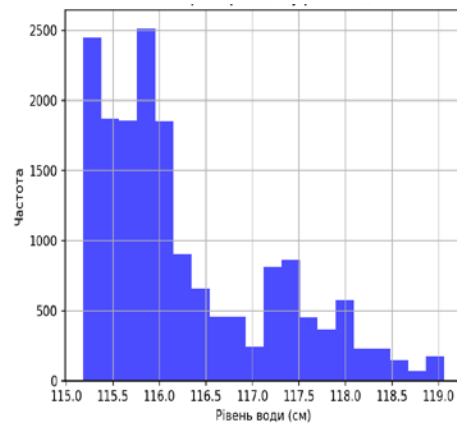


Рис.1. Гістограма частотності рівнів води

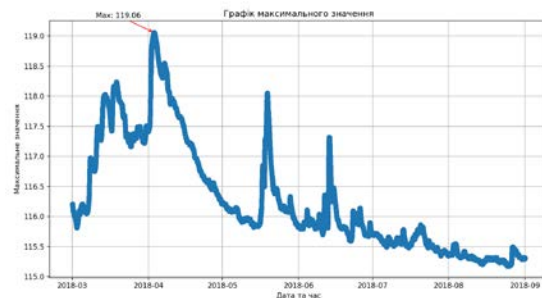


Рис.2. Гідрограф рівнів води (Максимальний рівень 119,06 м)

У реаліях сьогодення, на території Закарпаття є достатня кількість моніторингових служб за станом природних ресурсів, в тому числі, водних, що свідчить про підтримання ідеології раціонального природокористування на регіональному рівні. Проте аналіз інформації зазвичай проводиться лише з використанням декількох чинників без урахування повноти всіх даних. До прикладу, Державна служба надзвичайних ситуацій України збирає дані щодо потерпілих територій від паводків, без зазначення гідрологічних показників.

Проблема несистематичного збору даних різними структурами про якісні-кількісні показники складу поверхневих вод на ряду з тенденціями щодо змін клімату, вирубок лісів, прискоренням стоку річок, змін їх гідрологічних показників, нераціональному водокористуванні через декілька десятиліть може поставити Україну в питанні кількості водних ресурсів на один щабель з країнами, що потерпають від нестачі прісної води.

Дану проблему можна вирішити шляхом впровадження правильної політики у сфері водокористування, раціонального

землекористування аналізуючи дані єдиної геоінформаційної системи Державного водного кадастру.

В цьому контексті, важливо зазначити, що оптимізована система моніторингу та управління водними ресурсами може відігравати ключову роль у забезпеченні стійкості та раціонального використання цих ресурсів в умовах зміни клімату та зростаючого ризику природних катастроф.

Однією з ключових переваг цієї дослідницької роботи є використання передових технологій геоінформаційних систем (ГІС) та моделювання гідрологічних процесів за допомогою Nes Ras. Це дозволяє не лише точно визначити зони ризику, але й забезпечити можливість надійного аналізу та вдосконалення рішень на основі великого обсягу даних.

TIN - це трикутна сітка, побудована на місцях (x,y) набору даних точок. Для створення TIN спочатку встановлюється периметр навколо даних точок, який називається опуклою оболонкою. Щоб з'єднати внутрішні точки, створюються трикутники з усіма внутрішніми кутами, якомога більш рівними. Ця процедура називається триангуляцією Делоне. Включаючи розмір висоти (z) для кожного вершини трикутника, трикутники можна підняти та нахилити, щоб сформувати площину. Збірка всіх таких трикутних площин формує зображення рельєфу місцевості з значною деталізацією (Рисунок 6). Трикутники TIN є маленькими, де поверхня землі є складною та детальною, наприклад, річкові канали, і більшими на рівних або помірно нахилених ділянках [4].

Додаткові дані про висоту, такі як висота в вершинах та западинах та лінії перелому, також можна включити в модель TIN. Лінії перелому представляють значущі рельєфні особливості, такі як потоки або дороги, які є показниками зміни нахилу; трикутники TIN не перетинають лінії перелому. У тривимірному зображенні та моделюванні поверхні TIN зазвичай є бажаною моделлю даних GIS. Деякі причини переваги моделі TIN включають наступне: • потребує набагато меншої кількості точок, ніж сітка, для представлення рельєфу з однаковою точністю • може бути

легко адаптований до змінної складності рельєфу • підтримує точкові, лінійні та полігонні особливості • оригінальні вхідні дані зберігаються в моделі та враховуються при аналізі.

