

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА**

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

До захисту допустити
Зав. кафедри _____ доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**
« _____ » _____ 2024 р.

**РОЗРОБКА КАРТИ ВРАЗЛИВИХ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ
ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконав: студент 4-го курсу д.ф.н,
групи ГК - 41
спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія, геоінформатика і
кадастр
Владислав Вікторович КОВАЛЬЧУК
Науковий керівник:
доцент, к. геогр. н. Наталія ПОПОВИЧ

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК **Олександр САВВІЧ**

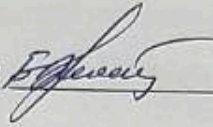
Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**
« _____ » _____ 2024 р.

Харків – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗИНА

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

Зав. кафедри  До захисту допустити
доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**
« 17 » серпня 2024 р.

РОЗРОБКА КАРТИ ВРАЗЛИВИХ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ
ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконав: студент 4-го курсу д.ф.н,
групи ГК - 41
спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія, геоінформатика і
кадастр


Владислав Вікторович КОВАЛЬЧУК

Науковий керівник:

доцент, к. геогр. н. **Наталія ПОПОВИЧ**

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

 (відмінно)

Голова ЕК **Олександр САВВІЧ**

Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**

« 20 » серпня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КАРТОГРАФУВАННЯ	
ВРАЗЛИВИХ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ.....	6
1.1. Поняття про несприятливі природні явища і процеси.....	6
1.2. Повені, їх небезпека і чинники виникнення.....	16
1.3. Методика аналізу вразливості територій до повеней.....	22
РОЗДІЛ 2. ДОСВІД КАРТОГРАФУВАННЯ ПОВЕНЕЙ ТА ЇХ	
НАСЛІДКІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	28
2.1. Екологічне картографування. Загальний огляд і способи зображення карт несприятливих природних явищ і процесів.....	28
2.2. Досвід картографування повеней і їх наслідків в Україні та світі.	36
2.3. Особливості картографування вразливих до повеней територій	44
РОЗДІЛ 3. УКЛАДАННЯ ТА АНАЛІЗ КАРТИ ВРАЗЛИВИХ ДО	
ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	50
3.1. Географічні передумови вразливості територій Полтавської області до повеней.....	50
3.2. Укладання карти вразливих до повеней територій Полтавської області засобами ArcGIS Desktop 10.8.....	54
3.3. Аналіз укладеної карти. Рекомендації щодо подальших заходів з мінімізації впливу повеней на вразливі території.....	63
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ВСТУП

Розробка карти вразливих до повеней територій Полтавської області насамперед є важливою для ефективного управління ризиками стихійних лих, гарантування безпеки життя і майна місцевих жителів, а також впровадження стратегій адаптації. Ця ініціатива допоможе підвищити готовність регіону до можливих загроз з урахуванням його особливих природно-географічних умов та інфраструктури. Отож така карта може стати ключовим інструментом для ідентифікації зон з підвищеним ризиком та визначення пріоритетів у впровадженні заходів з попередження та підготовки до можливих небезпек.

Створення карти вразливих до повеней територій Полтавської області є надзвичайно актуальним завданням, оскільки дозволить підвищити безпеку населення регіону, який періодично стикається з руйнівними наслідками повеней, що загрожують життю і здоров'ю людей, а також їхньому майну. Наявність такої карти допоможе завчасно виявляти населені пункти з високим ризиком та вживати необхідних запобіжних заходів, мінімізуючи економічні збитки, які повені завдають будівлям, інфраструктурі і промисловим об'єктам. В умовах змін клімату, що призводять до частішого виникнення екстремальних погодних явищ, у тому числі повеней, карта забезпечить інформаційну базу для розробки довгострокових стратегій адаптації регіону. Крім того, інформація про вразливі території дозволить органам влади приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу ресурсів та пріоритетів у заходах з попередження та ліквідації наслідків повеней, а також визначити зони, де необхідно посилити або модернізувати захисні споруди, системи оповіщення та евакуації.

Об'єктом дослідження є вразливі до повеней території Полтавської області, які історично зазнавали найбільших руйнівних наслідків від розливів річок.

Предметом дослідження є інформаційно-картографічне забезпечення вразливих до повеней територій Полтавської області.

Мета дослідження полягає у створенні карти, що ідентифікує території Полтавської області, які піддаються ризику затоплення під час повеней. Це дослідження спрямоване на оцінку ступеня вразливості різних регіонів області до відповідних загроз з метою забезпечення ефективного планування заходів щодо запобігання та мінімізації наслідків повеней, а також підвищення рівня обізнаності та готовності місцевих громад до надзвичайних ситуацій, пов'язаних із повенями.

Відповідно до мети було поставлено наступні **завдання**:

1. Проаналізувати теоретичні аспекти картографування вразливих до повеней територій.
2. Вивчити досвід картографування повеней та їх наслідків в Україні та світі.
3. Систематизувати інформацію і розробити карту вразливих до повеней територій Полтавської області.
4. Розробити рекомендації щодо подальших заходів з мінімізації впливу повеней на вразливі території.

Для вирішення поставлених завдань використовувались такі **методи дослідження**:

- теоретичні: вивчення теоретичних основ та існуючого досвіду картографування повеней і їх наслідків шляхом аналізу звітів, наукових публікацій, нормативно-правових актів, літературних джерел та інтернет-ресурсів з метою оцінки поточного стану розробленості цієї проблематики та перспектив її подальшого дослідження, а також визначення відповідних методів та підходів для проведення такого дослідження;

- статистичні: для аналізу і підсумку по гідрологічних, кліматичних та геоморфологічних даних, а також для проведення історичного аналізу повеней у регіоні;

- картографічні: використовувалися для візуалізації просторових даних та створення картографічних матеріалів, зокрема, для розробки карти вразливих до повеней територій.

Наукова новизна цього дослідження полягає у визначенні взаємозв'язку між природно-географічними умовами Полтавщини та прогнозуванні зон затоплення, які раніше не виділялися. Результатом дослідження є укладена карта потенційно вразливих до повеней територій Полтавської області, котрої раніше для досліджуваного регіону не існувало. Це є надзвичайно актуальним, особливо в умовах сучасних кліматичних змін, які збільшують ризик виникнення повеней.

Основні положення дослідження доповідалися на щорічній науковій конференції студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи», присвяченій пам'яті професора Г. П. Дубинського (Харків, 2024 р.).

Структура й обсяг роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 76 сторінках; включає 22 рисунки та 1 таблицю. Список використаних джерел містить 50 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КАРТОГРАФУВАННЯ ВРАЗЛИВИХ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ

1.1. Поняття про несприятливі природні явища і процеси

Природа наділена неймовірною силою і красою, однак разом з тим вона може демонструвати і свої несприятливі аспекти. Несприятливі природні процеси і явища є неодмінною частиною нашого світу, і вони впливають на життя людей, тварин і природних екосистем.

Цей підрозділ присвячений розумінню поняття несприятливих природних процесів і явищ. Це важлива тема, яка допомагає зрозуміти і прогнозувати природні катаклізми, негативний вплив змін клімату, стихійних лих і інших небезпек, які виникають у навколишньому середовищі.

Несприятливі природні процеси – це потенційно руйнівні геологічні та метеорологічні явища природного походження, які можуть завдати шкоди людям, їхньому майну та навколишньому середовищу [12].

Стоїть завдання проаналізувати різноманітні типи несприятливих фізико-географічних процесів і явищ, таких як ерозія ґрунтів, зсуви, селі, карсти, посухи, заболочення та інші. Буде швидко розглянуто їх причини, механізми розвитку, можливі наслідки і шляхи мінімізації ризиків. Розуміння цих процесів є необхідною передумовою для розробки ефективних стратегій протидії та адаптації до природних викликів.

Тож одним з несприятливих природних процесів, який впливає на ландшафти та екологічну стійкість регіонів є ерозія ґрунтів, що являється формою їх деградації. Вона відбувається, коли верхні шари ґрунту вимиваються, переносяться або розміщуються на інших місцях під дією води, вітру, льоду, гравітації та під впливом інших як антропогенних, так і природних чинників [15].

Виходить, що причини ерозії ґрунтів можуть бути різноманітними. Однією з найпоширеніших є неконтрольоване використання земель для сільськогосподарських цілей, вирубка лісів, недостатнє використання технік контурного плугування та терасування. Надмірне випасання тварин і неконтрольований туризм також можуть сприяти посиленню ерозії.

Ерозія має серйозні наслідки, оскільки це процес, який видаляє верхній шар ґрунту разом з поживними речовинами. Вкупі з втратою поживних речовин і мінералів, що необхідні для рослинного росту, відбувається зменшення родючості ґрунту та зниження врожайності. Крім того, вимитий ґрунт забруднює водні ресурси, спричиняє засмічення річок і струмків, а також призводить до затоплення нижніх ділянок річкових долин.

Мінімізація ерозії ґрунтів є важливим завданням для збереження природних ресурсів і підтримки сталого розвитку. Для цього необхідно використовувати екологічно збалансовані сільськогосподарські практики, які включають в себе застосування терасування, контурного плугування, відновлення рослинності та введення захисних смуг ґрунту. Також важливо регулювати використання земель для відповідного збереження ґрунтового покриву та його оновлення [3]. Тільки шляхом впровадження ефективних стратегій управління ґрунтовими ресурсами та свідомого використання землі можна зберегти родючість ґрунтів і забезпечити стаке господарювання для майбутніх поколінь.

Іншим серйозним несприятливим природним процесом, що може мати деструктивний вплив на ландшафти та населені пункти є зсув. Зсуви виникають, коли масив ґрунту або породи рухається вниз по схилу під впливом сили тяжіння.

Причини зсувів бувають різноманітними. Зміни в природних факторах, таких як інтенсивні дощі, танення снігу або сейсмічна активність, можуть послужити початковою причиною зсуву. Людська діяльність, така як неконтрольоване

вирубання лісів, видалення рослинності, будівництво на крутих схилах або зміна водозабору, також може сприяти виникненню зсуву [2].

Зсуви часто мають серйозні наслідки, адже можуть спричинити руйнування будівель та інфраструктури, пошкодження транспортних маршрутів, блокування річок і потоків, що також несе пряму загрозу для людського життя. Зсуви теж можуть призвести до забруднення водних джерел і втрати природних ресурсів.

Управління ризиком зсувів є важливим завданням для гарантії безпеки та стійкості ландшафтів. Це включає в себе проведення досліджень та моніторингу, щоб вчасно виявляти потенційні ділянки зсуву. Крім того, необхідно розробляти техніки інженерного захисту, такі як підсилення схилів, введення систем дренажу та зелених насаджень, щоб зменшити можливість зсуву.

Особливу увагу слід приділяти плануванню використання землі, уникати будівництва на крутих схилах або в районах з високим ризиком зсуву, а також враховувати природні процеси в проектуванні і будівництві інфраструктури.

До того ж велику руйнівну силу мають селі – швидкі та потужні потоки, що складаються з води, бруду та уламків гірських порід. Вони відрізняються високим вмістом твердих матеріалів і утворюються в гірських районах, де накопичено багато пухких уламків. Такі потоки виникають під час сильних дощів, інтенсивного танення снігу та льоду, а також при проривах озер. Основними причинами виникнення селевих потоків є потужні зливи, стрімке танення снігу та льоду, а також прориви гребель водойм [1].

Тож селі подібно зсувам виникають на крутих схилах або на інших нахилених ділянках ґрунту, чи породи, коли їх міцність і стабільність порушується.

Уже було сказано, що селі так само мають серйозні, навіть катастрофічні наслідки. Вони можуть спричинити руйнування всієї інфраструктури, що знаходиться на шляху їх руху, а люди, які проживають у зоні ризику, втратять своє житло та майно.

Що стосується карстів, так вони характеризується утворенням великої кількості виїмок і заглибин у ландшафті в результаті розчинення порід, таких як вапняки, гіпси та інших подібних. Цей процес є наслідком хімічної взаємодії між водою та розчинними породами, що призводить до утворення карстових форм.

Карстові форми можуть бути дуже різноманітними і включати в себе ями, ярки, печери, безодні, розтріскуватість ґрунту і нерівності поверхні. Вони бувають невеликими або великими за розміром і створювати складну та хаотичну мережу глибинних печер, які формуються підземним розчиненням порід.

Причини утворення карстових форм пов'язані з характером геологічного складу регіону та наявністю розчинних порід. Процеси розчинення відбуваються через взаємодію води з розчинними породами, що призводить до поступового вимивання, розтріскування і того ж зсуву ґрунту. Кліматичні умови, рівень опадів, тип ґрунту і тектонічна активність також можуть впливати на утворення карстових форм [10].

Наслідки карстових процесів бувають серйозними, адже утворення великих виїмок та печер може призвести до провалля землі, обвалення будівель та інфраструктури, що створює загрозу для безпеки людей. Карстові форми також часто впливають на гідрологічні системи, змінюючи напливи і стоки води, засмічують підземні водні джерела та спричиняють посухи [5].

Задля уникнення карстових процесів обов'язково треба займатися моніторингом та оцінкою потенційних зон розчинення порід. Заходи безпеки також включають в себе планування забудови, обмеження будівництва вразливих областей, зміцнення ґрунту і конструкцій.

Далі варто розглянути посуху, яка хоча й немає прямого фізичного впливу на інфраструктуру і являється саме процесом, який характеризується тривалим дефіцитом опадів у певній області. Все ж таки, цей процес впливає на доступність

водних ресурсів та природні екосистеми, також має серйозні наслідки для сільського господарства, водопостачання, економіки та соціального благополуччя.

Посухи можуть бути спричинені різними факторами. Кліматичні зміни, такі як глобальне потепління, призводять до зміни у розподілі опадів і підвищення температури, що поглиблює посушливі умови. Навіть наявність гірських ланцюгів може створювати тіньові ефекти та блокувати природний потік хмар, що призводить до зменшення опадів в певних регіонах. Інші фактори, такі як Ель-Ніньо та Ла-Нінья, також впливають на зміни у кліматичних умовах та сприяти виникненню посух.

Наслідки посухи є дуже серйозними і багатогранними. Вона призводить до зниження рівня ґрунтових вод, зменшення обсягу водойм, висихання річок та озер. Сільськогосподарські угіддя стають сухими та непридатними для вирощування культурних рослин, що призводить до зниження врожайності, втрати доходів сільських господарств та підтримки для сільських громад. Втрата водопостачання призводить до виникнення проблем з питною водою для населення та промисловості. Тривала відсутність опадів призводить до висихання рослинності, що робить її більш вразливою до займання. Сухі гілки, листя та трава легко спалахують від найменшої іскри, а сильний вітер може швидко поширити вогонь на великі території, що призводить вже до масових пожеж [22].

Отож ефективне управління посухами включає розвиток та впровадження стратегій водоспоживання, ефективного використання водних ресурсів, збереження вологого мікроклімату, створення інфраструктури для збереження дощової води та резервуарів. До цього також входить створення резервних планів для забезпечення питної води та інших потреб на час посушливих періодів, розвиток сухостійких технологій сільського господарства та заходів для збереження вологості ґрунту.

Черговий процес, що виникає на земній поверхні і який теж необхідно згадати, то засолення, також відоме як солоніння або солепотік, відбувається в

результаті накопичення солей у ґрунті та водних джерелах. Цей процес відбувається в аридних та напіваридних регіонах, де випаровування перевищує кількість опадів і де ґрунт містить значну кількість солей.

Основною причиною засолення є підземні води, які містять розчинені солі. У разі недостатньої кількості опадів, вода випаровується з ґрунту, залишаючи солі залишками. Цей процес повторюється з часом, і концентрація солей в ґрунті та водних джерелах збільшується. Засолення також може відбуватися через негативний вплив солоних морських прибоїв або використання солоної води для поливу сільськогосподарських угідь.

Оскільки висока концентрація солей заважає росту рослин, призводить до деградації ґрунтів і має негативний вплив на якість водних ресурсів, забруднюючи їх та роблячи непридатними для вживання людьми й тваринами, то засолення є серйозною проблемою, яка потребує уваги та управління. Деякі стратегії для боротьби з засоленням включають зрошення ґрунту з низькосоленими водами, дренажні системи для виведення зайвої солі, використання солетривких рослин та звісно раціональне використання водних ресурсів [17].

Зрештою, не можна забувати таке масове явище, як лінійна ерозія, адже цей процес впливає на безліч річкових систем та долин. Він характеризується поступовим зменшенням річкових берегів та ерозією ґрунту вздовж річок або потоків. Все це звісно має серйозні наслідки, як для природних екосистем, так і для людей.

Тож лінійна ерозія виникає внаслідок дії води, що рухається вздовж річкових каналів. Великі потоки води можуть мати вражаючу швидкість та міцною силою вдаряти у береги, відносити ґрунт і руйнувати природний ландшафт. До речі, цей процес посилюється внаслідок зростання рівня води в річках під час повеней або в результаті людського втручання, наприклад, видалення природних рослинних покривів [2].

Негативні наслідки лінійної ерозії включають втрату ґрунту, звідси, що зниження його родючості та зменшення природної стійкості берегів річок. Це насамперед призводить до посиленої ерозії, загрози тих же зсувів, затоплень та втрати природного середовища для різноманітних видів рослин і тварин. Знову ж таки, лінійна ерозія може впливати на інфраструктуру, таку як дороги, мости та будівлі, що збудовані у потенційно небезпечних ділянках, а таких багато і це спричинить значні матеріальні збитки [29].

Не забуваємо, що саме лінійна ерозія призводить до утворення ярів та балок в результаті поступового зношування та розтріскування річкових берегів. А основні механізми формування ярів і балок включають три аспекти:

- Гідродинамічна дія: Сила води, що рухається накопичується на березі річки або потоку, спричиняючи ерозію і зношування ґрунту. Поступово, ця дія води розтріскує річкові береги та виносить ґрунт, утворюючи вертикальні стінки - яри або балки;

- Банкова ерозія: Рух води при лінійній ерозії призводить до зношування ґрунту з берегів річки або потоку. Це може створювати круті схили і сприяти утворенню ярів та балок;

- Зміна русла річки: Постійна дія лінійної ерозії може призводити до зміни русла річки або потоку. Це викликає зсуви ґрунту і руйнування річкових берегів, теж формуючи яри та балки.

Яри і балки є результатом тривалої дії лінійної ерозії та поступового зміщення річкових берегів. Вони можуть мати глибокі та круті стінки, які утворюють вражаючі ландшафтні форми [11].

Повернемося до заходів з мінімізації ризиків утворення лінійної ерозії, що включають в себе регулювання річкових систем, будівництво оборонних споруд та посадки природних рослинних покривів на берегах річок.

Враховуючи названі масштабні наслідки лінійної ерозії, важливо забезпечити стає та екологічно відповідне використання річкових систем, зберігання природного ґрунту та ландшафтів, а також розробку ефективних стратегій управління водними ресурсами, які сприятимуть стійкому розвитку та збереженню природних екосистем.

