

**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**
«_____» _____ 2025 р.

**ГІС-АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЇ ДО ПОВЕНЕЙ
(НА ПРИКЛАДІ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Виконав: студент 2-го курсу д.ф.з.о.
групи ГД- 21
спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія, геоінформаційні
системи і дистанційне зондування Землі
Владислав Вікторович КОВАЛЬЧУК
Науковий керівник:
доцент, к.геогр.н. Наталія ПОПОВИЧ

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК **Валентина РЕДІНА**

Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**
«_____» _____ 2025 р.

Харків – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ПОВЕНЕЙ ТА ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ.....	6
1.1. Повені як глобальна екологічна проблема.....	6
1.2. Повені в Україні та світі: просторовий аналіз.....	13
1.3. Роль геоінформаційних систем у дослідженні та моделюванні повеневого ризику.....	30
1.4. Методичні підходи до оцінки вразливості територій до природних гідрологічних небезпек.....	37
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АНТРОПОГЕННІ	
ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ	
ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДО ПОВЕНЕЙ.....	44
2.1. Фізико-географічна характеристика Полтавської області та її вплив на ризик повеней.....	44
2.2. Антропогенні фактори ризику затоплення у Полтавській області.....	56
2.3. Історичні прояви повеней і підтоплень у межах області.....	69
РОЗДІЛ 3. ГІС-АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ ДО ПОВЕНЕЙ У	
ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	84
3.1. Концепція та вихідні дані ГІС-аналізу вразливості територій до повеней.....	84
3.2. ГІС-аналіз та укладання карти зон ризику повеней на території Полтавської області засобами ArcGIS Desktop.....	91
3.3. Аналіз укладеної карти, порівняння з гідрологічними особливостями басейну річки Хорол. Практичні рекомендації.....	103
ВИСНОВКИ.....	112
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	114

ВСТУП

Повені є одним із найпоширеніших та найнебезпечніших природних процесів, які щороку завдають значних збитків у всьому світі. Зростання інтенсивності короткочасних злив та нерівномірність розподілу опадів, що спостерігаються в умовах сучасних кліматичних змін, підсилюють ризики виникнення раптових та локальних повеней у багатьох регіонах України. Це зумовлює необхідність поглибленого вивчення просторових чинників, від яких залежить формування повеневих процесів, та актуалізує потребу в сучасних методах їх оцінювання.

Полтавська область, попри переважно рівнинний характер рельєфу, має розгалужену гідрографічну мережу та широкі заплави річок Псла, Ворскли, Сули й Хоролу, які чутливо реагують на інтенсивні опади. Нерівномірність зволоження, складна мікроморфологічна структура поверхні та густота малих водотоків створюють передумови для швидкого накопичення та затримання поверхневих вод. За таких умов питання визначення територій з підвищеною ймовірністю повеней набуває важливого практичного значення для регіональної безпеки, планування інфраструктури та управління природними ресурсами.

Актуальність дослідження підсилюється необхідністю переходу від описових характеристик повеневих процесів до їх кількісної та просторової оцінки. Сучасні геоінформаційні системи забезпечують можливість інтегрувати різноманітні природні чинники та створювати багатofакторні моделі ризику. Такий підхід дає змогу виявити просторову диференціацію небезпеки, оцінити вразливість окремих територій і надати практичні рекомендації для мінімізації негативних наслідків повеней.

У цьому контексті розроблення інтегральної ГІС-моделі ризику повеней для Полтавської області є важливим і своєчасним завданням, спрямованим на підвищення регіональної стійкості до проявів небезпечних гідрометеорологічних явищ.

Об'єктом дослідження є природно-географічні умови та території Полтавської області, що потенційно зазнають впливу повеневих процесів. **Предметом дослідження** є просторові закономірності формування ризику повеней у Полтавській області та можливості їх моделювання засобами геоінформаційних систем.

Мета дослідження. Розробити та реалізувати багатофакторну ГІС-модель оцінки вразливості територій Полтавської області до повеней, побудувати карту зон ризику та здійснити її аналіз з урахуванням природних особливостей басейну річки Хорол.

Для досягнення поставленої мети окреслено наступні **завдання**:

1. Проаналізувати теоретичні засади вивчення повеней та їх впливу на території.
2. Охарактеризувати природно-географічні умови Полтавської області, що визначають ймовірність розвитку повеневих процесів.
3. Зібрати, підготувати та проаналізувати просторові дані, необхідні для побудови ГІС-моделі.
4. Розробити інтегральну модель оцінки ризику повеней методом Weighted Sum та побудувати карту зон ризику.
5. Виконати локальний гідрологічний аналіз басейну річки Хорол для перевірки та інтерпретації результатів моделювання.
6. Провести аналіз отриманої карти ризику повеней та сформулювати рекомендації щодо мінімізації ризиків і підвищення стійкості територій.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано загальнонаукові, спеціальні географічні та геоінформаційні методи, що забезпечили комплексний аналіз природних чинників і побудову моделі ризику повеней. До загальнонаукових належать аналіз, синтез, системний підхід та узагальнення, які використано під час опрацювання наукових джерел, визначення ключових факторів формування повеневих процесів і розробки концептуальної основи дослідження. До спеціальних географічних методів

віднесено картографічний метод – при візуалізації рельєфу та гідрографічної мережі; порівняльно-географічний метод – для зіставлення особливостей різних частин Полтавської області; морфометричний аналіз – під час оцінювання ухилів і форм рельєфу. Серед геоінформаційних методів використано обробку цифрової моделі рельєфу, побудову похідних гідрологічних характеристик, перекласифікацію та об'єднання просторових даних, а також інтегральне моделювання ризику повеней.

Наукова новизна роботи полягає у створенні інтегральної ГІС-моделі оцінки ризику повеней для Полтавської області, яка поєднує морфометричні, кліматичні, ландшафтні та гідрологічні дані в єдиному аналітичному середовищі. На відміну від традиційних підходів, у моделі застосовано багатофакторне зважування показників, що дозволило більш точно визначити просторову диференціацію вразливості територій. Отримані результати формують наукове підґрунтя для подальшого вдосконалення методів прогнозування повеней у регіонах зі схожими природними умовами.

Окремі результати дослідження, зокрема викладені у пунктах: «1.1. Повені як глобальна екологічна проблема»; «1.4. Методичні підходи до оцінки вразливості територій до природних гідрологічних небезпек»; отримано під час навчання автора роботи в бакалавраті та представлено у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Розробка карти вразливих до повеней територій Полтавської області».

Основні положення дослідження, зокрема частина, пов'язана з гідрологічним аналізом річки Хорол, були представлені на щорічній науковій конференції студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи», присвяченій пам'яті професора Г. П. Дубинського (Харків, 2025 р.) [70].

Структура й обсяг роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 121 сторінці; включає 14 рисунків та 2 таблиці. Список використаних джерел містить 70 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕНЕЙ ТА ОЦІНКИ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ

1.1. Повені як глобальна екологічна проблема

Повені є однією з найбільш руйнівних природних катастроф, які щороку спричиняють значні екологічні, економічні та соціальні наслідки. Це явище виникає внаслідок різкого підвищення рівня води в річках, озерах чи інших водоймах, що призводить до затоплення великих територій. Причини повеней можуть бути як природними (інтенсивні опади, танення льодовиків, урагани) [1], так і антропогенними (незбалансоване землекористування, забудова територій, вирубка лісів).

З кожним роком проблема повеней набуває дедалі більшої актуальності через вплив кліматичних змін, які підвищують частоту екстремальних погодних явищ. Водночас зростання урбанізації та недостатній рівень інфраструктурної підготовки у багатьох регіонах світу лише посилюють вразливість територій до цього природного лиха. Згідно зі звітами міжнародних організацій, понад половина людства мешкає у зонах ризику повеней, а економічні втрати від цих катастроф щороку сягають мільярдів доларів [2].

Одним із останніх прикладів масштабної повені стала осіння повінь у Європі 2023 року, яка завдала значних збитків кільком країнам. Вона продемонструвала, наскільки важливою є проблема глобальної координації у протидії наслідкам таких стихійних явищ [3]. Ці події вказують на необхідність глибшого розуміння причин, аналізу ризиків та впровадження інноваційних технологій, зокрема геоінформаційних систем (ГІС), для моніторингу й управління природними загрозами.

Тож повені можуть виникати під впливом різноманітних факторів, які умовно поділяються на природні та антропогенні. Розуміння цих причин є ключовим для оцінки ризиків, прогнозування та розробки ефективних заходів

для попередження наслідків.

Природні фактори:

1. Інтенсивні опади

Головною причиною повеней у багатьох регіонах є тривалі та сильні дощі. Зливи спричиняють насичення ґрунту водою, через що надлишок дощових вод починає стікати по поверхні, утворюючи паводки. Особливо це характерно для районів із низькою здатністю ґрунтів до поглинання вологи.

2. Танення льодовиків і снігу

Цей процес відбувається найчастіше навесні, коли температура повітря поступово підвищується після зими. У результаті сніг і лід, накопичені протягом холодного періоду, починають швидко танути, утворюючи великі об'єми талої води [4].

3. Природні водні явища

Циклони, урагани та інші атмосферні явища нерідко призводять до повеней. Наприклад, штормові припливи, які виникають через сильний вітер, викликають підвищення рівня моря та затоплення прибережних зон.

4. Переповнення або прорив природних водних резервуарів

Вулкани, обвали чи землетруси можуть утворювати природні греблі на річках, які згодом прориваються, спричиняючи раптові повені. Це явище характерне для гірських регіонів.

Антропогенні фактори:

1. Нераціональне землекористування

Надмірна вирубка лісів, знищення природних боліт і перевантаження земель сільськогосподарською діяльністю значно зменшують здатність територій утримувати воду. Вирубка лісів у гірських районах посилює ерозію ґрунту, що сприяє швидшому стоку води в річки.

2. Незбалансована урбанізація

У містах із високою щільністю забудови зменшується площа, здатна вбирати дощову воду, через що вода накопичується на поверхні. Додатково,

забруднені або погано обслуговувані дренажні системи не справляються з навантаженням під час сильних дощів.

3. Будівництво гребель і дамб

Хоча греблі створюються для регулювання рівня води, їхня неправильна експлуатація або перевантаження можуть спричинити катастрофічні прориви. Це явище часто має серйозні наслідки для прилеглих територій.

4. Зміни клімату

Парниковий ефект і глобальне потепління спричиняють частіші та інтенсивніші дощі, підвищення рівня моря та екстремальні погодні явища. Усе це підвищує ризик повеней як у прибережних, так і в континентальних регіонах.

5. Діяльність промислових підприємств

Розробка кар'єрів, зміни русел річок для промислових потреб, зокрема гідротехнічне будівництво, часто порушують природний баланс екосистем і сприяють затопленню прилеглих територій.

Загалом, комбінація природних і антропогенних факторів посилює ризики виникнення повеней у багатьох регіонах світу. Тому важливо вміти аналізувати ці фактори, прогнозувати сценарії розвитку подій та розробляти заходи для зменшення негативного впливу. Адже щороку вони вражають мільйони людей, спричиняючи значні втрати в житловому секторі, інфраструктурі, сільському господарстві та економіці в цілому. Оскільки у контексті глобальних змін клімату та антропогенного впливу масштаби й частота повеней невпинно зростають, це робить дану проблему однією з головних екологічних і соціальних викликів сучасності.

За даними звітів ООН та Всесвітньої метеорологічної організації, повені щороку впливають на життя приблизно 50-60 мільйонів людей у світі [5]. Найбільш вразливими є густонаселені регіони, розташовані у низовинах річкових долин і прибережних зонах [6]. Наймасштабніші повені зазвичай спостерігаються в країнах Південної та Південно-Східної Азії, де річки, такі як Ганг, Брахмапутра, Янцзи, систематично виходять із берегів, затоплюючи значні

території.

У Європі та Америці також спостерігаються значні повені, які за останні роки стали більш частими через зміни клімату. Наприклад, повінь у Німеччині та Бельгії у 2021 році спричинила понад 200 людських жертв і завдала економічних збитків на суму близько 46 мільярдів доларів [7].

Тож виходить, що глобальні тенденції свідчать про збільшення як частоти, так і масштабів повеней. Це насамперед пояснюється кількома основними факторами:

1. Зміни клімату: підвищення температури планети впливає на інтенсивність і тривалість опадів. Частішають екстремальні погодні явища, що створює умови для збільшення кількості повеней.
2. Підвищення рівня Світового океану: танення полярних льодовиків і теплове розширення води призводять до збільшення рівня моря, що збільшує ризики затоплення прибережних територій.
3. Урбанізація та деградація природних екосистем: зменшення площ природних боліт, вирубка лісів і збільшення забудованих територій знижують природну здатність ландшафтів до поглинання води.

Згідно з прогнозами Міжурядової групи експертів зі змін клімату (IPCC), частота та інтенсивність повеней продовжуватимуть зростати у найближчі десятиліття, особливо в регіонах з активною урбанізацією та нестійкими кліматичними умовами. У зв'язку з тим, що повені чинять багатогранний вплив на суспільство та навколишнє середовище, охоплюючи соціальні, економічні та екологічні аспекти, це явище часто перетворюється на гуманітарну кризу, наслідки якої можуть тривати роками.

Одним із найбільш відчутних соціальних наслідків повеней є переміщення населення. Коли вода затоплює будинки та цілі населені пункти, люди змушені залишати свої домівки, що створює хвилі внутрішньо переміщених осіб. У деяких випадках, як це сталося під час повені в Пакистані 2022 року, мільйони людей опиняються без даху над головою, без доступу до базових ресурсів, таких

як чиста вода чи медична допомога. Такі кризи підсилюють соціальну нерівність, адже найбільш вразливими є ті, хто вже перебуває в складних життєвих обставинах [8].

Втрата людських життів є найтрагічнішим наслідком повеней. Щороку тисячі людей гинуть через сильні паводки, зсуви ґрунту та інші наслідки підвищення рівня води. Більшість цих смертей відбувається в країнах, де бракує систем раннього попередження або ефективної інфраструктури для запобігання стихійним лихам.

Економічні збитки від повеней також мають довготривалий характер. Руйнівні повені знищують будинки, дороги, мости, електромережі, сільськогосподарські угіддя та промислові об'єкти. Для країн, економіка яких залежить від сільського господарства, такі події можуть стати причиною продовольчої кризи. Наприклад, повені в Бангладеш щороку призводять до втрати значної частини врожаю, що створює загрозу голоду для багатьох людей. Крім того, відновлення інфраструктури після повеней вимагає значних ресурсів, що часто перевищує можливості економіки країн, які постраждали.

Екологічні наслідки повеней є не менш масштабними. Повені часто знищують екосистеми, які розташовані в річкових долинах і прибережних зонах. Після сильного затоплення ґрунти стають еродованими, втрачають родючість, а ландшафти зазнають значних змін. Водночас забруднення водних ресурсів є серйозною проблемою: у річки та озера під час повеней потрапляють відходи, нафтопродукти, хімікати та навіть патогенні мікроорганізми. Це створює загрозу не лише для екосистем, а й для здоров'я людей, які споживають забруднену воду.

Культурна спадщина також часто страждає від повеней. Затоплення історичних центрів міст, руйнування пам'яток архітектури та втрати артефактів є непоправними. Так, у Венеції, яка регулярно потерпає від повеней через підвищення рівня моря, цілі квартали старого міста перебувають під загрозою руйнування. Знищення таких об'єктів є великою втратою для людства, адже це частина світової історії та культури.

Отож, осіння повінь 2023 року в Європі (рис. 1.1) стала яскравим прикладом того, наскільки руйнівними можуть бути повені у сучасних умовах. Вона охопила значну частину Центральної та Південної Європи, спричинивши гуманітарну кризу та завдавши колосальних збитків. Події, що відбулися, дозволяють зрозуміти глибину проблеми, проаналізувати причини та визначити ключові уроки, які необхідно засвоїти для попередження майбутніх катастроф.



Рис. 1.1. Затоплені будинки та ферми після повені в Греції восени 2023 року [9]

Основною причиною повені стали надмірні опади, які перевищили місячну норму в багатьох регіонах лише за кілька днів. Це було зумовлено циклонічною активністю над Середземним морем, що принесла вологі повітряні маси до центральної частини континенту. Подібні явища все частіше стають результатом глобального потепління, яке впливає на атмосферну циркуляцію, підвищуючи частоту екстремальних погодних подій. Згідно з кліматологами, саме зміни клімату суттєво підвищили інтенсивність і тривалість опадів, що стало вирішальним фактором у формуванні повені.

Не менш важливими були й антропогенні фактори. Забудова природних водозборів та зменшення площ боліт створили умови, за яких вода не могла природним чином поглинатися ґрунтом чи відводитися до водойм. У багатьох регіонах дренажні системи виявилися недостатніми, щоб впоратися з обсягом

води, що призвело до затоплення цілих міст і сіл.

Наслідки повені були руйнівними як для суспільства, так і для навколишнього середовища. Близько 150 тисяч осіб були змушені залишити свої домівки. Затоплені території стали непридатними для життя, а понад 50 осіб загинули через раптові паводки та зсуви ґрунту. Соціальна інфраструктура також зазнала серйозних збитків: зруйновані дороги, мости та житлові будинки залишили десятки тисяч людей без доступу до основних послуг.

Економічні збитки, завдані повінню, сягнули понад 10 мільярдів євро. Значну частину втрат зазнали сільськогосподарські угіддя, які були повністю затоплені. Особливо постраждала Італія, де повінь знищила великі площі виноградників, що є критичним для місцевої економіки. Водночас затоплення промислових об'єктів і торговельних зон ускладнило економічну активність, що навіть вплинуло на відновлення постраждалих регіонів у довгостроковій перспективі [9].

Екологічні наслідки повені стали ще одним тривожним сигналом. Затоплення спричинило ерозію ґрунтів і руйнування екосистем. У річки та озера потрапила велика кількість забруднюючих речовин, таких як промислові відходи та нафта, що поставило під загрозу водні екосистеми та якість питної води.

Повінь 2023 року засвідчила важливість міжнародної співпраці та адаптації до кліматичних змін. Одним із ключових уроків стало усвідомлення необхідності покращення систем раннього попередження та евакуації. У регіонах, де ці системи працювали належним чином, вдалося уникнути більшого числа жертв.

Водночас ці події підкреслили потребу в інвестиціях у природоорієнтовані рішення. Відновлення боліт, лісів і природних водозборів має стати ефективним способом зменшення ризику повеней у майбутньому. Інфраструктурні зміни, як-от модернізація дренажних систем і зміцнення дамб, також є критично важливими для запобігання руйнівним наслідкам стихійних лих.

Тобто осіння повінь 2023 року стала ще одним нагадуванням про масштаби

проблеми повеней і необхідність активних дій для адаптації до нових кліматичних умов. Вона спонукає до пошуку комплексних рішень, які дозволять зменшити вплив подібних катастроф на людство та довкілля.

1.2. Повені в Україні та світі: просторовий аналіз

Географічні особливості територій є одними з найважливіших чинників, що впливають на частоту, масштаби та наслідки повеней. Рельєф, кліматичні умови, структура водозбірних басейнів та інші природні характеристики визначають, наскільки територія схильна до затоплень, а також впливають на характер і динаміку цього явища.

Повені найчастіше виникають у низинних і прибережних районах, де вода не має можливості швидко відступати. Дельти великих річок, такі як Ганг у Південній Азії чи Міссісіпі в Північній Америці, регулярно потерпають від затоплень через значну кількість стоку та поступове накопичення води. Іншим прикладом є річкові долини з широкими заплавами, які під час сильних опадів або танення снігів перетворюються на великі затоплені території [10].

Гірські місцевості також стикаються з повенями, хоча вони мають інший характер. Тут зливи спричиняють швидкі паводки, які, спускаючись стрімкими схилами, несуть великі обсяги води, мулу та уламків. Такі явища часто є найбільш небезпечними через свою раптовість і руйнівну силу. Подібні повені характерні для Альп, Гімалаїв та Анд [11].

На частоту та інтенсивність повеней впливають також кліматичні умови. У тропічних широтах сильні мусонні дощі чи урагани спричиняють регулярні сезонні затоплення. У помірному поясі повені частіше викликані весняним сніготаненням або тривалими опадами. Крім того, зміни клімату сприяють збільшенню кількості екстремальних погодних явищ, що призводить до більш частих і потужних повеней навіть у регіонах, які раніше не вважалися вразливими [12].

Цей розділ розглядає, як географічні фактори формують вразливість регіонів до повеней у глобальному контексті. Отож повені є великою проблемою, однак масштаби та частота цього явища залежать від природних та антропогенних умов конкретного регіону. Одні країни стикаються з ними через мусонні дощі чи урагани, інші – через танення снігів, високий рівень урбанізації або незадовільне управління водними ресурсами. Аналіз регіонів дозволяє виявити специфіку причин повеней, їх вплив на населення та економіку, а також зрозуміти закономірності розподілу ризиків та важливість врахування природних умов при плануванні заходів із протидії затопленням.

Азія: найбільша зона ризику

Азія є регіоном, який найбільше страждає від повеней у світі. Це зумовлено сукупністю факторів, серед яких густота населення, кліматичні особливості, географічне положення та інтенсивна урбанізація. Повені в цьому регіоні щороку призводять до значних економічних збитків, людських жертв і руйнування інфраструктури.

Ключовим фактором, який робить Азію найбільш вразливою до повеней, є мусонний клімат. У таких країнах, як Індія, Бангладеш, Пакистан, Таїланд, В'єтнам, сезонні мусонні дощі викликають затоплення великих територій. У Бангладеші, наприклад, щороку затоплюється близько третини території, що призводить до переміщення сотень тисяч людей і значних втрат у сільському господарстві. Річки Ганг, Брахмапутра і Мегхна, які протікають через країну, часто виходять із берегів під час мусонів, посилюючи масштаб лиха [13].

До того ж, Азія має одну з найщільніших мереж великих річкових систем, таких як Янцзи, Ганг, Інд, Меконг, Амур, які протікають через густонаселені території. У Китаї річка Янцзи є однією з найбільш небезпечних у контексті повеней. Затоплення басейну Янцзи у 2020 році, викликане інтенсивними опадами, призвело до переміщення понад 14 мільйонів людей, зруйнувало десятки тисяч будинків і завдало економічних збитків на мільярди доларів. Подібна ситуація регулярно повторюється і в басейні річки Меконг, де від

повеней страждають такі країни, як Камбоджа, Лаос і В'єтнам [14].

Швидка урбанізація в азійських країнах, особливо в Індії, Китаї, Бангладеші, створює додаткові ризики. Інтенсивна забудова річкових заплавл та недостатній розвиток дренажної інфраструктури значно збільшують ймовірність катастрофічних наслідків. Наприклад, у Мумбаї, одному з найбільших міст Індії, навіть короточасні зливи спричиняють масштабні затоплення через забиті каналізації та надмірну забудову [15].

Іншим проблемним аспектом є будівництво великих гідротехнічних споруд, зокрема дамб і водосховищ, без достатнього врахування екологічних факторів. У Китаї, наприклад, масивна ГЕС «Три ущелини» на Янцзи створює як можливості для контролю повеней, так і ризики, пов'язані з потенційними техногенними аваріями або зміною природного гідрологічного режиму [16].

Зміни клімату посилюють ризик повеней в Азії. Вищі температури сприяють випаровуванню і, як наслідок, збільшенню кількості опадів. Частота і інтенсивність екстремальних погодних явищ зростає. Зокрема, тайфуни в Південно-Східній Азії стають сильнішими і спричиняють значні штормові нагінні хвилі [17].

Також у Гімалайському регіоні танення льодовиків створює додаткові загрози. Утворення льодовикових озер і їхній раптовий прорив призводять до руйнівних паводків у Непалі, Індії та Бутані.

Наслідки повеней у Азії виходять далеко за межі матеріальних збитків. Масштабні затоплення призводять до втрати врожаїв, дефіциту продовольства і, як наслідок, підвищення рівня бідності в сільських районах. Крім того, розповсюдження інфекційних захворювань після повеней, таких як малярія і холера, створює додаткове навантаження на систему охорони здоров'я [18].

Урбанізовані регіони стикаються з перебоями у функціонуванні транспортної та енергетичної інфраструктури, що впливає на економіку та життя мільйонів людей. Наприклад, затоплення у Шанхаї чи Джакарті завдають збитків глобальному економічному ланцюгу через порушення логістики та торгівлі [19].

Для зменшення вразливості до повеней в Азії важливо впроваджувати комплексні заходи, такі як розвиток систем раннього попередження, модернізація гідротехнічних споруд, інвестування у відновлення природних екосистем і покращення управління водними ресурсами. Прикладом успішного підходу є заходи в Японії, де завдяки передовим технологіям і плануванню вдалося значно знизити ризик затоплень, навіть у густонаселених мегаполісах [20].

У підсумку, Азія залишається регіоном із найвищим рівнем ризику повеней, однак інтеграція природоохоронних і технологічних підходів значно зменшує їхній негативний вплив на населення та економіку.

Європа: сучасні виклики та давні ризики

Європа, хоча й має добре розвинену інфраструктуру для боротьби з повенями, також стикається зі значними викликами, пов'язаними із затопленнями. Зміна клімату, інтенсивна урбанізація, зміна гідрологічного режиму річок та інші чинники підвищують ризик повеней у багатьох регіонах. Європейські країни регулярно потерпають від річкових, прибережних і міських повеней, що завдають значних економічних збитків і вимагають координації зусиль на міжнародному рівні.

Річкові долини Європи, такі як басейни Рейну, Дунаю, Сени та Темзи, мають довгу історію затоплень. Завдяки своєму географічному положенню та кліматичним умовам ці регіони протягом століть були схильні до повеней через сильні опади, танення снігів навесні та сезонні коливання рівня води.

Наприклад, Рейн, що протікає через Німеччину, Францію, Швейцарію та Нідерланди, є однією з найбільш ризикованих річкових систем у Європі. Повені в його басейні часто мають транскордонний характер, створюючи проблеми для кількох країн одночасно. Долина Дунаю, яка охоплює Центральну та Східну Європу, також відома своєю вразливістю, особливо в низинних частинах Угорщини, Сербії та Румунії [21].

Зміна клімату посилює ризик повеней у Європі через збільшення частоти

екстремальних погодних явищ, таких як сильні опади. Сучасні дослідження свідчать, що кількість днів із тривалими дощами в регіонах Західної та Центральної Європи збільшилася, що спричиняє повені великого масштабу.

Урбанізація також є важливим фактором. У багатьох європейських містах через значну забудову зменшуються природні території, здатні поглинати надлишкову воду. Це призводить до так званих «міських повеней». Наприклад, у Лондоні, Парижі та інших великих містах навіть короткочасні інтенсивні дощі можуть паралізувати транспортну систему через недостатню пропускну здатність зливової каналізації [22][23].

Країни, розташовані вздовж Атлантичного океану та Північного моря, також стикаються з ризиком прибережних повеней через штормові нагінні хвилі. Наприклад, Нідерланди, які значна частина території розташована нижче рівня моря, історично страждали від катастрофічних затоплень, як-от повінь 1953 року, яка забрала життя понад 1800 людей [24].

Для захисту від таких ризиків країни інвестують у складні інженерні проєкти: дельта-проєкти в Нідерландах чи Темзовий бар'єр у Великобританії. Однак ці споруди потребують постійного оновлення через зростання рівня моря внаслідок глобального потепління.

Вже згадана осіння повінь 2023 року в Центральній та Південній Європі є показовим прикладом сучасних викликів, із якими стикається регіон. Причиною затоплень стали тривалі сильні опади, викликані нестійкими атмосферними системами. Найбільше постраждали Італія, Словенія, Австрія та частини Німеччини. Затоплення завдали значних економічних збитків, особливо в сільськогосподарських районах, а також спричинили численні евакуації та пошкодження інфраструктури. Але повінь показала, наскільки важливою є міжнародна співпраця у запобіганні та реагуванні на подібні катастрофи. Зокрема, в ЄС було запроваджено активне використання системи Copernicus для моніторингу затоплень за допомогою супутникових даних [25].