Природоохоронний пріоритет, як ми зазначили, має відображатися в стратегіях і планах, які стосуються землеволодіння та землекористування, зокрема, у сільському господарстві. З одного боку, це означає, що необхідно акцентувати увагу на захисті родючих ґрунтів, відновленні та підвищенні їх якості. З іншого - приймати рішення, які враховують довготривалу перспективу, сприяючи збереженню екосистем і підтримці біорізноманіття [5,6].

Тенденцій сучасного розвитку, взаємодія між різними сферами діяльності, а також підходи, основані на ринкових принципах та забезпечення рівноправного доступу до ресурсів, є ключовими елементами в плануванні сталого сільськогосподарського землекористування.

У контексті цієї задачі, важливо підкреслити декілька аспектів:

- 1. Міждисциплінарний підхід:** Планування сільськогосподарського землекористування не може бути ефективним без узгодженої роботи між різними сферами: економікою, екологією, землеустроєм, містобудуванням тощо. Це потребує глибокого інтеграційного підходу.
- 2. Забезпечення права:** Розробка нормативно-правових документів, які гарантують рівноправний доступ до земельних ресурсів, є важливою для формування прозорого та ефективного земельного ринку.
- 3. Урахування локального контексту:** При розробці планових документів необхідно враховувати особливості конкретної території, її історичний, культурний та природний контекст.
- 4. Забезпечення участі громади:** Активна участь громадськості у процесах планування і реалізації проєктів є ключовою для забезпечення їх ефективності та соціальної справедливості.

5. Постійний моніторинг та адаптація: В умовах швидкої зміни клімату, економічних умов та інших факторів, планування має бути гнучким, з можливістю швидкої адаптації до змінюваних умов.

У загальному, планування сталого сільськогосподарського землекористування є складною і багатогранною задачею, яка вимагає злагодженого підходу, залучення всіх зацікавлених сторін і постійного моніторингу результатів для забезпечення стійкості та довгострокового успіху.

Згадана нами стратегія комплексного територіального розвитку та система сталого сільськогосподарського землекористування вимагає глибокого та системного підходу, який бере до уваги всі аспекти взаємодії людини та природи. Така стратегія буде ефективною тільки тоді, коли вона базується на сучасних теоретико-методичних засадах, які враховують глобальні тренди, наукові дослідження та міжнародний досвід.

У нашому випадку вихідними матеріалами для створення зон затоплення були дані цифрової моделі рельєфу (далі ЦМР) які представлені на рис. 3.

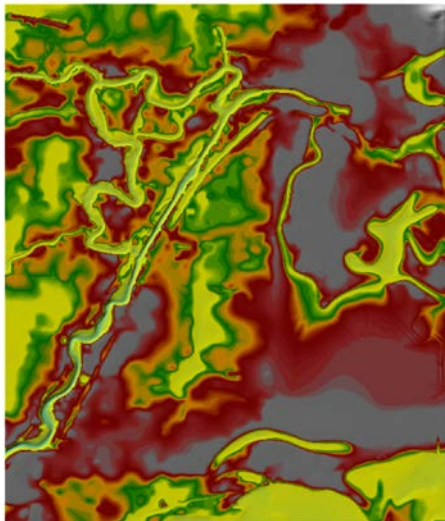


Рис. 3. Цифрова модель рельєфу ділянки вшуккування

Ця робота надає детальний огляд процесу створення та використання моделі у HEC-RAS. Для початку необхідно створити проект зон затоплення, назва набирається латинськими літерами без можливості використання спеціальних символів, а також

без початкових символів у вигляді цифр. Після створення проекту необхідно обрати метричну систему вимірювання а також обрати систему координат, сам модуль оснащений функціями зчитувати систему координат із усіх векторизованих шарів а також з растрових зображень які завантажуються у проект, у нашому випадку визначимо міжнародну систему координат WGS-84, крім того у разі розбіжностей систем координат у файлах програмний продукт сповістить про наявну проблему та допоможе її вирішити шляхом того що у його основі вже зазначені математичні формули для перерахунку між системами координат. Наступним етапом потрібно завантажити геометрію річки а сам завантажити шари фарватеру, а також лінію води річки по лівому та правому берегах.



Рис. 4 Модель зон затоплення без гідротехнічних та інженерних споруд

Після успішного створення геометрії потрібно відзначити поперечні перерізи та перейти до етапу заповнення даних моделювання паводкової ситуації. Шляхом аналізу статистичного ряду гідрологічних показників отримано витрати води при максимальних рівнях води, вони становлять $293 \text{ м}^3/\text{с}$., саме цей показник будемо використовувати для моделювання, вказавши усі вищенаведені дані запускаємо моделювання та отримуємо наступний результат, який зображено на рис. 4.