Оскільки тема дослідження пов'язана з таким гідрологічним процесом, як повені, то є сенс розглянути й інші випадки несприятливих природних процесів, що значною мірою пов'язані з об'єктами гідрографії та виникають у водоймах, тому слід згадати заболочення, при якому вода накопичується і утворює болота або болотисті угіддя на раніше сухих або недостатньо водонепроникних територіях. Цей процес відбувається через зменшення витрати води, недостатнє дренавання або перешкоди для вільного стоку води, що призводить до утворення водонаповнених місць з високою рівнем ґрунтових вод.

Заболочення призводить до негативних наслідків для природних екосистем, господарської діяльності та людського благополуччя. Болотисті угіддя характеризуються низьким вмістом кисню в ґрунті, що ускладнює життєдіяльність рослин і тварин. Заболочені місцевості стають непридатними для сільського господарства та забудови, оскільки вони недостатньо життєспроможні для вирощування більшості рослин, а їх фундамент нестабільний для будівництва нових споруд. Крім того, заболочені угіддя зберігають багато вуглецю, що сприяє глобальному потеплінню та змінам клімату [13].

Отож заболочення може мати як природні, так і антропогенні причини. Природні причини включають зміни в рівновазі водного режиму через кліматичні фактори або геологічні процеси, наприклад, зменшення опадів чи підвищення рівня ґрунтових вод. Антропогенні причини включають дренавання боліт для землекористування, вирубку лісів або забудову, що перешкоджає вільному стоку води та сприяє її накопиченню в конкретних місцях.

Процес запобігання заболоченню включає ряд заходів. Те ж саме дренавання заболочених територій, використання агротехнік, що підвищують вміст кисню в ґрунті, або створення штучних водоутримуючих систем допомагає в подоланні заболочення. Але важливим є й збереження природних вологих угідь та болотистих місцевостей, які виконують основні екологічні функції, такі як збереження біорізноманіття та вуглецю, підтримка водного режиму.

І останнім, про що варто сказати є замулювання, відоме також як седиментація, що є природним процесом, при якому тверді частки (седименти) осідають і відкладаються на дні водойм або на земній поверхні. Цей процес відбувається через вплив гравітації на тверді матеріали, які переносяться водними потоками або вітром.

Замулювання відбувається в різних середовищах, включаючи річки, озера, океани, болота та моря. У процесі замулювання тверді частки, такі як пісок, глина, мул або органічні рештки, опускаються на дно водойми або осідають на поверхні землі під впливом зменшення швидкості руху води або повітря [4].

Процес замулювання важливий для формування і збереження природних середовищ, таких як болота, морські дена та дельти річок. Відкладання седиментів може створювати нові землі, давати життя різноманітним екосистемам та сприяти формуванню нових геологічних формацій.

Однак замулювання також має й негативні наслідки. В екосистемах водойм, занадто велика кількість осадів спричиняє забруднення води, що негативно впливає на розмноження риб та інших водних організмів. Замулювання в теорії також призводить до втрати водних шляхів та портів через зменшення глибини водного шару. На суходолі замулювання може навіть утворювати засолені або непридатні для землеробства ґрунти. Контроль замулювання включає заходи, спрямовані на зменшення ерозії ґрунту, використання захисних споруд, таких як ерозійні шари або терасування на схилах.

Отже, всі ці несприятливі природні процеси, такі як ерозія ґрунтів, зсуви, селі, карсти, посухи, заболочення, лінійна ерозія, засолення та замулювання, мають серйозні негативні наслідки для природи, людей і економіки.

Вказані процеси призводять до зменшення кількості родючого ґрунту, деградації ландшафту та втрати біорізноманіття. Вони спричиняють руйнування будівель і інфраструктури, загрожують життю і здоров'ю людей, несуть великі економічні втрати і соціальні проблеми.

Ерозія ґрунтів погіршує якість ґрунту і погіршає його родючий шар, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур, що має прямий вплив на сільське господарство і продовольчу безпеку. Зсуви створюють небезпеку для людей і їх майна, а також можуть блокувати водні шляхи та різну інфраструктуру. Селі навіть можуть призвести до руйнування цілих населених пунктів і вимагають масової евакуації людей. Карсти спричиняють обвалення ґрунту, утворення печер, провалів та руйнування будівель. Вони можуть також впливати на доступ до підземних водних ресурсів, збільшуючи ризик виникнення посух. Посухи ж спричиняють виснаження водних ресурсів, зниження якості води, засухи в ґрунті та втрату рослинності і проблеми з водопостачанням. Це має негативні наслідки для сільського господарства, екологічної різноманітності та економіки в цілому. Заболочення призводять до змін в гідрологічному режимі, втрати природних біотопів, зниження якості ґрунту, зберігають багато вуглецю, заважають будівництву, що впливає на сільське господарство, водні ресурси, екологічну ситуацію та здоров'я людей. Лінійна ерозія спричиняє втрату ґрунту та забруднення водних джерел і суттєву зміну рельєфу у вигляді ярів і балок, що призводить до інших неконтрольованих наслідків. Засолення погіршує якість води і робить її непридатною для споживання і поливу. А замулювання може знизити глибину водних шляхів і створити проблеми для судноплавства і розвитку економіки.

Отож немає сумнівів у доцільності запобіганню цим несприятливим природним процесам і явищам, але це вимагає комплексного підходу, що звісно включає дослідження, моніторинг з метою попередження чи прогнозування наслідків або масштабів, у тому числі й з використанням різних ГІС-методів та розробкою карт. А також розвиток сталого землекористування, будівництво захисних споруд, розробку ранніх попереджувальних систем, свідоме використання природних ресурсів. Ефективне управління цими процесами точно допоможе зменшити їх негативний вплив і забезпечити більш стійкий розвиток нашої планети.

1.2. Повені, їх небезпека і чинники виникнення

Тепер, ознайомившись із різноманітними несприятливими природними явищами та процесами, перейдемо до детального вивчення одного з основних об'єктів дослідження – повеней, а також до чинників, що сприяють їх виникненню.

Повінь – це періодична фаза водного режиму річки, що повторюється щороку в однаковий час. Вона характеризується найбільшою водністю, а також значним і тривалим підйомом і спадом рівнів води в річках, озерах та водосховищах. Особливо чітко це явище спостерігається навесні, коли танення снігу спричиняє поступове підвищення рівня води у річках та інших водних об'єктах [27].

Залежно від факторів, які спричиняють природні повені, можна виділити кілька типів:

1. Повені, спричинені значними опадами або інтенсивним таненням снігу (льодовиків) у річковому басейні – є найпоширенішим типом (рис. 1.1).

- Такі повені виникають через великі опади або швидке танення снігу та льодовиків у басейні річки. Вода, яка утворюється внаслідок танення або дощів, накопичується, перевищуючи пропускну здатність русел річок, що призводить до виходу води з берегів і затоплення прилеглих територій.

2. Повені, що виникають в результаті поєднання паводкових вод і льодоходу.

- Цей тип повені характерний для зимового та весняного періодів, коли дощові паводки співпадають із процесом льодоходу – рухом криги по річці. Льодоходи можуть створювати затори, які перешкоджають вільному руху води, що, в свою чергу, призводить до підйому рівня води і затоплення прилеглих територій.

3. Повені, спричинені дією нагонного вітру.

- Нагонні повені виникають, коли сильні вітри спрямовують велику масу води з моря, океану чи великого озера до узбережжя або в гирла річок. Це викликає підняття рівня води та затоплення прибережних районів. Такі повені є особливо руйнівними під час штормів та ураганів.

4. Повені, що виникають як наслідок підтоплення – підвищення рівня ґрунтових вод внаслідок опадів та дефектів дренажних систем.

- Підтоплення виникає, коли значні опади перевищують поглинальну здатність ґрунту та дренажних систем. Це призводить до підвищення рівня ґрунтових вод, які можуть проникати на поверхню, затоплюючи будівлі, сільськогосподарські угіддя та інші території. Дефекти або недостатня ефективність дренажних систем посилюють цей процес, ускладнюючи відведення надлишкової води.

Найбільш розповсюдженим стихійним лихом в Україні якраз є повені. Експерти вважають, що загроза для людей з'являється, коли рівень води піднімається до одного метра, а швидкість потоку перевищує один метр на секунду. Якщо ж вода піднімається до трьох метрів, це спричиняє руйнування будівель і конструкцій. Катастрофічні повені, що призводять до значних матеріальних збитків і втрат людських життів, стають все більш систематичними в останні роки. Окрім природних факторів, на їх виникнення впливає й необачна діяльність людей. Для забезпечення захисту в умовах повені необхідно проводити підготовку сил цивільної оборони та населення [21].



Рис. 1.1. Повінь, спричинена інтенсивним таненням снігу [16]

Небезпеки, пов'язані з повенями, включають руйнування будинків, споруд, мостів і залізничних та автомобільних шляхів, аварії на інженерних мережах, а також знищення сільськогосподарських посівів та загибель тварин.

Під час повені ґрунти можуть насичуватися водою до такої міри, що відбувається їх просідання та втрата несучої здатності. Це явище небезпечне тим, що може призвести до обвалів будинків та інших споруд, особливо тих, що збудовані без урахування потенційних затоплень. Тобто нерівномірне осідання фундаменту може спричинити деформації будівель, які проявляються у вигляді тріщин на стінах чи підлозі, а також зсувів конструкцій.

До того ж, вода є потужним агентом корозії, особливо для металевих конструкцій. Тож довготривале перебування в умовах надмірної вологості призводить до прискореної корозії металів, що використовуються в інфраструктурі, таких як мости чи трубопроводи. Крім того, дерев'яні елементи будівель під впливом вологості тим паче швидко розкладаються та втрачають свою міцність, що призводить до їх руйнування.

Насичення ґрунтів водою під час повені може також спричинити зсуви та селі, які, що вже було описано в попередньому підрозділі, представляють собою значну

небезпеку для населених пунктів та інфраструктури. Зсуви здатні знищувати будівлі, дороги та інші об'єкти, що знаходяться на схилах. Селі ж, що є швидкоплинними потоками води з великою кількістю уламків, миттєво руйнують все на своєму шляху, включаючи житлові будинки та інші споруди.

Під час повеней забруднюючі речовини з сільськогосподарських, промислових та міських територій можуть потрапляти у водні ресурси. Це включає хімічні добрива, пестициди, промислові відходи та каналізаційні стоки. Забруднення водних ресурсів призводить до погіршення якості питної води, що несе ризики для здоров'я населення, а також негативно впливає на водні екосистеми.

Зрештою, повені мають серйозні екологічні наслідки, включаючи втрату біорізноманіття, зміну природних ландшафтів та деградацію екосистем. Затоплення природних середовищ існування може призвести до загибелі або міграції видів, що мешкають у цих районах [31].

Річки, протягом тисячоліть, періодично виходили з берегів, створюючи заплаву – територію, яка регулярно піддавалася затопленню під час повені. Таким чином, запобігання повеням зазвичай є доволі складним процесом, оскільки вони є природнім явищем [30].

Незважаючи на будівництво гребель на кілька кілометрів і великі витрати на їх утримання, вода під час екстремальних дощів все ж здатна виходити за межі берегів. Однак наслідки цього можуть бути катастрофічними. Тому важливо проводити всебічну оцінку ризиків, пов'язаних з повенями та паводками, і розробляти плани з їх управління [18].

Отож, якщо коротко, то в цьому випадку важливо, щоб Державна служба України з надзвичайних ситуацій та місцева влада могли:

- провести оцінку ризиків та загроз, використовуючи відповідні карти затоплення;
- розробити стратегії управління ризиками повеней;

- встановити системи оповіщення населення та підготувати його до ефективних дій у разі повені;
- вжити заходи для зменшення негативних наслідків.

Не менш значущою є адаптація господарської діяльності до ризиків затоплення. Бажано відновлювати річки та їх прибережні зони, щоб запобігти повеням. Крім того, варто утримуватися від будівництва на територіях з високим ризиком затоплення.

Важливо пам'ятати, що населені пункти, розташовані найнижче за течією, є у зоні ризику затоплення. Тому мешканці цих районів повинні бути добре підготовлені та знати ефективні способи реагування на повені, що підкреслює важливість систем оповіщення населення.

«Велика вода», тобто повені, можуть виникати з різних причин. Декілька основних факторів, що зазвичай сприяють регулярним весняним повеням в Україні:

- Континентальний помірний клімат, що призводить до доволі різких змін температур та інтенсивних опадів у весняний та літній періоди. Розтавання снігу весною, а також проливні дощі спричиняють збільшення рівнів води в річках.
- Існують проблеми з системами водовідведення та водозабезпечення у багатьох місцях. Застарілі інфраструктурні системи не завжди можуть ефективно впоратися з великим обсягом води, що призводить до затоплення територій [9].
- Річки в Україні, особливо у великих річкових басейнах, таких як Дніпро, Дністер та Південний Буг, мають значну довжину і площу водозбору. Під час весняного танення снігу та проливних дощів великі об'єми води можуть стікати до цих річок, перевищуючи їхні пропускні можливості і спричиняючи повені.
- Вирубка лісів на схилах та в зонах водозбору зменшує природну здатність території затримувати та поглинати воду. Ліси відіграють важливу роль у регулюванні водного балансу, затримуючи вологу та зменшуючи швидкість стоку води. Відсутність лісових масивів призводить до збільшення ризику повеней.

- Забудова, така як будівництво доріг, тобто покриття асфальтом, побудова будинків та інших інфраструктурних об'єктів, часто призводить до зменшення площі природного водовідведення. Натуральні поверхні, такі як ліси та луки, зазвичай поглинають частину води та сповільнюють стікання, а забудова, навпаки, збільшує його швидкість, сприяючи повеням [20].

Отже, виходячи з усього вищесказаного, маємо такий сучасний стан проблеми та виклики від повеней, на які треба мати свої методи протидії:

1. Повені спричиняють затоплення міст і сіл, призводячи до вимушеної евакуації населення та руйнування житлових будівель.

2. Затоплення призводять до втрати сільськогосподарських угідь і погіршення урожайності.

3. Оскільки повені можуть переносити та розповсюджувати забруднюючі речовини, це призводить до засмічування водойм.

4. Повені також впливають і на екосистеми, як мінімум призводячи до втрати біорізноманіття на затоплених територіях.

5. Зрештою, вони супроводжуються значними економічними збитками через руйнування інфраструктури та втрату виробничих можливостей.

Тому важливо знати методикку аналізу вразливості територій до повеней, щоб правильно визначати ризики виникнення цього несприятливого природного процесу, масштаби ураження та, наприклад, будувати карти, що якраз дозволять орієнтуватися в просторовому поширенні повені і визначати вразливі до них території населених пунктів, щоб знати, де та як розробляти і впроваджувати ефективні плани з захисту та протидії, будувати споруди з відкачування води, впроваджувати методи збереження ґрунту та водоустрою, що допомагають управляти рівнем води, розвивати та впроваджувати системи очищення, моніторити її якість та вживати заходів для запобігання забрудненню, застосовувати стратегії збереження природи та відновлення екосистем [28].

1.3. Методика аналізу вразливості територій до повеней

Для початку треба розуміти, що насамперед аналіз вразливості територій до повеней базується на розумінні ризику, який визначається як комбінація ймовірності настання події та її наслідків. В контексті повеней ризик включає частоту та ймовірність виникнення на певній території, а також власне потенційний вплив повені на людей, їх майно, інфраструктуру та навколишнє середовище.

Існує певна концепція вразливості, яка визначається як схильність території або цілого населеного пункту до негативних наслідків повеней. Вона включає такі аспекти:

- **Експозиція.** Тобто ступінь впливу території чи її розташування на повені, наприклад, близькість до річок або інших водних об'єктів.
- **Чутливість.** Це саме про ступінь впливу потенційно можливої повені на людей та інфраструктуру, що визначається, наприклад, за густотою населення та якістю будівель.
- **Адаптаційний потенціал.** Мається на увазі, здатність території або спільноти, яка на ній проживає, відновлюватися після повені чи бути готовим до моменту її настання, наприклад, наявність захисних споруд, систем раннього попередження тощо.

Тож індекс вразливості до повеней (Flood Vulnerability Indices) – це інтегральний показник, який об'єднує різні аспекти вразливості в один числовий вираз [38]. Він розраховується на основі набору показників, які оцінюють експозицію, чутливість та адаптаційний потенціал. FVI використовується як для порівняння територій та швидкої оцінки відносної вразливості різних регіонів або населених пунктів, так і для визначення пріоритетних напрямків для вжиття захисних та адаптаційних заходів.

Варто також зазначити, що існує таке поняття, як стійкість, що визначається здатністю соціальної, економічної чи екологічної систем протистояти, адаптуватися

та швидко відновлюватися після впливу повеней. Стійкість необхідно враховувати під час аналізу ступеня вразливості територій до повеней, щоб правильно визначати критичні зони максимального ризику. Дана концепція включає такі компоненти, як:

- Рівень підготовленості населення та інфраструктури до можливих повеней.
- Оперативність та ефективність існуючих заходів реагування під час повеней.
- Швидкість та дієвість відновлювальних робіт після завершення повені для подальшої можливості захисних споруд виконувати свої функції.

Все ж таки, наразі критично важливою є адаптація до змін клімату, що передбачає розробку та впровадження стратегій, спрямованих на зменшення вразливості до майбутніх саме кліматичних ризиків, серед яких якраз є повені. Тому необхідність будівництва захисних споруд, покращення систем водовідведення і наявність якихось способів для контролю паводкових вод на територіях, що знаходяться поблизу будь-яких водних об'єктів, навіть не обговорюється. У цих районах розробка політик та планів управління ризиками, разом з інтеграцією відомих адаптаційних заходів у стратегії розвитку є ключовим аспектом для гарантування безпеки, якщо раптом трапиться подібний катаклізм. Звісно, що й підвищення обізнаності населення про ризики повеней та способи їх мінімізації, а також навчання щодо поведінки під час небезпеки, то необхідний запобіжний захід, а подібні лекції рекомендовано проводити в усіх школах країни, навіть там, де ризики повеней практично відсутні.

До того ж, існує такий метод, який не можна ігнорувати, адже він використовується для оцінки вразливості та ризиків шляхом врахування кількох критеріїв, тому він і має таку назву, як багатокритеріальний аналіз (multi-criteria analysis) [34]. Це дозволяє більш комплексно підходити до аналізу, включаючи різні аспекти вразливості. Основні етапи МСА:

1. Визначення критеріїв та ідентифікація ключових факторів, які впливають на вразливість до повеней, це може бути, наприклад, висота території, тип ґрунту, інтенсивність опадів тощо.

2. Оцінка визначених критеріїв. Кількісна або якісна оцінка кожного критерію для визначення ступеня їх впливу, від незначного до максимального.

3. Зважування критеріїв. Встановлення вагомості кожного критерію на основі їх важливості.

4. Агрегація результатів. Тобто поєднання оцінок та вагомостей для отримання загальної оцінки вразливості.