Загалом, європейські країни постійно вдосконалюють свої стратегії

управління ризиками повеней. Одним із ключових підходів є створення так званих «зелених зон», які дозволяють воді тимчасово затоплювати спеціально відведені ділянки, зменшуючи навантаження на населені пункти. У Німеччині, наприклад, річкові заплави ренатуралізують, відновлюючи їх природну здатність поглинати воду [26].

Ще одним важливим напрямком є вдосконалення систем раннього попередження. Завдяки сучасним технологіям, як-от високоточне прогнозування погодних умов, країни Європи можуть завчасно евакуювати населення та мінімізувати втрати.

Отже, Європа стикається з сучасними викликами, пов'язаними з повенями, попри свою розвинену інфраструктуру і технологічні можливості. Однак інтеграція природоохоронних, технічних та організаційних заходів все ж дозволяє ефективно управляти ризиками. Водночас зміни клімату ставлять нові завдання, які вимагають активної міжнародної співпраці та інноваційних рішень.

Африка: непередбачувані повені та соціальна вразливість

Африка, як континент із унікальними кліматичними та географічними умовами, стикається з серйозними викликами, пов'язаними з повенями. Хоча більша частина регіону традиційно асоціюється із засухами, повені в Африці трапляються дедалі частіше, нерідко спричиняючи катастрофічні наслідки. Основними причинами цього є зміни клімату, нерегульоване використання земель, слабка інфраструктура та високий рівень соціальної вразливості населення.

Погодні явища, такі як тропічні шторми, інтенсивні сезонні дощі та феномен Ель-Ніньо, є ключовими природними причинами повеней в Африці. Вологі сезони в Західній Африці (Сенегал, Нігерія, Гана), часто супроводжуються проливними дощами, що викликають значні затоплення. Наприклад, у 2022 році сильні дощі в Нігерії призвели до найсильнішої за десятиліття повені, яка забрала життя понад 600 людей і змусила сотні тисяч залишити свої домівки [27].

Східна Африка також потерпає від повторюваних повеней, які часто є наслідком розливу великих річок, таких як Ніл, або через тропічні циклони, які уражають Мозамбик і Мадагаскар. Танення льодовиків на схилах Кіліманджаро та Рувензорі додає води до річок, що збільшує ризик затоплень у прилеглих районах.

Повені в Африці часто мають руйнівні наслідки через низький рівень готовності та слабку інфраструктуру. Велика частина населення живе в сільській місцевості або у неформальних поселеннях, які не мають належного захисту від стихійних лих. Будинки, збудовані з глини та інших нестійких матеріалів, легко руйнуються під дією води.

У регіонах із високим рівнем бідності повені викликають гуманітарні кризи, залишаючи тисячі людей без доступу до чистої води, продовольства та медичної допомоги. Також після затоплень часто спостерігається спалах хвороб, таких як холера і малярія, що лише поглиблює наслідки катастрофи [28].

Сільське господарство, яке є основою економіки більшості африканських країн, значно страждає від повеней. Втрата врожаїв через затоплення полів загрожує продовольчій безпеці, а також впливає на експорт і доходи фермерів. Наприклад, в регіоні Сахель, де сільське господарство залежить від сезону дощів, надмірна кількість опадів може бути так само руйнівною, як і їхня нестача [29].

Повені також завдають значної шкоди дорожній інфраструктурі, мостам і будівлям, що значно ускладнює доставку гуманітарної допомоги та економічне відновлення регіонів. Для країн із низьким ВВП відновлення після повеней може тривати роками.

Одним із найяскравіших прикладів катастрофічної повені в Африці є подія 2019 року, коли циклон Ідай вразив південно-східну частину континенту. Цей циклон викликав повені в Мозамбіку, Зімбабве та Малаві, залишивши понад 2 мільйони людей без домівок. Масштаб лиха був таким великим, що це спричинило міжнародну гуманітарну кризу [30].

Інший приклад – повінь у Південному Судані 2021 року (рис. 1.2), яка

торкнулася понад 800 тисяч людей. Вода затопила величезні території, що призвело до масових переміщень і ускладнень у гуманітарній допомозі через нестачу доріг і високий рівень конфліктів у регіонів.



Рис. 1.2. Повінь у Південному Судані 2021 року [31]

Тож боротьба з повенями в Африці ускладнюється через обмежені ресурси та низький рівень розвитку інфраструктури. Більшість країн не має систем раннього попередження, що збільшує кількість жертв.

Значна частина зусиль у боротьбі з повенями спрямована на розвиток міжнародної співпраці та допомоги. Наприклад, Африканський Союз і ООН фінансують проєкти з покращення управління водними ресурсами, зокрема будівництво дамб і водосховищ. Водночас місцеві громади дедалі частіше залучаються до проєктів відновлення природних заплав і збереження екосистем, що можуть пом'якшити наслідки затоплень.

Виходить, що Африка по суті є одним із найбільш уразливих континентів до повеней через поєднання природних і соціально-економічних факторів. Інвестування в інфраструктуру, посилення систем раннього попередження та

міжнародна співпраця (не лише з африканськими країнами) можуть значно зменшити вплив цього стихійного лиха на життя мільйонів людей.

Америка: урагани та річкові повені

У Північній і Південній Америці надзвичайно різноманітні кліматичні та географічні умови, що визначають характер і масштаби повеней у цій частині світу. Повені в Америці можуть бути спричинені як тропічними ураганами, так і сезонними підйомами рівня води в річках. Вплив цих стихійних явищ посилюється змінами клімату, інтенсивною урбанізацією та специфічними особливостями ландшафту.

Країни Карибського басейну, Мексика та прибережні штати США регулярно потерпають від тропічних ураганів, які спричиняють значні повені. Урагани приносять із собою сильні дощі, штормові нагінні хвилі та різке підвищення рівня води на узбережжі. Наприклад, найбільш руйнівний ураган в історії США, тобто "Катріна" (2005 рік) (рис. 1.3) спричинив прорив дамб у Новому Орлеані, що призвело до затоплення 80% міста, загибелі понад 1800 людей і багатомільярдних збитків.



Рис. 1.3. Повінь внаслідок урагану "Катріна" 2005 року [32]

Ще одним показовим прикладом є ураган "Іан" (2022 рік), який вдарив по Флориді, викликавши масштабні повені як на узбережжі, так і вглиб континенту. Штормові хвилі висотою до 3-4 метрів затопили прибережні міста, а сильні дощі

призвели до переповнення річок і резервуарів [33].

Країни Центральної Америки, такі як Гондурас, Гватемала та Нікарагуа, також зазнають регулярних повеней, пов'язаних із тропічними циклонами. Часто такі стихійні лиха викликають зсуви ґрунту, особливо в гірських регіонах, що ускладнює евакуацію і рятувальні роботи.

Звісно, що річкові системи Північної та Південної Америки також часто стають джерелом масштабних затоплень. Річка Міссісіпі у США є однією з найбільших річкових систем світу і регулярно спричиняє сезонні повені. Наприклад, Велика повінь 1993 року була однією з найгірших в історії країни. Вона тривала кілька місяців, зачепивши 9 штатів, знищивши сільськогосподарські угіддя та тисячі будинків [34].

Річка Амазонка в Південній Америці, хоч і має сезонні підйоми рівня води, також стикається з аномальними повенями, спричиненими змінами клімату. У 2021 році басейн Амазонки зазнав однієї з найгірших повеней за останні десятиліття. Високий рівень води знищив значну частину посівів, зруйнував тисячі будинків та змусив до переселення десятки тисяч мешканців.

Повені в США та Канаді нерідко стаються через нерегульований розвиток урбанізованих територій. Забудова в низинах і поблизу річок часто ігнорує природні механізми поглинання води, що посилює вплив повеней. Наприклад, Х'юстон, штат Техас, неодноразово зазнавав затоплень через сильні дощі, коли міська дренажна система не могла впоратися з великими обсягами води [35].

Велике значення мають і весняні повені, спричинені таненням снігів у Канаді та північних штатах США. Раптове потепління може призвести до швидкого підйому рівня води в річках, що спричиняє затоплення прилеглих територій [36].

Тому всі американські країни активно розвивають систему управління ризиками, пов'язаними з повенями. У США реалізуються масштабні інженерні проекти, як-от дамби та резервуари, а також удосконалюється система раннього попередження. Наприклад, Національний центр ураганів регулярно прогнозує

траєкторії ураганів, що дозволяє заздалегідь евакуювати населення.

У країнах Латинської Америки міжнародні організації, такі як ООН та Світовий банк, фінансують проєкти з покращення управління водними ресурсами, будівництва дамб і збереження заплав.

Знову переконуємося, що повені залишаються однією з найбільш руйнівних природних катастроф, які впливають на різні частини світу, причому характер, масштаби та наслідки цього явища значною мірою залежать від географічних, кліматичних і соціально-економічних особливостей кожного регіону.

Азія, яка є найбільш густонаселеним континентом, залишається найвразливішою до повеней через часті мусонні дощі, тропічні циклони та наявність великих річкових систем. Руйнівні наслідки ускладнюються щільною урбанізацією та високою залежністю населення від річкових екосистем.

Європа навпаки, хоча й має розвинену інфраструктуру для боротьби з повенями, стикається з новими викликами, пов'язаними з кліматичними змінами, які спричиняють більш інтенсивні зливи та підвищення рівня морів. Історично небезпечні регіони, як-от басейни Рейну та Дунаю, продовжують страждати від періодичних затоплень, що завдають значної шкоди економіці та суспільству.

В Африці ж повені є особливо небезпечними через низький рівень готовності та слабку інфраструктуру. Непередбачуваність опадів і соціальна вразливість населення збільшують наслідки цих стихійних явищ, перетворюючи їх на гуманітарні кризи.

В Америці різноманітні типи повеней, зокрема внаслідок ураганів та річкових затоплень, створюють серйозні виклики для багатьох країн. Незважаючи на високий рівень технологічного розвитку в США та Канаді, регіони Латинської Америки залишаються вразливими через обмежені ресурси для боротьби зі стихійними лихами.

Загалом, рівень вразливості до повеней значною мірою визначається поєднанням природних і антропогенних факторів. Географічне розташування,

рельєф, кліматичні умови та соціально-економічний розвиток регіонів суттєво впливають на здатність протистояти цьому явищу. Усвідомлення цих особливостей є ключовим для розробки ефективних стратегій адаптації та зниження ризиків у різних частинах світу.

Загальносвітові тенденції прояву повеней знаходять своє відображення і в Україні, де масштаби та частота небезпечних гідрологічних подій значно різняться залежно від природно-географічних умов. Країна стикається із ризиками затоплень у різних регіонах, зокрема в басейнах великих річок, таких як Дністер, Дунай, Тиса та Прип'ять. Хоча масштаби українських повеней зазвичай поступаються глобальним катастрофам, їхній вплив на місцеві громади, інфраструктуру та економіку є значним.

Особливу увагу викликають повені у західних областях, де Карпати, з їхньою складною гідрологічною системою, є природним осередком ризику. Швидкий стік води в гірських річках після сильних опадів часто призводить до різкого підйому рівня води, що викликає затоплення населених пунктів і сільськогосподарських угідь. Такі явища неодноразово ставали причиною масштабних збитків і потребували великих ресурсів для ліквідації їхніх наслідків.

Крім природних факторів, значний вплив на посилення проблеми очікувано мають антропогенні чинники: неконтрольована вирубка лісів, урбанізація, недосконалість систем управління водними ресурсами та зміни клімату. Ці фактори збільшують частоту та інтенсивність повеней, створюючи додаткові виклики для екології та економіки країни.

У цьому розділі буде розглянуто особливості повеней в Україні: їхні масштаби, соціальні та економічні наслідки, а також основні проблеми й перспективи подолання цього стихійного лиха. Аналізуючи минулі події та сучасні виклики, можна визначити шляхи вдосконалення управління ризиками та адаптації до нових кліматичних умов.

Тож повені в Україні не є виключенням зі світової закономірності, тому

теж є наслідком складної взаємодії природних і антропогенних чинників. Тобто їхній прояв і масштаби залежать від гідрологічних, кліматичних та екологічних умов, а також від діяльності людини. Аналізуючи основні причини повеней, тепер можна виділити дві великі групи: ті, що визначають загальну схильність територій до затоплень, та такі, що посилюють або створюють додаткові ризики.

Природні фактори

1. Гідрометеорологічні умови.

Повені в Україні часто зумовлені саме інтенсивними опадами, які спричиняють переповнення річкових русел. Зливи в літній період або проливні дощі восени швидко підвищують рівень води, викликаючи затоплення. Весняний паводок, зумовлений таненням снігу, також є частою причиною повеней, особливо в басейнах великих річок, як-от Дніпро на Полтавщині.

2. Географічні особливості рельєфу.

Різноманіття рельєфу України відіграє важливу роль у виникненні повеней. У гірських районах швидкий стік води під час дощів або танення снігу збільшує ризик паводків, тоді як рівнинні території частіше страждають від поступового підйому води в річках.

3. Гідрологічні характеристики річкових басейнів.

Велика кількість річок, зокрема Дніпро, Дністер, Прут, Тиса, та їхні притоки визначають високу ймовірність затоплень. Особливо небезпечними є малі річки, які мають невелику пропускну здатність і схильні до різких коливань рівня води.

4. Кліматичні зміни.

Потепління клімату так само посилює нерегулярність опадів, збільшуючи їхню інтенсивність у певних періодах. Це сприяє частішим та масштабнішим повеням, а також змінює їхній характер: вони стають менш передбачуваними.

Інша велика група, що посилює чи навіть створює додаткові ризики повеней, то антропогенні фактори, які в нашій країні схожі з іншими, що вже розглядалися раніше: нерациональне землекористування, забудова в заплавах

річок, незадовільний стан гідротехнічної інфраструктури, неконтрольоване використання водних ресурсів та недостатнє прогнозування та управління ризиками.

Найбільш руйнівними є повені, спричинені поєднанням природних явищ із антропогенними впливами. Наприклад, сильні зливи в поєднанні з вирубкою лісів і забудовою заплавл збільшують інтенсивність і масштаби затоплень. Така взаємодія свідчить про необхідність врахування як природних, так і соціально-економічних умов під час розробки заходів протидії повеням. Водночас роль людини у загостренні цих проблем постійно зростає. Ефективна протидія затопленням вимагає інтегрованого підходу до управління водними ресурсами, відновлення природних екосистем і покращення стану гідротехнічної інфраструктури, що є не менш важливим.

В історії України повені неодноразово ставали значними стихійними лихами, які впливали на життя людей, економіку та довкілля. Кожна така подія демонструє унікальне поєднання двох груп факторів, що призводять до затоплень. Вивчення цих прикладів дозволяє краще розуміти природу повеней, оцінювати наслідки й удосконалювати механізми реагування.

Закарпатська повінь 1998 року стала однією з найбільш руйнівних в історії сучасної України. Причиною стало поєднання інтенсивних осінніх дощів та швидкого наповнення річок Тиса, Латориця й Уж. Гірський рельєф Карпат сприяв швидкому стоку води, що перевищила місткість річкових русел. Тоді було затоплено понад 100 населених пунктів, зруйновано тисячі будинків, дороги й мости, загинуло 10 осіб, тисячі людей залишилися без даху над головою [37]. Уряд звісно запровадив надзвичайний стан, а до ліквідації наслідків долучилися рятувальники та місцеві жителі та навіть військові. Були проведені відновлювальні роботи, побудовано нові дамби та гідротехнічні споруди для захисту від подібних ситуацій у майбутньому, що є правильною та закономірною реакцією.

У липні 2008 року захід країни знову постраждав від не менш масштабної

повені. Основними причинами були тривалі зливи, що перевищили середньомісячну норму опадів. Повені торкнулися не лише Закарпаття, а й Івано-Франківської, Львівської, Чернівецької та Тернопільської областей. Тоді постраждало понад 40 тисяч людей. Загибло 39 осіб, зокрема діти. Було зруйновано 360 мостів і пошкоджено понад 200 кілометрів доріг, а загальні збитки оцінювалися в 3-4 млрд гривень [38]. Після цього уряд уже створив антикризовий штаб, міжнародні організації надали фінансову й технічну допомогу. Значну увагу приділили модернізації інфраструктури, тепер зокрема покращенню системи гідрологічного моніторингу.

Повені в Київській області у 2013 році виникли через різке танення снігу навесні, у поєднанні з неспроможністю водосховищ утримати надлишок води. Рівень води у Дніпрі та його притоках значно перевищив норму. Було затоплено десятки сіл, зокрема в заплавах Десни й Дніпра. Значних збитків зазнали сільське господарство та місцева інфраструктура, також порушено транспортне сполучення [39]. В результаті, розроблені нові плани з управління водними ресурсами. Окрім технічних заходів, акцент зроблено на необхідності попереджувальних заходів, таких як прогнозування весняних паводків.

Коли у червні 2020 року підвищення рівня води в Дунаї через сильні дощі спричинило затоплення прибережних районів Одеської області, а сотні гектарів сільськогосподарських угідь були під водою, пошкоджено об'єкти інфраструктури, включно з портами. навіть рибні господарства зазнали значних збитків. То окрім евакуації населення та зміцнення дамб, також було підготовлено резерви для можливих нових затоплень [40].

Отож досвід значних повеней в Україні демонструє важливість як попередження, так і швидкого реагування. Природні причини, насамперед інтенсивні опади й танення снігу, часто поєднувалися з антропогенними факторами, такими як недосконалість інфраструктури або неправильне планування. Тому для зменшення наслідків необхідно продовжувати впроваджувати системи прогнозування, модернізувати інфраструктуру й

відновлювати природні екосистеми, що допомагають утримувати надлишкову воду.

Оскільки наслідки всіх цих повеней зачіпають ключові сфери: економічну, екологічну та соціальну, призводячи до суттєвих втрат і викликів для сталого розвитку, то розуміння цих наслідків є важливим для розробки ефективних заходів із запобігання затопленням і зменшення їхньої шкоди.

Тож суттєві економічні збитки відображаються у трьох основних аспектах: прямі втрати, непрямі втрати та витрати на відновлення.

1. Прямі економічні втрати включають пошкодження або знищення будівель, доріг, мостів, енергетичної інфраструктури та комунікацій. Наприклад, вищезгадана повінь 2008 року на заході країни, коли було зруйновано сотні мостів і дороги, що ускладнило транспортне сполучення та потребувало багатомільйонних інвестицій у відновлення.
2. Непрямі збитки проявляються у скороченні виробництва, зниженні доходів фермерів через затоплення полів і втрату врожаїв, а також у падінні туризму в постраждалих регіонах. Відсутність можливості ведення економічної діяльності через затоплення має довгострокові негативні наслідки для місцевих громад.
3. Витрати на відновлення охоплюють реконструкцію зруйнованих об'єктів, заходи з ліквідації наслідків затоплень і модернізацію інфраструктури для захисту від майбутніх повеней. Державний бюджет зазнає додаткового навантаження, особливо у випадках масштабних стихійних лих [41].

Слід пам'ятати, що повені значно впливають на екосистеми, викликаючи як негативні, так і нейтральні зміни.

1. Швидкий рух води призводить до ерозії ґрунту, змиваючи родючі шари й забруднюючи водойми осадовими матеріалами. Деградація ґрунтів ускладнює ведення сільського господарства в затоплених районах.
2. Повені часто спричиняють розлив хімічних речовин із промислових об'єктів, палива, добрив і пестицидів, які потрапляють у річки й підземні

води. Забруднення води та ґрунтів негативно впливає на якість води та здоров'я екосистем.

3. Затоплення можуть пошкодити лісові та лугові екосистеми, які відіграють важливу роль у підтриманні біорізноманіття, оскільки є природним середовищем існування багатьох видів.
4. У деяких випадках повені сприяють відновленню водно-болотних угідь і поповненню запасів ґрунтових вод, що має важливе значення для екологічної рівноваги.

Звісно, повені значною мірою впливають на соціальну сферу, зачіпаючи життя людей, їхній добробут і психологічний стан, що було згадано раніше.

Отже, повені в Україні залишаються серйозною природною загрозою, яка має комплексний вплив на всі аспекти життя суспільства. Їх виникнення зумовлене як природними умовами, такими як кліматичні зміни та особливості рельєфу, так і діяльністю людини, зокрема нераціональним використанням природних ресурсів і слабкою інфраструктурною готовністю. Ці чинники часто взаємодіють не тільки в Україні, а й, наприклад, в раніше згаданій Африці, підсилюючи руйнівний характер та ускладнюючи їх подолання.

Історія значних повеней в Україні показує масштабність наслідків цього явища. Масові затоплення у різні роки не лише спричинили знищення майна та інфраструктури, але й призвели до загибелі людей, порушення екосистем і поглиблення соціальної вразливості. Незважаючи на зусилля щодо ліквідації наслідків, повторюваність таких подій свідчить про необхідність переосмислення підходів до управління ризиками повеней.

Економічні втрати від повеней відображаються у зростанні витрат на відновлення пошкоджених об'єктів і підтримку постраждалих громад. Екологічні проблеми, зокрема забруднення водойм і ерозія ґрунтів, суттєво впливають на природні ресурси. У соціальній сфері основним викликом залишається забезпечення безпеки населення, яке часто стикається з необхідністю евакуації та довготривалими труднощами у відновленні

нормального життя.

Тож для зменшення вразливості України до повеней необхідний цілісний підхід, що охоплює як інфраструктурні рішення, так і природоохоронні заходи. Розробка сучасної системи моніторингу, ефективного планування використання територій і зміцнення місцевих громад є важливими кроками для зниження ризиків. Лише поєднання технічних, екологічних та соціальних заходів може забезпечити мінімізацію шкоди та створити умови для сталого розвитку навіть у разі повторення стихійних лих.

1.3. Роль геоінформаційних систем у дослідженні та моделюванні повеневого ризику

Геоінформаційні системи посідають ключове місце у сучасних підходах до аналізу природних гідрологічних небезпек, зокрема повеней та підтоплень. Це зумовлено тим, що повені мають чітко виражений просторовий характер і формуються під дією комплексу взаємопов'язаних факторів, серед яких рельєф, морфометричні характеристики водозборів, кліматичні умови, геологічна будова, типи землекористування та ступінь урбанізації територій. Традиційні методи оцінювання ризику затоплення часто не дозволяють комплексно поєднувати ці параметри в єдиному аналітичному середовищі, тоді як ГІС забезпечують як інтеграцію різнорідних даних, так і можливість їх просторового моделювання.

Застосування геоінформаційних технологій у дослідженні повеней дає змогу виконувати широкий спектр операцій – від збору та зберігання просторових даних до створення прогнозних моделей і підготовки картографічних продуктів для прийняття управлінських рішень. У контексті оцінки вразливості територій ГІС забезпечують виявлення зон потенційного затоплення, аналіз рельєфних особливостей, визначення напрямків та інтенсивності поверхневого стоку, а також оцінювання впливу антропогенних

факторів, таких як ущільнення поверхні, зміна водно-болотних угідь або трансформація заплавлених ландшафтів.

Однією з найважливіших переваг ГІС є їх здатність працювати з цифровими моделями рельєфу (ЦМР), що дозволяє кількісно описувати морфометричні параметри території та моделювати гідрологічні процеси. Інструменти гідрологічного аналізу, інтегровані в програмні платформи ArcMap та ArcGIS Pro, забезпечують автоматизоване визначення напрямків стоку (Flow Direction), зон накопичення поверхневих вод (Flow Accumulation), вододілів та меж водозбірних басейнів (Watershed), а також виділення річкової мережі за морфометричними критеріями (Stream Order). Це створює основу для подальшої оцінки ризику затоплення через поєднання гідрологічних параметрів з іншими просторовими даними.

Важливою складовою сучасного ГІС-аналізу є інтеграція даних дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки Sentinel-2 та Landsat дають можливість оперативно визначати водонасичені території й сезонні зміни зволоження поверхні за допомогою індексів, зокрема NDWI (Normalized Difference Water Index) та його модифікацій. Поєднання ЦМР, супутникових даних і векторних шарів забезпечує багатофакторний підхід до картографування потенційно небезпечних територій та дозволяє виконувати аналіз не лише для поточного стану, а й для сценарного прогнозування.

Типи просторових даних та їх значення в аналізі повеней

Ефективність геоінформаційного аналізу значною мірою залежить від якості та узгодженості вихідних просторових даних. Для дослідження повеней застосовується кілька основних груп інформації, кожна з яких відображає окремий аспект формування гідрологічних процесів і вразливості територій.

Першою і ключовою категорією є цифрові моделі рельєфу, що відображають висотне положення поверхні та дозволяють отримувати морфометричні параметри – похил, експозицію схилів, кривизну поверхні, глибину локальних депресій та інші характеристики. Використання ЦМР

створює основу для гідрологічного моделювання, оскільки визначає напрямки поверхневого стоку та інтенсивність водозбору. Найпоширеніші відкриті джерела включають SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), ASTER GDEM та європейську модель EU-DEM. Хоча їх просторова роздільність є середньою (25–30 м), вона забезпечує достатню точність для регіональних оцінок повененебезпечності, зокрема на рівні областей або середніх річкових басейнів.

Другою важливою групою є векторні гідрографічні дані, що містять інформацію про річкову мережу, озера, водосховища, водоохоронні зони та штучні гідротехнічні споруди. Ці дані дозволяють визначати конфігурацію водозборів, уточнювати руслову мережу, здійснювати буферний аналіз відстані до водотоків та проводити зіставлення результатів моделювання з фактичними гідрологічними об'єктами. В Україні такі шари доступні через відкриті державні геопортали, а також через глобальні ресурси OpenStreetMap, що забезпечують достатню деталізацію для просторового аналізу.

Третю групу становлять дані про поверхневе покриття та землекористування, які відображають характер взаємодії території з атмосферними та гідрологічними процесами. Наприклад, урбанізовані ділянки характеризуються низькою інфільтраційною здатністю та високим поверхневим стоком, що підвищує ймовірність підтоплення. Сільськогосподарські угіддя, особливо з високою розораністю та відсутністю природного дренажу, також можуть сприяти накопиченню води. Для таких цілей часто використовуються набори CORINE Land Cover, Copernicus Land Monitoring Service, а також національні кадастрові та тематичні карти.

Окреме значення мають дані дистанційного зондування Землі, що забезпечують динамічний вимір змін стану поверхні. Супутникові знімки Sentinel-2, Landsat-8 та Landsat-9 використовуються для обчислення спектральних індексів, зокрема NDWI (Normalized Difference Water Index), MNDWI (Modified NDWI) та NDSI (Normalized Difference Snow Index). Ці індекси дозволяють виявляти підтоплені або надмірно зволожені ділянки,

ідентифікувати сезонні коливання рівня води та виконувати порівняльний аналіз під час екстремальних гідрометеорологічних подій. На відміну від статичних карт, супутникові дані дають можливість оцінювати повені у режимі близькому до реального часу, що є важливим для оперативного планування.

Додаткову роль відіграють кліматичні та гідрологічні статистичні дані, зокрема довгострокові ряди опадів, дані про рівні річок, максимальні витрати води та частоту повторюваності небезпечних явищ. Хоча вони не завжди представлені у ГІС-форматі, їх інтеграція дозволяє поєднати просторовий аналіз із часовими трендами, що є необхідним для розуміння довготривалих змін та впливу кліматичних факторів на ризик затоплення.

Таким чином, комплексне поєднання різних типів просторових даних забезпечує багатовимірний підхід до оцінювання вразливості територій. ГІС виступає інструментом, що не лише об'єднує ці дані в єдиному середовищі, а й дозволяє створювати нові похідні показники, такі як карти ризику, моделі поверхневого стоку та тематичні індексні класифікації, що значно підвищує точність і надійність просторових рішень.

Програмні платформи та підходи моделювання

Тож геоінформаційні технології посідають ключове місце у сучасних підходах до аналізу та прогнозування повенебезпечних ситуацій, оскільки повені мають чітко просторовий характер і формуються під впливом комплексу природних та антропогенних чинників. Уже відомо, що на відміну від традиційних методів оцінювання ризику, ГІС забезпечують інтеграцію даних про рельєф, гідрографію, землекористування, кліматичні параметри та стан поверхні у єдиному аналітичному середовищі, що дозволяє не лише описувати, але й моделювати механізми формування повеней. У цьому контексті ГІС стає інструментом, здатним поєднати спостереження, просторові розрахунки та картографічну візуалізацію, що особливо важливо для прийняття управлінських рішень на регіональному й локальному рівнях.