При детальному аналізі даної моделі слід відмітити що основна частина затопленої території припадає на

сільськогосподарські угіддя а також на територію села Бене, що виділене на рисунку червоним кругом. Із цієї моделі також видно що дані сільськогосподарські угіддя доцільно використовувати для вирощування культур що можуть пережити паводок, адже всі інші постраждають як від водної ерозії так і від заболочення території [5,6]. Отже дана модель чудово підходить для використання її у випадку планування території, як для сільськогосподарських потреб так і для містобудівних потреб, адже знаючи можливість паводкової ситуації можна зробити роботи щодо водовідведення, або ж роботи щодо підняття ґрунтового шару. Ми використовували нашу модель без врахування гідротехнічних споруд таких як дамби, берегоукріплення а також залізничні дороги для того щоб показати їх важливість. Усі вони відіграють роль водовідводів та направляють потік води у потрібному напрямку, таким чином не дозволяють паводку проходити стихійно [6].



Рис.5. Модель зон затоплення з гідротехнічними спорудами

Для того щоб показати дану специфіку гідротехнічних споруд потрібно відредагувати ЦМР додавши до неї відповідні векторизовані шари [1].

Для стійкого, поступово змінюваного потоку основний метод розрахунку профілів водної поверхні між перерізами називається методом прямого кроку (HEC-RAS також підтримує методи імпульсу, мосту WSPRO та метод Yarnell) [2-3]. Основна розрахункова процедура ґрунтується на

ітераційному розв'язанні рівняння енергії. За заданими потоком та рівнем води на одному перерізі метою стандартного методу кроку є розрахунок рівня водної поверхні на сусідньому перерізі. Для субкритичного потоку розрахунки починаються з нижнього кордону і проводяться вгору; для надкритичного потоку розрахунки починаються з верхнього кордону та виконуються вниз. На кордоні потік та рівень води повинні бути відомими.

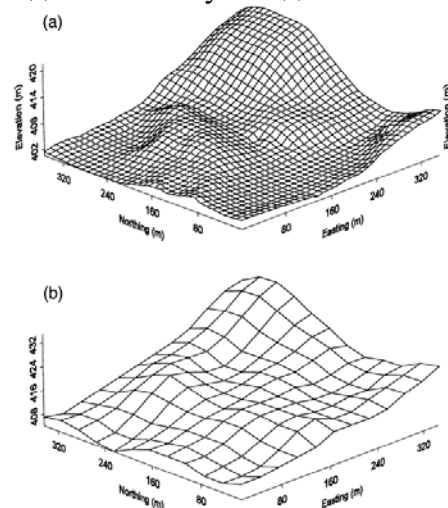


Рис.6. TIN модель представлення висотної основи

У нашому випадку ми запустили моделювання та отримали наступні результати, які представлені на рисунку 5. Як видно з представлених моделей, при плануванні населених пунктів Боржава, Бене враховано можливість підвищення рівнів води в річці Боржава, про це свідчать наявні гідрологічні споруди.

Висновки

Результатом моделювання стали карти потенційних зон затоплення, які демонструють рівні ризику для різних територій. Ці результати є важливим внеском у планування антипаводкових заходів та мінімізацію можливих негативних наслідків для Закарпатської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ArcGIS tutorials. (n.d.). [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com>
2. Bates, P. D., & De Roo, A. P. J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, 236(1-2), 54-77. (In English)
3. Fewtrell, T. J., Duncan, A., Sampson, C. C., Neal, J. C., & Bates, P. D. (2011). Benchmarking urban flood models of varying complexity and scale using high-resolution terrestrial LiDAR data. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(7-8), 281-291. (In English)
4. Merwade, V., Olivera, F., Arabi, M., & Edleman, S. (2008). SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508. (In English)
5. Пересоляк В.Ю., Радомський С.С.. МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТТЯ В КОНТЕКСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ. [Електронний ресурс]. Електронний репозитарій УжНУ. Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/31077>
6. Про порядок використання земель у зонах їх можливого затоплення внаслідок повеней і паводків. Україна. Кабінет Міністрів України. (2001). Постанови від 31.01.2001 № 87. Офіційний вісник України, 5, 63, стаття 188, код акта 17715/2001.

A. Shlinkii, I. Radysh

CREATION OF A FLOOD ZONE MODEL FOR THE VILLAGES OF BENE, BORZHAVA, AND VARI AS A FUNDAMENTAL COMPONENT IN URBAN PLANNING

The aim of this project is to develop an effective flood zone model for the villages of Bene, Borzhava, and Vari that will assist in future urban planning and development. The project integrates geological, geomorphological, and historical data to establish a flood zone model. Utilizing this data allows for a more accurate model that considers various factors, including climate change.

Keywords: *flood zones, Borzhava River, climate change, hydrological indicators, flood protection, flood monitoring.*