Рівняння вразливості за багатокритеріальним аналізом умовно виглядає так: $\text{Вразливість} = \text{Впливовість} + \text{Вагомість} - \text{Стійкість}$. Тобто для того, щоб визначати вразливість територій до повеней за МСА, варто враховувати показники впливовості вибраних критеріїв, таких як висота рельєфу чи ступінь нахилу тощо; так само слід зважувати вагомість даних критеріїв, щоб розуміти їх важливість; останнім пунктом рівняння є стійкість території до впливу повеней, її необхідно зважувати при визначення вразливості, чим стійкість нижче, тим регіон є більш уразливим [38].

Тож зрозуміло, що аналіз вразливості територій до повеней є важливим аспектом управління природними ризиками, особливо в умовах зміни клімату, що призводить до збільшення частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ. Знову ж таки, повені нерідко спричиняють значні економічні збитки, завдають шкоди інфраструктурі та загрожують життю людей. Тому розуміння та використання ефективної методики аналізу вразливості територій до повеней є надзвичайно важливими кроком для гарантування безпеки та стійкості регіонів.

Розглянемо коротко, що саме дозволяє визначити та попередити вдала базова методика аналізу вразливості до повеней:

- Ідентифікувати території, які є найбільш вразливими до повеней, що, в свою чергу, допомагає спрямувати зусилля на інформування та попередження населення й впровадження базових заходів мінімізації наслідків можливих затоплень.

- Розуміння того, де, коли і як можуть виникати повені, дозволяє розробляти та впроваджувати інженерні й організаційні заходи, спрямовані на захист цих територій та їх жителів.

- Також така оцінка вразливості дозволяє ефективніше розподіляти фінансові та людські ресурси, спрямовані на боротьбу з наслідками повеней, зосереджуючи їх на найбільш критичних ділянках.

- Зрештою, надання інформації про ризики повеней мешканцям вразливих територій сприяє підвищенню їх готовності та здатності до самозахисту.

- Інтеграція результатів аналізу вразливості до повеней у процеси просторового планування, допомагає забезпечити стійкий розвиток територій, зменшуючи потенційні втрати від цього несприятливого природнього процесу. До того ж, саме за результатами цього аналізу за наявною методикою, якраз отримуються дані, що сприяють побудові карт повеней та їх наслідків, такі карти є одним з основних інструментів для зображення масштабів можливої трагедії, надання звітів та інформування населення, про що вже було сказано.

Приклади успішного застосування методики аналізу вразливості до повеней включати підходи з різних країн. Наприклад, в Нідерландах, де значна частина території знаходиться нижче рівня моря, були розроблені та впроваджені комплексні системи захисту від повеней, що поєднують інженерні споруди, природні бар'єри та системи раннього попередження, що варто брати до уваги і Україні також [46]. А от в Австралії, після серії катастрофічних повеней, були проведені широкомасштабні дослідження та розроблені детальні карти вразливості, що допомогли значно зменшити ризики затоплення [48].

Таким чином, методика аналізу вразливості територій до повеней є комплексним інструментом, який включає декілька ключових етапів, кожен з яких спрямований на визначення та оцінку ризиків затоплення, а також розробку заходів для їх мінімізації. В даному дослідженні, цей процес охоплюватиме такі аспекти, як історичний аналіз, оцінку гідрологічних та метеорологічних факторів, аналіз геоморфологічних та топографічних особливостей, оцінку антропогенних факторів, а також врахування соціально-економічних чинників.

Тож нижче наведено основні етапи вибраної методики:

1. Історичний аналіз повеней:

- Використання архівних джерел, таких як державні архіви та наукові публікації, для отримання детальних відомостей про минулі випадки повеней у досліджуваній області.

- Необхідно зібрати детальну інформацію про минулі випадки повеней на території, включаючи дати, масштаби, завдані збитки та фактори, що сприяли їх виникненню. Це допоможе визначити закономірності та тенденції виникнення повеней.

2. Оцінка гідрологічних та метеорологічних факторів:

- Необхідно проаналізувати гідрологічні характеристики річок, водойм та водозборів на досліджуваній території, такі як рівні води, їх сезонні коливання та можливо швидкість течії. Також важливо враховувати метеорологічні фактори, такі як інтенсивність опадів, танення снігів та швидкість температурних коливань.

3. Аналіз геоморфологічних та топографічних особливостей:

- Оскільки рельєф місцевості, висота над рівнем моря, схили та форма русел річок значно впливають на ризик повеней. Також варто оцінити топографічні особливості території та виявити можливі зони акумуляції та стоку води.

4. Оцінка антропогенних факторів:

- Людська діяльність, така як урбанізація, вирубка лісів, зміна русел річок, внаслідок будівництва гребель та інших гідротехнічних споруд, значно впливає на ризик повеней. Тому варто проаналізувати наявність цих факторів на досліджуваній території.

5. Соціально-економічний аналіз та оцінка потенційних ризиків:

- Вивчення демографічних даних та аналіз розташування важливих інфраструктурних об'єктів, таких як житлові райони, транспортні мережі, та об'єкти соціального забезпечення і наступна комплексна оцінка впливу повеней на всю інфраструктуру регіону та місцеве населення й економіку, то невід'ємна частина методики аналізу вразливості, адже заради збереження всього цього якраз і проводяться подібні дослідження. Це допоможе розробити відповідні стратегії реагування та захисту.

6. Картографування зон ризику:

- Нарешті, на основі зібраних даних створюються карти вразливості до повеней, на яких, наприклад, позначаються зони з різним ступенем ризику. Це допомагає візуалізувати територіальний розподіл ризиків та виділити найбільш вразливі населені пункти.

7. Розробка стратегій управління ризиками:

- На основі отриманих результатів аналізу слід розробити комплексні стратегії управління ризиками повеней, які можуть включати інженерні рішення (будівництво дамб, водосховищ, дренажних систем тощо), просторове планування (регулювання забудови в зонах ризику), системи раннього попередження та евакуаційні плани.

Отже, зазначена методика буде застосована для ідентифікації та оцінювання ризиків затоплення з метою створення картографічної основи, що відобразить зони ризику.

РОЗДІЛ 2. ДОСВІД КАРТОГРАФУВАННЯ ПОВЕНЕЙ ТА ЇХ НАСЛІДКІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

2.1. Екологічне картографування. Загальний огляд і способи зображення карт несприятливих природних явищ і процесів

Екологічне картографування – невід’ємна частина інформаційних систем, які використовуються для управління екологічними питаннями. Цей процес ґрунтується на топографічній інформації та спеціалізованих картах, що відображають стан навколишнього середовища. Багато екологічних проблем мають просторовий вимір, і для їх належного розуміння це необхідно візуалізувати на картах. Оцінювання поточного стану довкілля та прогнозування його майбутніх змін вимагає територіального або ландшафтного підходу, оскільки ландшафти є тими територіальними одиницями, в межах яких відбувається взаємодія людини і природного середовища [8].

Тому екологічне картографування є важливим інструментом для дослідження та управління природними ресурсами, що, наприклад, дозволяє відображати просторовий розподіл несприятливих природних явищ та процесів. Можна сказати, що це дійсно багатоаспектний процес, який охоплює збір, аналіз та візуалізацію даних, пов’язаних із природним середовищем, з метою оцінки стану екосистем, планування природоохоронних заходів та підтримки аргументації для прийняття рішень на різних рівнях управління.

Екологічне картографування включає використання геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування та інших сучасних технологій для створення карт, що відображають різні аспекти природного середовища, такі як біорізноманіття, водні ресурси, ґрунти, лісові масиви тощо. Даний вид карт використовується для моніторингу змін у довкіллі, оцінки впливу людської діяльності та власне природних катастроф чи несприятливих природних явищ і

процесів, а також звісно для розробки стратегій збереження природних ресурсів, адже для того, щоб займатися їх охороною, спочатку треба окреслювати конкретні зони і об'єкти, що підлягають захисту.

Отож, не раз було зазначено, що природні катастрофи, такі як повені, зсуви ґрунту, селі, карсти, посухи та лісові пожежі, лінійні ерозія, землетруси, снігові лавини, вулканічні виверження тощо, мають серйозні наслідки для людського суспільства та навколишнього середовища. Ефективне управління ризиками, пов'язаними з цими процесами, вимагає точного та своєчасного картографування, яке надає критичну інформацію для прийняття рішень.

У цьому розділі буде зроблено загальний огляд і наведено приклади карт несприятливих природних явищ і процесів та способів зображення на них. Вивчення та аналіз різних подібних карт допоможе краще зрозуміти саме механізми зображення на них об'єктів тематичного змісту, тобто природних катастроф і стихійних лих, що сприятиме подальшій розробці майбутньої карти за темою дослідження. Слід розглянути, як саме зображуються природні явища та їх вплив на довкілля і суспільство, а також, як контент відповідних карт може допомогти розробляти ефективні стратегії для управління ризиками.

Однак перед тим, як переходити до огляду карт, варто розглянути статистику виникнення катастроф небезпечних типів у 2023 році (рис. 2.1), про які повідомляє база даних надзвичайних подій (EM-DAT) [36]. Виходячи з даних побудованої діаграми, помічаємо, що найбільшу кількість стихійних лих у минулому році складають повені, приблизно 40%, а також такий метеорологічний процес, як океанські бурі, близько 20%. Звертаємо увагу й на землетруси (10%), зсуви (5%), вулканічні виверження (2%) і звісно лісові пожежі, які складають цілих 5%, хоча ще десять років тому за цими ж даними їх частка була не більше 1%, що ще раз говорить про зміну клімату внаслідок глобального потепління, яке призводить до підвищення температур, зменшення кількості опадів та збільшення тривалості

посушливих періодів. Відповідно це створює ідеальні умови для виникнення та швидкого поширення лісових пожеж. Тому опираючись на наведену статистику, розглянуто в основному буде саме приклад карт з цими несприятливими природними процесами.

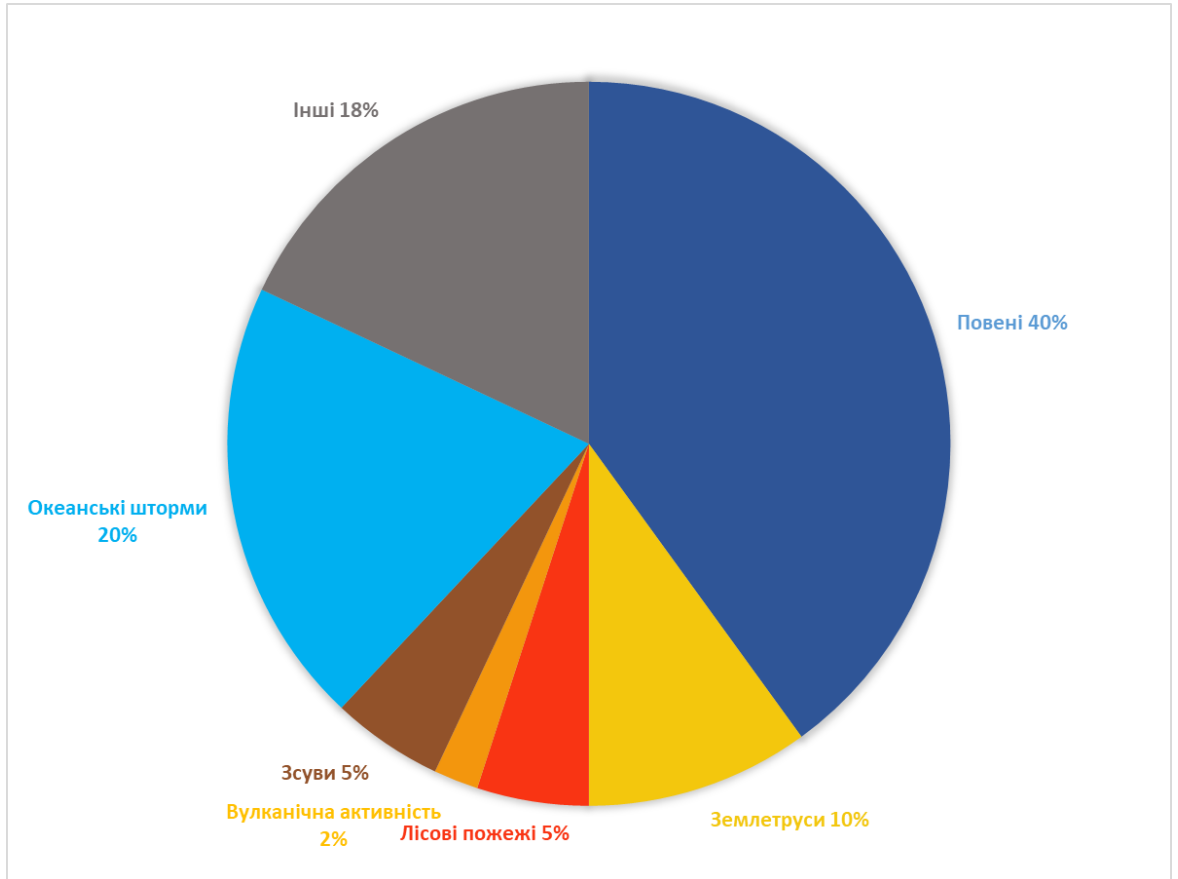


Рис. 2.1. Кількість катастроф у 2023 році у відсотках, за типами небезпеки

Тож перша карта (рис. 2.2), є максимально узагальненою, адже зображує лише місцезрештування та масштаб стихійних лих у світі за 2014 рік, тоді так само домінували повені та океанські шторми. Усі ці природні катастрофи поділені на чотири види за своїм походженням і відрізняються за кольором на карті: червоний – геофізичні процеси (землетруси, цунамі, вулканічна активність), зелений – метеорологічні процеси (різного виду шторми), синій – гідрологічні процеси (повені, масові рухи води), жовтий – кліматологічні процеси (екстремальні

температури, посухи, лісові пожежі). Всі об'єкти тематичного змісту на карті зображено способом значків, який показує конкретне місце на мапі світу, де було зафіксовано той чи інший катаклізм. Такі катастрофи, загальні збитки від яких перевищують 1,5 млрд. доларів США, зображено значками більшого розміру та окремо підписано на самій карті. В лівому нижньому кутку присутній додатковий елемент, що показує загальну кількість стихійних катастроф за весь рік. Не дивлячись на те, що за своїм наповненням карта є доволі небагатою, певну інформативність вона все ж таки несе, тому з такої оглядової точки зору є навіть дуже корисною.

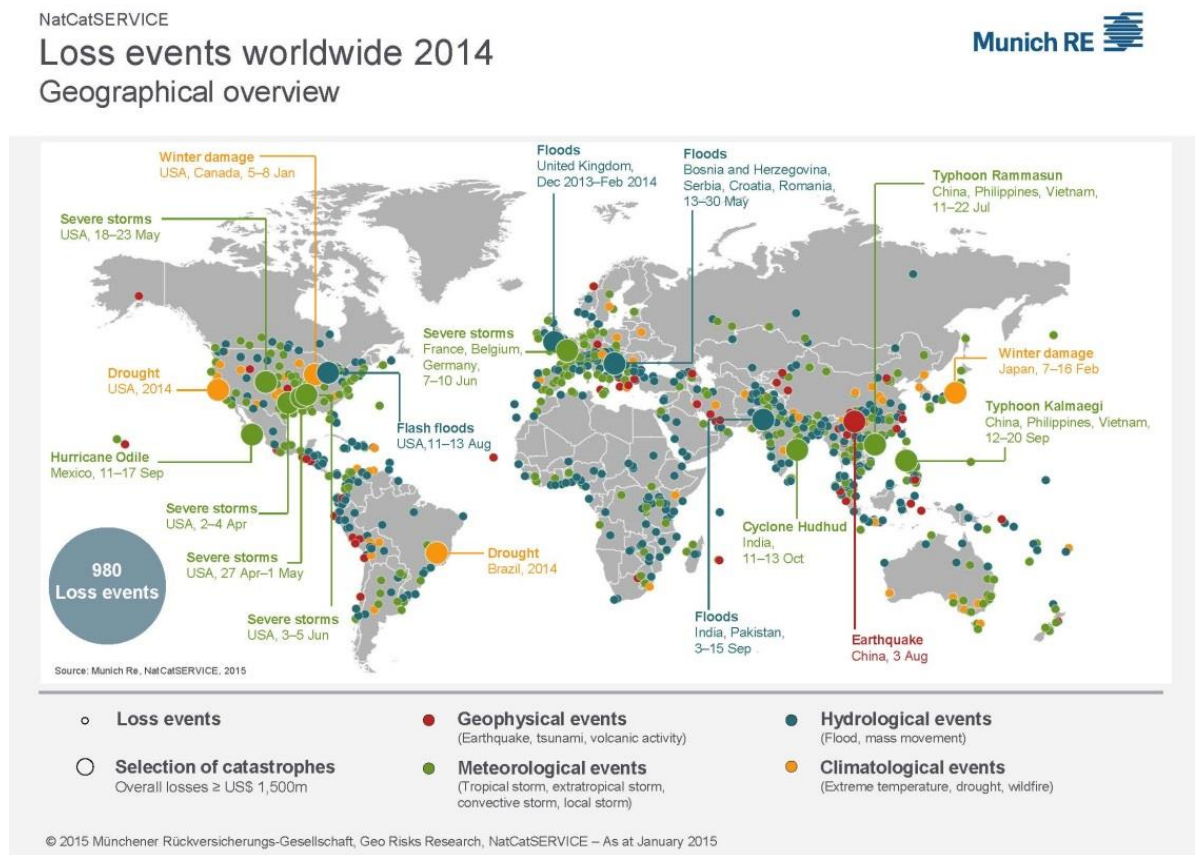


Рис. 2.2. Стихійні лиха світу, 2014 р. [42]

Наступне зображення (рис. 2.3) є онлайн-картою пошкоджень після землетрусу у Непалі, що створена на базі OpenStreetMap на основі даних супутників WorldView 1-3 та GeoEye. Тут вже єдиним способом картографічного зображення є

точковий метод, а розташування самих крапок відповідає розташуванню руйнувань. Точки відрізняються за кольором, кожен з яких позначає свій вид пошкоджень: будівля, дорога чи міст, великі руйнування або взагалі укриття, також вони позначають область пошуку (завершена чи в процесі), тобто на момент створення дана карта була максимально актуальною, адже допомагала орієнтуватися в наслідках землетрусу, який нещодавно пройшов. З цього навіть можна зробити висновок про перевагу інтерактивних онлайн-карт над звичайними, адже в перші можна швидко та оперативно вносити всі свіжі дані і вони відразу будуть доступні іншим користувачам.