Сучасні геоінформаційні дослідження повеней реалізуються за допомогою

широкого спектра програмних рішень, які відрізняються функціональними можливостями, рівнем автоматизації та сферами застосування. Серед найбільш поширених платформ варто виділити ArcGIS, QGIS та спеціалізовані гідродинамічні моделі, такі як HEC-RAS, MIKE FLOOD і LISFLOOD-FP.

Програмне середовище ArcGIS залишається одним із найпотужніших інструментів для гідрологічного аналізу, оскільки містить інтегрований набір функцій Spatial Analyst і Hydrology Tools. Воно забезпечує автоматизовану побудову моделей поверхневого стоку на основі ЦМР, обчислення напрямків і накопичення стоку, визначення вододілів, виділення річкової мережі, а також подальшу інтеграцію тематичних растрових і векторних шарів. ArcGIS активно використовується в міжнародних проєктах управління паводковими ризиками, включаючи програми Європейського Союзу в межах Директиви 2007/60/EC щодо оцінки та управління ризиками затоплення.

Водночас у багатьох дослідженнях застосовується QGIS – відкрита платформа, яка завдяки широкому набору плагінів забезпечує функціональність, порівняну з комерційними рішеннями. Плагіни, такі як WhiteboxTools, SAGA GIS та GRASS GIS, дозволяють виконувати розширений морфометричний аналіз рельєфу, моделювати дренажні мережі, ідентифікувати депресії та будувати сценарії поверхневого стоку. Перевагою QGIS є доступність і відкритий код, що робить його популярним для академічних і регіональних досліджень, особливо в країнах, де обмежений доступ до ліцензійного програмного забезпечення.

Особливої уваги заслуговує ArcMap, яке протягом тривалого часу залишалося базовою платформою для гідрологічного моделювання в ГІС. Широка підтримка растрових операцій, стабільний набір інструментів Spatial Analyst та можливість гнучкої роботи з векторними даними роблять ArcMap ефективним інструментом для регіональних досліджень. Саме в цьому середовищі реалізовані класичні алгоритми гідрологічного аналізу, що забезпечує відтворюваність результатів і дозволяє застосовувати напрацьовані методики в практичних роботах.

Разом з тим сучасним стандартом стає ArcGIS Pro – наступник ArcMap, який поєднує розширені можливості тривимірного аналізу, підтримку 64-бітної обробки даних та інтеграцію з хмарними сервісами ArcGIS Online. ArcGIS Pro дозволяє швидше виконувати ресурсомісткі гідрологічні операції, обробляти великі набори растрових даних та будувати високодетальні візуалізації результатів. Крім того, Pro підтримує багатопоточність, що є критично важливим під час розрахунків Watershed, Flow Accumulation або побудови складних моделей поверхневого стоку на рівні великих регіонів. Завдяки прямому доступу до ESRI Living Atlas користувачі можуть підключати глобальні висотні моделі, тематичні набори землекористування, гідрографічні бази даних та оперативні карти водної динаміки.

Окреме місце займають гідродинамічні моделі, які використовуються для моделювання глибин та швидкості водних потоків під час паводкових подій. Найвідоміша з них – HEC-RAS, розроблена Інженерним корпусом США, яка дозволяє виконувати одновимірне та двовимірне моделювання затоплення з урахуванням руслових профілів, пропускної здатності заплав та гідротехнічних споруд. Інші моделі, як-от MIKE FLOOD та LISFLOOD-FP, застосовуються в складних сценаріях прогнозування затоплень на великих рівнинах або у прибережних зонах. Проте їх використання потребує значних обчислювальних ресурсів та наявності детальних гідрологічних даних, тому для регіональних робіт найчастіше застосовується морфометричне моделювання в середовищі ГІС [42].

Серед сучасних підходів до просторового аналізу повеней важливу роль відіграє багатокритеріальна оцінка (Multi-Criteria Evaluation, MCE), що дозволяє інтегрувати різні фактори вразливості, включаючи природні та антропогенні параметри. Одним із найбільш поширених методів є метод аналізу ієрархій (АНР), який використовується для обґрунтованого визначення ваг критеріїв та побудови інтегральних індексів ризику. Поєднання АНР із просторовими розрахунками в Raster Calculator робить можливим отримання карт інтегральної

вразливості територій, які широко застосовуються у практиці просторового планування, управління земельними ресурсами та розроблення заходів із мінімізації наслідків повеней [43].

Значного розвитку набули й сценарні та прогнозні методи, що базуються на використанні кліматичних моделей та багаторічних рядів опадів. У Європейському Союзі та Канаді активно впроваджуються ГІС-підходи, спрямовані на оцінювання майбутніх ризиків з урахуванням кліматичних проєкцій, що дозволяє прогнозувати зміни частоти паводкових явищ до середини ХХІ століття. Такі дослідження поєднують гідрологічне моделювання з аналізом урбанізаційних трендів, що є особливо актуальним у регіонах зі швидкими темпами трансформації ландшафтів.

В Україні ГІС-технології поступово інтегруються у сферу управління водними ресурсами та оцінювання надзвичайних ситуацій. Дослідження проводяться для басейнів Дністра, Тиси, Пруту, а також у межах Придніпровської низовини, де висока заболоченість та вплив водосховищ створюють додаткові ризики підтоплення. Регіональні дослідження, присвячені моделюванню поверхневого стоку на основі ЦМР та супутникових даних, доводять ефективність просторового аналізу як інструменту прогнозування і планування заходів протипаводкового захисту на локальному і обласному рівнях.

Окрім традиційних гідрологічних процедур, ГІС активно інтегруються з даними дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки Sentinel-2 та Landsat забезпечують можливість оперативного виявлення водонасичених територій, сезонної динаміки підтоплення та формування тимчасових водних об'єктів. Обчислення спектральних індексів, (NDWI, MNDWI або NDSI), дозволяє визначати зони надмірної зволоженості та виявляти підтоплення на великих площах без залучення трудомістких польових робіт. Поєднання ЦМР, супутникових даних і векторних шарів у середовищі ГІС створює основу для побудови комплексних карт вразливості, що враховують як природні, так і

антропогенні чинники.

Узагальнюючи, ГІС-технології забезпечують комплексний підхід до аналізу та картографування повенебезпечних територій, поєднуючи гідрологічне моделювання, обробку супутникових знімків та багатокритеріальну оцінку. Застосування ArcMap та ArcGIS Pro створює можливість відтвореного та автоматизованого аналізу великомасштабних територій, що є особливо важливим для регіональних досліджень. Це формує наукове підґрунтя для подальшого оцінювання вразливості територій і переходу до ГІС-моделювання потенційних зон підтоплення.

Отож геоінформаційні технології дійсно є ключовим інструментом для комплексного аналізу повенебезпечних територій, оскільки поєднують роботу з ЦМР, супутниковими даними та векторними гідрографічними шарами в єдиному аналітичному середовищі. Використання ESRI ArcGIS забезпечує відтворюваність гідрологічних процедур, автоматизацію просторових розрахунків і можливість створення інтегральних карт вразливості на регіональному та локальному рівнях. Поєднання ГІС із багатокритеріальними методами, зокрема АНР, дозволяє кількісно оцінювати вплив природних та антропогенних чинників на формування ризику затоплення.

1.4. Методичні підходи до оцінки вразливості територій до природних гідрологічних небезпек

Оцінювання вразливості територій до повеней ґрунтується на системному підході, який передбачає аналіз сукупності природних і антропогенних чинників, що визначають здатність ландшафтів протистояти впливу небезпечних гідрологічних процесів. У сучасній науковій практиці поняття вразливості розглядається не лише як фізична схильність території до затоплення, але й як характеристика її чутливості та потенційних наслідків у разі прояву повеней. Тому методичні підходи до її оцінки спираються на інтеграцію різних груп

показників і багаторівневий аналіз просторових даних.

Основою сучасного розуміння вразливості є концепція, що об'єднує чотири ключові компоненти: небезпека (hazard), експозиція (exposure), чутливість (sensitivity) і ризик (risk). Під небезпекою у контексті повеней розуміють імовірність виникнення гідрологічної події певної інтенсивності на визначеній території. Експозиція відображає наявність об'єктів, що можуть зазнати впливу повені, включаючи населення, інфраструктуру, землекористування та природні ресурси. Чутливість характеризує внутрішні властивості території, які визначають рівень її стійкості або, навпаки, схильності до негативних наслідків, серед яких морфометричні параметри рельєфу, глибина ґрунтових вод, ступінь урбанізації та водно-болотні умови.

Узагальнюючою категорією є ризик, який у методичному плані трактується як поєднання ймовірності виникнення небезпечної події та величини можливих наслідків. Таким чином, оцінювання ризику затоплення є результатом інтеграції характеристик небезпеки, експозиції та вразливості території. Саме така структура відповідає міжнародним підходам, закріпленим у документах ООН, Європейської комісії та Програми зі зменшення ризиків стихійних лих (UNDRR), що визначають багатовимірність аналізу природних небезпек і необхідність використання просторових моделей [44].

З методологічної точки зору оцінка вразливості територій передбачає два ключові етапи: ідентифікацію факторів, що впливають на формування ризику, та інтеграцію цих факторів у єдину оцінювальну систему. У межах першого етапу визначаються показники, які відображають фізичні, ландшафтно-гідрологічні та антропогенні властивості території, що сприяють накопиченню поверхневих вод або ускладнюють їх відведення. Другий етап передбачає застосування методів нормалізації та зважування критеріїв із подальшим побудуванням індексних моделей, які дозволяють подати просторову інформацію у вигляді інтегральної кількісної оцінки.

Огляд методів оцінювання та їх застосування у ГІС

Методичні підходи до оцінювання вразливості територій до повеней можна умовно поділити на кілька груп, серед яких найбільш поширеними є індексні, бальні, картографо-аналітичні та багатокритеріальні методи. Вибір конкретного підходу залежить від масштабу дослідження, доступності вихідних даних, а також від поставлених практичних задач – від загальнотериторіальної оцінки до детального локального аналізу.

Одним із найпростіших і водночас ефективних підходів є індексні методи, які передбачають об'єднання нормалізованих показників у вигляді інтегрального індексу. У межах такого підходу кожен фактор, що впливає на формування вразливості (наприклад, висота над рівнем моря, крутизна схилів або показники зволоження), приводиться до єдиної шкали, після чого виконується їхнє додавання або зважене підсумовування. Перевагою індексних методів є їхня прозорість і можливість застосування у випадках, коли відсутні детальні гідрологічні спостереження. Однак вони можуть знижувати точність оцінки, оскільки припускають лінійну залежність між факторами та рівнем ризику.

Бальні методи використовуються у тих випадках, коли кількісні характеристики факторів важко визначити або вони представлені якісними описами. У таких підходах територія поділяється на класи, що відповідають певним ступеням придатності або небезпеки, а кожному класу присвоюється умовний бальний показник. Далі проводиться підсумовування отриманих значень і виділення рівнів вразливості. Бальні методи часто застосовуються на початкових етапах територіального планування або в умовах обмеженої інформації. Їхньою слабкою стороною є суб'єктивність, оскільки присвоєння балів значною мірою залежить від експертних оцінок.

Більш універсальним підходом, який широко використовується у сучасній ГІС-практиці, є багатокритеріальна оцінка (Multi-Criteria Evaluation, MCE). Цей метод дозволяє інтегрувати просторові шари з різними типами даних – як кількісними, так і якісними – шляхом їх нормалізації та зважування. Найбільш

відомим різновидом МСЕ є вже згаданий метод аналізу ієрархій (АНР), що передбачає побудову матриці парних порівнянь між критеріями. Кожний фактор оцінюється щодо інших за ступенем важливості, що дозволяє визначити їх відносні ваги на основі математичної перевірки узгодженості. Перевагою АНР є зменшення суб'єктивності та можливість формалізувати експертні оцінки, що робить метод особливо корисним для регіональних оцінок вразливості, де значна кількість даних може бути неповною або різномірною.

Застосування багатокритеріальних методів у середовищі ГІС здійснюється шляхом перетворення просторових шарів у нормалізовані растромоделі з подальшим об'єднанням їх у Raster Calculator. Це дозволяє отримати інтегральну карту вразливості територій, яка має кількісний характер і може бути розділена на категорії ризику – від низького до високого. Важливо, що результат МСЕ може бути перевірений шляхом порівняння з історичними випадками підтоплень або гідрологічними спостереженнями, що підвищує достовірність просторової моделі.

Ще одним напрямом методичних підходів є використання гідродинамічного моделювання, яке передбачає розрахунок глибин, швидкостей та напрямків руху води під час паводкових подій. Такі моделі реалізуються у спеціалізованих програмних комплексах, зокрема HEC-RAS, MIKE FLOOD та LISFLOOD-FP, і потребують значної кількості вхідних даних – поперечних профілів русла, витрат води, параметрів руслової шорсткості та гідротехнічних споруд. Попри високу точність, гідродинамічні моделі зазвичай застосовуються на локальних ділянках, тоді як у регіональних дослідженнях перевага надається ГІС-орієнтованим методам МСЕ та індексним підходам, які є менш трудомісткими та допускають використання відкритих наборів просторових даних.

Нормалізація, зважування, валідація та обмеження методів

Ключовим етапом просторового оцінювання вразливості є нормалізація факторів, що передбачає приведення даних, які мають різні одиниці

вимірювання, до єдиної порівняльної шкали. Нормалізація може виконуватися різними способами, серед яких найпоширенішими є лінійне масштабування, ранжування або рекласифікація значень. Наприклад, для цифрових моделей рельєфу часто застосовується поділ висот на інтервали, що відповідають певним рівням схильності до затоплення – від низинних ділянок до підвищених поверхонь. Для показників стоку, отриманих за допомогою Flow Accumulation, значення можуть бути перетворені на категорії потенційної інтенсивності водозбору, що дозволяє врахувати не абсолютні величини, а їх функціональне значення у контексті формування поверхневого стоку.

Після нормалізації здійснюється зважування критеріїв, тобто визначення ступеня впливу кожного фактора на формування вразливості територій. У межах індексних методів ваги можуть бути встановлені на основі літературних джерел або експертних суджень. Однак найбільш обґрунтованим підходом вважається застосування АНР, який дозволяє виконати формалізоване порівняння критеріїв і отримати вагові коефіцієнти з математичною перевіркою узгодженості. Якщо коефіцієнт узгодженості перевищує допустиме значення, матриця парних порівнянь підлягає коригуванню, що підвищує достовірність побудованої моделі. У регіональних дослідженнях, де дані можуть бути неоднорідними або обмеженими, метод АНР забезпечує збалансоване поєднання об'єктивних характеристик території та експертних знань.

Отримані нормалізовані та зважені просторові шари інтегруються в єдину модель за допомогою операцій накладання растрів, що реалізується у середовищі ГІС через інструменти типу Raster Calculator. Результатом такого об'єднання є інтегральна карта вразливості, на якій відображено просторову диференціацію ризику. Залежно від цілей дослідження карта може бути поділена на різну кількість класів – від трьох (низька, середня, висока вразливість) до п'яти або семи рівнів, що забезпечує більш детальну інтерпретацію. Класифікація може виконуватися за методом природних інтервалів (Jenks), рівних інтервалів або квантилів, кожен з яких має свої переваги залежно від розподілу вихідних

значень.

Важливою складовою методології оцінювання є верифікація та валідація отриманих результатів. У контексті повенебезпечних територій найпоширенішим підходом є порівняння інтегральної моделі з даними про історичні підтоплення або спостереженнями за водним режимом. Якщо виділені зони високої вразливості просторово збігаються з фактичними випадками затоплення, це підтверджує коректність обраних критеріїв та їх ваг. У разі невідповідностей модель може бути уточнена шляхом перегляду ваг, додавання додаткових факторів або застосування альтернативних методів класифікації. Таким чином, процес просторового оцінювання є ітеративним і передбачає можливість вдосконалення на основі емпіричних спостережень.

Разом із перевагами методичні підходи до оцінювання вразливості мають певні обмеження, які необхідно враховувати під час інтерпретації результатів. Зокрема, індексні та бальні моделі не враховують динамічного характеру повеней та просторової взаємодії факторів у часі. Результати значною мірою залежать від точності вихідних даних, а також від масштабу дослідження, оскільки зміна просторової роздільності може впливати на значення морфометричних параметрів рельєфу та густоту річкової мережі. У регіонах із недостатньою гідрологічною інформацією застосування моделей може супроводжуватися підвищеною невизначеністю, яку необхідно компенсувати аналізом чутливості або використанням кількох незалежних підходів.

Попри зазначені обмеження, багатокритеріальні методи залишаються одним із найбільш практичних інструментів для регіональних досліджень вразливості територій, оскільки дозволяють поєднувати відкриті дані ЦМР, супутникові індекси та тематичні карти землекористування. Їх застосування у середовищі ArcMap або ArcGIS Pro забезпечує можливість автоматизованого обчислення, відтворюваність результатів та інтеграцію з іншими аналітичними процедурами, що є особливо важливим для побудови якісних карт ризику затоплення на рівні областей і річкових басейнів.

У вітчизняній практиці методичні підходи до оцінювання вразливості територій поступово інтегруються у систему державного та регіонального планування водних ресурсів. Рекомендації щодо картографування зон потенційного затоплення узгоджуються з положеннями Водної рамкової директиви ЄС (2000/60/ЕС) [45] та Директиви 2007/60/ЕС про оцінювання та управління ризиками повеней, імплементація яких розпочата в Україні через національні програми адаптації водного законодавства. У межах цих документів передбачено створення карт загрози та ризику для окремих річкових басейнів, що відповідає сучасним підходам, оснований на інтеграції гідрологічного моделювання, аналізу землекористування та соціально-економічних наслідків.

На рівні регіональних досліджень пріоритет надається саме ГІС-орієнтованим багатокритеріальним методам, оскільки вони дозволяють використовувати відкриті просторові дані – цифрові моделі рельєфу, супутникові індекси зволоження, тематичні карти землекористування та шари гідрографії. Такі підходи уже застосовуються під час оцінки підтоплення Придніпровської низовини, аналізу паводкових процесів у басейнах Тиси та Пруту, а також для визначення територій пріоритетного протипаводкового захисту. Результати доводять ефективність МСЕ та АНР для побудови інтегральних карт вразливості, що можуть бути використані як у наукових дослідженнях, так і при розробленні планів управління річковими басейнами або схем землеустрою територіальних громад.

Таким чином, методичні підходи до оцінки вразливості територій до повеней базуються на поєднанні принципів системного аналізу, нормалізації та зважування просторових показників, інтеграції різноманітних джерел даних і валідації результатів на основі фактичних спостережень. Застосування багатокритеріальних моделей у середовищі ArcMap чи ArcGIS Pro забезпечує відтворюваність розрахунків і дає змогу отримувати кількісно обґрунтовані картографічні матеріали, що відображають просторову диференціацію ризику затоплення.

РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДО ПОВЕНЕЙ

2.1. Фізико-географічна характеристика Полтавської області та її вплив на ризик повеней

Полтавська область, розташована в центральній частині лівобережної України, характеризується значним різноманіттям природних умов, що безпосередньо впливають на формування ризику повеней. Для розуміння вразливості територій до цього природного процесу в межах регіону необхідно насамперед зрозуміти її фізико-географічні особливості, до яких належать рельєф, клімат, гідрографічна мережа, ґрунтово-рослинний покрив, а також геологічна та гідрогеологічна будова.

Полтавщина є частиною лісостепової фізико-географічної зони та лежить у межах Придніпровської низовини, яка поступово переходить у Полтавську рівнину. Такий рельєф сприяє не тільки акумуляції поверхневого стоку, а й затримці води на окремих пониженнях, що може провокувати локальні затоплення. До того ж, на окремих ділянках рельєф має яружно-балкову мережу, яка за умов інтенсивних опадів та недостатньої рослинності може сприяти швидкому сходженню паводкових хвиль, а значний паводок може спричинити повінь.

Гідрографічна мережа області представлена значною кількістю водотоків, серед яких найважливішими є річки Дніпро, Псел, Ворскла, Сула та їхні притоки. Річки мають здебільшого рівнинний характер, що обумовлює повільну течію та можливість значного розливу вод у весняний та літній періоди. Повені тут здебільшого мають водозбірний характер і є наслідком сніготанення або інтенсивних опадів.

Клімат регіону – помірно-континентальний із середньорічною кількістю опадів у межах 500–600 мм. Однак розподіл опадів за сезонами є нерівномірним,

що також впливає на формування гідрологічного режиму. Навесні, коли спостерігається активне танення снігу, рівень води в річках суттєво підвищується, а в окремі роки можливі стихійні лиха у вигляді повеней. У літній період ризик зростає внаслідок зливових дощів, особливо в урбанізованих територіях.

Ґрунтово-геологічні умови також мають важливе значення для оцінки вразливості території до повеней. Значна частина області вкрита чорноземами, які мають високу водопроникність, однак при значному зволоженні вони можуть насичуватися вологою до межі водонасичення, що призводить до поверхневого стоку. Натомість у районах із глинистими породами можливе застоювання вод і утворення водонасичених ділянок [46].

Тобто фізико-географічні умови Полтавської області створюють передумови для формування різних типів повеней і мають бути враховані при проведенні просторового аналізу вразливості.

Геоморфологічні особливості та рельєф Полтавської області

Тож Полтавська область займає територію площею понад 28 тис. км² і розташована в межах Середньо-Дніпровської фізико-географічної провінції. Рельєф регіону є здебільшого рівнинним, із незначними коливаннями абсолютних висот – від 80 м у заплавах до 200 м на вододілах. Найнижча точка розташована в долині Дніпра (Кременчуцький район), найвища – в північній частині області, в околицях Гадяча.

Формування сучасного рельєфу області відбувалося під впливом як тектонічних рухів, так і екзогенних процесів, зокрема діяльності водної ерозії, лесових відкладів, а також людської діяльності (зміна русел, розорювання ярів, вирівнювання схилів). На сьогодні рельєф має добре виражену яружно-балкову мережу, особливо в центральній і східній частинах області (Полтавський, Миргородський райони). За даними топографічного аналізу, на 100 км² площі припадає в середньому 15–20 км ярів і балок, що є одним із найвищих показників серед областей Лівобережної України.

У контексті ризику повеней та паводків особливо небезпечними є ерозійно-тектонічні пониження, у яких природний дренаж вод ускладнений або взагалі відсутній. Наприклад, у межах частини Лубенського району існують зниження, де навіть помірні опади можуть спричиняти накопичення поверхневих вод, особливо внаслідок недосконалої меліоративної системи.

Рівнинність території області загалом знижує ймовірність раптових паводків, характерних для гірських регіонів, однак у поєднанні з:

- ущільненими урбанізованими ділянками (Полтава, Кременчук, Лубни);
- перерізаним рельєфом у межах розчленованих водозборів;
- гідрологічними вузлами (злиття річок, старі озера, заплави);

Створюються реальні передумови для локальних затоплень і виходу річок із берегів.

Рельєф Полтавської області тісно пов'язаний і з типами геолого-геоморфологічних структур. На півночі переважають підвищення, сформовані кристалічними породами Українського щита, тоді як південні райони (особливо Кременчуцький район) характеризуються більш низинним рельєфом, що формує умови для підтоплень навіть при помірних коливаннях рівня Дніпра або його приток.

Особливої уваги заслуговує також вплив антропогенних факторів на трансформацію рельєфу – наприклад, видобуток нафти і газу в Гадяцькому районі супроводжується частковим порушенням дренажної мережі, а розорювання схилів сприяє ерозії та накопиченню поверхневого стоку [47].

Таким чином, геоморфологічна будова регіону відіграє вирішальну роль у формуванні вразливості до повеней. І хоча регіон не має різких перепадів висот, наявність дрібномасштабної сітки понижень і неефективна система природного дренажу обумовлюють підвищений ризик затоплення в ряді адміністративних районів області.

Гідрографічна мережа та водозбірні системи Полтавської області

Полтавська область належить до басейнів трьох великих річкових систем

– Дніпра, Псла та Сули. Загальна довжина річок на території області становить близько 5 тисяч кілометрів, з них понад 50 річок мають довжину понад 10 км. Гідрографічна мережа області вирізняється густотою, розгалуженістю та наявністю великої кількості заплавної і долинних форм.

Найважливішим водним об'єктом є річка Дніпро, яка формує західну межу області, протікаючи через Кременчуцький район. Її водний режим має рівнинний характер, з добре вираженими весняними повеннями, що можуть тривати до двох тижнів. Особливо вразливими до затоплення є прибережні території в межах Кременчука та нижньої частини р. Псел, де паводкові води можуть затримуватися внаслідок уповільнення стоку.

Серед приток Дніпра виділяються три головні річки області:

- Псел – одна з найбільших приток Дніпра, що протікає через Гадяцький, Миргородський, Полтавський і Кременчуцький райони. Довжина в межах області – понад 350 км. Річка має широку заплаву, схильна до весняних розливів. У нижній течії часто спостерігається затримка води через підпір із боку Дніпра.
- Ворскла – протікає через північну частину області (Полтавський і Миргородський райони). Її долина – асиметрична, з добре вираженою терасною будовою. Заплави шириною до 2 км зазнають сезонного підтоплення під час весняного водопілля, а в умовах дощового літа можливі зливові паводки.
- Сула – річка із більш спокійним гідрологічним режимом, проте з великими заболоченими ділянками в середній і нижній течії (Лубенський, Миргородський райони). Зона її заплави схильна до затоплень навіть за середніх показників опадів, особливо у весняний період.

Малі річки, такі як Оржиця, Удай, Тагамлик, Говтва, Ташань, грають важливу роль у формуванні локальних водозбірних систем. Хоча їхній водоносний потенціал є меншим, саме вони часто виступають джерелами локальних повеней через швидке наповнення після злив або інтенсивного

сніготанення. Довжина багатьох із цих річок не перевищує 50 км, але вони мають вузькі долини, у яких води не мають змоги швидко відійти, що призводить до тимчасового затоплення прибережних сіл і господарських угідь.

Заплави багатьох річок, особливо Псла й Ворскли, зберігають свою природну структуру лише частково. Вони утворюють багаторівневі системи – тераси, старичні озера, болота. У періоди високої водності ці структури акумулюють надлишкову воду, але за надмірного навантаження не здатні повністю компенсувати обсяг стоку. Найчастіше підтоплення спостерігаються у місцях із вузькими заплавами або у районах, де відсутнє природне розширення долини.

Сезонність гідрологічного режиму річок Полтавської області чітко простежується:

- Весняне водопілля (березень–квітень) – відбувається поступово, але інтенсивно, з піками рівня води, що можуть перевищувати багаторічну норму на 1,5–2 метри. У цей період фіксується до 70% щорічного об'єму стоку.
- Літні паводки (червень–липень) – короткочасні, але небезпечні через раптовий характер. Зазвичай пов'язані із зливовими дощами, які випадають протягом кількох годин.
- Осінньо-зимовий період – переважно маловодний, але можливі підняття рівня води у разі відлиг із дощами або внаслідок формування крижаних заторів.

Особливу увагу в аналізі гідрографії заслуговують замкнені пониження або безстічні ділянки, які можуть затоплюватися навіть за відсутності великих річок поблизу. Прикладом можуть бути зниження у південній частині Семенівської або Решетилівської громад [48].

Усі ці гідрографічні особливості формують різний рівень потенційної небезпеки затоплень по території області. Найвищу вразливість демонструють:

- заплавні території великих річок (особливо в пониззях);

- середні й малі річки з вузькими долинами та недостатньою глибиною русла;
- зони міжрічкових понижень без ефективного дренажування.

Отож гідрографічна структура Полтавської області відіграє ключову роль у просторовому розподілі зон ризику повеней. Переважання рівнинного режиму течії, широка заплавність, а також сезонна нерівномірність стоку зумовлюють значну залежність регіону від погодних умов і водного балансу в межах водозборів.