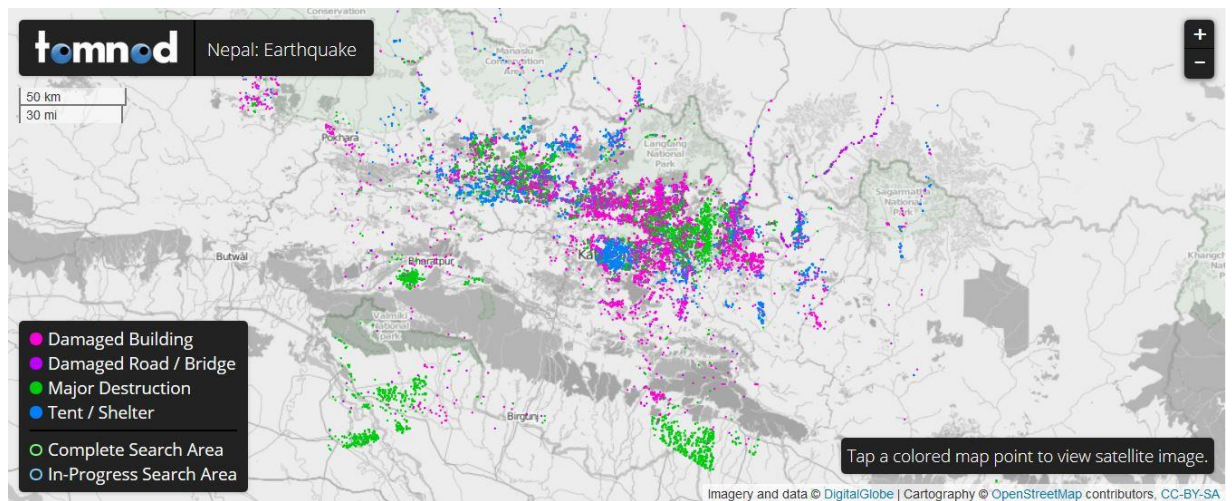


Рис. 2.3. Землетрус у Непалі, 2015 р. [43]

Чергове зображення (рис. 2.4) показує зони вразливості території району Лаошань на сході Китаю до зсувів, з урахуванням екстремальних опадів. Тож тут ми бачимо, що всю територію району способом якісного фону поділено на три різних типи, а саме зони низького, середнього і високого ризику. Загалом, такий підхід є максимально зрозумілим і інформативним, якщо використовувати дану карту як одну з багатьох, при дослідженні конкретної проблеми зсувів, що і було зроблено автором, то такий результат є цілком прийнятним і вдало показує

території, яким слід бути наготові вразі чого, особливо якщо прогнозують суттєве погіршення погоди.

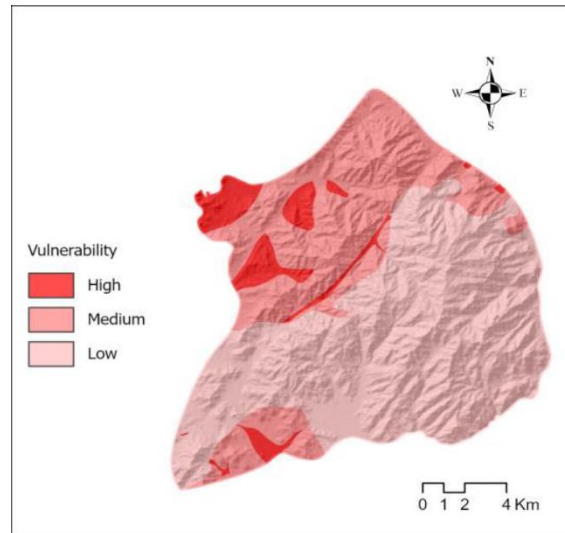


Рис. 2.4. Результати оцінки вразливостей регіону Лаошань до зсувів [44]

Наступний фрагмент карти (рис. 2.5) показує прогноз пожежної небезпеки у середземноморському регіоні. Знову ж таки, використано спосіб якісного фону, з чого можна зробити висновок, що він є найбільш підходящим для зображення зон ризику виникнення природних катастроф, принаймні якщо вони мають суцільне просторове поширення і поділяються на категорії від найменшої до найбільшої небезпеки. При пошуку карт лісових пожеж, також було помічено, що у випадку коли вони показують вміст у дрібному масштабі, то конкретні інциденти зображено або точковим способом, або способом значків. Якщо ж це карта пожежі більш конкретного регіону, тобто великомасштабна, то там вже є змога зображувати випадки пожеж способом ареалів, який повністю окреслює зону ураження.

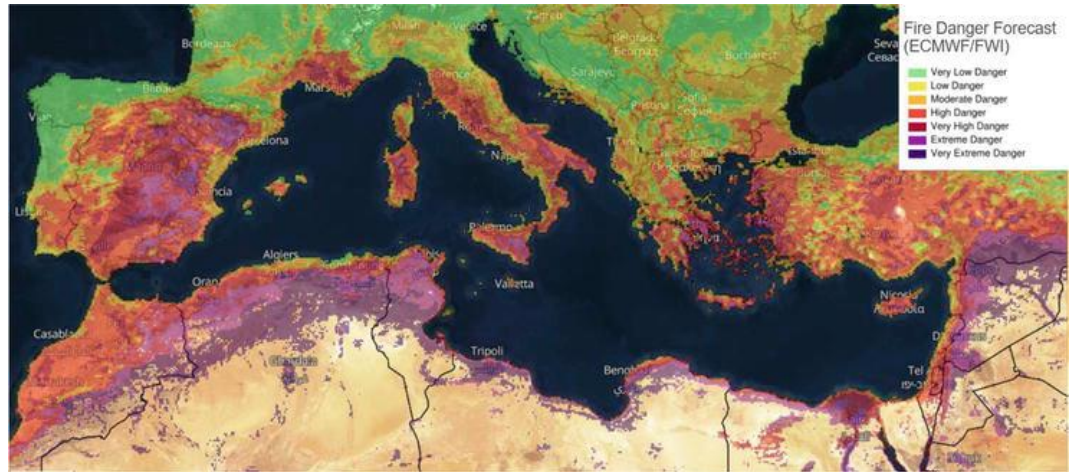


Рис. 2.5. Прогноз лісової пожежної небезпеки в середземноморському регіоні на 02 червня 2022 [50]

На карті небезпеки потоку лави (рис. 2.6), автором за використаним ним нормалізованим методом, що представляє вірогідність того, що на клітину вплине потік лави, було визначено ділянки ймовірності небезпеки різного рівня, від 0.0 до 1.0, тож області небезпеки на даній карті теж зображено способом кількісного фону. Це ще раз підтверджує той факт, що небезпечні зони варто позначати фоновими способами, тобто якісним чи кількісним фоном, в деяких ситуаціях можливі ареали.

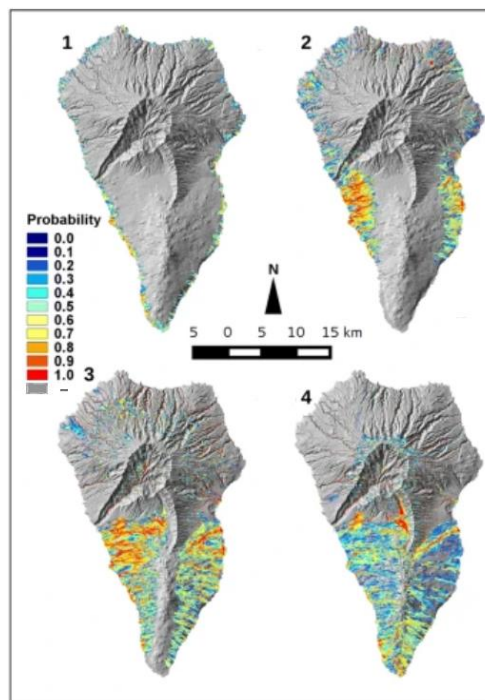


Рис. 2.6. Небезпека потоку лави на прикладі о. Ла-Пальма [45]

Останні дві карти (рис. 2.7), що будуть розглянуті у цьому розділі, ілюструють дані про температуру поверхні моря, щоб показати тепловий потенціал океану. Ця тепла вода, яка саме й підживлює шторм, що впливає на його тривалість, може бути охарактеризована його тепловим потенціалом, отриманим від аномалії висоти та температурних полів поверхні моря. Тож подібні карти є важливим інструментом для прогнозування тривалості штормів, а в деяких випадках, їх навіть можна використовувати для прогнозування виникнення тайфуни. Дані теплового потенціалу тропічних циклонів на цих картах зображено способом кількісного фону, починаючи від холодних відтінків на шкалі до гарячих, залежно від температури. Тобто гіпотеза про те, що небезпечні області доцільно позначати фоновими способами черговий раз підтверджується.

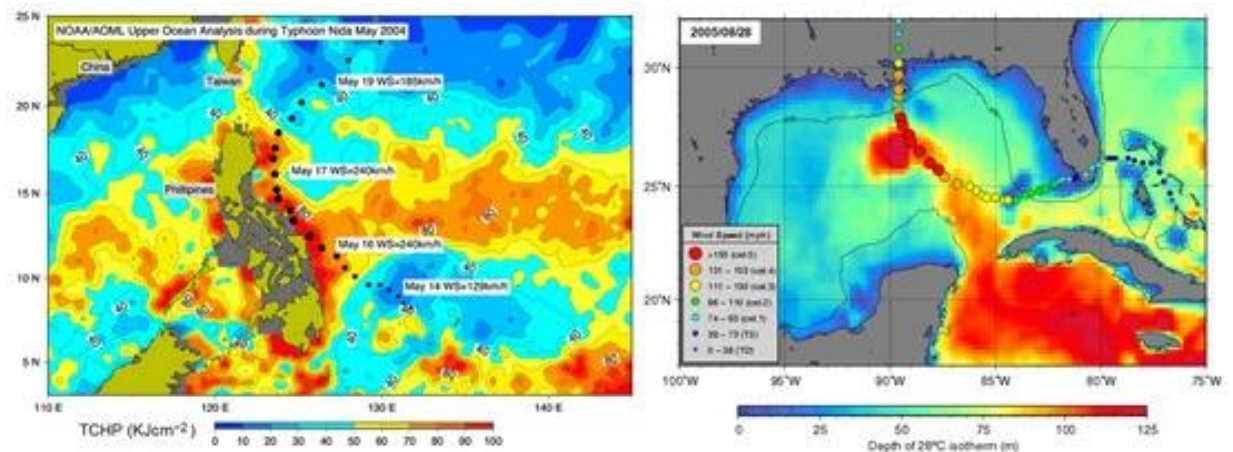


Рис. 2.7. Тепловий потенціал океану під час тайфуни «Ніда» (2004) та урагану «Катріна» (2005) [41]

Отже, після аналізу наведених матеріалів можна зробити висновок, що для відображення конкретних випадків несприятливих природних процесів на картах дрібного чи середнього масштабу найчастіше застосовують способи значків або точковий метод. Однак, залежно від конкретної ситуації та виду стихійного лиха, спосіб ареалів також може бути доречним, особливо для великомасштабних карт. Спосіб якісного фону є найбільш підходящим для зображення саме зон небезпеки

виникнення природних катастроф, принаймні якщо вони можуть бути розділені на категорії від найменшого до найвищого рівня небезпеки та мають суцільне просторове поширення. Залежно від характеру поширення явища або за показником, що картографується, якщо він числовий, то може також застосовуватися спосіб кількісного фону.

Незважаючи на своє здавалося б просте оформлення, у більшості наведених карт, всі вони є надзвичайно корисними. Адже дозволяють, наприклад, прогнозувати виникнення стихійних лих і визначати зони ризику на основі інформації про попередні випадки таких процесів на певній території. Деякі карти відображають зони ризику, спираючись на числові розрахунки чи фізико-географічні особливості, що робить їх більш наочними. Інші карти містять дані про пошкоджені чи зруйновані об'єкти, що допомагає планувати безпечні маршрути, оминаючи ці місця.

Якщо розглядати дрібномасштабні карти світу чи материків, їхній зміст може слугувати загальною довідковою інформацією щодо великих втрат внаслідок природних катастроф. Це корисно на початковому етапі планування діяльності, пов'язаної із захистом довкілля тощо. Таким чином, попри свою візуальну простоту, ці карти є цінним інструментом для аналізу, прогнозування та підготовки до несприятливих природних явищ і процесів.

2.2. Досвід картографування повеней і їх наслідків в Україні та світі

Отож, як показано на діаграмі (рис. 2.1), саме повені є одними з найбільш поширених, а також руйнівних природних процесів, які щорічно завдають значних збитків як по всьому світу, так і звісно в Україні. Тому картографування повеней та їх наслідків є критично важливим для розуміння ризиків, планування заходів щодо запобігання катастрофам та реагування на надзвичайні ситуації.

Завдяки сучасним технологіям дистанційного зондування та геоінформаційним системам (ГІС), ми маємо змогу створювати детальні карти, які відображають не лише території, схильні до повеней, але й, наприклад, потенційні шляхи розповсюдження води чи можливі зони евакуації та інші подібні моменти.

У цьому розділі буде розглянуто досвід картографування повеней і їх наслідків в Україні та в інших країнах світу. Це дозволить порівняти та проаналізувати різні підходи та методи зображення на тематичних картах, які використовуються для оцінки ризиків, зображення зон потенційної небезпеки та планування заходів щодо мінімізації наслідків повеней. Таким чином, аналіз і врахування досвіду попередників сприятиме визначенню більш вдалих способів картографічного зображення, а також вибору правильних об'єктів географічної основи та тематичного змісту, що вже суттєво допоможе при розробці майбутньої карти.

Переходячи до прикладу зарубіжного картографування, розглянемо наступне зображення (рис. 2.8) з трьома періодами повернення водозбору річки Мустікс, Гаїті, перше, що можна відразу помітити, оскільки розглядається конкретна річка, то полігоном в ГІС-додатку повністю окреслено її межу водозбірного басейну. Що є доволі вдалим способом відразу зобразити зону дослідження та сфокусувати на ній погляд тих користувачів, які будуть читати карту. Конкретно тематичний зміст даної карти зображується по річковому стоку способом лінійних знаків та полігонів у ГІС з додаванням індивідуальних значень висоти води (глибини) у метрах кожній ділянці. В якості basemap для цієї карти використано звичайну рельєфну підкладку, яка не кидається в очі і не несе дійсно якогось наочного навантаження, тобто використовується просто як приємний користувачу фон. Тож за картою дійсно можна оцінити масштаб можливої повені, орієнтуючись на максимальну глибину поблизу русла ріки. А от дані по соціальній, економічній та фізичній вразливості водозбору, вже були обраховані, виходячи з модуля вразливості, який враховував

багато соціально-економічних показників, таких як інформація про вік, стан здоров'я, зайнятість населення, стан доріг і тому подібні аспекти за вибраною методикою. І як результат, було також побудовано окремі карти соціальної, економічної та фізичної вразливості водозбору (рис. 2.9), вони спираються на соціально-економічні показники та якраз поєднуються з даними глибини, що на картах небезпеки повеней. Таким чином визначається рівень уразливості і вже способом якісного фону позначається за шкалою від дуже низького до дуже високого рівня небезпеки.

Отож знову помічаємо, що зрештою для побудови подібних карт несприятливих природних процесів з зонами ризику, в тому числі повеней, використовуються в основному фонові способи. В ГІС, то, скоріш за все, буде спосіб полігонів, котрим можна окреслити якийсь конкретний ареал ураження, чи взагалі суцільно позначити на всій території потенційно небезпечні зони, що вже буде нагадувати спосіб кількісного чи якісного фону у класичній картографії. Також варто відмітити, що доцільно зображувати саме соціально-економічну вразливість території на окремих аркушах, від власне карт небезпеки, щоб, наприклад, не нагромаджувати вміст і не перешкоджати читанню.

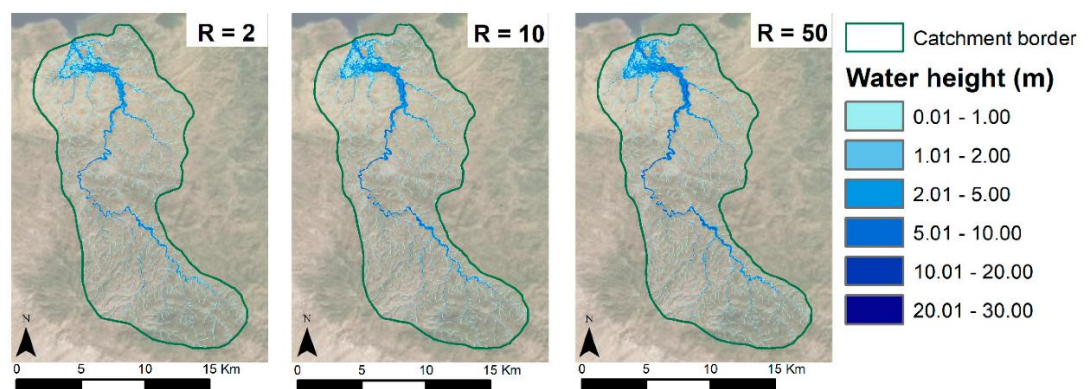


Рис. 2.8. Небезпека повеней для трьох періодів повернення водозбору річки Мустікс, Гаїті [37]

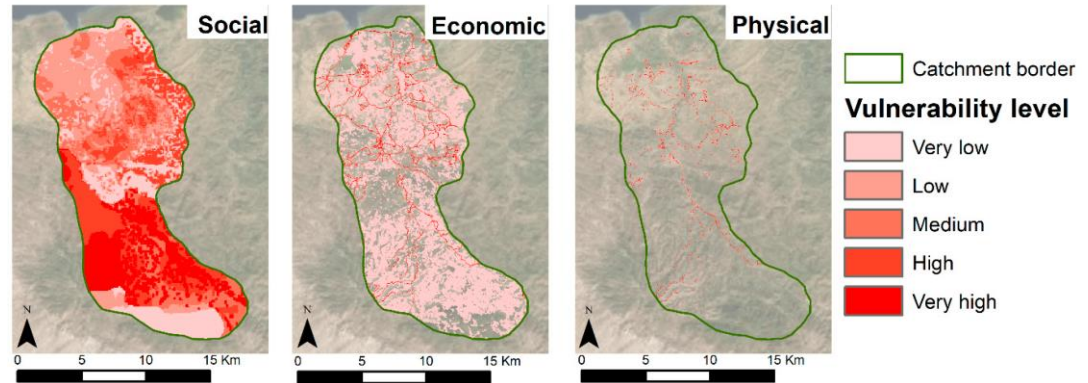


Рис. 2.9. Соціальна, економічна та фізична вразливість водозбору річки Мустікс, Гаїті, [37]

Наступним прикладом досвіду картографування повеней буде повинь в регіоні озера Вембанад, Індія, що відбулася у серпні 2018 року (рис. 2.10). Тут спочатку помічаємо, що існує два зображення однієї й тієї ж території на карті, це пов'язано з тим, що аналіз робився на основі даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) зі знімків відразу двох супутників у один і той же день, але різний час, тобто це карта масштабів конкретної повені, яка уже відбулася, а не ризиків виникнення.