Кліматичні умови як чинник ризику повеней у Полтавській області

Клімат Полтавської області є важливим природним чинником, що визначає гідрологічний режим території, зокрема умови виникнення повеней і паводків. Область розташована в зоні помірно-континентального клімату, для якого характерними є чітко виражені пори року, значні сезонні коливання температур і розподілу опадів.

Середньорічна температура повітря становить від +7,5 до +8,5 °С, однак протягом року спостерігаються суттєві температурні коливання. У січні середня температура коливається від -5 до -7 °С, а в липні — від +19 до +21 °С. Температурний режим має безпосередній вплив на фазу сніготанення, швидкість випаровування води та можливість накопичення вологи у ґрунті. Аномальні температурні коливання в осінньо-зимовий період можуть призводити до передчасного танення снігу (зокрема, у лютому), що створює умови для формування паводків на тлі ще мерзлого ґрунту.

Кількість опадів на території Полтавщини змінюється залежно від місцевості. За багаторічними спостереженнями Полтавського, Лубенського та Кременчуцького метеостанцій, середньорічна сума атмосферних опадів становить від 520 до 600 мм, причому більшість із них припадає на теплий період року (квітень–жовтень). Особливістю клімату є те, що опади мають нерівномірний режим: у деякі роки кількість опадів може перевищувати норму на 30–40%, тоді як в інші – бути вдвічі меншою.

Критичними з точки зору формування повеней є весняний і літній періоди. Навесні (березень–квітень) активне сніготанення при підвищенні температури повітря понад $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ супроводжується різким зростанням водності річок. Особливо небезпечними є роки, коли спостерігається раптове сніготанення – інтенсивне підняття температури впродовж 2–3 днів, що призводить до надмірного надходження води у водотоки. Наприклад, навесні 2013 та 2018 років у басейні Ворскли рівень води піднімався на 1,8–2,2 м за 4 дні, спричинивши підтоплення окремих заплавної ділянок поблизу сіл Терешки, Нижні Млини, Соснівка.

У літній період (особливо в червні–липні) зростає ризик зливових паводків. За даними Укргідрометцентру, у середньому в області щороку фіксується 5–7 днів із опадами понад 30 мм/добу, що вважається критичним порогом для виникнення паводкової хвилі. У роки з аномальними погодними умовами ця кількість може сягати 10–12 діб. Так, у липні 2021 року в Полтавському районі за одну добу випало 84 мм опадів, що призвело до виходу з берегів малих річок Коломак і Полузір'я та підтоплення присадибних ділянок у кількох населених пунктах.

Осінь та зима зазвичай вважаються періодами зниження водності, однак за наявності тривалих дощів у листопаді–грудні можливе перезволоження ґрунтів і насичення річкових долин, що створює потенційно небезпечну ситуацію на початку весни. Крім того, утворення крижаних заторів (переважно на Ворсклі та Сулі) може блокувати нормальний стік води та призводити до підтоплень вище за течією.

Із урахуванням глобальних змін клімату в регіоні останніми роками спостерігаються тенденції до зростання екстремальних погодних подій, зокрема:

- збільшення кількості днів із зливами;
- зсув фаз сніготанення (перенесення на лютий або навіть січень);
- зменшення загального снігового покриву при зростанні його водоемності.

Ці фактори роблять кліматичні умови регіону менш передбачуваними та

підвищують імовірність комбінованих гідрометеорологічних загроз, зокрема змішаних сніго-дощових паводків і зatoryжних весняних повеней на тлі надлишкового зволоження ґрунту.

Виходячи з вищесказаного, клімат Полтавської області не є катастрофічно повененебезпечним, однак в умовах зміни гідрологічного балансу та погодної нестабільності він створює сприятливе середовище для періодичного розвитку повеней та паводків, особливо на водозборах із низькою швидкістю стоку та у зонах без природного дренажу [49].

Ґрунтово-геологічні умови та їх вплив на підтоплення

Ґрунтово-геологічні характеристики території також відіграють істотну роль у процесах поверхневого та підземного стоку, акумуляції вологи та формуванні підтоплень. У Полтавській області ці умови є різноманітними, що зумовлює нерівномірність розподілу ризиків затоплення.

Провідним ґрунтовим типом на території регіону є чорноземи – типові, опідзолені, глибокі, із високою вмістом гумусу (5–7%) і хорошою водопроникністю. У природних умовах вони добре поглинають і утримують вологу, однак у періоди перезволоження можуть насичуватись до межі вологоємності, що ускладнює інфільтрацію опадів у глибші горизонти. Це особливо небезпечно в поєднанні з мерзлим ґрунтом під час весняного сніготанення: верхній шар розмерзається раніше, ніж глибші шари, і перетворюється на водотривкий пласт, що провокує поверхневий стік.

На півночі області (Гадяцький, Зіньківський, частково Миргородський райони) поширені сірі та темно-сірі лісові ґрунти. Вони мають нижчу фільтраційну здатність порівняно з чорноземами, гірше утримують вологу, але водночас менше схильні до водонасичення. У разі надлишкових опадів у цих регіонах вода може інтенсивніше стікати по схилах, що підвищує ризик ерозії й утворення тимчасових водотоків.

У південній та південно-східній частинах області (Кременчуцький, Глобинський, Семенівський райони) поширені супіщані та глинисті ґрунти, що

формується на алювіальних і льодовикових відкладах. Саме ці території є одними з найбільш вразливих до затоплення, оскільки:

- глинисті горизонти мають низьку водопроникність;
- у пониженнях рельєфу відсутній природний дренаж;
- поширені заболочені землі, які утримують воду у верхньому шарі до кількох тижнів.

Підземні геологічні умови також відіграють значну роль. У більшості районів Полтавщини верхній геологічний шар представлений лесовими суглинками – пухкими, але водочутливими породами, схильними до ущільнення під впливом зволоження. У періоди злив і тривалого сніготанення ці породи можуть частково втрачати свою проникність, що призводить до накопичення вологи у приповерхневому шарі й утворення так званого верховодного підтоплення [50].

Найнебезпечнішими в геологічному плані є ділянки, де поєднуються глинисті ґрунти, ущільнені горизонти, низинний рельєф і високий рівень ґрунтових вод (менше 2 м). За даними Держгеокадастру, саме в таких умовах спостерігається найбільша кількість скарг на підтоплення присадибних ділянок, особливо після рясних опадів.

Крім того, слід відзначити вплив багаторічного зволоження на структурну деградацію ґрунтів, зокрема:

- зменшення аерації та погіршення структури чорноземів;
- вторинне засолення або заболочення земель у низинах;
- розвиток ерозійних процесів на схилах зі зниженим поглинанням вологи.

У зонах поширення підземних вод високого рівня (Глобинщина, Оржиччина, північ Кременчуцького району) затоплення може мати не тільки поверхневий, а й ґрунтовий характер, коли вода піднімається до рівня кореневмісного шару або навіть вище, що створює загрозу для сільського господарства.

Таким чином, ґрунтово-геологічна будова Полтавської області створює

складну мозаїку ризику підтоплень. Основними умовами підвищеної небезпеки є:

- наявність глинистих і водотривких порід;
- локальні пониження з порушеним дренажем;
- поєднання ущільнених ґрунтів і високо залягаючих підземних вод.

Тому розуміння структури ґрунтів та геологічної будови теж є важливим етапом у прогнозуванні та запобіганні повеням, особливо при визначенні зон ризику в межах конкретних громад і населених пунктів.

Ландшафтна структура Полтавської області та її стійкість до надмірного зволоження

Природні ландшафти є комплексними системами, що інтегрують у собі рельєф, клімат, ґрунти, рослинність і водні об'єкти. Розуміння ландшафтної структури області є необхідним для розуміння просторової диференціації ризиків затоплення – адже саме ландшафти визначають тип і динаміку природних процесів, зокрема акумуляцію або відведення вологи.

Не дивлячись на те, що в межах України Полтавська область розташована переважно в лісостеповій зоні, однак внутрішньо вона охоплює кілька природно-ландшафтних підзон і фізико-географічних районів, які суттєво відрізняються за своєю водорегулюючою здатністю.

Основні ландшафтні райони області:

- Середньопридніпровська височинна область (північ і центр області) – представлена хвилястими рівнинами з розвиненою яружно-балковою сіткою, переважно чорноземними ґрунтами й мозаїчними лісовими масивами. Ці ландшафти мають середню водопоглинальну здатність, але в пониженнях і днищах балок накопичується поверхнева вода, що може спричинити локальні підтоплення, особливо навесні.
- Полтавська лесова рівнина (центральна частина області) – типова хвиляста лесова платформа із добре розвиненою мережею річкових долин. У цих умовах вода може затримуватись у міждолинних зниженнях. При

відсутності лісового покриву або при зруйнованому дерновому шарі ландшафт погано протистоїть ерозії, що може призводити до водоакумуляції.

- Придніпровська низовина (південний захід області, Кременчуцький район) – низинні, терасові ландшафти, переважно алювіального походження. Саме тут формуються найвразливіші до підтоплення природні комплекси – із плоским рельєфом, глинистими ґрунтами, високим рівнем ґрунтових вод. У разі виходу Дніпра з берегів або за умови зливових опадів вода надовго затримується в таких ділянках.
- Сулинсько-Пселська низовина (схід і південний схід області) – слаборозчленовані рівнини із мозаїчними болотисто-луговими комплексами в долинах малих річок. Низький коефіцієнт дренажу й часта заболоченість зумовлюють тривале утримання води в заплавах. Затоплення тут мають характер повільних повеней або тривалих підтоплень.

З точки зору гідрологічної безпеки, ландшафти області можна умовно класифікувати за рівнем стійкості до надмірного зволоження.

Таблиця 1

Стійкість ландшафтів до зволоження

Рівень стійкості	Типи ландшафтів	Характеристика
Високий	Лісові ландшафти на схилах, лесові рівнини з добрим дренажем	Активне поглинання вологи, низька ймовірність застою води
Середній	Яружно-балкові системи з фрагментованою рослинністю	Підвищений ризик затоплення в пониженнях і при ерозійних процесах
Низький	Заплавно-болотисті комплекси, алювіальні низини	Тривале застоювання вод, високий рівень ґрунтових вод

Особливо важливо зазначити, що зміна ландшафтного покриву – наприклад, знищення луків, вирубка лісосмуг або деградація прибережної

рослинності – різко знижує природну стійкість територій до повеней. Такі зміни ландшафтної структури особливо помітні в центральній частині області, де заплави малих річок перетворюються на орні землі або пустки.

Ландшафтне зонування Полтавщини чітко вказує на нерівномірність ризиків підтоплення. Найнебезпечнішими є поєднання таких умов, як низинне розташування, глинисті ґрунти, близьке залягання ґрунтових вод і ослаблений природний покрив. Ці ділянки потребують особливої уваги при моделюванні зон вразливості та плануванні заходів щодо мінімізації впливу повеней [51].

Отже, аналіз фізико-географічних умов Полтавської області свідчить про те, що природне середовище регіону створює неоднорідну мозаїку ризиків підтоплення та повеней, які можуть проявлятися як у вигляді регулярного весняного водопілля, так і у вигляді локальних зливових паводків.

Серед ключових чинників ризику виділяються:

- Рельєф області є переважно рівнинним, з наявністю розгалуженої яружно-балкової мережі та локальних понижень. Саме ці пониження найчастіше акумулюють поверхневі води, сприяючи виникненню застійних підтоплень.
- Гідрографічна мережа формується великими річками (Дніпро, Псел, Ворскла, Сула) та великою кількістю малих водотоків, у тому числі з вузькими заплавами, які особливо чутливі до змін водності. Потенційно небезпечними є як весняні повені, так і літні злизові паводки.
- Кліматичні умови регіону вирізняються значними сезонними коливаннями температур і нерівномірним розподілом опадів. Підвищення частоти аномальних погодних явищ (раптове сніготанення, інтенсивні зливи) зумовлює зростання гідрометеорологічного ризику.
- Ґрунтово-геологічна структура представлена різними типами ґрунтів, у тому числі глинистими, які мають низьку водопроникність і можуть сприяти накопиченню вологи у верхніх горизонтах. У регіонах із високим рівнем ґрунтових вод підтоплення має як поверхневий, так і ґрунтовий

характер.

- Ландшафтна структура області демонструє суттєву різницю в стійкості до надмірного зволоження: найбільше до затоплень схильні заплавно-болотисті комплекси Придніпровської низовини та пониження долин малих річок у східних районах.

Отож, природні умови Полтавської області створюють сукупність передумов для формування повеней і підтоплень. Однак ступінь ризику суттєво підвищується в разі поєднання цих природних чинників із антропогенним втручанням – нераціональним землекористуванням, знищенням природного покриву, забудовою заплавл тощо.

2.2. Антропогенні фактори ризику затоплення у Полтавській області

Проблема затоплень у Полтавській області не зводиться виключно до впливу природних чинників. Як засвідчує багаторічний досвід спостережень та аналіз гідрологічних подій, значну частину повеней, паводків і підтоплень зумовлює саме антропогенна трансформація ландшафту, гідрографії та землекористування. У багатьох випадках підвищення вразливості територій відбувається не стільки через екстремальні природні події, скільки через нераціональні рішення в сфері забудови, меліорації чи сільськогосподарської експлуатації земель.

Протягом останніх десятиліть на території Полтавщини спостерігається зростання щільності забудови, активне розорювання заплавлних земель, зменшення площ лісів та луків, а також зміна русел малих річок і балок. Це призводить до порушення природного водного балансу, зменшення водоутримувальної здатності екосистем і, як наслідок, до збільшення кількості підтоплених територій.

Особливої уваги потребують урбанізовані зони, де природні процеси водообміну повністю трансформовані. Наявність великих площ із

водонепроникним покриттям, недостатній розвиток зливової інфраструктури, забудова заплав та балок суттєво ускладнюють відведення дощових і талих вод. Як наслідок, навіть середні за інтенсивністю опади можуть призводити до тимчасових паводкових явищ, зокрема у Полтаві, Лубнах, Опішні та Кременчуці.

Загалом, антропогенні фактори виступають як каталізатори або підсилювачі природної вразливості, підвищуючи інтенсивність, тривалість і просторове охоплення затоплень.

Вплив сільськогосподарської діяльності на водний режим територій

Сільське господарство є одним із провідних напрямів господарської спеціалізації Полтавської області, що охоплює понад 70% площі регіону. Високий рівень розораності, інтенсивне використання земель та осушувальні заходи істотно вплинули на стан природного водного балансу. Унаслідок цього саме сільськогосподарська діяльність є одним із ключових антропогенних чинників, які змінюють структуру поверхневого стоку, зменшують природну водоутримуючу здатність територій і в ряді випадків сприяють формуванню або загостренню гідрологічних ризиків, зокрема локальних повеней та тривалих підтоплень.

1. Розорювання заплав і балкових систем

Однією з найпоширеніших проблем є включення у сільськогосподарський обіг природних заплав річок – особливо малих і середніх водотоків (наприклад, Оржиця, Говтва, Тагамлик, Полузір'я). За даними агрокадастрових обстежень, значна частина таких земель розорана ще з 1950–70-х років і досі використовується як орні площі. У період весняного водопілля або рясних дощів заплава, позбавлена природного трав'яного покриву, не виконує функцій тимчасового акумулятора води, а навпаки – прискорює поверхневий стік, що призводить до формування паводкових хвиль.

Особливо небезпечними є випадки обробітку ґрунтів на схилах балок із порушеною дерниною. Такі ділянки перетворюються на тимчасові русла, через які вода після злив спрямовується в низини, підтоплюючи присадибні ділянки та

сільську забудову. Подібна ситуація характерна для Миргородського й Лубенського районів, де яружно-балкова система тісно поєднана з сільськогосподарським землекористуванням.

2. Порушення структури ґрунтів та ущільнення орного шару

Інтенсивна експлуатація ґрунтів без урахування їхньої водно-фізичної будови призводить до ущільнення орного шару та зниження інфільтраційної здатності. Це особливо виражено на чорноземах центральної частини області, які за нормальних умов мають високу водопроникність. Ущільнення ґрунту перешкоджає просочуванню води в глибші горизонти, що веде до формування швидкого поверхневого стоку навіть за помірних опадів.

На підтоплених землях (наприклад, у заплавах Ворскли та Сули) це спричиняє так зване «верхове насичення»: вода не здатна проникнути в глибину, натомість накопичується у верхніх 20–30 см ґрунтового профілю, формуючи застій і водонасичення.

3. Меліоративні системи та їх деградація

На території Полтавщини впродовж ХХ століття було створено розгалужену мережу осушувально-меліоративних систем, особливо в пониженнях заплави Сули, Орелі, Тагамлика. Частина з них досі використовується, однак більшість – або занедбані, або частково зруйновані. Засмічені, замулені, зарослі канали більше не відводять надлишкову воду, а в окремих випадках навіть акумулюють її, створюючи умови для підтоплення навколишніх угідь.

Ситуація ускладнюється тим, що в умовах сучасного клімату збільшилася частота короткочасних, але інтенсивних злив. Така структура опадів не відповідає проєктним характеристикам радянських меліоративних систем, які розраховувались на поступове надходження води. Як наслідок – гідроспоруди не справляються з новими кліматичними викликами, спричиняючи затоплення полів або підтоплення сільських вулиць [52].

4. Накопичення агроводи на полях

У плоских районах із глинистими ґрунтами (наприклад, частини

Глобинського та Семенівського районів) після дощів спостерігається накопичення талої або дощової води на полях, яка не має змоги ані інфільтруватися, ані стікати по поверхні. Вода затримується на тижні, а іноді – й більше. Подібні явища негативно позначаються як на родючості, так і на стабільності мікроекосистем, а також формують потенційне джерело поверхневого стоку у разі повторного дощу або танення снігу.

Отож сільське господарство у сучасних умовах несе подвійний вплив на ризик затоплень: з одного боку, воно перетворює природні акумулятори вологи (луки, заплави, балки) на орні землі, а з іншого – створює структурні передумови для посилення поверхневого стоку та порушення дренажу. Без урахування водного балансу в практиці землекористування такі процеси й надалі залишатимуться одним із ключових чинників формування підтоплень на території Полтавської області [53].

Урбанізація та зміни в поверхневому стоку

Інтенсивна урбанізація – один із найвпливовіших чинників, що змінює природний режим поверхневого стоку та суттєво підвищує ризики затоплення в містах і прилеглих до них територіях. У процесі розвитку міського середовища природні водопоглинальні покриви (луки, ґрунти, ліси) замінюються на штучні, водонепроникні поверхні – асфальт, бетон, черепицю. Унаслідок цього значно зменшується інфільтрація води в ґрунт і зростає обсяг і швидкість поверхневого стоку, який, не маючи природного шляху відведення, затоплює понижені ділянки міського ландшафту.

1. Просторові особливості урбанізованих територій Полтавщини

Станом на 2025 рік в області налічується 15 міст, із яких найбільші – Полтава, Кременчук, Лубни, Миргород. Ці міста мають розгалужену вуличну мережу, промислові зони, приватну забудову – і водночас розташовані в межах річкових долин або поблизу заправ. Зокрема:

- Полтава – розташована на правому березі Ворскли, у зоні розчленованого рельєфу, з великою кількістю балок і ярів (Балка Воронинська, Балка

Гришкінська). Під час сильних злив відбувається швидкий поверхневий стік із вулиць, який не встигає поглинатися ґрунтом або відводитися дренажем.

- Кременчук – частково розташований у терасовій низовині Дніпра; тут особливо небезпечні підтоплення в мікрорайонах, наближених до старих річищ (наприклад, Раківка, Велика Кохнівка).
- Лубни – має забудову в долині Сули з низькими ділянками на лівому березі, де систематично фіксуються скарги на підтоплення приватного сектору.

У межах таких населених пунктів нерідко відсутнє врахування рельєфу й гідрогеології під час планування забудови, що призводить до накопичення поверхневих вод у пониженнях, особливо у разі короткочасних, але інтенсивних опадів.

2. Водонепроникні покриття та порушення природного водообміну

Урбанізовані зони вкриті поверхнями, які мають низьку або нульову здатність до поглинання вологи:

- дороги та тротуари;
- дахове покриття будівель;
- майданчики, стоянки, промислові об'єкти.

Дослідження показують, що в середньому до 80% опадів у межах міста стікає поверхнею, тоді як на природній території ця цифра становить лише 10–20%. Зливові води формують тимчасові водні потоки, які прямують по вулицях, у балках, підвалах, каналізаційних колекторах. У разі перевищення проєктної пропускної здатності зливної інфраструктури вода виходить на поверхню, затоплюючи двори, дороги, низини.

Особливо актуальною ця проблема стала у 2021–2023 роках, коли на Полтавщині неодноразово фіксувалися зливи інтенсивністю понад 40–60 мм за добу. Так, у червні 2023 року під час дощу в Полтаві було затоплено вул. Європейську, частину Подільського району та окремі квартали на околицях –

через перевантаження дощової каналізації.

3. Недостатність або відсутність зливової інфраструктури

Більшість міст області, особливо малі, мають застарілу або неповну систему дощової каналізації. Часто вона не охоплює нові житлові масиви, не підключена до систем водовідведення або заблокована через засмічення. В умовах зміни клімату, коли зростає інтенсивність короткочасних опадів, такі системи втрачають ефективність і не спроможні забезпечити своєчасне відведення води.

У приватному секторі, особливо у малих містах і селищах, злизова інфраструктура взагалі відсутня. У таких умовах підтоплення спричиняється навіть локальними зливами, а вода накопичується у дворах, підвалах, господарських приміщеннях.

4. Урбанізація балок і малих річок

Ще одним фактором ризику є забудова природних дренажних систем – балок, ярів і староріч. Такі приклади зафіксовано в Полтаві (балка Гришкінська, Воронінська), Кременчуці, Лубнах, де колишні водовідвідні елементи були забудовані або засипані. Це блокує природний шлях стоку, що провокує локальні повені. У ряді випадків малим річкам надано статус технічних колекторів або взагалі втрачено їх як гідрографічні об'єкти, що є порушенням принципів екологічного планування.

Таким чином, урбанізація Полтавської області, особливо в межах великих і середніх міст, створює складну систему підвищеної гідрологічної вразливості, де основними ризиками є:

- надмірне навантаження на водовідвідні системи;
- знищення або забудова природних каналів дренажу;
- концентрація поверхневого стоку на обмежених ділянках рельєфу.

Ці проблеми потребують комплексного вирішення, з урахуванням особливостей гідрологічного режиму, рельєфу, структури забудови та

впровадження природоорієнтованих підходів до управління поверхневими водами в межах населених пунктів.

Інженерне втручання у водні об'єкти: наслідки для затоплень

Інженерна трансформація водних об'єктів Полтавської області – одне з ключових джерел порушення природного гідрологічного режиму території. Протягом ХХ століття в межах регіону активно проводилося регулювання русел, будівництво ставків, дамб, водосховищ, створення меліоративних каналів і обводнення заплавлених ділянок. Первинно ці заходи мали на меті боротьбу з надмірною зволоженістю, захист сільгоспугідь, водозабезпечення та енергетику. Проте в нових кліматичних і урбанізаційних умовах багато з них або втратили ефективність, або стали чинниками накопичення та затримки паводкових вод.

1. Зарегулювання водотоків: переваги і загрози

У межах області налічується понад 3 тисячі водних об'єктів штучного походження, серед яких домінують ставки та невеликі водосховища. Вони створені шляхом перекриття русел малих річок, здебільшого у 1950–1980-х роках. Хоча ці водойми мають певний акумуляційний потенціал, у багатьох випадках вони:

- погіршують природну течію;
- сприяють уповільненню водовідтоку під час паводків;
- створюють зони застійного зволоження вище за течією.

Наприклад, у басейні річки Говтва у Зіньківській та Полтавській громадах значна частина водного шляху перекрита ставками. У періоди злив водоскиди не встигають пропускати воду, що призводить до підняття рівня в прилеглих селах. Подібна ситуація спостерігається і в селах Тахтаулове, Ковалівка, Кротенки – на верхів'ях малих річок, де водосховища мають обмежену пропускну здатність.

2. Великі водосховища та ефект зворотного затоплення

Окремо варто розглянути вплив Кременчуцького водосховища – найбільшого у регіоні та одного з ключових елементів Дніпровського каскаду. Його створення у 1959 році змінило режим підтоплення у південних районах

області (тоді Кременчуцький, Глобинський, частково Семенівський райони). Через припіднятий рівень дзеркала води у водосховищі виникає так званий ефект зворотного затоплення, коли притоки (Псел, Сула, Тагамлик) не мають можливості ефективно скидати воду, особливо під час весняного водопілля.

У результаті:

- заплави цих річок затоплюються навіть за середньої водності;
- відбувається тривале перезволоження ґрунтів;
- зростає тиск на захисні дамби та гідроспоруди.

Зазначене явище особливо помітне у с. Недогарки, с. Кам'яні Потоки, селищі Градизьк, де щороку фіксуються сезонні підтоплення навіть без надзвичайних опадів.

3. Зміна русел та технічна каналізація річок

У низці населених пунктів малі річки та балки були частково або повністю змінені, або штучно випрямлені, або перетворені на технічні канали. Це спостерігається, зокрема, у м. Полтава (верхів'я Ворскли), де частина малих водотоків перекладена у колектори або канами, що ускладнює природне водовідведення. Зміна русла порушує:

- швидкість течії;
- саморегуляційні механізми паводкових хвиль;
- можливість вільного розливу в заплаву.

У технічно випрямлених руслах зростає швидкість водного потоку, але зменшується водоемність, що призводить до виходу води на поверхню при перевищенні критичного рівня.

4. Стан гідротехнічних споруд і дамб

Чимало існуючих споруд – у незадовільному або аварійному стані. За даними ДСНС, в області налічується понад 60 дамб, які потребують капітального ремонту або зміцнення. В умовах злив і водопілля це створює ризик проривів, підмивів або надлишкового підняття рівня води вище за течією.

Окрему загрозу становлять дамби, зведені місцевими громадами або

фермерськими господарствами без проєктної документації – для створення ставків або водозборів. Такі споруди часто не мають аварійних скидних каналів, що унеможливує контрольований спуск води при переповненні [54].

Отже, інженерне втручання у водні об'єкти, попри короткостроковий ефект у вигляді зменшення заболочення або забезпечення водою, у середньо- та довгостроковій перспективі часто формує передумови для затоплень. Нерегульовані ставки, слабкі дамби, зміна русел без гідрологічного обґрунтування – все це веде до розбалансування природного водного режиму, що проявляється у збільшенні площ підтоплених територій у багатьох громадах Полтавщини.

Порушення містобудівних норм і недоліки просторового планування

Один із важливих і водночас системно недооцінених чинників ризику затоплення – просторове планування територій та дотримання містобудівних норм. Неврахування гідрологічних, ґрунтових і рельєфних особливостей при проєктуванні забудови або розміщенні інфраструктури є поширеним явищем, зокрема в Полтавській області. Наслідком стає забудова в межах підтоплюваних ділянок, надмірне навантаження на водоносну мережу, відсутність систем відведення дощових вод і подальше загострення проблем із паводками навіть за відносно стабільних погодних умов.

1. Будівництво в зонах потенційного підтоплення

Незважаючи на наявність даних про підтоплювані території (як історичних, так і потенційних), у багатьох громадах області відбувається інтенсивне освоєння заплавних та низинних ділянок. Це особливо помітно в містах із дефіцитом території для розширення житлової забудови, таких як Кременчук, Полтава, Лубни. Наприклад:

- у м. Полтава значна частина приватного сектору на правобережжі Ворскли побудована в зниженнях, де раніше проходили балки та водотоки;
- у м. Кременчук забудова житлових масивів поблизу старих річищ та озер (Раківка, Велика Кохнівка) спричинила постійні скарги мешканців на

підтоплення дворів після інтенсивних дощів;

- у селищі Нові Санжари відомі приклади забудови безпосередньо у межах заплави річки Ворскли, що призводить до щорічного сезонного зволоження ґрунтів.

Ці приклади свідчать про порушення норм ДБН (Державні будівельні норми), які чітко регламентують недопустимість розміщення капітальної забудови в зонах регулярного або навіть потенційного підтоплення без відповідних захисних заходів.

2. Ігнорування гідрогеологічних та гідрологічних умов

Процеси планування та забудови часто не супроводжуються детальним інженерно-гідрогеологічним обґрунтуванням. Внаслідок цього забудова ведеться:

- у районах із високим рівнем ґрунтових вод (менше 2 м до поверхні);
- у пониженнях рельєфу без підняття планувальної відмітки;
- без врахування напрямків поверхневого стоку з навколишніх схилів.

Такі помилки особливо небезпечні в умовах сучасного клімату, коли інтенсивні дощі або різке сніготанення провокують накопичення води у природних депресіях [55]. У багатьох випадках забудовник не враховує ці особливості, покладаючись на короткострокові спостереження або застарілі карти.

3. Відсутність інтеграції протипаводкових заходів у схеми планування територій

Важливою проблемою є те, що в багатьох громадах області генеральні плани, детальні плани територій або схеми планування районів не містять елементів протипаводкового захисту. Не передбачено:

- зонування за рівнем гідрологічної небезпеки;
- обов'язкового водовідведення в межах кварталів;
- розміщення нових водозбірно-дренажних систем.

У низці громад (особливо сільських) документи просторового планування

взагалі не оновлювались понад 10 років. Це унеможливило актуальну оцінку вразливості територій до сучасних природних викликів. При цьому за новими підходами, наприклад, згідно з Концепцією інтегрованого управління водними ресурсами, кожен населений пункт повинен мати просторову модель ризиків повеней для прийняття обґрунтованих рішень.

4. Відсутність превентивного обмеження забудови в заплавах і на схилах

Хоча чинне законодавство України (зокрема, Водний кодекс, ст. 79) передбачає обмеження на забудову прибережних захисних смуг (100 м для річок, 25–50 м для малих водотоків), на практиці ці норми або не дотримуються, або обмежуються декларативним зонуванням. Результат – забудова «всупереч логіці рельєфу», із підтопленням нижніх поверхів, підвалів, присадибних ділянок [56].

Отож порушення містобудівних вимог і слабка інтеграція водного чинника в просторове планування призводять до зростання вразливості навіть у тих районах, які раніше не вважались потенційно підтоплюваними. Повна або часткова відсутність превентивного аналізу підтоплень під час планування забудови – один із найнебезпечніших трендів, який потребує перегляду місцевої політики управління територіями з урахуванням гідрологічної ситуації.

Вирубка лісів і зменшення водоутримуючого покриву

Рослинний покрив, зокрема ліси, заплавні луки, чагарники та степові екосистеми, виконує важливу екорегуляторну функцію у ландшафтах. Він поглинає та утримує вологу, знижує швидкість поверхневого стоку, зменшує ерозійні процеси й акумулює частину дощових або талі вод, запобігаючи їхньому швидкому сходженню. Зменшення площі таких природних водоутримуючих систем – один із малопомітних, але потужних чинників підвищення вразливості до затоплень.

1. Лісистість території як фактор регіонального водного балансу

Полтавська область має низький рівень лісистості – близько 8,2% (приблизно 232 тис. га), що значно нижче за середній показник по Україні

(близько 15%). Основні лісові масиви зосереджені в північних і північно-східних громадах (Гадяцька, Зіньківська, частково Полтавська), тоді як центральні та південні громади мають ізольовані, фрагментарні лісові ділянки.

Ліси є потужним біофільтром і регулятором водного режиму. Один гектар листяного лісу може затримувати до 500–800 м³ води шляхом утримання на листовій поверхні, інфільтрації та випаровування. Зменшення площі лісів означає зниження об'єму вологи, який може бути поглинутий під час інтенсивних опадів.

У районах із низькою лісистістю паводки проходять швидше, вода швидше надходить до річок, імовірність затоплення зростає. Особливо це проявляється на малих річках, таких як Тагамлик, Кустолове, Грунь, де відсутність лісів у верхів'ях сприяє раптовому надходженню паводкових вод.

2. Вирубка прибережних смуг і захисних лісосмуг

Значну проблему також становить неконтрольована вирубка деревно-чагарникової рослинності у прибережних смугах річок та балок, особливо в межах сільськогосподарських ландшафтів. Попри вимоги Водного кодексу України, який забороняє будь-яку господарську діяльність у прибережних захисних смугах без погодження, у багатьох громадах такі ділянки:

- розорюються аж до самого русла річок;
- вирубуються для спрощення обробітку полів;
- використовуються під приватну забудову.

Це призводить до того, що береги втрачають фільтраційний бар'єр, вода з полів стікає безперешкодно, ерозія посилюється, а річкові долини замулюються. У результаті знижується пропускна здатність русел, і навіть помірне підвищення рівня води призводить до розливу [57].

3. Знищення заплавних і лучних екосистем

Природні луки та болота, які колись займали значну частину заплав Полтавщини (особливо в долинах Псла, Сули, Орелі), нині масово переорані або трансформовані в сіножаті, присадибні ділянки, кар'єри. Ці екосистеми

відігравали роль природних буферів – затримували паводкову воду, сповільнювали її рух, дозволяли їй поступово інфільтруватися в ґрунт.

Згідно з оцінками Інституту водних проблем і меліорації, втрата 1 га заплавного луку призводить до зменшення акумуляційної здатності території приблизно на 300–500 м³ під час водопілля. В умовах кліматичних змін та зростання інтенсивності дощів така втрата має кумулятивний ефект – десятки тисяч кубометрів води більше не затримуються природними засобами.

4. Вторинні наслідки деградації рослинного покриву

Вирубка лісів і деградація трав'яного покриву супроводжується й ерозійними процесами, які поглиблюють яри, знищують дерновий шар, збільшують швидкість сходу води. Вода, не затримуючись у рослинному шарі, спрямовується безпосередньо в пониження рельєфу або русла річок, формуючи тимчасові водні потоки. Це спостерігається в багатьох громадах Полтавщини – зокрема, в Лохвицькій, Оржицькій, Машівській.

Тож зменшення лісистості, вирубка прибережної рослинності, руйнування лучних екосистем і загальна деградація рослинного покриву суттєво знижують здатність території до природного водоутримання. У поєднанні з іншими чинниками (урбанізацією, зміною рельєфу, зарегулюванням русел) це призводить до системного підвищення вразливості до повеней і паводків, зокрема у періоди весняного сніготанення або літніх злив [58].

У ході аналізу антропогенних чинників затоплення територій Полтавської області встановлено, що людська діяльність є не менш важливим, а подекуди – навіть визначальним елементом формування гідрологічних ризиків. Багато сучасних паводкових ситуацій, особливо локального масштабу, виникають саме через неврахування водного чинника під час використання земель, планування забудови чи господарської експлуатації природних об'єктів.

Серед основних напрямів антропогенного впливу, які посилюють ризики затоплень, виділено:

- Сільськогосподарську діяльність, що супроводжується розорюванням

заплав, руйнуванням дернового покриву, ущільненням ґрунтів і деградацією меліоративних систем. Це призводить до зменшення інфільтрації, пришвидшення поверхневого стоку та накопичення води на полях.

- Урбанізацію, яка змінює природний водообмін через створення великої площі водонепроникного покриття, відсутність ефективного зливовідведення та забудову у природних пониженнях. Особливо гостро ця проблема стоїть у Полтаві, Кременчуці, Лубнах та інших містах області.
- Інженерне втручання у водні об'єкти – будівництво дамб, ставків, випрямлення русел та створення водосховищ часто має побічні ефекти у вигляді затримки стоку, підтоплення прилеглих ділянок і зменшення саморегулюючої здатності річкових систем.
- Недоліки просторового планування, зокрема розміщення забудови в зонах підтоплення, ігнорування рельєфу та гідрогеологічних умов, відсутність протипаводкових заходів у планувальних документах. У низці громад будівництво ведеться без урахування дренажу чи напрямків стоку.
- Зменшення водоутримуючого покриву, зокрема через вирубку лісів, знищення луків і заболочених екосистем. Утрата цих природних буферів сприяє пришвидшеному стоку води та ерозії, а також знижує водоаккумуляційний потенціал території.

Отже, антропогенні фактори не тільки підсилюють дію природних чинників затоплення, а й створюють нові загрози, які раніше могли бути неактуальними для певних територій. У багатьох випадках саме поєднання антропогенного тиску з природною вразливістю призводить до найсерйозніших наслідків.

2.3. Історичні прояви повеней і підтоплень у межах області

Дослідження фізико-географічних особливостей та антропогенного

навантаження на територію Полтавської області дає змогу визначити потенційні зони вразливості до затоплень. Проте для повного розуміння масштабів, частоти та реальних наслідків повеней важливим є аналіз історичних гідрологічних подій, що мали місце на території регіону.

Хоча Полтавщина не належить до регіонів із катастрофічною повеневою активністю, на її території регулярно виникають як повені сніготалого походження, так і локальні зливові паводки, що можуть призводити до затоплення населених пунктів, сільськогосподарських угідь, об'єктів інфраструктури. Значну частину таких подій фіксується на малих і середніх річках (Ворскла, Псел, Сула, Оржиця), а також у балкових системах, особливо у весняний період або внаслідок інтенсивних дощів улітку.

За останні 70 років в області зафіксовано декілька десятків гідрологічних подій, що мали локальний або регіональний характер та впливали на функціонування громад. Серед них – повені в Полтаві (2013, 2018, 2023), підтоплення в Кременчуцькому та Лубенському районах, весняні розливи Ворскли, Сули та Псла, аварійні прориви ставків і пошкодження меліоративних систем.

Огляд таких подій дозволить:

- виявити закономірності повторюваності та сезонності;
- оцінити основні причини;
- аналізувати наслідки для місцевого населення й економіки;
- визначити гарячі точки – території, де повені трапляються регулярно;
- критично оцінити ефективність дій органів влади та громад.

Розгляд історичних кейсів дозволить підтвердити або уточнити зроблені висновки про чинники вразливості, а також виявити прогалини в системі попередження і реагування на гідрологічні загрози в Полтавській області.

Загальна характеристика гідрологічних подій у регіоні (XX–XXI ст.)

Тож гідрологічний режим Полтавської області формується під впливом континентального клімату, рівнинного рельєфу та густої мережі водотоків.

Протягом XX–XXI століть на території області регулярно спостерігались різні типи гідрологічних подій, зокрема повені сніготалого походження, зливові паводки, ґрунтові підтоплення, а в окремих випадках – комбіновані гідрометеорологічні ситуації. Вони відрізняються за характером, тривалістю, масштабами та наслідками для населення та господарства.

У межах області найчастіше фіксуються такі типи гідрологічних подій:

- Весняні повені (сніготалого походження) – виникають унаслідок танення снігового покриву, зазвичай у березні–квітні. Їм передуює накопичення снігу в зимовий період і його інтенсивне танення під впливом підвищення температури або дощів. Такий тип є найбільш регулярним для середніх і великих річок (Ворскла, Сула, Псел).
- Літні зливові паводки – короткочасні, але інтенсивні підйоми рівня води у річках, балках і малих водотоках, які виникають унаслідок сильних грозових дощів. Їхній пік припадає на червень–липень. Особливо небезпечні в урбанізованих зонах, де обмежена здатність дощової каналізації.
- Проміжні паводки – трапляються внаслідок зимових відлиг або осінніх дощів, зазвичай у листопаді–грудні чи лютому. Мають локальний характер, однак можуть спричинити підтоплення через наявність мерзлого ґрунту, який блокує інфільтрацію.
- Ґрунтові підтоплення – виникають унаслідок тривалого перезволоження ґрунту, підняття рівня ґрунтових вод або затримки поверхневого стоку. Найбільш поширені на глинистих ділянках із низинним рельєфом (південь і південний схід області).
- Комбіновані події – поєднання різних факторів: танення снігу та зливи, або дощі та підвищення рівня ґрунтових вод. Такі події є найнебезпечнішими, оскільки мають складний прогноз і швидкий розвиток.

Період найвищої ймовірності повеней – березень–квітень, коли фіксується 60–70% річного об’єму стоку. У середньому весняне водопілля триває від 10 до

20 днів, однак за умов затяжної відлиги або наявності льодових заторів воно може затягуватися до 3–4 тижнів.

Літні паводки зазвичай тривають 1–3 доби, але можуть мати різкі піки водності з перевищенням багаторічних середніх рівнів на 1–1,5 м. Вони є малопрогнозованими та пов'язані з локальними опадами, що ускладнює попередження.

Зимові та осінні підтоплення найчастіше мають повільний розвиток і виявляються через підйом рівня ґрунтових вод або просочування вологи у пониженнях [59].

За даними Укргідрометцентру, в останні десятиліття спостерігається помітне зміщення фаз водного циклу в регіоні. Серед основних змін:

- Зменшення середньої тривалості снігового покриву.
- Зростання кількості днів із зливовими опадами інтенсивністю >30 мм/добу.
- Почастішання зимових відлиг і комбінованих паводків (грудень, лютий).
- Підвищення середньорічної температури повітря на 1–1,3 °C за останні 40 років.

Ці фактори зумовлюють зростання частоти екстремальних гідрологічних ситуацій, зміщення піків весняного водопілля на більш ранні терміни (наприкінці лютого – початку березня) та посилення ролі короточасних зливових паводків.

У поєднанні з неефективною меліоративною інфраструктурою та змінами землекористування, ці тенденції призводять до того, що навіть неекстремальні погодні явища можуть мати суттєві наслідки для населення, особливо в низинних районах і містах [60].

Хронологія значних повеней і паводків у Полтавській області

Історичні джерела, звіти Укргідрометцентру, дані ДСНС України, а також регіональні архіви та повідомлення ЗМІ дають змогу простежити динаміку гідрологічних подій у Полтавській області за останні десятиліття. Хоча більшість

із них мали локальний характер, окремі випадки сягали рівня надзвичайних ситуацій місцевого значення, впливаючи на цілі громади.

1950–1970-ті роки: повені традиційного весняного типу

У цей період фіксувалися регулярні весняні повені на Ворсклі, Сулі, Пелі, Орелі. Унаслідок холодних сніжних зим і різкого танення снігу в березні–квітні, вода виходила з берегів і заливала заплави на кілька кілометрів. Відповідні повідомлення містяться в зведеннях Укргідрометслужби.

- 1966 рік – значне розлиття Ворскли в околицях с. Соснівка, Терешки, часткове затоплення господарств.
- 1970 рік – повінь у басейні Сули призвела до підтоплення присадибних ділянок у Лубнах та сільських громад Лубенського району.
- Однак повені цього періоду не супроводжувались масштабними економічними втратами завдяки низькому рівню забудови заплави і наявності поглинаючих екосистем [61].

1980–1990-ті роки: зливові паводки та локальні підтоплення

Починаючи з 1980-х років спостерігалось зростання частоти літніх зливових паводків, особливо на малих річках і в міських районах. У цей період активно розбудовувались міста, розорювались заплави, що знижувало природну стійкість територій до інтенсивних опадів.

- 1985 рік – короткочасний паводок у Миргороді після потужної зливи спричинив підтоплення центральних вулиць.
- 1993 рік – сильні дощі в районі м. Лубни призвели до підняття рівня Сули більш ніж на 1,5 м, що затопило низинні квартали міста.
- 1998 рік – прорив дамби на ставку біля с. Бутенки (Кобеляцький район) після весняного сніготанення – підтоплено понад 70 га сільськогосподарських угідь.

2000–2010-ті роки: змішані гідрологічні ситуації, посилення урбанізованого ризику

Цей період позначений підвищеною повторюваністю комбінованих

гідрологічних явищ, зумовлених як сніготаненням, так і літніми зливами. Зростає значення міських паводків через інтенсивну забудову, застарілу зливову інфраструктуру та ущільнення ґрунтів [62].

- 2003 рік – унаслідок весняної повені Ворскла вийшла з берегів у межах Полтави, підтоплено понад 40 присадибних ділянок у селах Нижні Млини та Супрунівка.
- 2008 рік – зафіксовано сильну зливу в Кременчуці (до 78 мм/добу), що затопила центральні вулиці, ринки, підвали.
- 2010 рік – весняне водопілля в пониззі Псла спричинило аварійну ситуацію на меліоративних спорудах у Глобинському районі.

2011–2023 роки: різке зростання зливових паводків, локальні надзвичайні ситуації

Останнє десятиліття позначене активізацією кліматичних відхилень: аномальні зими без стійкого снігового покриву, часті зимові дощі, сильні літні зливи. Спостерігається тенденція до збільшення частоти короткочасних, але потужних паводків, особливо в містах [63].

- 2013 рік – у Полтаві зафіксована надзвичайна ситуація через сильну зливу: підтоплено понад 150 дворів у Подільському районі, вода стояла на вулицях більше 6 годин.
- 2018 рік – раптове танення снігу в березні спричинило різке підняття рівня води в Сулі на 1,7 м протягом 2 днів, що викликало затоплення частини Лубен і околиць.
- 2021 рік – інтенсивна злива в м. Полтава 30 червня (65 мм/добу): вода затопила вул. Європейську, Подільську, підвали будівель, порушено рух транспорту.
- 2023 рік – наймасовіше підтоплення за останнє десятиліття: кілька сіл у Кременчуцькому районі затоплено після дощу та підняття рівня в затоці Кременчуцького водосховища.

Такий історичний огляд показує, що:

- повені та паводки на Полтавщині відбуваються регулярно, хоча й не завжди охоплюють великі площі;
- з 2000-х років зростає роль короткочасних, але інтенсивних подій – особливо в урбанізованих та низинних зонах;
- основними зонами повторюваних підтоплень є міські долини, заплави та пониження рельєфу без належного дренажу.

Аналіз найбільш резонансних подій

Із десятків зареєстрованих гідрологічних подій у Полтавській області найбільше суспільне й інформаційне значення мали повені та підтоплення в містах і густозаселених районах, де вода спричиняла суттєві матеріальні збитки, порушення інфраструктури, проблеми з евакуацією чи водопостачанням. Приклади, які стали найбільш показовими з точки зору взаємодії природних чинників і антропогенної вразливості:

Весняна повінь у Лубнах, березень 2018 року

Внаслідок раптового потепління та інтенсивного танення снігу рівень води в Сулі піднявся майже на 2 метри за 3 дні, що спричинило розлив у межах міста та підтоплення низинних ділянок приватного сектору.

Причини:

- різке сніготанення за температури +10 °С після морозної зими;
- високий рівень ґрунтових вод на момент події;
- відсутність природного дренажу в низинних кварталах міста.

Наслідки:

- підтоплено близько 70 господарств;
- частково затоплено ділянки міського кладовища;
- спричинено аварійну зупинку руху на приміській дорозі через розлив.

Повінь продемонструвала низьку підготовленість інженерної інфраструктури до стрімких весняних водопіль, зокрема відсутність захисних валів у проблемних районах.

Зимовий паводок у Глобинській громаді, лютий 2020 року

Унаслідок аномальної зимової відлиги та дощу, що випав на мерзлий ґрунт, у кількох селах спостерігалось затоплення дворів і частини господарств.

Причини:

- відлига при +8 °С у лютому;
- опади понад 25 мм за ніч;
- мерзлий ґрунт, який унеможливив інфільтрацію води.

Наслідки:

- затоплено близько 30 домогосподарств;
- зафіксовано вихід води на трасу Н-08;
- локальні аварії на системах водовідведення.

Подія ілюструє наслідки нових кліматичних аномалій, зокрема зміщення фаз водного циклу на нетипові сезони [64].

Паводок у м. Полтава, 30 червня 2021 року

Внаслідок потужної зливи (близько 65 мм опадів за кілька годин) у Полтаві відбулося масове затоплення вулиць, дворів, підвальних приміщень та житлових будинків, переважно в центральних та південних районах міста.

Причини:

- інтенсивність опадів перевищила граничну пропускну здатність дощової каналізації;
- значна частина території вкрита водонепроникними поверхнями;
- забудова балок і понижень рельєфу (вул. Європейська, Подільський район) без належного дренажу.

Наслідки:

- підтоплено понад 250 домоволодінь;
- порушено рух транспорту на декількох вулицях;
- евакуйовано людей із кількох приватних садиб;
- зафіксовано короточасні аварійні відключення електропостачання.

Ця подія продемонструвала критичну вразливість міста до локальних

зливових паводків та потребу в модернізації зливової інфраструктури.

Підтоплення сіл Кременчуцького району, липень 2023 року

Після рясного дощу, що тривав понад добу, та підняття рівня в затоці Кременчуцького водосховища було підтоплено кілька сіл поблизу річок Тагамлик і Псел.

Причини:

- зливи загальним обсягом понад 80 мм/добу;
- уповільнене відведення води через зворотний підпір із боку водосховища;
- поганий технічний стан сільських дамб і каналів.

Наслідки:

- підтоплено понад 60 домогосподарств у селах Кам'яні Потоки, Недогарки;
- частково зруйновано ґрунтові дороги;
- вода стояла на городах до 7–10 днів, пошкоджено врожай.

Цей випадок демонструє, як взаємодія природного фактора (зливи) та техногенного чинника (зарегулювання водообміну в системі Дніпра) може створити умови для тривалого затоплення.

Ці випадки підтверджують, що сучасні затоплення часто виникають не лише через силу природних явищ, а через комбінацію вразливості інфраструктури, недосконалого управління та змін клімату [65].

Просторові закономірності та зони повторюваних підтоплень

Аналіз історичних гідрологічних подій на території Полтавської області дозволяє виявити просторові закономірності виникнення повеней і паводків та окреслити найбільш уразливі території, на яких підтоплення фіксуються систематично. Ці закономірності пов'язані з поєднанням природних (рельєф, річкова мережа, ґрунти) і антропогенних (тип забудови, стан інженерної інфраструктури, землекористування) факторів.

1. Географія підтоплень: «гарячі точки» регіону

Таблиця 2

Зони повторюваних затоплень у межах області

Тип зони	Приклади	Основна причина
Заплави великих річок	Ворскла (Полтава), Сула (Лубни), Псел (Кременчуцький район)	Весняне водопілля, зворотний підпір
Урбанізовані пониження	Подільський район Полтави, центр Кременчука	Зливи, відсутність дренажу
Пониження міжрічкових рівнин	Оржицька, Семенівська громади	Поганий стік, глинисті ґрунти
Зони навколо ставків і меліоративних каналів	Миргородська, Лубенська громади	Прорив дамб, перевантаження каналів
Староріччя, балки, заплави малих річок	Балки в Полтаві, долини Тагамлика, Оржиці	Урбанізація природних дренажів

Особливо вразливими є урбанізовані заплави річок Ворскли, Сули, Орелі, де інтенсивна забудова впритул до водотоків не залишає місця для розливу паводкових вод. У таких умовах вода затримується в дворах і підвалах, що значно ускладнює відведення стоку.

2. Типологія повторюваних подій

Тож на основі історичних даних та звітів ДСНС можна виокремити кілька територій, де затоплення фіксувалися неодноразово:

- м. Полтава (Подільський район) – підтоплення фіксується практично щороку під час злив.
- с. Соснівка, Терешки, Нижні Млини – систематичні виходи Ворскли під час весняного водопілля.
- с. Недогарки, Кам'яні Потoki (Кременчуцький район) – зони зворотного затоплення через водосховище.
- с. Бутенки (Кобеляцька громада) – часті прориви ставків, які підтоплюють сільгоспугіддя.

- м. Лубни, с. Засулля – поєднання сніготалого і зливого ризику в зоні впливу Сули.

Усі ці території мають історію повторюваних подій, що свідчить про структурну вразливість, яка зберігається попри наявність інженерних споруд чи попередній досвід.

3. Карти та просторовий аналіз (GIS-based підхід)

На основі цифрових моделей рельєфу, даних про гідрографію та історичні спостереження можливе створення карт зон підвищеної вразливості до затоплень. Такі карти базуються на:

- висотах місцевості;
- відстані до річок;
- наявності ярів, балок, западин;
- гідрологічній історії та фіксованих подіях.

Навіть без точного моделювання, співставлення зон підтоплення з фізико-географічними умовами чітко показує, що найбільш небезпечні ділянки – це:

- урбанізовані пониження без водовідведення;
- території на межі природних заплав і нової забудови;
- села, розташовані в заплавах малих річок і навколо ставків.

4. Потенційні зони підвищеного ризику (за відсутності заходів)

Окремо варто відзначити території, які ще не постраждали масштабно, але мають високу ймовірність підтоплення, зокрема:

- північ Полтави (де активно розвивається забудова в балках);
- нові житлові масиви на межі Полтави і Супрунівки;
- лівобережна частина р. Сули в Лубенській громаді (низинні села).

Ці райони потребують превентивного аналізу та інтеграції гідрологічного чинника в планувальні рішення.

Тобто просторовий аналіз свідчить про виразну географічну нерівномірність ризиків затоплення на території Полтавщини.

Найвразливішими залишаються:

- низини;
- заплави;
- урбанізовані ділянки без дренажу;
- території з деградованими ґрунтами чи зарегульованим стоком.

Роль локальних громад, органів влади та адаптаційних заходів

Повені, навіть якщо не призводять до масштабних катастроф, завжди є випробуванням для місцевих органів влади, громадських структур і технічних служб. Їхня здатність швидко реагувати на надзвичайні ситуації, проводити профілактичні заходи та впроваджувати довгострокові рішення значною мірою визначає глибину наслідків і відновлення після подій.

1. Реакція на надзвичайні ситуації: рівень організації та типові недоліки

За даними ДСНС України, у Полтавській області існує система оперативного реагування на гідрометеорологічні загрози. Вона включає:

- спостереження за рівнями води на основних постах (Ворскла, Псел, Сула);
- сповіщення органів місцевого самоврядування та населення про загрозу затоплення;
- мобілізацію рятувальних формувань і техніки у разі надзвичайної ситуації.

Однак аналіз конкретних ситуацій (зокрема, паводків 2013, 2018, 2021 років) засвідчив такі типові проблеми:

- затримки з інформуванням населення (особливо в сільській місцевості);
- відсутність локальних планів евакуації або їх формальний характер;
- обмеженість технічних засобів (мотопомпи, пісок, гідрозахист) у розпорядженні громад;
- нерозвинена система локальних спостережень (відсутність датчиків рівнів на малих річках).

2. Профілактика та інфраструктурні заходи

На противагу екстреним діям, системна профілактика - слабе місце багатьох громад Полтавщини. Серед позитивних прикладів:

- в Полтаві у 2022–2023 рр. частково реконструйовано дощову каналізацію у вразливому Подільському районі;
- в Лубнах після паводку 2018 року зміцнено дамбу на Сулі та очищено канал стоку;
- в Кременчуцькому районі ведеться паспортізація ставків для виявлення аварійних.

Однак у більшості випадків:

- не виконується регулярне розчищення балок, дренажів, русел;
- громадські слухання щодо забудови в потенційно підтоплюваних районах відсутні;
- немає карт ризиків повеней, які обов'язкові для планування згідно з європейськими стандартами (Директива 2007/60/ЄС).

3. Адаптаційні стратегії в умовах зміни клімату

Сучасні кліматичні тенденції (збільшення частоти злив, теплі зими, нестабільне сніготанення) вимагають від місцевих органів не лише реагування, а й довгострокового адаптаційного планування. На жаль, такі підходи лише починають впроваджуватись:

- частина територіальних громад у 2023 р. включила ризик паводків до стратегій розвитку;
- обговорюється створення електронних платформ моніторингу (у рамках проєктів з цифровізації);
- у Полтаві та Миргороді розробляються пілотні схеми управління зливовими водами з урахуванням ГІС-даних.

Водночас більшість територій досі працюють у реактивному режимі, без належного планування адаптації до змін клімату.

4. Роль громадянського суспільства та самоорганізації населення

У ряді випадків саме ініціативи місцевих мешканців виявлялися

вирішальними:

- у селах Кременчуцького району люди самостійно зміцнювали захисні насипи;
- у Полтаві створено кілька груп у соцмережах, які координують дії під час підтоплень;
- окремі школи та лікарні мають плани автономного водозабезпечення на випадок паводку.