Тож маємо перше зображення (В), що було зроблено супутником Sentinel-2, а водні об'єкти виявлено та автоматично виділено на основі модифікованого нормалізованого індексу води (MNDWI) [6]. Та друге зображення (С), де затоплення знято на супутник Sentinel-1, і на ньому видно додаткові затоплені ділянки на південний схід від озера Вембанад, які не спостерігалися на карті повеней на основі методу MNDWI (В), це все через хмарність на знімку в той час, а оскільки затоплення при MNDWI було класифіковано автоматично, то хмари не давали подальшої класифікації пікселів на зображеннях Sentinel-2. Тому маємо такі відмінності та робимо висновок, що у випадку дослідження розмаху конкретних повеней шляхом використання даних ДЗЗ, треба обов'язково брати знімки без хмарності, якщо це можливо, або хоча б з хмарністю (Cloud cover) не більше 5-10% та її розміщенням не на ключових ділянках. А при автоматичній класифікації

об'єктів на знімку, в даному випадку саме затоплених територій, слід перевіряти результат такої керованої класифікації вручну, щоб помітити, якщо раптом було позначено зайву ділянку чи навпаки. Загалом, було корисно, ознайомитися з подібним підходом до укладання карт повеней, що засновані на відразу двох знімках Sentinel-1 та Sentinel-2, адже це доволі інформативно пояснює відмінності, що можна навіть використовувати при навчання інших користувачів застосовувати програми для аналізу даних ДЗЗ. На зображенні (F) показано, як відрізняються виділені ділянки затоплення, все ж таки, вони схожі одна на одну для десь 85% досліджених пікселів, але цей приклад дійсно вчить використовувати перевірену інформацію.

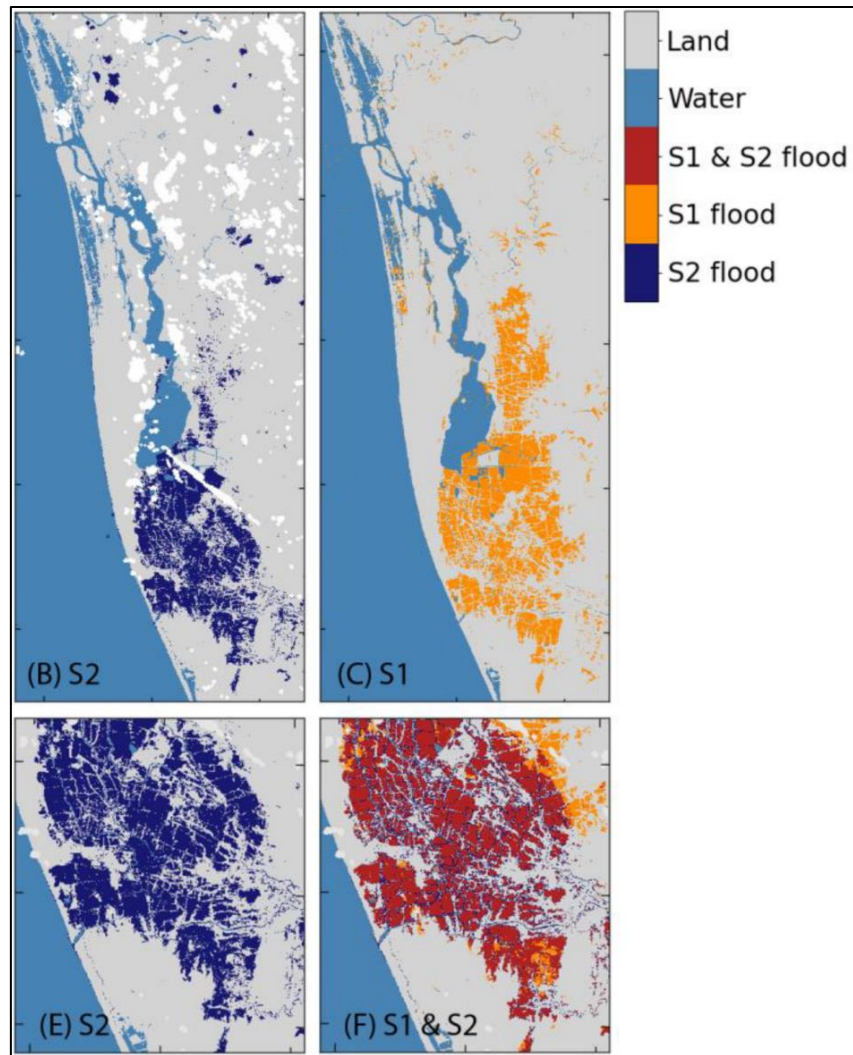


Рис. 2.10. Повінь в регіоні озера Вембанад, Індія, у серпні 2018 року [47]

Тому, орієнтуючись на більш правильний варіант знімку з Sentinel-1 (C), виділяємо способи картографічного зображення, якими показано повінь на карті, а це по суті ті ж самі полігони (помаранчевий колір), про які вже писалося при аналізі попередніх карт, вони якраз виділяють певний ареал затоплення. В якості basemap обрано звичайний сірий фон для суші та синій для об'єктів гідрографії, знову щоб не відволікати читача від основного вмісту.

Перейдемо до досвіду картографування повеней і їх наслідків в Україні, тож перша карта на яку варто звернути увагу, носить назву – Території, які мають високу ймовірність затоплення в регіоні водозбірного басейну річки Вісла (рис. 2.11). Бачимо, що дана карта не має об'єктів географічної основи, окрім державного кордону, що вже не раз зустрічалося і в зарубіжних аналогах. До об'єктів тематичного змісту теж очікувано відносяться межі басейну та суббасейнів, які позначено полігоном без заливки, так само, як і державний кордон, способом значків відмічено населені пункти, що мають ризик затоплення не менше помірного рівня. Також звісно способом лінійних знаків зображено річки, території із потенційно значним ризиком затоплення теж складають певні ділянки річкового русла, однак їх вже зображено лініями іншого кольору (червоним, який асоціюється з чимось небезпечним). Конкретно ці території для даної карти було визначено завдяки методиці попереднього оцінювання небезпеки затоплення, що спирається на аналіз масштабних повеней, що траплялися в регіоні в минулі роки [25]. У процесі оцінювання також було враховано просторовий розподіл максимальних показників стоку зі схилів під час весняного водопілля та дощових паводків в басейні річки.

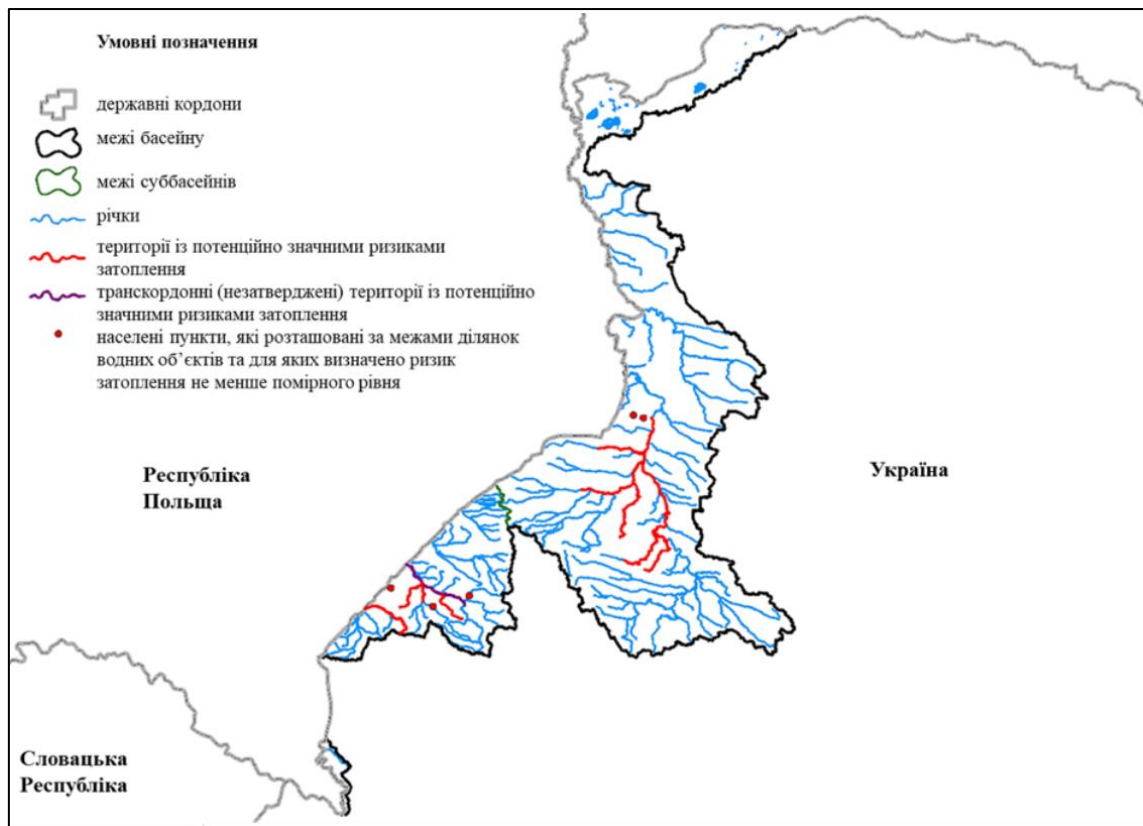


Рис. 2.11. Території, які мають високу ймовірність затоплення в регіоні водозбірного басейну річки Вісла [14]

Завершуючи розгляд карт повеней і їх наслідків в Україні також слід дослідити наступний приклад (рис. 2.12), який хоча й не є саме картою повені, однак він враховує гідрологічну ситуацію під час весняного водопілля, а також використовує «Систему оперативного прогнозування для моделювання та оцінки потенційних наслідків затоплень прибережних територій столиці у випадку різкого підвищення рівня води в Дніпрі внаслідок високих повеней або гіпотетичного руйнування греблі Київської ГЕС». Отож карта має назву – Глибини затоплення берегів Києва при прориві дамби Київської ГЕС для проранів завширшки 280 м [30].

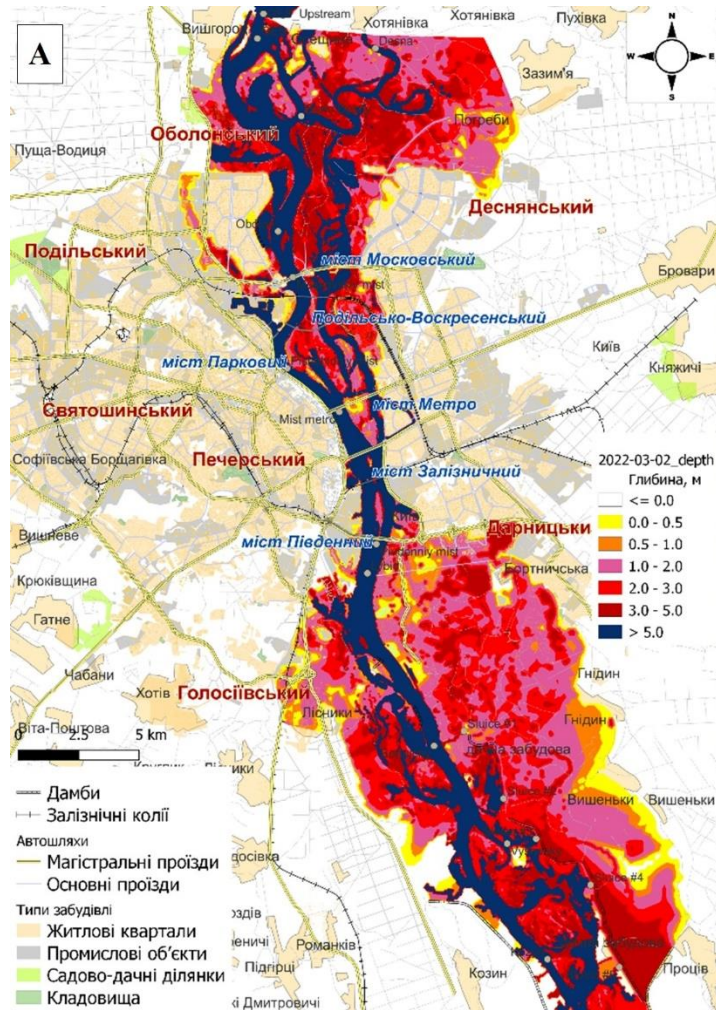


Рис. 2.12. Глибини затоплення берегів Києва при прориві дамби Київської ГЕС для проранів завширшки 280 м [24]

Тут варто виділити не теоретичну зону ураження, яка по суті зображена так само звичайним для даних потреб способом кількісного фону, в градації від 0.0 (територія, що не буде затоплена) до 5 і більше метрів. Звертаємо увагу на об'єкти, які можуть постраждати, якщо раптом дана катастрофа відбудеться, тож полігонами позначено вразливі до повеней території, а саме житлові квартали, промисловість, садово-дачні ділянки і навіть кладовища, яким категорично не бажано бути затопленими, адже це може призвести до вимивання в ґрунтові води та поверхневі водойми потенційно небезпечні речовини.

Отже, дійсно немає сумнівів, що картографування повеней і пов'язаних з ними ризиків є важливою складовою систем управління надзвичайними ситуаціями як в Україні, так і в інших країнах світу. Було підтверджено, що для створення карт зон підтоплення внаслідок повеней або за інших причин, також для оцінки потенційних наслідків та прогнозування теоретичного виникнення цього стихійного лиха, широко використовуються технології для аналізу даних дистанційного зондування Землі разом з ГІС та методами обробки в них, загалом всі карти укладаються в подібних програмах.

В Україні, як і в світі, накопичено значний досвід картографування повеневих ризиків на регіональному та локальному рівнях, активно застосовуються різноманітні методики картографічної візуалізації повеней, хоча деякі конкретні способи зображення, як в ГІС, так і в класичній картографії постійно виділялися, адже вони дійсно найбільш зручні для своїх цілей. Варто виділити, що широко використовуються карти ризику та глибини затоплення, так само на них можна окремо виділяти потенційно вразливі до повеней території.

В цілому, досвід різних країн демонструє, що картографічні матеріали відіграють одну з ключових ролей в оцінці загроз, що несуть з собою повені, завдячуючи такому оперативному картографічному моніторингу, влада може активно впроваджувати системи раннього оповіщення та проводити інші заходи для мінімізації шкоди та захисту населення.

2.3. Особливості картографування вразливих до повеней територій

Варто почати з того, що для розробки точних та інформативних карт, які дозволяють не лише оцінити поточний стан територій, але й передбачити можливі сценарії розвитку подій. Звісно треба враховувати деякі специфічні фактори і методологічні підходи, що дозволяють створювати максимально корисні для користувачів картографічні матеріали.

Оскільки з розвитком сучасних технологій, зокрема дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем, з'явилися нові можливості для детального картографування будь-яких явищ, а не лише повеней та їх наслідків. То тепер у світовій та вітчизняній практиці накопичено дійсно значний досвід картографування різних ризиків, який демонструє низку характерних особливостей, що пов'язані, як з сучасними технологіями, так і з іншими аспектами.

Отож насамперед, виходячи з інформації двох попередніх розділів, слід виділити всі помічені особливості, що у всякому разі пов'язані з процесом картографування вразливих до повеней територій.

1. Звичайно, активне залучення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційних систем (ГІС) для обробки, аналізу та візуалізації інформації про ризики повеней. Це є чимось безсумнівним та закономірним, адже ДЗЗ забезпечує актуальні дані, а ГІС надає потужний інструментарій для їх обробки.

2. Само собою зрозуміло, що велика увага приділяється забезпеченню високої якості та актуальності використовуваних даних, особливо вже згаданих даних ДЗЗ, адже ця інформація є критичною для прийняття дійсно важливих рішень.

3. Значна увага приділяється аналізу історичних даних про повені, оскільки це найбільш дієвий спосіб, щоб ідентифікувати особливо вразливі зони та передбачити ймовірні сценарії розвитку подій.

4. Було не раз помічено широке використання такого способу картографічного зображення, як ареали, що у ГІС представлені полігонами, вони якраз використовуються для окреслення зон затоплення або ж територій, потенційно вразливих до повеней. Цей спосіб доволі зручний, зрозумілий і дозволяє чітко візуалізувати межі небезпечних ділянок.

5. Відмічено застосування також способів якісного та кількісного фону для відображення різних рівнів ризику чи глибини затоплення. Зони підвищеного

ризиком зазвичай позначають відтінками червоного, адже саме цей колір асоціюється з чимось небезпечним, а глибини більш логічно зображувати відтінками синього.

6. Часто на картах вказуються межі водозбірних басейнів для кращого розуміння контексту та привернення уваги тих, хто буде її читати, це допомагає відразу швидко орієнтуватися в подібних картографічних творах.

7. Звісно, позначення на картах населених пунктів чи інфраструктурних об'єктів, які перебувають у зонах ризику затоплення, то є необхідна міра для карт вразливості. Оскільки це допомагає оцінити конкретний вплив потенційних загроз.

8. Для кращої наочності часто створюються окремі карти різних аспектів повеневих ризиків, наприклад, соціально-економічна вразливість, глибини затоплення чи прогноз небезпеки, то по суті три окремі карти.

9. Однак можливість окремо картографувати соціально-економічну вразливість території до повеней на основі різноманітних показників щодо населення, інфраструктури, економічної активності тощо. Якраз дозволяє комплексно оцінити потенційні наслідки та робити більш вдалі висновки.

10. Зрештою, зважаючи на різноманітність підходів, важливо дотримуватись загальноприйнятих картографічних правил та принципів для забезпечення зрозумілості та ефективності карт вразливих до повеней територій.

Оскільки вже було відмічено момент про забезпечення високої якості даних, що використовуються, то слід додати коментарі щодо ситуації, коли при автоматичній класифікації знімку з супутника, з ціллю побудови карти повені, що вже відбулася, затоплені ділянки перекриваються хмарним покривом і неправильно виділяються. Це важливий момент такої особливості картографування, яка спирається на методи некерованої класифікації та полягає в оперативному створенні картографічних творів.

Однак насправді існує спосіб, що дійсно ефективно справляється з цими проблемами, якщо нема іншого виходу, а необхідність швидкої побудови карти є.

Synthetic Aperture Radar (SAR) – активний радарний сенсор супутників, який використовується для отримання високоякісних зображень поверхні Землі [39]. SAR функціонує шляхом випромінювання мікрохвильового сигналу та вимірювання часу та інтенсивності цього сигналу, що відбивається від земної поверхні. І якраз те, що саме допомагає вирішити дану проблему є однією з ключових переваг SAR – його здатність проникати крізь хмари і працювати в нічний час, що робить його надзвичайно корисним для моніторингу та картографування в будь-яких погодних умовах. Так само перевагою є те, що SAR може використовувати різні режими поляризації (наприклад, HH, HV, VV, VH), яка дозволяє отримувати додаткову інформацію про поверхневі властивості об'єктів, таких як вологість ґрунту або структура рослинності. Це корисно для ідентифікації затоплених територій та оцінки їх стану.

Загалом, функціонал даного сенсору дозволяє застосовувати його у картографуванні повеней таким чином, що це дійсно змінює особливості тієї частини роботи, що припадає на керовану класифікацію та втручання людини. У зв'язку з тим, що його можна використовувати для оперативного моніторингу повеней, надаючи дані про затоплені території в реальному часі. Це допомагає органам влади та рятувальним службам швидко реагувати на надзвичайні ситуації, що виникли неочікувано, хоча в такому випадку не створюються карти, тому звертаємо увагу саме на те, як дані SAR використовуються для створення карт затоплень.

Тож такі карти включають чітко визначену інформацію про глибину затоплення, площу затоплених ділянок та тривалість затоплення, адже можна легко визначати часові проміжки, коли повінь почалася, а коли пішла на спад. Після повені SAR дозволяє оцінити обсяги збитків, завданих інфраструктурі, що включає оцінку руйнувань будівель, доріг, мостів та інших об'єктів. Тобто в тому випадку, коли треба побудувати саме карти фактичної повені, а не прогнозні, то вся

інформація, яку можна отримати з даних цього сенсору є надзвичайно важливою. Однак навіть якщо планується побудова прогнозної карти вразливих до повеней територій, то доступ до таких даних, які можна назвати історичними, теж буде дуже доречним, так як з'являється можливість вивчати детальні особливості попередніх випадків і робити прогнози, спираючись на них. До того ж, є можливість використовувати дані, визначені сенсором, для подальшого моделювання схилів та рельєфу земної поверхні (рис. 2.13).

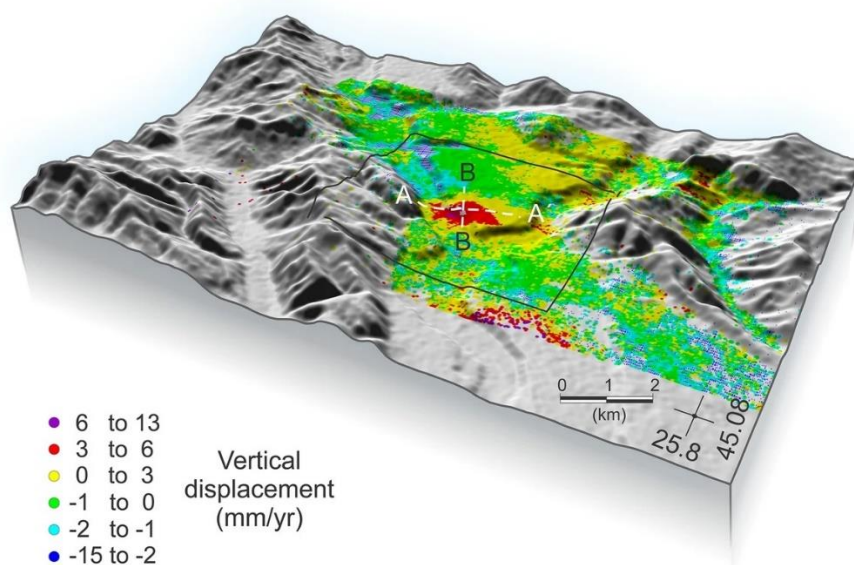


Рис. 2.13. InSAR-моделювання поверхні території поблизу м. Кимпіна, Румунія, з використанням 123-ох супутникових знімків Sentinel-1 [38]

Interferometric SAR (InSAR) є технологією, яка використовується для вимірювання зміни рельєфу земної поверхні з високою точністю. Ця методика базується на аналізі різниці фаз між двома або більше зображеннями, отриманими з SAR-сенсорів з різних точок спостереження або в різний час. Аналіз інтерференції між цими зображеннями дозволяє визначити мікроскопічні зміни у висоті поверхні. InSAR дозволяє створювати високоточні цифрові моделі висоти (Digital Elevation Models, DEMs) і картографувати мікроскопічні зміни рельєфу [49].

Отже, в котре стало зрозуміло, що картографування територій, схильних до повеней, є складним та багатогранним процесом, який вимагає врахування низки специфічних факторів та застосування сучасних методологічних підходів. Важливою особливістю також було визначено можливість оперативного моніторингу повеней та створення відповідних карт за допомогою радарних даних SAR/InSAR, що дозволяє отримувати актуальну інформацію про затоплені території в режимі реального часу, оцінювати глибини і площі затоплення. Загалом, врахування всіх виділених особливостей якраз є необхідною умовою для створення якісних і корисних картографічних матеріалів з оцінки вразливих до повеней територій.

РОЗДІЛ 3. УКЛАДАННЯ ТА АНАЛІЗ КАРТИ ВРАЗЛИВИХ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЙ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Географічні передумови вразливості територій Полтавської області до повеней

Аналіз досвіду показав, що під час створення карт територій, вразливих до повеней, особливу увагу приділяють аналізу історичних даних про минулі їх випадки в досліджуваних регіонах. Такий підхід є дієвим способом ідентифікації особливо вразливих зон та прогнозування можливих сценаріїв розвитку подій. Відповідно, для побудови карти вразливих до повеней територій Полтавської області також необхідно розглянути та проаналізувати попередні інциденти, що відбувалися у цьому регіоні, іншими словами, було вирішено провести історичний аналіз.

Державний історичний архів України надає доступ до цінного сховища гідрологічних даних, що включає реєстр найбільших повеней, який дає можливість дослідити історію цих природних катастроф на території України. Наприклад, він вказує на те, що найбільш руйнівна повінь XIX століття в Полтавській області відбулася у місті Кременчук у 1845 році, тобто понад 178 років тому. Хоча цей період може здаватися віддаленим, важливо враховувати, що рівень води під час цієї повені досягав вражаючих 686 сантиметрів, і весь Кременчук, за винятком деяких пагорбів і височин, був затоплений водою [19].

Масштаби катастрофи значно розширилися у 1931 році, коли повінь охопила не лише Кременчук, але й практично всі населені пункти лівобережжя Дніпра. Ця подія, як зазначали різні наукові видання, належить до екстремальних гідрологічних явищ, які трапляються лише раз на століття.

Гідрологічний режим околиць Кременчука сприяв формуванню багатьох болітних територій, де ґрунтові води стояли високо під поверхнею землі. Внутрішні

річки, такі як Крива Руда та Сухий Кагамлик, були мілководними та малорухомими, що зумовлювало їхнє майже постійне заболочення. Саме ці райони були найбільш вразливими під час будь-якої повені [28].

Тож у 1931 році зима виявилася дуже сніжною і морозною, а весна прийшла м'якою, з раптовим потеплінням, що спричинило бурхливе танення снігів. Рівень води в Дніпрі стрімко піднявся, і на початку травня деякі захисні споруди були прорвані, дозволяючи агресивним водам Дніпра швидко затопити вулиці міста. Це призвело до катастрофічних масштабів затоплення (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Повінь у Кременчуці, 1931 р. [19]

Навіть у найвищій центральній частині міста людям доводилося переміщатися на човнах. У пік повені, який припав на першу декаду травня, рівень води досяг вражаючих 823 сантиметрів, що на цілих 137 сантиметрів вище, ніж у XIX столітті [33].

Отже, уже можна побачити таку закономірність, що затоплення внаслідок повені відбуваються саме на лівому березі Дніпра, що звісно не дивує, адже якщо

подивитися на фізичну карту України, то саме на південному-заході Полтавщини проходить Придніпровська низовина, висота рельєфу біля русла приблизно 70-80 м над рівнем моря. Що якраз призводить до затримки води поблизу цієї частини річкової долини і створює умови для накопичення її великих обсягів, та підвищення ризику повеней під час інтенсивних опадів або розтавання снігу [23].

Варто пам'ятати й про силу Коріоліса, тобто фіктивну (уявну) силу, яка виникає внаслідок обертання системи відліку і діє на тіла, що рухаються відносно цієї обертової системи [26].

У випадку Землі, сила Коріоліса якраз є наслідком її добового обертання і так само діє на всі тіла, що рухаються по поверхні відносно цієї обертової геоцентричної системи відліку. Тобто внаслідок обертання Землі, сила Коріоліса діє на неї також, причому на глобальному рівні.

У Північній півкулі ця сила відхиляє рух вправо, тому праві береги річок там більш круті, оскільки вода підмиває їх під дією цієї сили. У Південній півкулі ситуація протилежна – сила Коріоліса відхиляє рух вліво, тому лівий берег річок там крутіший через підмивання водою. Виходить, що якраз ліві береги річок у Північній півкулі є пологими, тобто вони нижчі за праві і знижуються поступово, а не різко.

Відповідно, це ще одна з причин, чому південний захід Полтавської області, який простягається вздовж русла ріки Дніпро, схильний до повеней та підтоплень. Внаслідок пропуску весняного водопілля через водосховища Дніпровського каскаду відбуваються постійні затоплення низьких ділянок у ряді прирічкових населених пунктів Полтавщини.

Отож, можна говорити, що розташування Полтавської області робить її дійсно схильною до утворення великих повеней через низку факторів, таких як географічне положення, рельєф, кліматичні умови та гідрографічна структура.

Як уже було сказано, Полтавщина розташована на Придніпровській низовині, а її рельєф безпосередньо впливає на швидкість стоку та затримання води.

Зміна клімату, зумовлена, перш за все, глобальним потеплінням, призводить до значного зростання інтенсивності опадів, особливо навесні, адже нерідко можна спостерігати сніг навіть у березні. Тож такі зміни виражаються у різкому збільшенні кількості опадів за короткий проміжок часу, а потім раптом настає різке потепління, яке прискорює танення снігу. Внаслідок цього значно зростає об'єм води, яка надходить до річок та інших водойм [18].

Наявність річок та їх систем, розташування водосховищ, а також стан водозабезпечення, характер рельєфу, його поступове пониження – все це впливає на здатність регулювання водного режиму, швидкість відведення води і сприяє утворенню затоплених територій. Антропогенні зміни природного ландшафту в басейні Дніпра, зокрема урбанізаційні процеси, такі як забудова в околицях Кременчука та використання водних ресурсів для зрошення сільськогосподарських угідь, призводять до значних модифікацій гідрологічного режиму річки, що, в свою чергу, сприяє зростанню ризику повеней на півдні.

Усі ці фактори взаємодіють між собою і врахування їх взаємозв'язку є важливим для розуміння та ефективного управління ризиком повеней на території Полтавської області. Тому слід розвивати та впроваджувати заходи з водоуправління та гарантування безпеки населення в умовах можливих природних катаклізмів.

Тож, дивлячись на всі чинники, що були перераховані раніше, а саме історичний аналіз та тенденції минулих років, географічне розташування, геоморфологічні та кліматичні особливості і гідрологічний режим, було зроблено висновок, що існує зона затоплення на південному заході області. Ця зона регулярно зазнає підтоплення, переважно навесні, внаслідок інтенсивного танення снігових вод. З метою зображення потенційних масштабів затоплення та

полегшення їх оцінки для місцевої влади та мешканців, вирішено створити карту для візуалізації наслідків можливої повені. Ця карта допоможе ефективно підготуватися до ймовірного стихійного лиха, вчасно реагувати на ризики, розробляти дієві заходи адаптації та мінімізувати збитки й людські жертви.

3.2. Укладання карти вразливих до повеней територій Полтавської області

Карта розроблялась за допомогою ArcGIS, флагманської платформи геоінформаційних систем від американської компанії ESRI. ArcGIS – це комплекс програмних продуктів, що дають змогу працювати з геопросторовими даними. У цьому дослідженні використовувався додаток ArcMap, який є одним з основних компонентів ArcGIS і призначений для виконання широкого спектру картографічних завдань, включаючи створення та публікацію карт, їх аналіз та редагування [32].

Спочатку в програмне середовище було завантажено шейпфайл адміністративних меж областей та регіонів України. Потім треба було обрізати зайві об'єкти і залишити лише необхідну для дослідження Полтавську область. Це стало можливим завдяки взаємодії з виділеною інструментом Select Features Полтавською областю та активним шаром адміністративних меж, який обрізається через послідовність команд: View – Data Frame Properties – Data Frame – Clip Options – Clip to Shape – Specify Shape – Outline of Features – Layer – вибраний шар – Features – Selected (рис. 3.2).

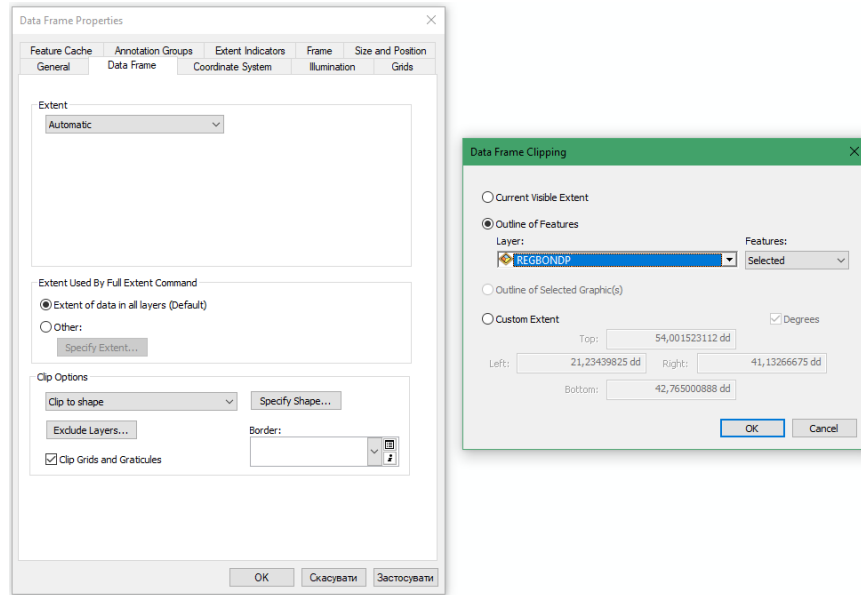


Рис. 3.2. Налаштування для обрізки шейпфайлу

Важливим кроком також була зміна системи координат для всіх файлів, що будуть використовуватися, адже за стандартом вони йдуть у WGS 1984, що не є правильним для території України, де використовують Pulkovo 1942. Тому треба знову зайти в View – Data Frame активного шару адміністративних меж. Далі обираємо Coordinate System і пишемо в полі пошуку Pulkovo 1942, натискаємо Search. Серед запропонованих варіантів, розкриваємо папку Projected Coordinate Systems, тоді Gauss Kruger – Pulkovo 1942, з-поміж варіантів шукаємо систему координат Pulkovo 1942 GK Zone 6N. Потрібна зона була визначена за аркушем топографічної карти області (рис. 3.3).

Далі логічним кроком стало додавання на майбутню карту лінійного (River_lines.shp) та полігонального (River_polygon.shp) шейпфайлів великих та середніх річок регіону.

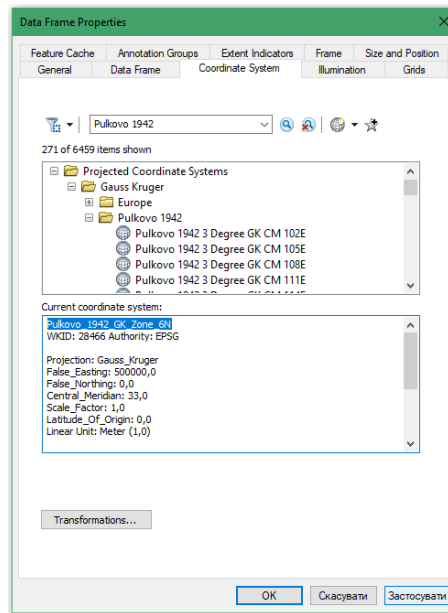


Рис. 3.3. Налаштування для зміни системи координат

Після цього, виходячи з даних, отриманих у результаті підготовки, треба окреслити ймовірну зону затоплення в результаті повені. Виходячи з розглянутого у попередньому розділі досвіду картографування повеней і їх наслідків в Україні та світі, вирішено, що найкращим способом картографічного зображення для цього буде спосіб ареалів, але це в класичній картографії, в ArcMap же було створено новий полігональний шейпфайл під назвою «Flood zone».

Далі треба увімкнути панель Editor, в якій і буде відбуватися створення та редагування нового шейпфайлу. Інструмент Create Features дозволяє окреслити зони затоплення. Виникає питання, а як же накреслити способом полігонів, які зазвичай будуються лише з прямих ліній, плавні межі для ареалу? Це завдання можна вирішити за рахунок того, що на панелі інструменту є безліч різних способів, наприклад, використаний End Point Arc Segment – відрізок дуги кінцевої точки, що дозволяє легко та м'яко малювати межі для полігону.

Після побудови нового полігонального шару, його треба правильно візуалізувати. У вікні Layer Properties натискаємо вкладку Symbology і обираємо Symbol Selector, яким можна налаштувати колір заливки та контуру для полігону, а

також вибрати ширину контуру. Було вирішено, що найбільш привабливим варіантом буде тематичний блакитний колір помірної насиченості, ширина контуру – 1, а його забарвлення Ultra Blue (рис. 3.4).

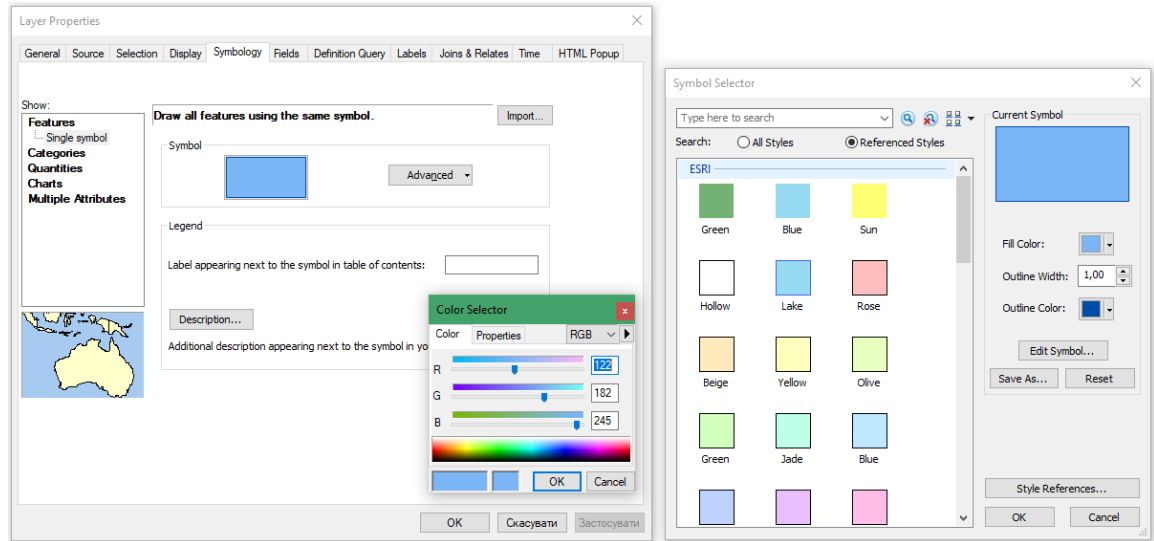


Рис. 3.4. Візуалізація шару «Зона затоплення»

Оскільки зона затоплення буде розташована під тематичними шарами великих і середніх річок, вже є сенс налаштувати символію і для них, тож треба відкрити їх Layer Properties та налаштувати параметр напівпрозорості: Display – Transparent – 40% (рис. 3.5). З параметром напівпрозорості для верхніх шарів об'єктів гідрографії загальна картинка виглядає більш гармонійною.