Однак ці ініціативи є фрагментарними, і для ефективного функціонування потрібна підтримка на рівні громад та обласної адміністрації.

Таким чином, можна зробити висновок, що підвищення стійкості до повеней у Полтавській області вимагає не лише технічних рішень, а й управлінських та соціальних інструментів, таких як інтеграція ризику затоплення у просторове планування, створення локальних карт ризику, розвиток громадського моніторингу, розбудова системи швидкого реагування на місцевому рівні. Ці заходи мають стати основою довгострокової адаптації до гідрологічних ризиків, які в умовах зміни клімату тільки зростатимуть.

Аналіз історичних гідрологічних подій на території Полтавської області свідчить про стійку наявність ризику повеней і паводків у регіоні, хоча їх масштаби та характер змінювались протягом десятиліть. Повені сніготалого типу традиційно переважали в середині ХХ століття, однак упродовж останніх двох десятиліть все більшої ваги набувають локальні зливові паводки, що мають коротку тривалість, але завдають значних збитків.

- Регулярність гідрологічних подій. Навіть у відсутності великих катастроф, повені та підтоплення трапляються щороку в тій чи іншій частині області, особливо навесні та в літній період.
- Найбільш уразливі зони – це пониззя, заплави середніх і малих річок, урбанізовані балки й ділянки без дренажу. Полтава, Лубни, Кременчук, а також низка сільських громад перебувають у зоні підвищеного ризику.
- Зміна типу загроз: за останні роки переважають короточасні, але

інтенсивні паводки, пов'язані зі зливами, зимовими відлигами та кліматичними аномаліями.

- Слабка підготовка інфраструктури та громад до гідрологічних ризиків. Більшість заходів є реактивними, відсутнє системне планування та превентивні дії. Низький рівень картографування, формальне врахування гідрологічних чинників у будівельних проєктах, незадовільний стан зливових систем – поширені проблеми.
- Відсутність інтегрованого управління ризиками повеней. Не існує єдиної обласної стратегії зниження вразливості до затоплень, заходи часто фрагментарні, не скоординовані між громадами та обласними структурами.

Разом із тим, наявні приклади ефективного реагування (зміцнення дамб, модернізація зливових систем, громадська самоорганізація) засвідчують потенціал до покращення ситуації.

Розуміння просторових закономірностей підтоплень, причин їх виникнення та недоліків управлінських рішень створює підґрунтя для формування дієвих адаптаційних стратегій.

Отож, природно-географічні умови Полтавської області формують комплекс передумов, що визначають просторову неоднорідність вразливості територій до підтоплення. Рівнинний характер рельєфу, розгалужена мережа малих та середніх водотоків, широкі долинно-заплавні комплекси та періодичні коливання водного режиму створюють умови для накопичення поверхневих і ґрунтових вод у понижених ділянках. Кліматичні особливості регіону, зокрема нерівномірність опадів і тенденція до збільшення частоти зливових подій, посилюють потенційний ризик підтоплення на локальному й обласному рівнях. Виявлені природні фактори становлять підґрунтя для подальшого ГІС-аналізу, що дозволить перейти від якісної характеристики території до кількісної оцінки вразливості та моделювання потенційних зон затоплення у практичній частині дослідження.

РОЗДІЛ 3. ГІС-АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЙ ДО ПОВЕНЕЙ У ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1. Концепція та вихідні дані ГІС-аналізу вразливості територій до повеней

Оцінювання вразливості територій до повеней за допомогою геоінформаційних технологій ґрунтується на інтеграції даних, які відображають фізичні, гідрологічні та ландшафтні особливості території. Просторовий аналіз виконано для періоду максимального зволоження – червня, коли на території Полтавської області спостерігається найбільша кількість середньомісячних опадів [66]. Зливовий характер опадів, висока інтенсивність короткочасних дощів та поєднання теплового навантаження з насиченням ґрунтів створюють сприятливі умови для розвитку локальних підтоплень і поверхневого стоку.

Тож досліджувана територія, що має переважно рівнинний рельєф із широкими долинно-заплавними комплексами річок Псел, Ворскла, Хорол та Сула. Наявність низин, пологих схилів, локальних понижень і густої мережі малих водотоків зумовлює суттєві відмінності у здатності території затримувати або відводити надлишкові об'єми води під час інтенсивних опадів. Це робить регіон придатним для побудови факторної моделі, яка враховує взаємодію рельєфу, кліматичних умов та типів земного покриття.

Концептуально модель ґрунтується на поєднанні морфометричних, гідрологічних, кліматичних та ландшафтних факторів, кожен із яких впливає на формування поверхневого стоку або на здатність території поглинати чи утримувати воду. До набору базових факторів увійшли:

- цифрова модель рельєфу (digital elevation model);
- крутість схилів (slope);
- типи земного покриття (landcover);
- кількість опадів у червні (precipitation);

- відстань до водотоків і каналів (proximity to streams/channels).

Перед проведенням аналізу всі просторові шари було приведено до спільної координатної системи, однакового розширення та єдиних меж дослідження. Це забезпечує коректність порівняння та можливість подальшої інтеграції факторів у єдине аналітичне середовище. У роботі використано відкриті набори даних глобальних і регіональних провайдерів, що гарантує доступність моделі для відтворення та можливість її подальшого удосконалення у разі потреби.

Цифрова модель рельєфу (digital elevation model)

ЦМР (DEM) виступає одним із ключових вихідних шарів для оцінювання вразливості територій до повеней, оскільки забезпечує основу для аналізу висот, морфометричних характеристик поверхні та напрямків поверхневого стоку. У роботі використано дані місії SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), завантажені з ресурсу CGIAR-CSI [67], які є одним із найпоширеніших відкритих джерел цифрових моделей рельєфу для регіональних ГІС-досліджень.

Для території Полтавської області необхідно було використати кілька сусідніх SRTM-тайлів, оскільки вона потрапляє на межу трьох фрагментів. Після завантаження дані були об'єднані в єдиний растр і приведені до меж області. Просторова роздільна здатність моделі становить близько 30 метрів, що є прийнятним рівнем деталізації для регіонального аналізу рельєфу та дозволяє коректно відтворити основні морфометричні особливості: заплави великих річок, пологі схили, локальні пониження та вододільні підвищення.

Рельєф Полтавщини загалом рівнинний, проте навіть незначні перепади висот у межах долин і заправ суттєво впливають на характер поверхневого стоку. Саме тому ЦМР є критично важливим інструментом для виявлення ділянок, де можливе накопичення води під час інтенсивних опадів. На основі цифрової моделі рельєфу в подальшому було отримано похил поверхні, напрямки стоку, водозбірні лінії та інші похідні характеристики, які використовуються у процесі просторового аналізу.

Завдяки ЦМР формується уявлення про природний каркас території, що визначає умови руху й акумуляції води. Це дозволяє інтегрувати рельєфні параметри у подальшу оцінку потенційної вразливості територій до повеней.

Похил поверхні (Slope)

Похил поверхні є однією з ключових морфометричних характеристик, що визначає динаміку поверхневого стоку та інтенсивність накопичення води під час повеней. Значення slope безпосередньо впливає на здатність території швидко відводити надлишкову воду або, навпаки, сприяти її затриманню. Для рівнинних ландшафтів, які переважають на території Полтавської області, цей фактор має особливе значення, адже навіть невеликі зміни ухилу можуть суттєво змінювати характер стікання води під час інтенсивних дощів.

Похил поверхні було отримано на основі цифрової моделі рельєфу шляхом застосування стандартного геоінформаційного алгоритму розрахунку slope, який визначає відносну крутість схилу в кожній точці растра. Розраховані значення дозволяють оцінити різноманіття рельєфних форм: від майже горизонтальних ділянок заплави до хвилястих вододільних поверхонь та окремих борів, характерних для східних і північно-східних районів області.

У контексті моделювання ризику повеней slope є фактором, що працює у двох напрямках.

По-перше, пологі та майже горизонтальні поверхні мають надзвичайно низьку швидкість відведення води, що сприяє її накопиченню та утворенню застійних зон під час сильних дощів. Саме такі ділянки найчастіше характеризуються підвищеною вразливістю до повеней, особливо якщо вони поєднуються з наявністю гідрографічних елементів або водонасичених ґрунтів.

По-друге, крутіші схили забезпечують швидке відведення поверхневих вод, що загалом знижує ймовірність формування повеней на самих схилах, але може посилювати об'єм стоку, спрямованого у нижчі частини рельєфу. Це створює вторинні ризики – зростання водного навантаження на заплави та пониження, куди спрямовується основний потік.

Особливості ухилів Полтавської області – загальна пологість території та значна частка низькоградієнтних поверхонь – зумовлюють важливість урахування цього фактора у моделі. Він дозволяє визначити зони потенційної акумуляції води та краще інтерпретувати взаємодію рельєфу з іншими чинниками, такими як типи земного покриву чи близькість до річкової мережі.

Типи земного покриву (Landcover)

Типи земного покриву є важливим фактором, що суттєво впливає на характер взаємодії поверхневих вод з територією під час повеней. Земний покрив визначає низку ключових властивостей ландшафту, таких як інфільтраційна здатність ґрунтів, ступінь водонепроникності поверхні, швидкість поверхневого стоку та ймовірність його концентрації. У регіонах із вираженими контрастами між природними та антропогенними типами покриву роль цього фактора стає особливо значущою.

У рамках дослідження використано глобальні дані про земний покрив, сформовані за матеріалами супутникових зніманих Sentinel-2 (Impact Observatory) [68], які класифікують територію за групами, що відображають реальний характер використання земель. Ці дані характеризуються достатньою деталізацією для регіонального рівня та забезпечують можливість виділити найбільш водочутливі типи поверхні.

З точки зору формування повеней найбільш уразливими є території, що мають низьку здатність до поглинання води або відзначаються високим ступенем водонасичення. До таких належать водно-болотні угіддя, заплавні луки, оголені ґрунти та ділянки зі слабо закріпленою рослинністю. Тут вода затримується триваліше, що підвищує ризик її накопичення під час інтенсивних дощів.

Інші категорії – такі як пасовища та природні ділянки з трав'янистою рослинністю – характеризуються помірними показниками ризику. Вони здатні частково поглинати опади, однак високі зливові навантаження можуть перевищувати їх інфільтраційний потенціал, спричиняючи поверхневий стік.

До найменш уразливих типів земного покриву належать лісисті території, які завдяки розвиненій кореневій системі та щільному ґрунтовому покриву здатні ефективно затримувати та поглинати опади, знижуючи ймовірність швидкого накопичення води на поверхні. Винятком можуть бути лише окремі ділянки в заплавах комплексів, де висока вологість ґрунтів зменшує стабілізуючу роль деревної рослинності.

Земний покрив є також важливим у контексті антропогенного впливу: забудовані території, дороги, промислові об'єкти та інші елементи з високим ступенем штучного покриття різко знижують інфільтраційну здатність поверхні. Хоча такі ділянки самі по собі рідко є місцями формування повеней, вони можуть значно збільшувати об'єм поверхневого стоку, спрямованого у нижчі частини рельєфу, де вода накопичується інтенсивніше.

Урахування різних типів земного покриву дозволяє оцінити, як природні та антропогенні поверхні впливають на концентрацію води під час сильних опадів, та підсилює точність подальшої інтегральної оцінки вразливості територій області до повеней.

Опади (Precipitation)

Кількість опадів є одним з базових кліматичних чинників, що визначають інтенсивність формування повеней, особливо у регіонах, де превалюють дощові типи водного живлення річок і де короткочасні зливи створюють значне навантаження на поверхневий стік. Для Полтавської області характерна нерівномірність річного розподілу опадів, причому максимальні їх значення спостерігаються саме у червні, коли середньомісячний показник перевищує значення інших місяців теплого періоду. У цей час відзначаються часті короткі зливи великої інтенсивності, здатні швидко насичувати ґрунти та провокувати утворення локальних повеневих явищ, особливо в пониженнях рельєфу та заплавах річок.

Було використано кліматичні дані про середньомісячні опади з відкритої глобальної кліматичної моделі WorldClim, яка забезпечує регіональні набори

даних високої просторової деталізації [69]. Ці дані широко застосовуються в геоінформаційних дослідженнях для оцінки сезонного водного навантаження, аналізу ризиків природних процесів та екологічних моделей. Для Полтавської області вони дозволяють отримати просторово безперервне поле розподілу опадів, що важливо для подальшої формалізації їхнього впливу на розвиток повеней.

У контексті ГІС-аналізу опади відіграють роль кліматичного фактора, який визначає вихідне водне навантаження на територію в період підвищеної ймовірності повеней. Значення опадів у червні відображають потенційно найбільш критичний сценарій для літнього періоду, коли поєднання високої інтенсивності дощів та обмеженої швидкості відведення води на рівнинних поверхнях значно підвищує ймовірність її накопичення.

Розподіл опадів по території області має певну неоднорідність, яка пов'язана як з особливостями регіональної циркуляції повітряних мас, так і з орографічними умовами. Незначні перепади висот можуть створювати локальні зони підсилення або ослаблення зволоження, що також відображається у даних WorldClim і враховується під час просторової оцінки ризиків.

Урахування опадів у моделі дає змогу відобразити кліматичне навантаження на територію в період найвищої зливової активності та підвищує точність інтегральної оцінки вразливості територій до повеней завдяки включенню сезонного чинника, який безпосередньо впливає на масштаби імовірного поверхневого стоку.

Близькість до водотоків і каналів (Proximity to streams/channels)

Близькість території до природних і штучних водотоків є важливим просторовим фактором, що визначає ймовірність розвитку повеней у межах річкових долин, заплав та суміжних ландшафтів. Річкова мережа формує базову структуру водовідведення, але під час інтенсивних опадів вона також стає потенційною зоною підвищеного водного навантаження. Ділянки, розташовані поблизу русел річок, малих потоків або меліоративних каналів, є більш

чутливими до підвищення рівня води, оскільки саме тут відбувається акумуляція поверхневого стоку з прилеглих схилів і водозборів.

Для аналізу близькості було використано дані, отримані шляхом цифрового моделювання рельєфу: на основі похідних растрових шарів напрямку стоку (Flow Direction) та накопичення стоку (Flow Accumulation) було відтворено основні лінійні елементи водоточної мережі. Такий підхід дозволяє ідентифікувати не лише великі річки, що відомі з топографічних карт, але й дрібні потоки, які можуть відігравати важливу роль у формуванні локальних повеневих процесів.

Близькість до водотоків аналізувалася через обчислення відстані до виділених потоків, що дає змогу кількісно оцінити ступінь потенційної взаємодії території з водними об'єктами під час інтенсивних дощів. Території, що розташовані на невеликій відстані від русел річок та каналів, є потенційно більш уразливими, оскільки під час різких піків стоку саме ці ділянки першими зазнають впливу надлишкової води. Навпаки, віддалені від водотоків території, за інших рівних умов, мають менший ризик, оскільки відіграють роль донорів стоку, а не зон його акумуляції.

Особливості гідромережі Полтавської області – значна густина малих водотоків, наявність меліоративних каналів, розгалужені заплави великих річок – підсилюють важливість цього фактора. Малопомітні у звичайних умовах водотоки під час злив можуть ставати каналами швидкого переносу великих мас води, що створює підвищені ризики для прилеглих територій, особливо в комплексі з пологими схилами та низинними формами рельєфу.

Урахування просторової відстані до річкової мережі дозволяє краще інтерпретувати потенційну поведінку поверхневих вод і визначити території, які першими реагуватимуть на надмірне водне навантаження під час повеней.

У сукупності розглянуті фактори формують комплексну основу для просторової оцінки вразливості територій до повеней. Морфометричні характеристики рельєфу визначають природні умови переміщення та акумуляції

води, тоді як кліматичний чинник у вигляді інтенсивних опадів задає сезонне навантаження на поверхневий стік. Особливості земного покриву впливають на здатність різних типів поверхні поглинати або відводити воду, а розташування територій відносно водотоків визначає їхній потенціал до швидкого реагування на підвищення рівнів води під час сильних дощів. Інтеграція цих характеристик у єдиному ГІС-середовищі забезпечить можливість кількісної оцінки просторових закономірностей формування повеней і формує базу для побудови узагальненої карти зон ризику.

3.2. ГІС-аналіз та укладання карти зон ризику повеней на території Полтавської області засобами ArcGIS Desktop

Геоінформаційний аналіз та процес визначення зон ризику повеней вимагали створення єдиного ГІС-середовища, в якому всі вихідні набори даних були б приведені до спільних параметрів. На початковому етапі було сформовано структуру проєкту, що включала окремі каталоги для цифрової моделі рельєфу, похідних растрових шарів, тематичних даних, гідрографії та фінальних результатів. Такий підхід забезпечив впорядкованість роботи та дозволив уникнути дублювання даних під час подальших розрахунків.

Усі використовувані набори даних були приведені до єдиної системи координат – GCS_WGS_1984, що забезпечило просторову сумісність і точність накладання шарів. Територія Полтавської області стала базовим контуром, до якого здійснювалося обрізання (clip) усіх растрових і векторних даних. Це дозволило уникнути зайвих обчислень, зменшити об'єм файлів та сфокусувати аналіз виключно в межах досліджуваної території.

Підготовчий етап також передбачав перевірку цілісності даних, зокрема відсутності ділянок без даних, збоїв у розгортанні растрів та коректності кодів класифікації в тематичних шарах. Для цифрової моделі рельєфу було проведено згладжування меж тайлів після їх об'єднання, що усунуло можливі артефакти на

стиках та забезпечило суцільність значень висоти. У випадку даних про земний покрив виконувалася перевірка атрибутивних полів, що дозволило чітко відокремити класи рослинності, забудови, відкритих ґрунтів та водно-болотних угідь.

Створення узгодженого набору вихідних даних є необхідною умовою для проведення подальшого морфометричного аналізу та побудови моделі зон ризику повеней. На цьому етапі було закладено основу для отримання достовірних результатів, що відображають природні та просторові особливості території.

Цифрова модель рельєфу стала базовим джерелом для отримання набору гідрологічних похідних, необхідних для відтворення просторової структури стоку та визначення ключових елементів водозбірної системи області. Перед початком розрахунків ЦМР також було очищено від локальних нерівностей (fill), що виникають на стиках тайлів або зумовлені похибками радарного знімання (рис. 3.1). Така підготовка є важливою, оскільки невеликі штучні западини в моделі можуть перешкоджати коректному моделюванню напрямків стоку та призводити до появи хибних зон акумуляції води.

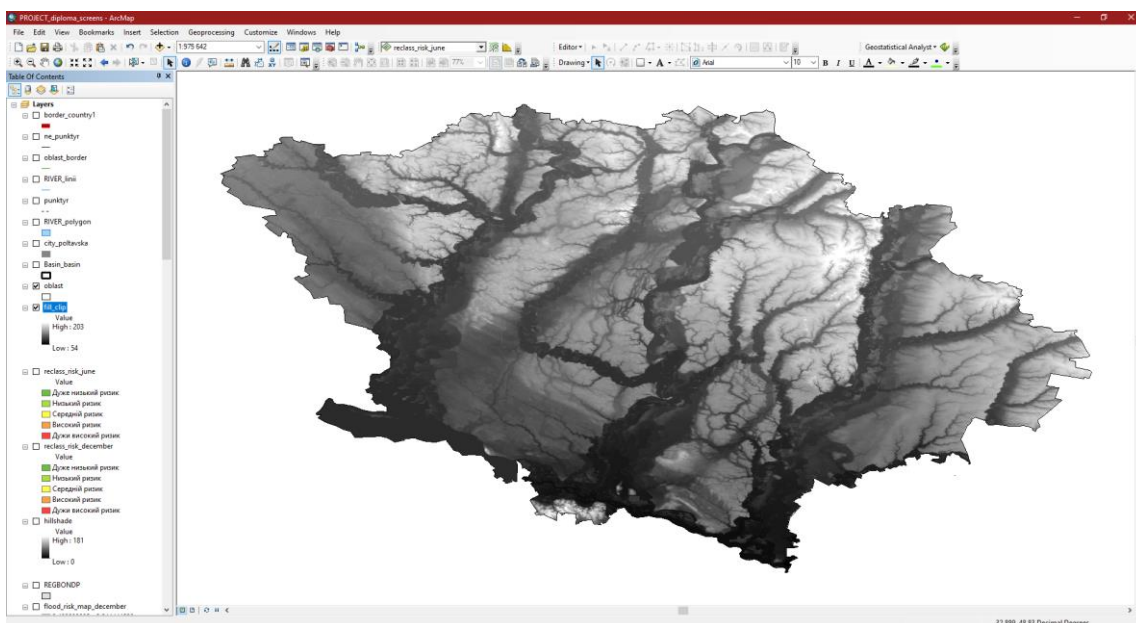


Рис. 3.1. Очищена та обрізана до меж області ЦМР

Після підготовки цифрової моделі рельєфу наступним етапом стало

отримання шару похилів (slope), який є однією з базових морфометричних характеристик рельєфу. Їх розрахунок дозволяє визначити швидкість потенційного переміщення поверхневих вод та чутливість окремих ділянок до їхнього накопичення під час повеней.

Похил було розраховано на основі ЦМР шляхом застосування стандартного алгоритму визначення крутості схилів, який обчислює відносну різницю висот між сусідніми комірками растра. В результаті утворився неперервний шар, що відображає градієнт схилу в кожній точці території та дає змогу кількісно оцінити її морфометричну структуру (рис. 3.2).

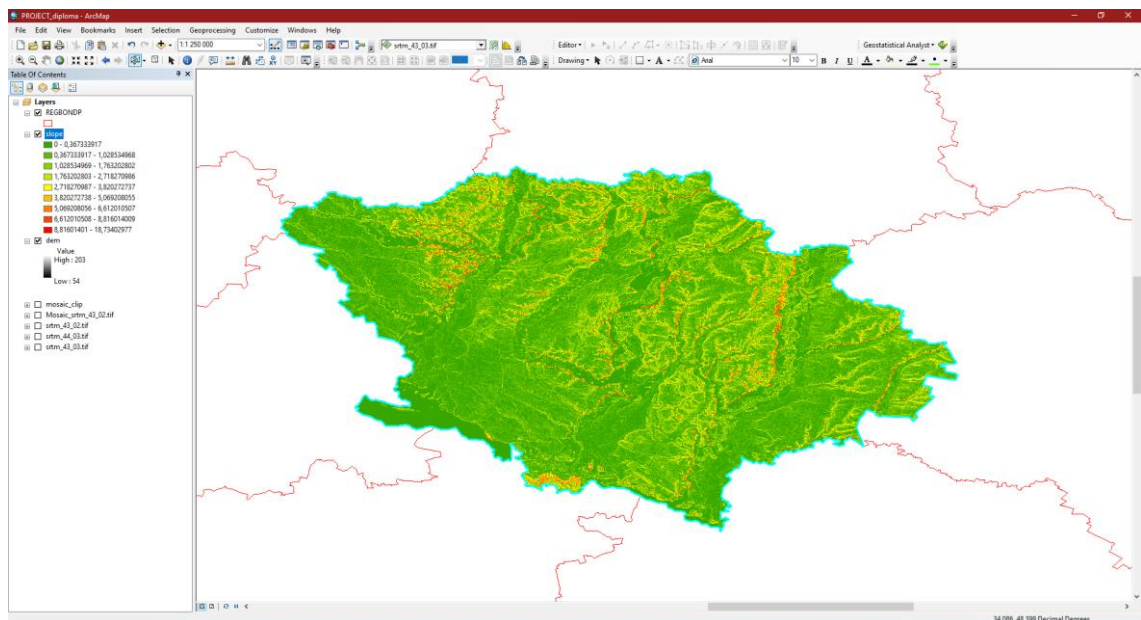


Рис. 3.2. Отриманий шар крутості схилів

Розрахунок похилу поверхні є важливим проміжним етапом моделі, оскільки він дозволить відокремити території, де вода може затримуватися, від ділянок, через які вона швидко переміщується у нижчі частини рельєфу.

Наступним кроком здійснено підготовку та обробку даних про земний покрив, які становлять важливий тематичний компонент моделі оцінки ризику повеней. Для цього використано глобальний набір даних Sentinel-2 Land Cover, що забезпечує деталізовану класифікацію поверхні за сучасними супутниковими спостереженнями.

Далі було виконано упорядкування класів у зручний для моделювання

вигляд. На основі цього виділено сім основних категорій земного покриву, характерних для території області:

- водні об'єкти;
- затоплена рослинність;
- райони забудови;
- сільськогосподарські угіддя;
- пасовища;
- лісові масиви;
- оголені або слаборослинні поверхні.

Кожному з цих класів зрештою було присвоєно оцінку за рівнем сприяння або протидії формуванню повенеких процесів. Наприклад, водно-болотні угіддя, оголені ґрунти та заплавні поверхні отримали підвищені значення, оскільки такі території нині мають тенденцію до накопичення води. Натомість забудовані території та лісові масиви отримали нижчі значення, відображаючи їхню відносно більшу стабільність або інфільтраційні можливості. Дані landcover таким чином були приведені у формат, придатний для подальшої перекласифікації та інтеграції з іншими факторами.

Оброблений шар земного покриву став одним із основних тематичних компонентів моделі, відображаючи просторову структуру використання території та її чутливість до поверхневого стоку (рис. 3.3).

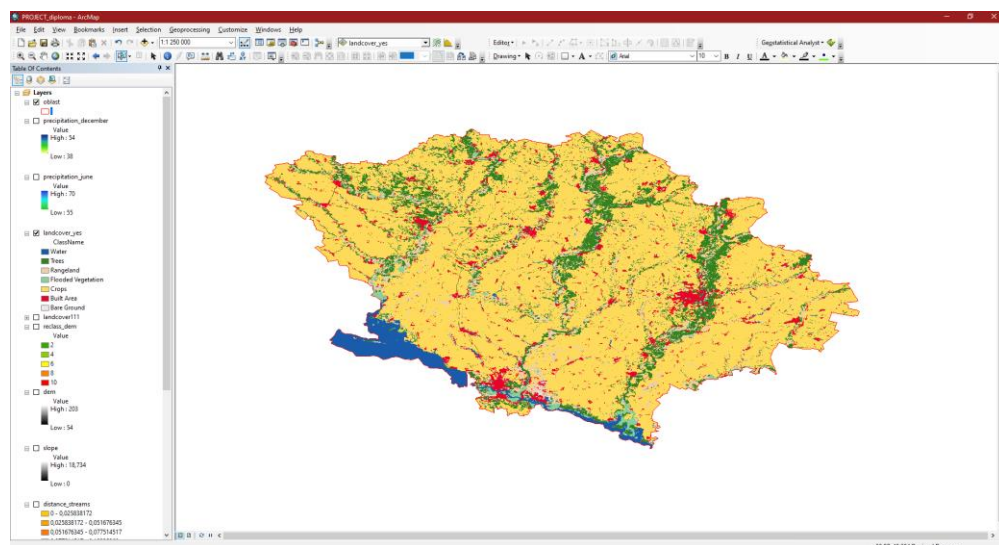


Рис. 3.3. Оброблений шар земного покриву

Наступним етапом стало підготовлення кліматичних даних про середньомісячну кількість опадів, що використовуються як окремий фактор моделі вразливості територій до повеней. Для дослідження застосовано дані глобальної кліматичної моделі WorldClim, яка широко використовується у ГІС-аналізі завдяки просторовій деталізації та доступності для різних регіонів світу. Обрано показники опадів саме за червень, оскільки це місяць з максимальним рівнем атмосферного зволоження для Полтавської області, що відображає період найбільш ймовірного виникнення літніх повеней.

У подальшому опади використовуються у вигляді окремого растрового шару, який виступає кліматичним навантаженням у моделі (рис. 3.4). Це навантаження відіграє визначальну роль у періоди сильних злив і суттєво впливає на масштаби потенційного поверхневого стоку. Саме тому значення опадів були перенесені до подальших етапів перекласифікації, де їм було присвоєно градації, що відображають інтенсивність їхнього внеску у формування повеневого ризику.