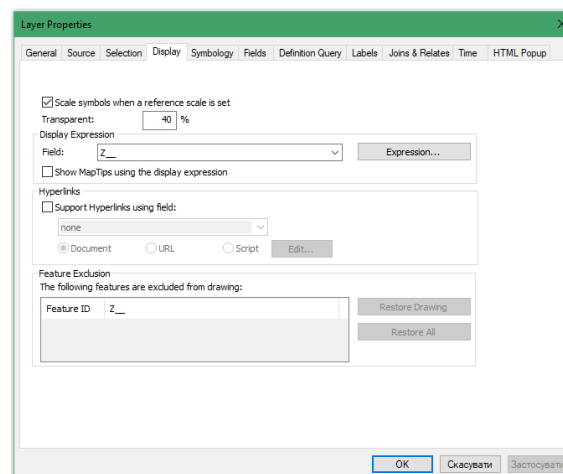


Рис. 3.5. Налаштування напівпрозорості шару

Тож після всіх цих маніпуляцій, на цьому етапі роботи фрагмент побудованої карти виглядає так (рис. 3.6). Однак це, звісно, не фінальний результат, адже, щоб карта виконувала свою функцію, для досягнення мети, не вистачає, як мінімум, шару з населеними пунктами, який було додано на карту і обрізано за контурами території Полтавської області.

Тепер уваги потребують саме ті населені пункти, територія яких частково або повністю знаходиться в окресленій раніше зоні затоплення під час повені. Тому треба перемістити шар населених пунктів над зоною затоплення і іншими водними об'єктами у списку Layers.

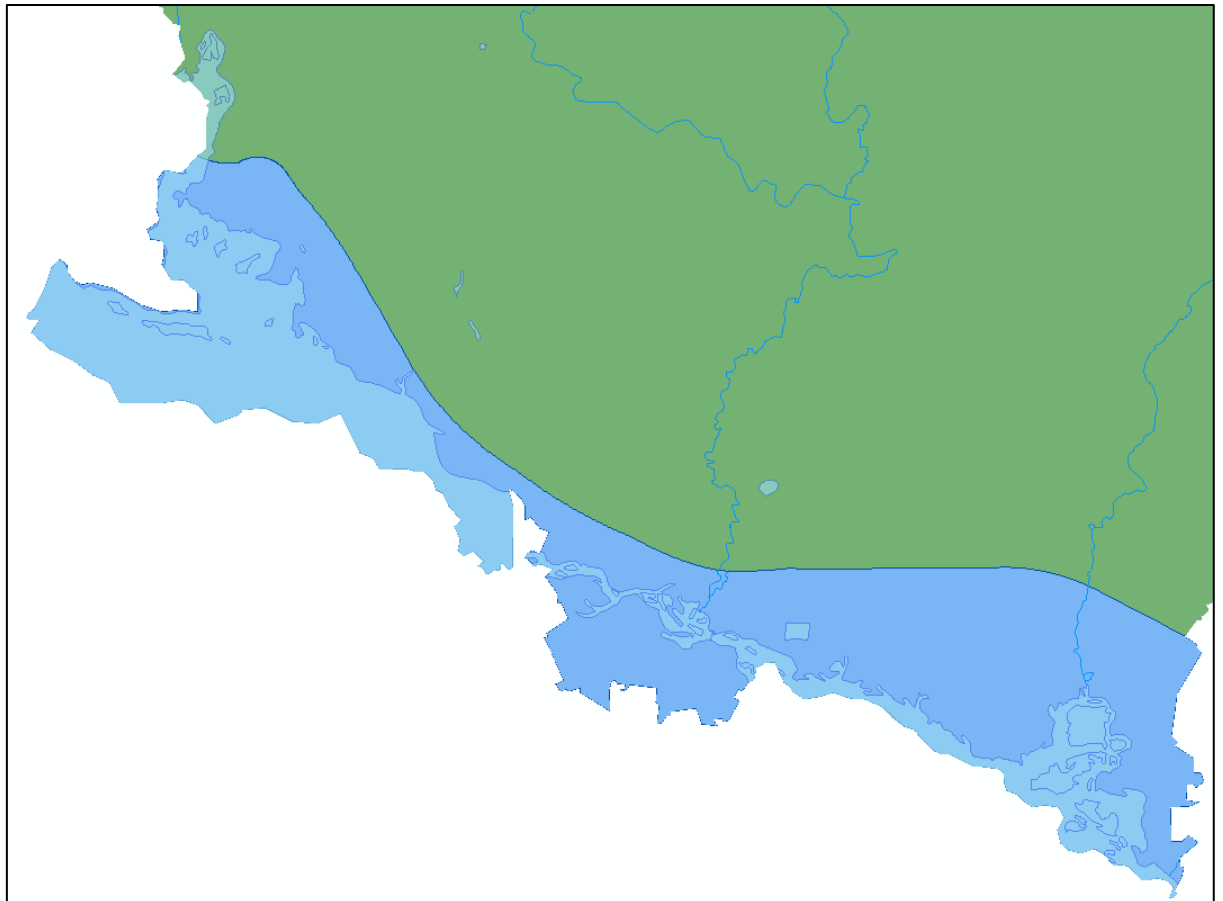


Рис. 3.6. Фрагмент карти зони затоплення

І на цьому етапі, коли вже можна чітко побачити полігони, що перетинаються з зоною ураження, їх слід виділити за допомогою множинної вибірки інструменту Select Features. Далі треба зайти в атрибутивну таблицю шару, в якій виділені атрибутивні дані вибраних об'єктів. А оскільки для дослідження насамперед цікаві лише населені пункти у зоні затоплення, то треба видалити з таблиці всі інші. Тому натискаємо Switch Selection, вибірка змінюється на інші рядки і видаляємо всі населені пункти, окрім тих, що знаходяться у зоні ураження.

Після візуалізації вибраних територій червоним кольором, яким традиційно позначають щось небезпечне, вже можна переходити в режим компоновки карти.

При компоновці карти було обрано горизонтальну орієнтацію аркуша. Для цього з можливих стандартних варіантів компоновки вибираємо ISO (A) Page Sizes – ISO A2 Landscape.mxd – це якраз те, що потрібно, до того ж з гарною зовнішньою та внутрішньою рамкою.

Після цього натискаємо Focus Data Frame для того, щоб зафіксувати основний картографічний вміст проекту і мати можливість робити підписи населених пунктів у масштабі карти. Наближаємося до окресленої зони, беремо інструмент Identify і з його допомогою продивляємося кожен населений пункт на шляху, насамперед потрібна назва навіть найменших сіл, тобто атрибут Name_LAT (рис. 3.7), паралельно з цим вносимо отримані дані в таблицю Excel.

Після ідентифікації всіх населених пунктів, їх треба підписати на карті, це робиться через функцію Insert – Text. Шрифт за замовчуванням, тобто Arial є прийнятним для цієї цілі, однак його слід зробити напівжирним та підібрати правильний розмір, також треба зважати й на статус населеного пункту, щоб підписи відповідали стандартним умовним позначенням. Для більш зручного читання карти, кожному підпису було обрано білий фон Halo. Також підписуємо та візуалізуємо відповідно правил річки та водосховища.

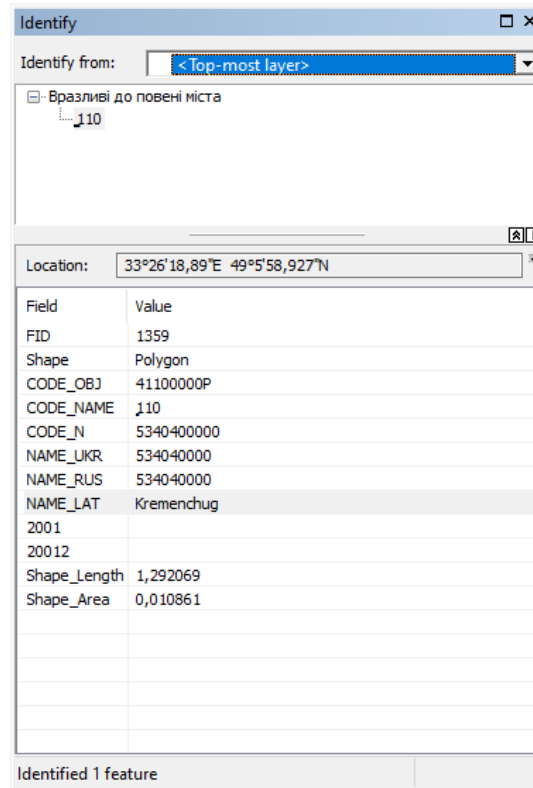


Рис. 3.7. Інтерфейс інструменту Identify

Далі переходимо до фінальної компоновки карти вразливих до повеней територій Полтавської області. З самого початку створення було зрозуміло, що ця карта зображуватиме саме затоплення на південному заході Полтавщини, що поблизу ріки Дніпро, Кременчуцького та Кам'янського водосховищ, та річок Псел і Ворскла, які в них впадають. Оскільки в межах області ця територія займає не більше 10% площі, то зображувати на основній карті Полтавську область повністю немає сенсу, тому масштаб буде збільшено саме до південного заходу. Тож, обрано масштаб основної карти 1:280 000. На ній зображено: межі області, великі та середні річки, ареал зони затоплення, вразливі до повеней території населених пунктів.

Потім треба було створити карту-врізку, яка б показувала розташування зони затоплення, що утворилася внаслідок повені, на території всієї Полтавської області. Для цього було використано функцію Insert – Data Frame. Далі в списку шарів робимо активним New Data Frame, обираємо View – Data Frame Properties – Data

Frame, тоді Clip Options і там вже Clip to extent of another data frame, в якості вихідного кадру даних обираємо список шарів основної карти. Після цього на карті-врізці з'являється точна копія відповідної карти, але тут вже треба зменшити масштаб до 1:2 000 000, щоб було охоплено всю територію Полтавської області.

Оскільки на карті-врізці не зберігаються підписи з основної карти, то треба знову нанести деякі з них, а саме назви річок та водосховищ. Також треба виділити адміністративний центр області, тобто місто Полтава, для цього додано на карту новий точковий шар city_point.shp та підписано його. І нарешті на карті-врізці треба показати зону затоплення. Це можна легко зробити, увімкнувши на панелі інструментів Draw, а потім обрати в ньому інструмент Rectangle (Прямокутник) і обвести з його допомогою окреслену зону.

Лишаються фінальні кроки у компоновці карти – оформлення назви основної карти і карти-врізки, підписів масштабів, формування легенди карти.

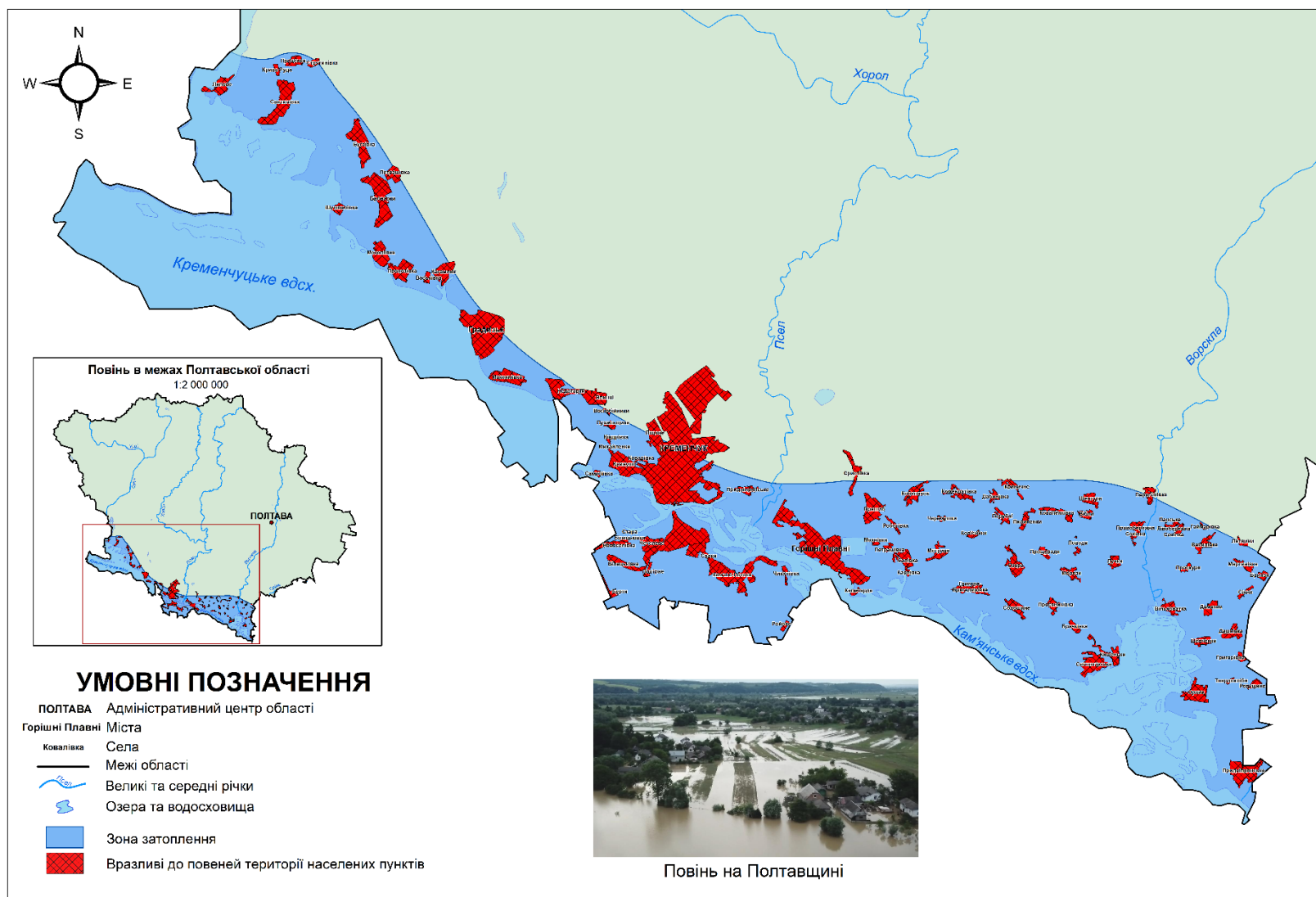
Підписуємо назву та іменованій масштаб. Отож основна карта має назву «ВРАЗЛИВІ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ», її підписано зверху рамки карти, тому відповідно з правил укладання карт, масштаб підписуються внизу рамки.

Карта-врізка має назву «Повінь в межах Полтавської області», її підписано в рамці самої карти, тому й іменованій масштаб вказано прямо під назвою.

Карту неможливо читати без легенди, тому обираємо Insert – Legend. У вікні конструктора легенди, що відкрилося, зі списку шарів вибираємо такі пункти, що підуть до легенди і натискаємо кнопку готово. Красиво та відповідно структурі позначення легенди розташовуємо її компоненти в одну колонку. Підписуємо заголовок легенди як «УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ» та розташовуємо її в лівому нижньому куті, а карту-врізку – над легендою.

Карта має такий допоміжний елемент, як стрілка на північ, щоб її додати тиснемо Insert – North Arrow, розташовуємо в лівому верхньому куті.

ВРАЗЛИВІ ДО ПОВЕНЕЙ ТЕРИТОРІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ



1:280 000

Рис. 3.8. Карта вразливих до повеней територій Полтавської області

3.3. Аналіз укладеної карти. Рекомендації щодо подальших заходів з мінімізації впливу повеней на вразливі території

Отож, на даному етапі роботи розробка карти вразливих до повеней територій Полтавської області є завершеною. Додатково у вигляді Таблиці 1 систематизовано інформацію про вразливі до затоплення внаслідок повеней населені пункти. Їх перелік робився у Excel-таблиці під час укладання карти, з використанням інструменту Identify. А дані щодо статусу, належності до конкретної громади та кількості населення бралися з Довіднику КАТОТТГ [7] і сайтів відповідних територіальних громад.

Таблиця 1

Вразливі до повеней населені пункти Полтавської області

Назва населеного пункту	Статус	Територіальна громада	Кількість населення, осіб
1	2	3	4
Придніпрянське	Село	Кобеляцька	1711
Орлик	Село	Кобеляцька	1754
Твердохліби	Село	Кобеляцька	32
Ревущине	Село	Кобеляцька	204
Шевченки	Село	Кобеляцька	441
Григорівка	Село	Кобеляцька	68
Дашківка	Село	Кобеляцька	406
Сінне	Село	Кобеляцька	47
Деменки	Село	Кобеляцька	568
Бринзи	Село	Кобеляцька	182
Мартинівка	Село	Кобеляцька	210
Литвини	Село	Кобеляцька	87
Вільховатка	Село	Кобеляцька	747
Проскури	Село	Кобеляцька	81
Василівка	Село	Кобеляцька	437
Гаймарівка	Село	Кобеляцька	35
Лівобережна Сокілка	Село	Кобеляцька	333
Панське	Село	Кобеляцька	67
Правобережна Сокілка	Село	Кобеляцька	207
Лучки	Село	Кобеляцька	572
Світлогірське	Село	Кобеляцька	2980
Кишеньки	Село	Кобеляцька	243
Брачківка	Село	Кобеляцька	75

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Просяниківка	Село	Кобеляцька	154
Морози	Село	Кобеляцька	336
Поводи	Село	Кобеляцька	15
Вібли	Село	Кобеляцька	38
Шенгури	Село	Кобеляцька	753
Коваленківка	Село	Кобеляцька	283
Процуради	Село	Кобеляцька	183
Озера	Село	Кобеляцька	1280
Пилипенки	Село	Пришибська	95
Порубаї	Село	Пришибська	54
Криничне	Село	Пришибська	337
Дабинівка	Село	Пришибська	240
Комендантівка	Село	Пришибська	503
Колісники	Село	Пришибська	112
Черемушки	Село	Пришибська	71
Кобелячок	Село	Пришибська	697
Роботівка	Село	Пришибська	160
Пришиб	Село	Пришибська	997
Єристівка	Село	Пришибська	287
Солошине	Село	Горішньоплавнівська	836
Григоро-Бригадирівка	Село	Горішньоплавнівська	629
Мотрине	Село	Горішньоплавнівська	153
Карпівка	Село	Горішньоплавнівська	129
Салівка	Село	Горішньоплавнівська	920
Петрашівка	Село	Горішньоплавнівська	108
Махнівка	Село	Горішньоплавнівська	81
Горішні Плавні	Місто	Горішньоплавнівська	50414
Келеберда	Село	Горішньоплавнівська	451
Ройове	Село	Кам'янопотоківська	171
Чикалівка	Село	Кам'янопотоківська	217
Кам'яні Потоки	Село	Кам'янопотоківська	3662
Садки	Село	Кам'янопотоківська	2939
Новоселівка	Село	Кам'янопотоківська	754
Стара Білецьківка	Село	Кам'янопотоківська	234
Чечелеве	Село	Кам'янопотоківська	1958
Білецьківка	Село	Кам'янопотоківська	1915
Підгірне	Село	Кам'янопотоківська	273
Бурти	Село	Кам'янопотоківська	277
Придніпрянське	Село	Кременчуцька	313
Кременчук	Місто	Кременчуцька	217000
Піщане	Село	Піщанська	4931
Ковалівка	Село	Піщанська	178
Михайленки	Село	Піщанська	113

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Самусіївка	Село	Піщанська	82
Кривуші	Село	Піщанська	1100
Кіндрівка	Село	Піщанська	65
Пухальщина	Село	Піщанська	57
Воскобійники	Село	Піщанська	60
Ялинці	Село	Піщанська	851
Недогарки	Село	Піщанська	1768
Максимівка	Село	Піщанська	2052
Градизьк	Поселення	Градизька	6163
Кагамлик	Село	Градизька	736
Васьківка	Село	Градизька	61
Пронозівка	Село	Градизька	854
Мозоліївка	Село	Градизька	602
Броварки	Село	Градизька	1449
Петрашівка	Село	Градизька	291
Бугаївка	Село	Градизька	1448
Шушвалівка	Село	Градизька	259
Струтинівка	Село	Градизька	14
Проценки	Село	Градизька	70
Крива Руда	Село	Градизька	0
Святилівка	Село	Градизька	1594
Липове	Село	Градизька	352

Отож аналіз даних, отриманих з карти, дозволив чітко визначити 88 населених пунктів південного заходу Полтавської області, які є вразливими до повеней. Ці населені пункти включають 85 сіл, 1 поселення та 2 міста, одним з яких є адміністративний центр району, а саме Кременчук і місто обласного значення Горішні Плавні. Згідно з нашими оцінками, у разі масштабної повені постраждають не менше 300 тисяч жителів Полтавщини, що становить близько 20% від загальної кількості населення області.

Зважаючи на передумови вразливості цих територій південного заходу Полтавської області до повеней, ефективно мінімізування їх впливу передбачає комплексний підхід.

Розвиток інфраструктури водовідведення та дренажних систем відіграє ключову роль у цьому процесі. Інвестиції у вдосконалення та модернізацію цих

систем, включаючи водовідведення населених пунктів, дренажні канали, водостоки та каналізаційні системи, а також їх регулярне обслуговування з урахуванням сучасних будівельних норм, стандартів та очікуваних змін клімату. Все це є необхідним для забезпечення їх ефективності та безвідмовної роботи, що, в свою чергу, захищає територію від катастрофічного впливу під час можливої повені. Наприклад, реконструкція дренажних систем населених пунктів, неодмінно призведе до покращення відведення води під час сильних опадів та запобігання підтоплення будинків і вулиць, що є надзвичайно важливо в зонах підвищеного ризику.

Варто пам'ятати, що для мінімізації впливу повеней найголовнішим є саме охорона природного середовища. Тому здійснення заходів з відновлення та охорони водоносних екосистем, включаючи ліси, луки, болота, що природним чином регулюють водний потік, допоможе зберегти стійкість водоносного режиму та мінімізувати кількість повеней на вразливих територіях.

Однак, коли трапляється ситуація, що настання повеней неминуче, то наявність чітких, надійних і ефективних планів управління ризиками та реагування на надзвичайні ситуації є невід'ємною частиною стратегії для мінімізації їх впливу. Створення та готовність до впровадження цих планів у дію, в разі надзвичайної ситуації, а особливо евакуаційних планів, для населених пунктів у зоні максимального ризику повеней, є обов'язковим кроком.

Саме тому розвиток систем моніторингу та прогнозування повеней є важливою складовою стратегії мінімізації їх впливу, адже для дієвої протидії стихійному лиху, насамперед, необхідно знати до чого готуватися. Забезпечення постійного моніторингу гідрологічних параметрів та метеорологічних умов для оперативного реагування на зміни та прогнозування ризиків повеней є ключовим кроком у системі їх запобігання.

Зрештою, створення зон затримки води, це не менш успішний крок для зменшення швидкості та об'єму стікання її під час повеней. Суть цього методу полягає в будівництві інфраструктури, яка дозволяє затримувати та регулювати рух води під час підвищення рівня існуючих водойм. Насамперед, зони затримки води на вразливих ділянках можна створити шляхом будівництва спеціальних захисних гребель чи насипання дамб, які можуть тимчасово утримувати воду в період повені, а потім поступово відпускати її після закінчення надзвичайної ситуації.

Додатково, важливо розглянути можливість інтеграції сучасних технологій для покращення управління водними ресурсами та реагування на повені. Наприклад, використання дронів для моніторингу та збору даних в реальному часі надасть більш точну картину ситуації на місцях та допоможе у прийнятті оперативних рішень. Дані з дронів також можуть бути використані для оцінки стану тих же дренажних систем, виявлення зон, де можливе підтоплення, та моніторингу рівня води в річках і інших водних об'єктах. Не забуваємо й про варіант використання даних дистанційного зондування Землі, адже, як було раніше описано, радарний сенсор супутників (SAR) надає широкі можливості для оперативного вивчення ситуації з повенями у режимі реального часу.

Також необхідно активно залучати місцеві громади до процесу підготовки та реагування на повені. Проведення навчань і тренінгів з підвищення обізнаності населення щодо дій у разі повені допоможе зменшити паніку та хаос під час надзвичайної ситуації. Загалом, такі інформаційні кампанії, які розповсюджують знання про ризики повеней та заходи безпеки, є ключовим елементом в охороні життя та здоров'я людей.

При укладанні карти був досліджений також зарубіжний досвід з картографування повеней і їх наслідків, він є доволі вражаючим та показує сучасні підходи до вирішення проблеми, тому не менш важливою є міжнародна співпраця у питаннях управління водними ресурсами та протидії повеням. Обмін досвідом та

технологіями з іншими країнами, участь у міжнародних проєктах та програмах допоможуть нам впроваджувати передові практики та інновації у сферу водоуправління.

Зрештою, мета запропонованих заходів – забезпечити надійне та стійке водоуправління, що допоможе помітно і без надмірних витрат зменшити вплив повеней на вразливі території Полтавської області та забезпечити безпеку для місцевого населення та інфраструктури.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано теоретичні аспекти картографування вразливих до повеней територій, що дозволило систематизувати сучасні підходи та методи в цій галузі. Була розглянута така концепція як схильність території до негативних наслідків повеней, а також різні методики аналізу, що включають індекс вразливості, власне стійкість території та багатокритеріальний аналіз. Відповідно, були вибрані основні етапи цієї методики, що використовувалися під час дослідження.

2. Вивчено джерела даних, які відображають досвід картографування повеней і їх наслідків в Україні та світі. Результати показали, що найбільш ефективними є підходи, які використовують геоінформаційні системи та дані дистанційного зондування Землі для створення високоточних карт. ГІС дозволяють інтегрувати просторові дані, такі як цифрові моделі рельєфу, гідрологічні характеристики територій та інші чинники, що впливають на ризики повеней. Водночас дані ДЗЗ, отримані з супутників, забезпечують актуальну інформацію про стан територій і дозволяють відстежувати зміни в режимі реального часу, що особливо корисно під час оперативного картографування масштабів та наслідків повеней. У процесі аналізу досвіду також встановлено, що використання способу ареалів є найбільш поширеним вибором під час картографування ризиків повеней.

3. Використовуючи інформацію, що була отримана в результаті проведеного історичного аналізу щодо повеней у Полтавському регіоні, та враховуючи взаємозв'язок між геоморфологічними й кліматичними особливостями, а також гідрологічним режимом, було визначено зону затоплення внаслідок повені, яка має закономірність періодично повторюватися протягом різних років. Ця зона знаходиться у низовинних південно-західних районах, місцях з природним накопиченням води, які, до того ж, страждають від антропогенного впливу та надмірної урбанізації. Виходячи з цього, побудовано карту вразливих до повеней

територій Полтавської області, яка дозволяє ідентифікувати потенційно небезпечні населені пункти. Ця карта слугуватиме інструментом для визначення пріоритетних зон, в яких необхідно вживати превентивні заходи та розробляти плани реагування на можливі загрози, пов'язані з повенями. У вигляді таблиці систематизовано інформацію стосовно конкретних населених пунктів області, розташованих у зоні потенційного затоплення. Усього ідентифіковано та внесено 88 населених пунктів, для мешканців яких існує загроза постраждати від наслідків повеней.

4. Для ефективного управління водними ресурсами, що дозволить значно зменшити наслідки повеней на вразливих територіях Полтавської області та захистити місцеве населення й інфраструктуру від небезпеки, були запропоновані рекомендації. Вони передбачають розвиток дренажних систем та інфраструктури водовідведення, охорону природного середовища, розробку планів управління ризиками та реагування на надзвичайні ситуації, створення систем моніторингу та прогнозування повеней, впровадження зон затримки води, використання сучасних технологій для моніторингу та управління водними ресурсами, залучення місцевих громад до процесу підготовки та реагування на повені, а також міжнародну співпрацю для обміну досвідом та технологіями.

Тож результатом дослідження є побудована карта, яка слугуватиме основою для комплексного стратегічного планування та прийняття рішень у галузі управління ризиками повеней у регіоні. У майбутньому, укладена карта може бути доповнена інформацією про глибини затоплення, зони ризику за градацією від найменш до найбільш небезпечних. Також планується розробити окремо, чи додати до існуючої карти, більше тематичних шарів, включаючи рельєф, об'єкти природно-заповідного фонду та моделі стоку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айзенберг М. М., Каганер М. С. Гідролого-гідрографічна вивченість селевих явищ на Україні. *Селеві потоки на території України*. Миколаїв, 1959. С. 17–21.
2. Байрак Г. Методи геоморфологічних досліджень : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 292 с.
3. Балюк С. А., Медведєв В. В., Мірошніченко М. М. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*. 2012. Вип. 2. С. 38–42.
4. Білецький В. С. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. Донецьк : Донбас, 2004. Т. 1. 640 с.
5. Бондарчук В. Г. Геологія України. Київ : АН УРСР, 1955. С. 240–244.
6. Види водних індексів та їх застосування. Innoter : веб-сайт. URL : <https://innoter.com/articles/vidy-vodnykh-indeksiv-i-ikh-primenenie/> (дата звернення : 02.05.2024).
7. Довідник КАТОТТГ : веб-сайт. URL : <https://gabions.com.ua/ua/directions/stihijni-liha-i-poveni/> (дата звернення : 27.11.2023).
8. Екологічне картографування. StudFiles : веб-сайт. URL : <https://studfile.net/preview/9729514/page:15/> (дата звернення : 23.04.2024).
9. Журавель М. «Велика вода» в Україні. TSN : веб-сайт. URL : <https://tsn.ua/ukrayina/velika-voda-v-ukrayini-ekologi-rozpovili-prichinu-pidtoplen-ta-zasterigli-2309800.html> (дата звернення : 25.11.2023).
10. Інженерна геологія (з основами геотехніки) : підручник для студентів вищих навчальних закладів / Колектив авторів : В. Г. Суярко, В. М. Величко, О. В. Гаврилук, В. В. Сухов, О. В. Нижник, В. С. Білецький, А. В. Матвеев, О. А. Улицький, О. В. Чуєнко; за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 278 с.

11. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів, 1997. С. 50–62.
12. Кукса Т. І., Лис Ю. В., Сокол Т. К. Природа та господарство Рівненщини. *StudFiles* : веб-сайт. URL : <https://studfile.net/preview/9155549/page:7/> (дата звернення : 12.03.2024).
13. Лановенко О. Г. Остапішина О. О. Підтоплення. *Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб.* Херсон : ПП Вишемирський, 2013. С. 138–139.
14. Мартинюк М. О. Повені на річках басейну Вісли в межах України, методика визначення їх характеристик та оцінка ризиків : Докторська дисертація. Одеса, 2023. 222 с.
15. Масляк П. О., Шищенко П. Г. Географія України : підручник для 8-9 класів. Київ : Зодіак-ЕКО, 2000. С. 22.
16. На Полтавщині попереджують про повінь. *Новинар Полтавщини* : веб-сайт. URL : <https://new.pl.ua/archives/39739> (дата звернення : 27.11.2023).
17. Новікова А. В. Дослідження засолених та солонцевих ґрунтів: генезис, меліорація, екологія. Харків : КП «Друкарня 13», 2009. С. 10–20.
18. Основна причина паводків. *Texty* : веб-сайт. URL : https://texty.org.ua/articles/94104/Osnovna_prychyna_pavodkiv_zabudova_zaplav_Rubka-94104/ (дата звернення : 25.11.2023).
19. Повінь 1931 року – драматична сторінка в історії Кременчука. *Телеграф* : веб-сайт. URL : <https://www.telegraf.in.ua/kremenchug/10093996-povin-1931-roku-dramatichna-storinka-v-istoriji-kremenchuka.html> (дата звернення : 25.11.2023).
20. Повінь в Україні. *BBC News* : веб-сайт. URL : <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c0wqw5ggzvzo> (дата звернення : 25.11.2023).
21. Повінь, паводок. *Головне Управління ДСНС України* : веб-сайт. URL : <https://dp.dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/nebezpeki-prirodnogo-harakteru/povin-pavodok> (дата звернення : 24.11.2023).

22. Посуха в Україні. *Hromadske* : веб-сайт. URL : <https://hromadske.ua/posts/posuha-v-ukrayini-eksperti-pro-pilovi-buri-pozhezhi-ta-pro-te-sho-bude-z-urozhayem> (дата звернення : 18.06.2023).

23. Придніпровська низовина. *WikiWand* : веб-сайт. URL : https://www.wikiwand.com/uk/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ukraine_Pridniprovskanizovina (дата звернення : 26.11.2023).

24. Прогноз затоплення берегів Дніпра в Києві. *Національна академія наук України* : веб-сайт. URL : <https://www.nas.gov.ua/UA/Pages/default.aspx> (дата звернення : 13.05.2024).

25. Розроблення критеріїв та попередня оцінка ризиків затоплення територій у межах річкових басейнів відповідно до нормативних документів ЄС. Київ, 2018. 197 с.

26. Сила Коріоліса. *Stud* : веб-сайт. URL : https://stud.com.ua/144455/prirodoznnavstvo/sila_koriolisa (дата звернення : 26.11.2023).

27. Стихійні лиха і повені. *Габіони України* : веб-сайт. URL : <https://gabions.com.ua/ua/directions/stihijni-liha-i-poveni/> (дата звернення : 27.11.2023).

28. Чи буде у Кременчуці потоп? *Тижневик ЕХО* : веб-сайт. URL : <https://exo.in.ua/news/4177> (дата звернення : 27.11.2023).

29. Швєбс Г. І. Теоретичне ерозіознавство. Київ-Одеса : Вища школа, 1981. С. 15–18.

30. Шмиг Р. А., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Барабаш В. М. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури. Львів, 2010. С. 96.

31. Що таке повінь? *Голосіївська районна в місті Києві Державна адміністрація* : веб-сайт. URL : <https://golos.kyivcity.gov.ua/news/8537.html> (дата звернення : 24.11.2023).

32. Що таке ArcGIS. *ArcGIS Resources* : веб-сайт. URL : <https://www.usgs.gov/faqs/what-digital-elevation-model-dem> (дата звернення : 26.11.2023).

33. Як раніше через паводки «ТОНУВ» Кременчук. *Телеграф* : веб-сайт. URL : <https://www.telegraf.in.ua/topnews/10117016-jak-ranishe-cherez-pavodki-tonuv-kremenchuk.html> (дата звернення : 26.11.2023).

34. Ajjur S. B., Mogheir Y. K. Flood Hazard Mapping using a Multi-criteria Decision Analysis and GIS. *ResearchGate* : веб-сайт. URL : https://www.researchgate.net/publication/337657069_Flood_Hazard_Mapping_using_a_Multi-criteria_Decision_Analysis_and_GIS_Case_Study_Gaza_Governorate_Palestine (дата звернення : 25.03.2024).

35. Bathke H., Shirzaei M., Walter T. R. Inflation and deflation at the steep-sided Llaima stratovolcano (Chile) detected by using InSAR. *Geophys. Res. Lett.* 38 (10).

36. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters : The OFDA/CRED International Disaster Database–Emergency Events Database. EMDAT : website. URL : <http://www.emdat.be> (date of application : 25.03.2024).

37. Flood Risk Mapping Worldwide: A Flexible Methodology and Toolbox / H. Glas et al. *Selected Papers from 2019 World Water Week*. 2019. No. 11. URL : <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/11/2371> (date of access: 02.05.2024).

38. Flood Vulnerability Indices (FVI). *UNESCO-IHE* : веб-сайт. URL : <http://www.unesco-ihe-fvi.org/> (дата звернення : 23.03.2024).

39. InSAR surface deformation and numeric modeling unravel an active salt diapir in southern Romania / V. C. Manea et al. *Scientific Reports*. 2021. No. 11. 12091. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-91517-4> (date of access: 18.05.2024).

40. Kirscht, Martin, Rinke C. 3D-Reconstruction of Buildings and Vegetation from Synthetic Aperture Radar (SAR) Images. MVA. 1998.

41. Lin I. I., Goni G. J., Knaff J. A., Forbes C., Ali M. M. Ocean heat content for tropical cyclone intensity forecasting and its impact on storm surge. *Nat. Hazards*. 2013, no. 66. P. 1481–1500.

42. Map of natural disasters of the world 2014, annual statistics. *Munich Re NatCatSERVICE* : website. URL : <http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/annual-statistics/index.html> (date of application : 28.04.2024).

43. Nepal earthquake data portal. Tomnod : website. URL : <http://blog.tomnod.com/Nepal-Earthquake-Data-Portal/> (date of application : 29.04.2024).

44. Risk Assessment and Prevention Planning for Collapse Geological Hazards Considering Extreme Rainfall—A Case Study of Laoshan District in Eastern China / Y. Peng et al. *Land*. 2023. Vol. 12, no. 8.

45. Strategies for the development of volcanic hazard maps in monogenetic volcanic fields: the example of La Palma (Canary Islands) / J. M. Marrero et al. *Journal of Applied Volcanology*. 2019. No. 8. 6.

46. Thijs Endendijk. Experience From the 2021 Floods in the Netherlands: Household Survey Results on Impacts and Responses. *Authorea* : website. URL : <https://www.authorea.com/users/564629/articles/621989-experience-from-the-2021-floods-in-the-netherlands-household-survey-results-on-impacts-and-responses> (дата звернення : 25.03.2024).

47. Using Multi-Spectral Remote Sensing for Flood Mapping: A Case Study in Lake Vembanad, India / G. Kulk et al. 2023. No. 15. URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/21/5139> (date of access: 10.05.2024).

48. Victoria, Flooding & Climate Change. *Environment Victoria* : веб-сайт. URL : https://environmentvictoria.org.au/2022/11/21/victoria-flooding-climate-damage/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsPCyBhD4ARIsAPaaRf1ZEf4aSRwc0c_kjacSTjKxul

[meP7kP1AV9n5by8padX7BLVynFSC0aApb4EALw_wcB](#) (дата звернення : 25.03.2024).

49. What is a digital elevation model (DEM)? USGS : website. URL : <https://www.usgs.gov/faqs/what-digital-elevation-model-dem> (дата звернення : 19.05.2024).

50. Zagalikis G. Remote Sensing and GIS Applications in Wildfires. *Geographic Information Systems - Data Science Approach*. 2023. URL : <https://www.intechopen.com/chapters/88205> (date of access: 30.04.2024).