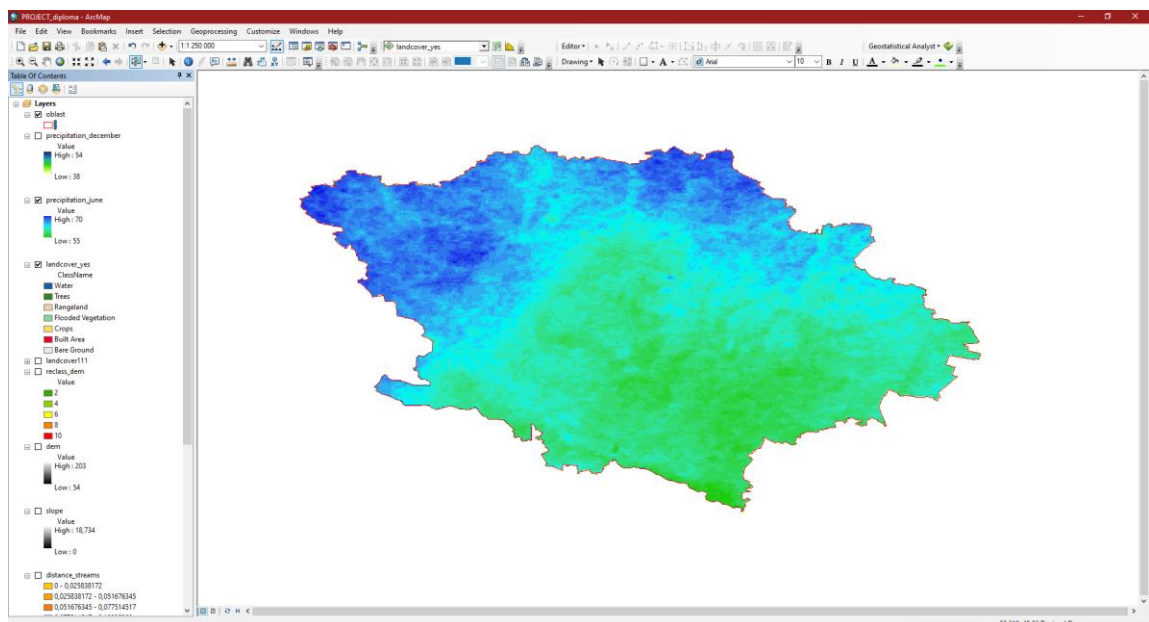


Рис. 3.4. Растровий шар опадів за червень

Для підвищення наочності просторових даних та кращої інтерпретації морфометричних особливостей поверхні території було побудовано растровий шар тіншового рельєфу (hillshade) (рис. 3.5). Цей шар виконує допоміжну, але

важливу роль у картографічному оформленні результатів, оскільки дозволяє підкреслити особливості рельєфу, які важко помітити на стандартних висотних або похилих моделях.

Hillshade створюється шляхом моделювання взаємодії поверхні з уявним джерелом світла, що дає змогу візуально відокремити підвищення, пониження та напрямки схилів. На рівнинній території Полтавської області, де абсолютні перепади висот є порівняно невеликими, використання тіньового рельєфу є особливо доречним: він дозволяє виразно відобразити навіть слабкі зміни форми поверхні, які можуть впливати на закономірності накопичення води під час інтенсивних опадів.

Хоча hillshade не бере безпосередньої участі у математичній частині моделювання ризику повеней, його застосування є важливим етапом візуалізації. Він був використаний як фоновий шар під час побудови кінцевої карти зон ризику, що дало змогу краще співставити результати моделювання з реальними морфометричними формами рельєфу. Це також сприяло підвищенню читабельності картографічних матеріалів і спростило аналіз виділених зон ризику.

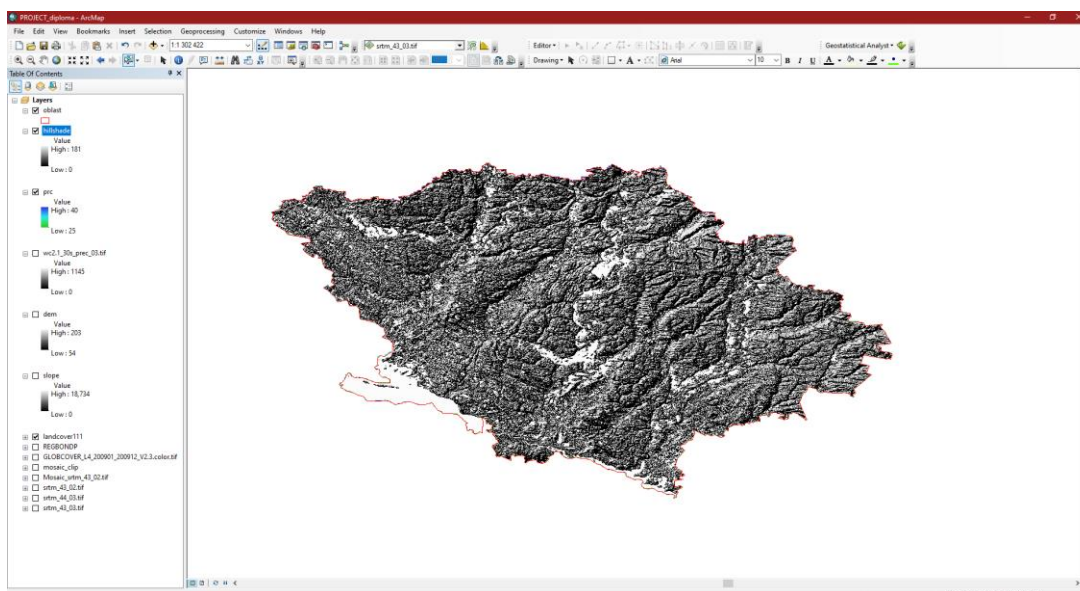


Рис. 3.5. Растровий шар тіньового рельєфу

Після обробки рельєфних і тематичних даних наступним ключовим етапом стало відтворення моделі поверхневого стоку та отримання похідних

гідрологічних характеристик. Цей етап є фундаментальним у контексті аналізу ризику повеней, оскільки дозволяє визначити закономірності руху води по території, локальні зони акумуляції та природні канали концентрації потоку. Для цього використано стандартні інструменти гідрологічного моделювання, що працюють на основі цифрової моделі рельєфу.

Розрахунок Flow Direction дав змогу встановити напрямок потенційного переміщення поверхневих вод у кожній точці території (рис. 3.6.). Це продемонструвало, що загальна орієнтація стоку території тяжіє до долин основних річок - Псла, Ворскли, Хоролу та Сули. Що підтверджує природну роль цих долин як основних дренажних артерій, що приймають більшу частину поверхневих вод під час інтенсивних дощів.

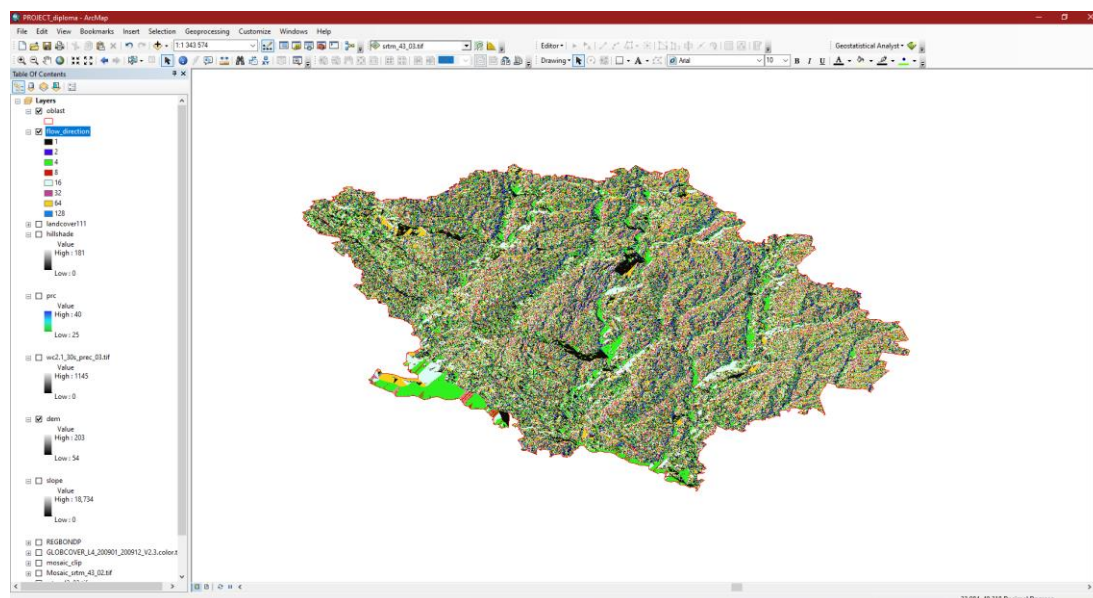


Рис. 3.6. Модель напрямку стоку

Тож далі на основі шару напрямків стоку було розраховано растр Flow Accumulation, який показує кількість поверхневого стоку, що потенційно накопичується в кожній комірці цифрової моделі рельєфу. Високі значення цього показника утворюють лінійні структури, що відповідають природним шляхам концентрації води під час інтенсивних опадів. Такий растр дозволив чітко виявити як основні річкові долини, так і дрібні водостічні форми рельєфу – балки, яри та тимчасові потоки.

На основі отриманого поля накопичення стоку було виконано виділення водотоків шляхом застосування порогового значення, яке дає змогу відокремити ті ділянки, де обсяг потенційного стоку є достатнім для формування стабільного або сезонно активного водного потоку. У результаті сформовано деталізовану модель гідромережі, що доповнює офіційні картографічні дані та відображає фактичну структуру руху води на поверхні.

Після виділення водотоків наступним кроком стало визначення відстані від кожної точки території до найближчого водотоку. Для цього було застосовано інструмент Euclidean Distance, що формує неперервне поле відстаней, у якому мінімальні значення відповідають безпосередньо прибережним зонам, а максимальні – віддаленим ділянкам вододільних поверхонь.

У контексті моделі ризику повеней цей параметр відіграє важливу роль: території, розташовані близько до водотоків або в їхніх заплавах зонах, мають значно вищий потенціал затримувати й акумулювати потоки води під час інтенсивних дощів. Водночас віддалені ділянки частіше виступають джерелами стоку, а не зонами його концентрації.

Створений шар відстаней став одним із ключових факторних шарів у подальшій інтеграційній моделі, оскільки він формалізує просторову взаємодію територій з гідрографічними елементами (рис. 3.7).

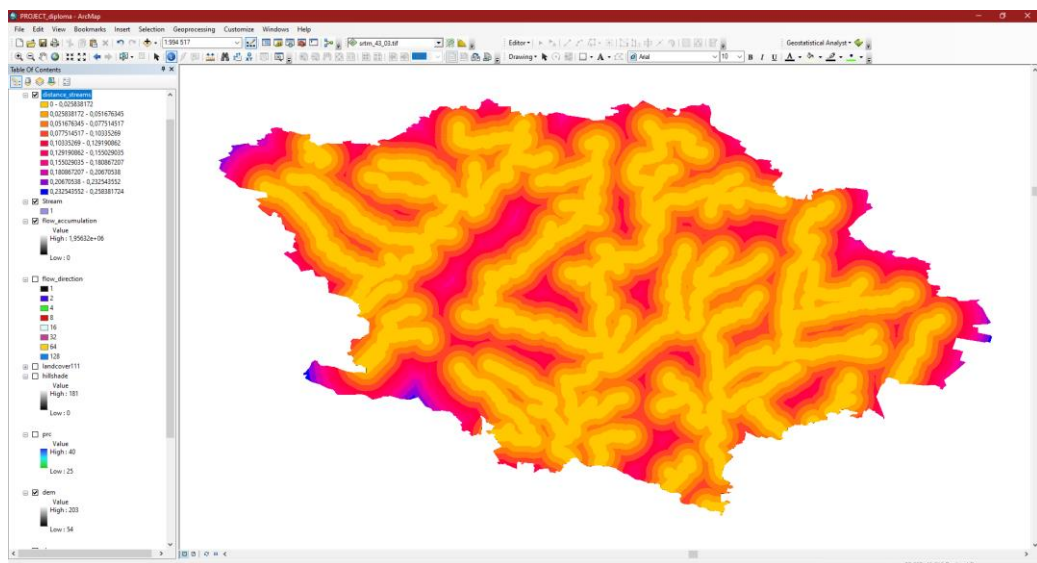


Рис. 3.7. Шар близькості до водотоків

Отримані факторні шари – похили поверхні, типи земного покриття,

кількість опадів та відстань до водотоків – представлені у різних одиницях вимірювання, діапазонах значень і форматах. Для інтеграції їх у єдину модель ризику повеней необхідно привести їх до спільної оціночної шкали, яка дозволяє виразити вплив кожного фактора у порівнянній формі. Саме тому на цьому етапі було здійснено перекласифікацію значень кожного шару за п'ятибальною системою, де категорії ризику відповідали значенням 2, 4, 6, 8 та 10 балів – від найнижчого до найвищого внеску у ризик.

Для шару ЦМР та крутості схилів нижчі значення були віднесені до вищих рівнів ризику, оскільки пологі поверхні сприяють накопиченню води, тоді як круті схили забезпечують швидке відведення стоку. Таким чином, ділянки зі слабкими ухилами отримали високі бали, тоді як схили з вираженим градієнтом – мінімальні.

Перекласифікація *landcover* здійснювалася з урахуванням гідрологічних властивостей кожного типу поверхні. Водно-болотні угіддя, заплавні території та оголені ґрунти отримали максимальні оцінки ризику, оскільки є природними зонами акумуляції води. Лісові масиви та забудовані території характеризувалися нижчими балами, що відображає їхні вищі інфільтраційні або дренажні характеристики.

Для шару опадів застосовано градацію, яка враховує інтенсивність зволоження території: більші значення середньомісячних червневих опадів відповідали вищим оцінкам. У такий спосіб кліматичний фактор також було приведено до формату, придатного для подальшої інтеграції.

Шар *distance*, що відображає відстань до водотоків, також був перекласифікований: мінімальні відстані отримали максимальні значення ризику, тоді як віддалені ділянки – мінімальні. Це дозволило формалізувати взаємозв'язок між територією та ймовірністю швидкого надходження або переповнення водних потоків.

Завдяки перекласифікації всі фактори були приведені до єдиної оціночної шкали, що забезпечило можливість їхнього подальшого зважування та інтеграції

в комплексну модель оцінки ризику повеней (рис. 3.8).

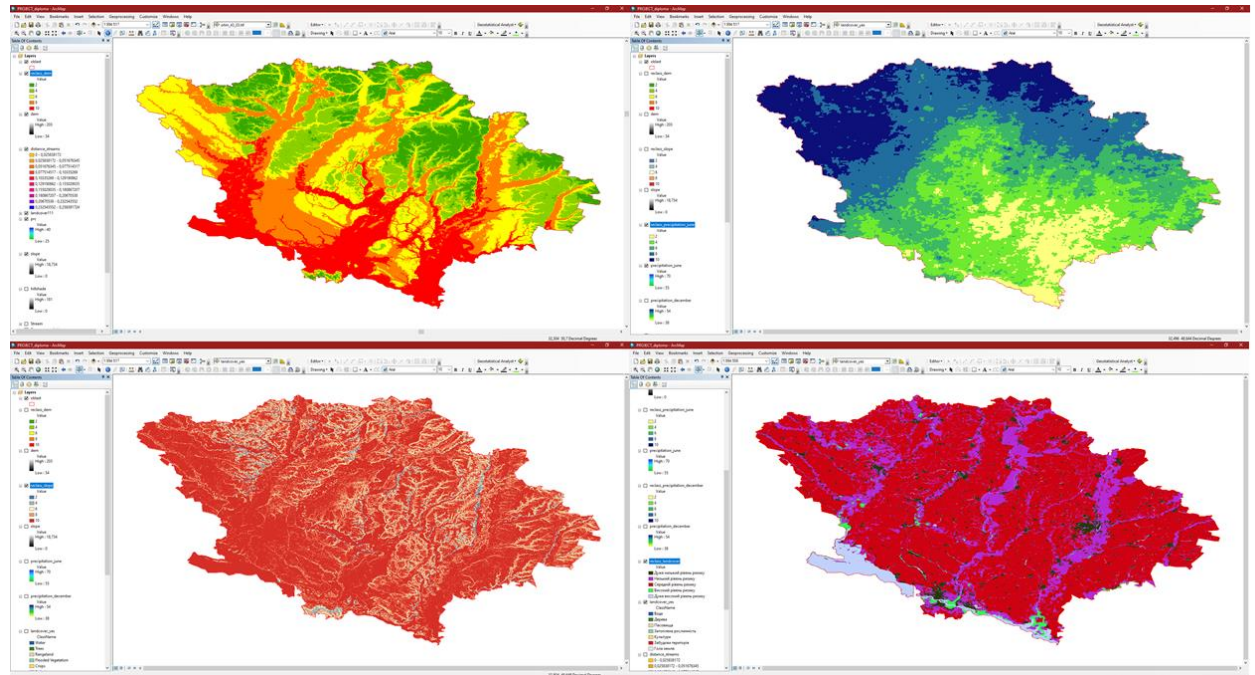


Рис. 3.8. Факторні шари у спільній п'ятибальній системі

Наступним етапом аналізу стало об'єднання цих даних у комплексну модель за допомогою інструмента Weighted Sum. Цей метод дозволяє поєднати просторові дані в єдиний растр, де кожному пікселю присвоюється інтегральний показник ризику повеней.

Під час інтеграції факторів у моделі було застосовано вагові коефіцієнти, що відображають відносний вплив кожного просторового критерію на формування ризику повеней. Ваги були визначені на основі поєднання літературних рекомендацій, поширених у регіональних моделях flood hazard mapping, досвід інших дослідників, а також особливостей природних умов території дослідження. У підсумку було використано такі значення ваг: інтенсивність опадів – 35%, близькість до водотоків – 30%, похили поверхні – 15%, типи земного покриття – 10%, висота (ЦМР) – 10% (рис. 3.9.). Такий розподіл відображає провідну роль кліматичного навантаження у формуванні повеней, а також важливість заплавної зон і руслових систем як основних територій концентрації поверхневих вод. Морфометричні показники та ландшафтні характеристики, з огляду на відносну рівнинність Полтавської

області, мають менший, але все ж суттєвий внесок у формування інтегрального ризику.

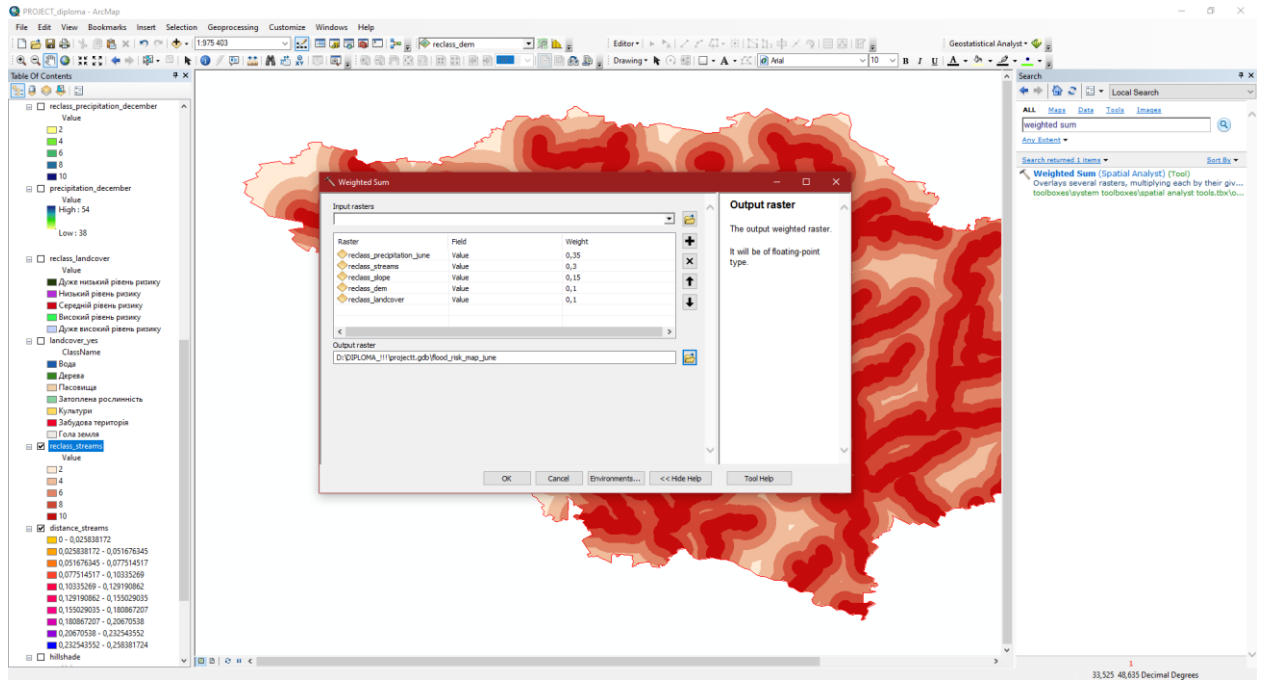


Рис. 3.9. Надання критеріям вагових коефіцієнтів

Процес інтеграції охоплював послідовне накладання перекласифікованих растрових шарів та обчислення суми їхніх вагових значень у кожній комірці. Таким чином, ділянки, де поєднуються низькі ухили, висока зволоженість, заплавні або слабо захищені типи земного покриття та близькість до водотоків, отримували максимальні результати. Навпаки, території з крутішими схилами, віддаленістю від водних об'єктів та більш стабільними ландшафтними характеристиками формували мінімальні значення.

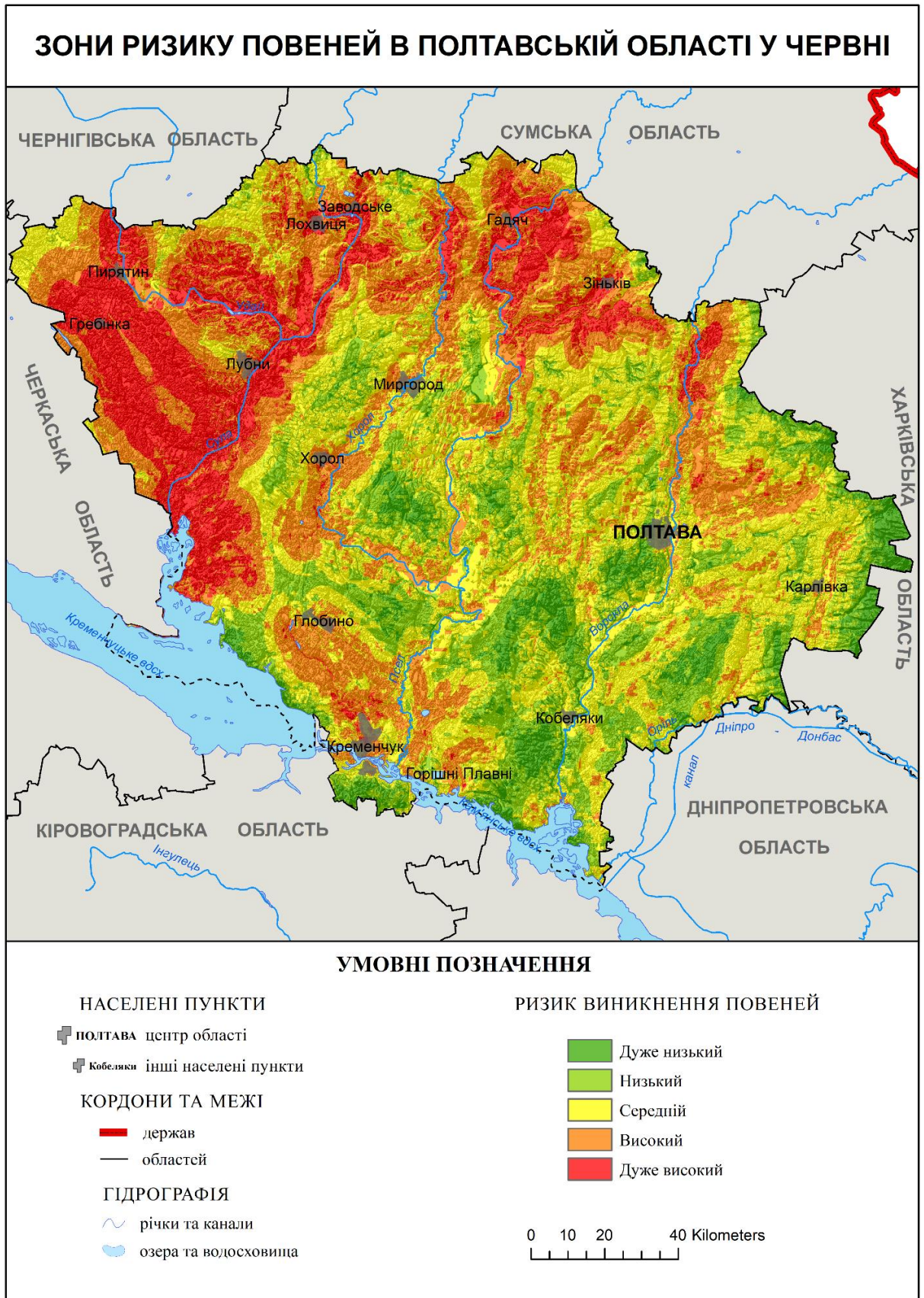


Рис. 3.10. Ризик повеней у Полтавській області у червні

Отриманий растр інтегрального ризику повеней став основою для подальшої класифікації. Тож за результатами виділено п'ять класів ризику – від дуже низького до дуже високого, які й стали підґрунтям для візуалізації результатів, тобто укладання карти. Така класифікація забезпечує простоту інтерпретації результатів та дає змогу чітко відобразити просторову неоднорідність ризиків у межах області.

Фінальний растровий шар був представлений у вигляді карти, яка поєднує результати гідрологічного моделювання та просторового аналізу тематичних характеристик засобами ГІС (рис. 3.10).

3.3. Аналіз укладеної карти, порівняння з гідрологічними особливостями басейну річки Хорол. Практичні рекомендації

Отримана карта ризику повеней відображає просторову структуру потенційної небезпеки в межах Полтавської області та демонструє, як комплекс природних чинників – рельєф, зволоження території, земний покрив та гідромережа – взаємодіють у процесі формування повеневих явищ, показуючи логічний взаємозв'язок між результатами моделювання та природними характеристиками території. Виділено п'ять класів ризику – від дуже низького до дуже високого – що дозволяє оцінити як загальні тенденції, так і локальні особливості. Врахування вагових коефіцієнтів, серед яких опади мають найбільшу частку (35%), значною мірою визначило просторову картину виділених зон ризику, особливо у північній та західній частинах області.

Саме кліматичний чинник став вирішальним у формуванні великих масивів територій із високим та дуже високим ризиком, що простягаються від північних районів (Гадяччини та Зіньківщини) до західних околиць області (Пирятинщина, Лубенщина). Ці території відзначаються найбільшими сумарними червневими опадами, що підтверджує модель WorldClim і відображено на карті розподілу зволоження. За таких умов навіть помірні ухили

поверхні можуть недостатньо швидко відводити поверхневий стік, а локальні пониження здатні стрімко перетворюватися на зони акумуляції води.

Високоризикові ділянки у долинах Псла, Сули, Ворскли й Хоролу, а також прибережних ділянок Кременчуцького водосховища теж логічно відповідають закономірностям моделі. Тут поєднуються кілька факторів: мінімальні ухили, близькість до водотоків, сезонно підвищена вологість ґрунтів та інтенсивні літні опади. Особливо контрастно це простежується на ділянках нижньої течії Псла й Сули, де модель виразно виділяє червоні й помаранчеві зони. Тож результати моделювання підтверджують природну роль цих територій як зон акумуляції та каналу концентрації поверхневих вод під час інтенсивних опадів.

У центральній частині області карта демонструє мозаїчний характер ризиків. Ця строкатість відображає різноманітність морфометричних і ландшафтних характеристик: хвилясті вододіли поєднуються з невеликими пониженнями, що створює локальні контрасти у ризику повеней навіть на обмежених площах. Також свою роль відіграє просторовий розподіл опадів, який у центральній частині є більш рівномірним.

Порівняно низькі ризики характерні для південного сходу області – цей регіон має меншу червневу зволоженість, більшій частині площ властиві стабільніші форми рельєфу та кращі умови для інфільтрації. Лісові масиви та віддаленість від річкових заплавл також сприяють формуванню великих зелених зон низької небезпеки.

Отже, фактична структура ризику повеней на отриманій карті є результатом взаємодії всіх факторів моделі, однак видно, що саме кліматичний чинник (опади) відіграє ключову роль у формуванні великих ареалів високого ризику, тоді як рельєф, земний покрив і близькість до потоків уточнюють локальні контрасти та визначають конкретні ділянки можливих повеней.

Басейн річки Хорол є одним із ключових гідрологічних елементів Полтавської області, і його морфологічні особливості безпосередньо впливають на просторовий розподіл ризиків, визначених моделлю. Хорол має доволі

розгалужену мережу приток, витягнуту долину та характеризується середньою величиною схилів у верхній та середній течії, що створює складні умови для формування поверхневого стоку під час інтенсивних опадів.

У межах басейну чітко простежуються широкі заплави, які в окремих ділянках розширюються до кількох кілометрів. Їм притаманна підвищена зволоженість ґрунтів, значний вміст делювіальних та лучних відкладів і майже непомітні ухили, що сприяє тривалому затриманню води. У нижній частині течії, поблизу Хорола та Миргорода, спостерігаються також локальні пониження заплавної поверхні, які під час літніх злив швидко насичуються водою та можуть формувати тимчасові періоди підтоплення. У моделі ці ділянки відповідають зонам високого ризику, що підтверджує коректність використаних морфометричних і гідрологічних факторів.

Дані моделювання напрямків стоку (Flow Direction) та накопичення стоку (Flow Accumulation), отримані під час аналізу басейну, дозволяють побачити, що не лише головне русло Хоролу, але й численні дрібні водотоки та тимчасові потічки формують густу мережу каналів концентрації поверхневих вод. Частина з них не відображена у стандартних гідрографічних наборах, однак вони активно функціонують під час періодів злив, спрямовуючи стік у заплавні та надзаплавні тераси. Саме ці малі водотоки часто стають каталізатором локальних повеней, що повністю узгоджується з виділеними моделлю помаранчевими зонами вздовж заплави.

Важливою характеристикою басейну є його вододільна будова. Результати власного аналізу вододілів, показують, що більшість водозбірних ділянок Хоролу мають асиметричну форму (рис. 3.11) [70]. Західні та південно-західні схили відрізняються більшими ухилами, тоді як східні схили більш пологі. Така морфологічна асиметрія спричиняє нерівномірне надходження стоку: ділянки з крутішими схилами швидше передають зливовий стік у долину, тоді як пологі схили сприяють його накопиченню, що й відображено ділянкою високого ризику у південно-східній частині течії річки Хорол. У результаті модель виявляє

підвищені ризики не лише вздовж головного русла Хоролу, а й у передзаплавних ділянках, де формується проміжна акумуляція води.

Особливу увагу заслуговує аналіз порядку водотоків за Стралером, проведений під час попереднього гідрологічного дослідження. Переважання водотоків 1-го та 2-го порядку свідчить про високу щільність дрібної гідромережі, яка значною мірою визначає поведінку поверхневого стоку. Саме ці водотоки часто формують дрібні балки й улоговини, що підсилюють схильність територій до різких стрибків водного навантаження під час сильних літніх дощів. На карті ризику такі ділянки утворюють мозаїку зон середнього та високого ризику, що простягаються вздовж бічних приток Хоролу.

Загалом результати гідрологічного аналізу басейну повністю узгоджуються з даними інтегральної моделі ризику повеней. Усі структурні елементи – ширина заплави, морфологія схилів, конфігурація вододілів, густина малих потоків – знаходять просторове відображення у виділених моделлю червоних та помаранчевих зонах уздовж річкової системи Хоролу.

Порівняння результатів інтегрального моделювання ризику повеней із гідрологічними особливостями басейну річки Хорол засвідчує високу відповідність просторових закономірностей, визначених у ГІС-аналізі, реальній структурі поверхневого стоку. Така відповідність підтверджує, що модель коректно відображає ключові природні процеси, які лежать в основі формування повеней у регіоні.

Насамперед слід відзначити, що модель виділила високі ризики вздовж середньої та нижньої течії Хоролу, що збігається з морфологією його заплавної системи. Саме ці ділянки відзначаються найменшими ухилами, високою водонасиченістю ґрунтів та значною шириною заплави, що створює сприятливі умови для накопичення поверхневих вод у період інтенсивних опадів. Модель насамперед чітко реагує на ці параметри завдяки високому ваговому коефіцієнту близькості до водотоків, який в даному випадку є провідним чинником у формуванні кінцевого результату.



Рис. 3.11. Басейн річки Хорол

Гідрологічний аналіз показує, що басейн Хоролу характеризується густою мережею дрібних водотоків, хоча більшість з них не відображені у традиційних картографічних джерелах, однак активно формують поверхневий стік. У моделі ці водотоки були відтворені за допомогою Flow Direction та Flow Accumulation, що дозволило представити їх як значущі елементи стікання води у заплаву.

Зіставлення карти ризику з вододільною структурою Хоролу демонструє, що модель точно відтворює особливості стікання води з асиметричних схилів басейну. Західні ділянки, де ухили є більш вираженими, отримали переважно середні значення ризику, тоді як пологі східні схили – підвищені. Це дійсно відповідає природним процесам: швидкий схиловий стік на крутіших ділянках сприяє меншим накопиченням води, тоді як пологі поверхні забезпечують уповільнення й концентрацію стоку в локальних зниженнях.

Таким чином, зіставлення теоретично змодельованих зон ризику повеней із характеристиками басейну Хоролу дозволяє стверджувати, що модель є не лише математично узгодженою, але й порівняльно обґрунтованою. Вона коректно відображає морфометрію території, логіку формування стоку, роль дрібних водотоків та просторову структуру заплавних і надзаплавних комплексів, що є визначальними у формуванні повеневих процесів у регіоні.

Результати моделювання ризику повеней у Полтавській області та аналіз гідрологічних особливостей басейну річки Хорол дають змогу сформувати комплекс рекомендацій, спрямованих на зниження вразливості території до надмірних водних навантажень. Особлива увага приділяється заплавним ландшафтам, малим водотокам та територіям, де поєднання морфометричних та кліматичних чинників формує найбільшу небезпеку.

1. Управління заплавами великих річок (Псел, Хорол, Ворскла, Сула)

Зони дуже високого ризику, виявлені моделлю, зосереджені переважно в межах заплав та надзаплавних терас. Для цих територій рекомендовано:

- обмеження нової капітальної забудови в межах заплави та прибережних захисних смуг;

- збереження та розширення водно-болотних угідь, які виконують роль природних акумуляторів води;
- регулярне очищення та підтримання прохідності русел малих приток, що впадають у великі річки;
- заборона порушення заплавного рельєфу, оскільки штучні насипи та виїмки змінюють структуру стоку.

2. Підтримання та відновлення малих водотоків

Модель показала критичну роль малих річок і струмків, які утворюють густу мережу каналів концентрації поверхневого стоку. Багато з них частково замулені або зарослі, що зменшує їхню водопропускну здатність. Тому рекомендується:

- розчищення русел малих річок та потоків, особливо тих, що проходять через населені пункти;
- запобігання заростання та замуленню балкових систем;
- створення локальних мікрозатримуючих структур у верхів'ях потоків для зменшення пікового стоку;
- моніторинг дренажних каналів, які у багатьох районах області відіграють ключову роль у регулюванні рівня води.

3. Контроль використання земель у передзаплавних зонах

Ділянки, прилеглі до заплав, за моделлю віднесені до високого рівня ризику. Для таких територій актуальними є:

- регулювання сільськогосподарського використання земель у безпосередній близькості до русел;
- обмеження оранки та глибокої культивуації на ділянках зі слабким ухилом, де вода здатна акумулюватися;
- створення прибережних фільтраційних смуг з багаторічними травами або деревною рослинністю;
- запровадження зонального землекористування, яке враховує реальні гідрологічні умови.

4. Просторове планування і врахування ризику у містобудівній документації
Для міст і селищ Полтавської області, що розташовані в межах зон підвищеного ризику (Лубни, Гребінка, Миргород, Кременчук, Горішні Плавні, окремі райони Полтави), необхідно:

- включати карти ризику повеней до складу генеральних планів та детальних планів територій;
- встановлювати обмеження забудови у районах з високим ризиком;
- розробляти системи оперативного водовідведення для районів із хронічними проблемами акумуляції зливого стоку;
- проводити гідрологічні експертизи при плануванні інфраструктурних об'єктів у зонах ризику.

Ці кроки дозволять знизити негативні наслідки повеней у міських умовах і запобігти інфраструктурним втратам.

5. Подальший розвиток картографування ризиків

На основі отриманих результатів доцільно:

- проводити повторне сезонне моделювання ризику повеней для інших місяців з інтенсивним водним навантаженням;
- враховувати антропогенні зміни (урбанізація, меліоративні роботи, зміна структури землекористування);
- створити інтерактивну ГІС-платформу з оновлюваними даними, що дозволить оперативно оцінювати ризики.

Отже, комплексний геоінформаційний аналіз вразливості територій Полтавської області до повеней поєднав морфометричні, кліматичні, ландшафтні та гідрологічні дані в єдину інтегральну модель ризику. На основі цифрової моделі рельєфу, похідних гідрологічних характеристик, даних про земний покрив, інтенсивність опадів та відстань до водотоків створено багатофакторну оціночну модель методом *Weighted Sum*. Це дозволило отримати картографічне відображення рівнів ризику, яке точно передає складні просторові закономірності поверхневого стоку та зливових процесів.

Створена карта зон ризику повеней виявила чітку просторову структуру небезпечних ділянок. Найвищі рівні ризику притаманні заплавам Псла, Ворскли, Сули та Хоролу, а також північним і західним районам області, де спостерігаються максимальні значення червневих опадів. Мозаїчність ризиків у центральній частині та переважання низьких значень на південному сході підтверджують значний вплив поєднання рельєфних і кліматичних чинників.

Додатковий аналіз басейну річки Хорол, проведений як локальна перевірка моделі, підтвердив обґрунтованість отриманих результатів. Морфологія заплави, густота дрібних водотоків, конфігурація вододілів та особливості ухилів відтворюються у моделі з високою точністю, що засвідчує її придатність до оцінювання ризику повеней не лише в регіональному, а й у локальному вимірі.

Запропоновані рекомендації щодо мінімізації ризиків – від регулювання використання заплавлених територій до відновлення малих водотоків та удосконалення системи просторового планування – визначають напрями практичного застосування отриманих результатів у сфері управління водними ландшафтами.

Узагальнюючи, отримані результати засвідчують високу ефективність ГІС-інструментів для моделювання ризику повеней у межах Полтавської області. Інтегральний підхід, що поєднує різні характеристики, дозволив комплексно оцінити взаємодію природних чинників і сформувавши науково обґрунтовані пропозиції щодо зменшення негативних наслідків повеней. Такий підхід може слугувати основою для подальшого вдосконалення системи управління водними ландшафтами, просторового планування та підвищення стійкості територій до повеневих процесів.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено комплексне дослідження просторової вразливості територій Полтавської області до повеней із використанням геоінформаційних технологій, що дало змогу вирішити всі поставлені завдання та дійти наступних висновків:

1. Аналіз наукових джерел показав, що повені є складним багатофакторним природним процесом, інтенсивність і частота якого зростають під впливом кліматичних змін, антропогенної трансформації ландшафтів та урбанізації. Встановлено, що визначальними чинниками розвитку повеней є морфологія рельєфу, структура водозборів, режим опадів, стан ґрунтово-рослинного покриву та просторові особливості землекористування.

2. Вивчення природно-географічних умов Полтавської області дозволило визначити, що рельєф, кліматичні характеристики, будова гідрографічної мережі та неоднорідність ґрунтів створюють передумови для формування як сніготалих, так і зливових повеней. Найвищий ризик характерний для територій із широкими заплавами, локальними пониженнями та ділянок, де поєднуються глинисті породи з низинним рельєфом.

3. Узагальнення та підготовка просторових даних засвідчили, що характеристика повенебезпечних територій може бути достовірно надана на основі комплексного залучення ЦМР, даних про ухили, структуру земного покриву, опади та моделей поверхневого стоку. Гармонізація цих даних у єдиній ГІС-системі забезпечила точність подальшого моделювання та просторового аналізу.

4. Побудована інтегральна ГІС-модель показала, що поєднання морфометричних, ландшафтних і кліматичних чинників дозволяє виділити п'ять рівнів ризику – від дуже низького до дуже високого. Найбільш небезпечними виявилися північні та західні райони Полтавської області, де поєднання підвищених опадів, густої яружно-балкової сітки та близькості до водотоків

формує сприятливі умови для розвитку інтенсивного поверхневого стоку.

5. Локальний гідрологічний аналіз басейну річки Хорол продемонстрував, що будова водозбору, густина малих водотоків і характер схилів суттєво впливають на просторовий розподіл потенційно небезпечних ділянок. Результати показали високу відповідність між фактичними природними характеристиками басейну та найризикованішими зонами, виділеними моделлю.

6. Аналіз укладеної карти вразливості показав, що найбільша ймовірність розвитку повеней зосереджена в заплавах великих річок, у локальних пониженнях рельєфу та в районах із інтенсивним антропогенним навантаженням. Визначено пріоритетні напрями мінімізації ризиків: регулювання забудови в прибережних зонах, підтримання функціональності малих водотоків, удосконалення системи територіального планування та впровадження природоорієнтованих рішень для підвищення стійкості ландшафтів.

Отримані результати підтверджують ефективність застосування ГІС-технологій для оцінювання повеневого ризику та демонструють можливість використання інтегральних моделей для регіонального аналізу небезпечних гідрометеорологічних явищ. Матеріали дослідження можуть бути застосовані в екологічному моніторингу, територіальному плануванні, природоохоронній діяльності та розробці заходів щодо зменшення негативних наслідків повеней у Полтавській області.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням ГІС-моделі шляхом врахування додаткових факторів – зокрема антропогенних змін ландшафтів, показників інфільтраційних властивостей ґрунтів, максимальної інтенсивності короточасних опадів та характеристик урбанізованих територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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).
2. IPCC. Climate Change : The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2021.
3. Alejandro López. Floods cause death and destruction across Europe. *World Socialist* : веб-сайт. URL : <https://www.wsws.org/en/articles/2023/09/08/svzh-s08.html> (дата звернення : 20.11.2024).
4. Floods and their causes. *UNICEF* : веб-сайт. URL : https://www.unicef.org/parenting/emergencies/flood-safety-information?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAuou6BhDhARIsAIfgrn5BvJWefEkkb32gwFjdGkJqR3BvS6UXtb_jGFcL6MedYJkLmbny-IIaAhFrEALw_wcB (дата звернення : 20.11.2024).
5. Flood Statistics and Economic Impact. *Statista* : веб-сайт. URL : <https://www.statista.com/> (дата звернення : 20.11.2024).
6. Floods and Their Impact on Society. *World Meteorological Organization* : веб-сайт. URL : <https://wmo.int/> (дата звернення : 20.11.2024).
7. Ritchie H., Rosado P. Natural Disasters and Their Global Impact. *Our World in Data* : веб-сайт. URL : <https://ourworldindata.org/natural-disasters> (дата звернення : 20.11.2024).
8. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. *EM-DAT: The International Disaster Database* : веб-сайт. URL : <https://www.emdat.be/> (дата звернення : 20.11.2024).
9. Childs J. W. Europe Flooding From Storm Daniel Kills At Least 21. *The Weather Channel* : веб-сайт. URL : <https://weather.com/news/news/2023-09-05-flooding-spain-greece-turkey-bulgaria-europe> (дата звернення : 20.11.2024).

10. Paul F. Hudson. Flood Basins and Deltas. *Cambridge University Press* : веб-сайт. URL : <https://www.cambridge.org/core/books/abs/flooding-and-management-of-large-fluvial-lowlands/flood-basins-and-deltas/D84CC6E57DCDAAE9766A8B7F22104E79> (дата звернення : 20.11.2024).

11. Jessica Merzdorf. Climate Change Could Trigger More Landslides in High Mountain Asia. *Climate.NASA* : веб-сайт. URL : <https://climate.nasa.gov/news/2951/climate-change-could-trigger-more-landslides-in-high-mountain-asia/> (дата звернення : 20.11.2024).

12. Mountains vulnerable to extreme rain from climate change. *ScienceDaily* : веб-сайт. URL : <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/06/230628130404.htm> (дата звернення : 20.11.2024).

13. Bangladesh Floods 2023: Impact and Causes. *Channel News Asia* : веб-сайт. URL : <https://www.channelnewsasia.com/asia/bangladesh-floods-river-monsoon-stranded-killed-homes-infrastructure-damaged-india-dam-4561081> (дата звернення : 20.11.2024).

14. Kathryn Hansen. Yangtze Dams Spill Water. *Earth Observatory* : веб-сайт. URL : <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147013/yangtze-dams-spill-water> (дата звернення : 20.11.2024).

15. Extreme floods across Asia reflect a growing pattern of uncertainty. *The Business Standard* : веб-сайт. URL : <https://www.tbsnews.net/features/panorama/extreme-floods-across-asia-reflect-growing-pattern-uncertainty-952061> (дата звернення : 20.11.2024).

16. Zhang P., Mao J., Tian M., Dai L., Hu T. The Impact of the Three Gorges Dam on Water Exchange Between the Yangtze River and Poyang Lake. *Earth Science*. 2022, Vol. 2.

17. Guiping W., Yuanbo L. Assessment of the Hydro-Ecological Impacts of the Three Gorges Dam on China's Largest Freshwater Lake. *MDPI* : веб-сайт. URL : <https://www.mdpi.com/2072-4292/9/10/1069> (дата звернення : 20.11.2024).

18. UTEP researchers partner with Bhutanese scientists to study glacial flooding. *EurekAlert* : веб-сайт. URL : <https://www.eurekalert.org/news-releases/1065470> (дата звернення : 20.11.2024).

19. How Climate Change Is Disrupting the Global Supply Chain. *YaleEnvironment360* : веб-сайт. URL : <https://e360.yale.edu/features/how-climate-change-is-disrupting-the-global-supply-chain> (дата звернення : 20.11.2024).

20. Emerson Liu. Port congestions underscore supply chain vulnerability. *HinrichFoundation* : веб-сайт. URL : <https://www.hinrichfoundation.com/research/article/trade-and-geopolitics/port-congestions-underscore-supply-chain-vulnerability/> (дата звернення : 20.11.2024).

21. Flood Risk Management Plan Rhine and report on flood risk analysis published. *IKSR* : веб-сайт. URL : <https://www.iksr.org/en/public-relations/messages/messages-individual-presentation/flood-risk-management-plan-rhine-and-report-on-flood-risk-analysis-published> (дата звернення : 21.11.2024).

22. London Sustainable Drainage Action Plan. *London City Hall* : веб-сайт. URL : <https://www.london.gov.uk/programmes-and-strategies/environment-and-climate-change/climate-change/surface-water/london-sustainable-drainage-action-plan> (дата звернення : 21.11.2024).

23. Paris Urban Flood. *ThinkHazard* : веб-сайт. URL : <https://thinkhazard.org/en/report/16280-france-ile-de-france-paris/UF> (дата звернення : 21.11.2024).

24. Today in Dutch history: the tragic Watersnoodramp flooding of 1953. *DutchReview* : веб-сайт. URL : <https://dutchreview.com/culture/watersnoodramp-flooding-history/> (дата звернення : 21.11.2024).

25. September floods: EU's CEMS forecasts and maps helped response and aid efforts. *EU Science Hub* : веб-сайт. URL : https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/september-floods-eus-cems-forecasts-and-maps-helped-response-and-aid-efforts-2023-10-06_en (дата звернення : 21.11.2024).

26. Flood prevention. *Umweltbundesamt* : веб-сайт. URL : <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/extreme-events-climate-change/floods/flood-prevention#more-space-for-rivers> (дата звернення : 21.11.2024).

27. Roshni Majumdar. Over 600 killed in catastrophic Nigeria flooding. *DW* : веб-сайт. URL : <https://www.dw.com/en/nigeria-over-600-killed-in-catastrophic-flooding/a-63458150> (дата звернення : 21.11.2024).

28. Devastating Flooding in East Africa. *Earth Observatory* : веб-сайт. URL : <https://earthobservatory.nasa.gov/images/152108/devastating-flooding-in-east-africa?linkId=250055439> (дата звернення : 21.11.2024).

29. Flooding in the Sahel countries: what impact on agriculture and food security? *FAO* : веб-сайт. URL : <https://www.fao.org/africa/news-stories/news-detail/flooding-in-the-sahel-countries--what-impact-on-agriculture-and-food-security/en> (дата звернення : 21.11.2024).

30. Tom Barnes. Cyclone Idai: Mozambique, Malawi and Zimbabwe devastated after one of southern hemisphere's worst ever weather disasters. *Independent* : веб-сайт. URL : <https://www.independent.co.uk/news/world/africa/cyclone-idai-mozambique-floods-death-toll-zimbabwe-malawi-ocean-a8830221.html> (дата звернення : 21.11.2024).

31. Davies R. South Sudan – Over 800,000 Affected by Worst Flooding in 60 Years. *FloodList* : веб-сайт. URL : <https://floodlist.com/africa/south-sudan-floods-update-december-2021> (дата звернення : 21.11.2024).

32. Hurricane Katrina. *Britannica* : веб-сайт. URL : <https://www.britannica.com/event/Hurricane-Katrina> (дата звернення : 21.11.2024).

33. Byrd D., Forister P. Hurricane Ian devastates Florida's Gulf Coast. *EarthSky* : веб-сайт. URL : <https://earthsky.org/earth/hurricane-ian-september-2022-florida-us-east/> (дата звернення : 21.11.2024).

34. Jaden Harper. The Great Flood of 1993. *Jefferson City* : веб-сайт. URL : <https://jeffersoncitymag.com/the-great-flood-of-1993/> (дата звернення : 21.11.2024).

35. Meagan Wilson. Risk of Flooding in a Growing Landscape. *Story Maps* : веб-сайт. URL : <https://storymaps.arcgis.com/stories/161df2d67f054f55b04e653dedcc2d48> (дата звернення : 21.11.2024).

36. Increased threat of springtime flood events nationwide through at least. *Crisis24* : веб-сайт. URL : <https://crisis24.garda.com/alerts/2023/04/canada-increased-threat-of-springtime-flood-events-nationwide-through-at-least-june-30> (дата звернення : 21.11.2024).

37. Review of Flood Situation 1998/2001 and Recommendations on Flood Management. *ULRMC* : веб-сайт. URL : <http://www.ulrmc.org.ua/services/zakarpattia/information.html> (дата звернення : 22.11.2024).

38. Лихо на мільярд: Західну Україну накрила повінь. *Gazeta* : веб-сайт. URL : <https://gazeta.ua/articles/np/liho-na-milyard-zahidnu-ukrayinu-nakrila-povin/1044323> (дата звернення : 22.11.2024).

39. Затоплені села біля Києва: що втратила Україна. *Вечірній Київ* : веб-сайт. URL : <https://vechirniy.kyiv.ua/news/56786/> (дата звернення : 22.11.2024).

40. Луценко О. Укргідрометцентр попередив про підтоплення нових населених пунктів. *TCH* : веб-сайт. URL : <https://tsn.ua/ukrayina/ukrgidrometcentr-poperediv-pro-pidtoplennya-novih-naselenih-punktiv-1574584.html> (дата звернення : 22.11.2024).

41. Сприяння скороченню ризиків та відновленню від стихійних лих в Україні. *UNDP* : веб-сайт. URL : <https://www.undp.org/uk/ukraine/projects/spryannya-skorochennyyu-ryzykiv-ta-vidnovlennyyu-vid-stykhiynykh-lykh-v-ukrayini> (дата звернення : 22.11.2024).

42. Huțanu E. Using 1D HEC-RAS Modeling and LiDAR Data to Improve Flood Hazard Maps Accuracy: A Case Study from Jijia Floodplain (NE Romania). *Water*. 2020. 8 p.

43. Basak I., Saaty T. Group decision making using the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*. 1993. 17, № 4-5. P. 101-109.
44. Directive 2007/60/EU of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks : Official Journal of the European Union. 2007. 288/27–49.
45. Directive 2000/60/EU of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy : Official Journal of the European Union. 2000. 327/1–73.
46. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. Київ : Знання, 2006. 511 с.
47. Денисик Г. Геоморфологія України. Вінниця : Власюк, 2011. 440 с.
48. Гопченко Є., Швець В. Гідрологія України. Київ : Вища школа, 1995. 336 с.
49. Бабіченко В. Клімат України. Київ : Наукова думка, 2003. 343 с.
50. Гравець В., Полупан М., Коваленко П. Ґрунти України. Київ : Вища школа, 2000. 256 с.
51. Маринич О., Пащенко В., Шищенко П. Природно-ландшафтні комплекси України. Київ : Вища школа, 1985. 256 с.
52. Тараріко Ю. О., Медведєв В. В., Лікман В. М. Агроєкологія. Київ : Знання, 2005. 367 с.
53. Гринь Г. М., Гаврилюк Ф. Ф., Тарасенко А. А. Меліорація земель. Київ : Урожай, 1990. 320 с.
54. Горелов М., Плахотнік В. Екологія міста. Київ : Либідь, 2008. 328 с.
55. Соболев В. С., Ломейко О. М. Інженерна геологія : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2010. 268 с.
56. Шульц В. Л., Білоконь Ю. М. Містобудування : підручник. Київ : Вища школа, 2003. 432 с.
57. Бондар О. І., Ткач В. П. Лісівництво : підручник. Київ : Вища школа, 2006. 544 с.

58. Шевчук А. В., Ромащенко М. І., Савчук Д. П. Екологія меліорованих ландшафтів. Київ : Урожай, 2002. 320 с.

59. Швець В. А., Чернобай Ю. М. Гідрологія України : навчальний посібник. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 312 с.

60. Український гідрометеорологічний центр. Клімат України: тенденції змін за останні десятиріччя : аналітичний огляд. Київ, 2021. 48 с.

61. Укргідрометеослужба. Літопис погоди України : архів гідрологічних спостережень (1945–1980). Київ, 1981. 240 с.

62. Український гідрометеорологічний центр. Небезпечні гідрометеорологічні явища в Україні за 1946–2020 роки : аналітичний огляд. Київ, 2021. 112 с.

63. Головне управління ДСНС у Полтавській області. Звіт про основні небезпечні гідрометеорологічні явища та надзвичайні ситуації у Полтавській області за 1990–2023 рр. Полтава, 2023. 56 с.

64. Український гідрометеорологічний центр. Небезпечні гідрометеорологічні явища в Україні за 1946–2020 роки : аналітичний огляд. Київ, 2021. 112 с.

65. Полтавська обласна державна адміністрація. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області за 2010–2023 роки. Полтава : Департамент екології ПОДА.

66. Поточна погода в Полтава. *Luft Time* : веб-сайт. URL : <https://time.luft.co.jp/uk/weather/europe/ukraine/poltava/precipitation> (дата звернення : 15.11.2025).

67. CGIAR-CSI SRTM. *SRTM Data* : веб-сайт. URL : <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> (дата звернення : 16.11.2025).

68. Global Land Cover (Sentinel-2). *ESRI ArcGIS Online* : веб-сайт. URL : <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cfcfb7609de5f478eb7666240902d4d3d> (дата звернення : 16.11.2025).

69. Global climate and weather data. *WorldClim* : веб-сайт. URL : <https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення : 16.11.2025).

70. Ковальчук В. В. Гідрологічний аналіз річки Хорол засобами ГІС. *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи* : зб. наук. праць. 2025. Вип. 17. С. 78–80.