

УДК: 551.4 : 504.4.06 : 556.16

Іван КОВАЛЬЧУК, Андрій МИХНОВИЧ

МОДЕЛЮВАННЯ ПАВОДКІВ У ДОЛИНІ ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА

У сточищі Верхнього Дністра найбільш паводкобезпечним регіоном є Передкарпаття і Верхньодністерська низовина. Ця частина долини Дністра була обрана в якості ключової ділянки для моделювання паводків за допомогою ГІС. Була оцінена сучасна система моніторингу за чинниками виникнення паводків і їхнім розвитком. Використовуючи гідрологічні й морфометричні дані і застосовуючи методи геоінформаційного моделювання була створена серія великомасштабних картографічних моделей, у тому й динамічних, які відображають особливості виникнення і проходження паводків у долині Дністра, зони затоплення і місця потенційного розмивання гребель. Верифікація створених комп'ютерних моделей засвідчила доволі високий рівень збігання розрахованих і реальних параметрів паводків, а також придатність для розв'язання практичних проблем протипаводкового захисту у сточищі Верхнього Дністра

Вступ. Паводок — фаза гідрологічного режиму річки, яка характеризується швидким, відносно короткотривалим підвищенням рівня води в річці під час сильних злив, тривалих дощів або інтенсивного танення снігу в період відлиги, на яке накладаються дощі. Від весняної повені паводок відрізняється складністю передбачення і несистематичністю виникнення.

Паводки й повені є характерними явищами для усіх річок, водозбори яких характеризуються нерівномірністю випадання атмосферних опадів. Сила паводків значною мірою залежить від суми, інтенсивності і тривалості атмосферних опадів або запасу води у сніговому покриві та інтенсивності утворення талих вод. У сточищі Дністра найбільш паводкобезпечними є долина Дністра в межах Передкарпаття, а також долини його гірських допливів при виході їх з гір на рівнину (рис. 1). Саме гірська частина регіону характеризується найбільшими сумами й інтенсивністю випадання дощів, які є головною передумовою виникнення паводків.

Суть небезпеки, яку становлять паводки у сточищі Дністра, полягає у виході, за високих рівнів, води з річища на заплаву і затопленні будинків, угідь, комунікацій та інших господарських об'єктів, які часто зведені на заплаві ріки. При цьому господарська діяльність у сточищі Дністра в останні десятиліття помітно підсилила вплив чинників, що призводять до виникнення і розвитку паводку, тим самим збільшивши частоту виникнення і силу останніх, а також масштаби завданих руйнувань.



Рис. 1. Територія досліджень

Аналіз даних гідрометеорологічних спостережень і літературних джерел свідчить, що в останні 100—120 років найвищими (за рівнем підвищення води) і катастрофічними (за руйнівними наслідками) були паводки в липні 1911, червні 1927, вересні 1941, серпні 1955, червні 1969, травні 1970, липні 1980, липні 1984, травні 1989, липні-серпні 1997, липні 1998, липні 2001 років.

Підвищення рівня води локально досягають 10 м, зони затоплення вимірюються десятками і сотнями квадратних кілометрів. Унаслідок прояву цієї стихії загинули сотні людей, були зруйновані тисячі будинків і десятки кілометрів комунікацій. Найчастіше потерпають від затоплення паводками

поселення в долині Дністра і його правих допливів на Верхньодністерській низовині: Липиці, Тершаків, Мости, Городківка, Тинів, Раделичі.

Останнім часом нами спільно з німецькими фахівцями з Центру досліджень агроландшафтів і землекористування (ZALF, Німеччина) [5] і фахівцями облводгоспу (Львів), проводиться великомасштабне комп'ютерне моделювання паводків у долині Дністра в рамках спільного німецько-українського дослідницького проекту „Трансформаційні процеси в регіоні Дністра (Західна Україна)“. Дослідження має за мету моделювання розвитку і проходження паводків та визначення можливих зон затоплення під час паводків різного забезпечення у долині Верхнього Дністра між містами Самбір і Розділ (див. рис. 1).

Для досягнення цієї мети виконувалися такі завдання:

- Оцінка ступеня забезпеченості дослідників інформацією про чинники виникнення і параметри проходження паводків, її доступності, надійності та придатності для геоінформаційного моделювання паводків у річковій долині.
- Збір необхідної інформації про параметри річкової долини і річища Верхнього Дністра, наявні інженерні споруди в долині, а також параметри проходження паводків.
- Створення бази даних про морфометричні параметри річища і долини, стан гребель, гідрологічні параметри проходження паводків.
- Моделювання проходження паводку в долині верхнього Дністра з використанням геоінформаційних технологій.
- Оцінка ризику проривів гребель і переливання води через їхній гребінь.
- Визначення зон затоплення під час паводків різного забезпечення.
- Верифікація створених моделей через їх порівняння з картою затоплення заплави реальними паводками різних років.

Методика досліджень

Алгоритм створення геоінформаційної моделі ризику затоплення долини ріки. Алгоритм аналізу та моделювання екстремальних паводків і повеней, масштабів їхнього розвитку і впливу на угіддя, комунікації, поселення і біотопи сточища верхнього Дністра охоплює декілька етапів, які зображені на рис. 2.

Вихідними матеріалами для моделювання були морфометричні дані про річище і річкову долину верхнього Дністра (глибина і ширина річища, висота берегів, висота і ширина гребель, відстань між греблею і берегом тощо), умови проходження паводкових вод у річищі і на заплаві (коефіцієнти шорсткості), гідрологічні параметри паводків в умовах досліджуваної частини долини ріки. (рівні й витрати води в разі паводків 1, 2, 5, 10, 25 % забезпеченості, криві зв'язку витрат і рівнів води $f=Q(H)$), а також інформація про наявні інженерні споруди в долині Дністра (мости, залізниці, автодороги, насосні станції тощо), опрацьовані ситуаційні картосхеми затоплень паводком у липні - серпні 1997 року.

Потрібна інформація отримана з відповідних карт, поперечних профілів за даними нівелювання через кожні 5 км, схем і таблиць, наданих фахівцями облводгоспу, журналів нівелювання гідропостів, наданих гідрологічною станцією (м. Стрий), щорічників гідрологічних спостережень, наданих гідрологічною станцією і Львівським центром гідрометеорології.

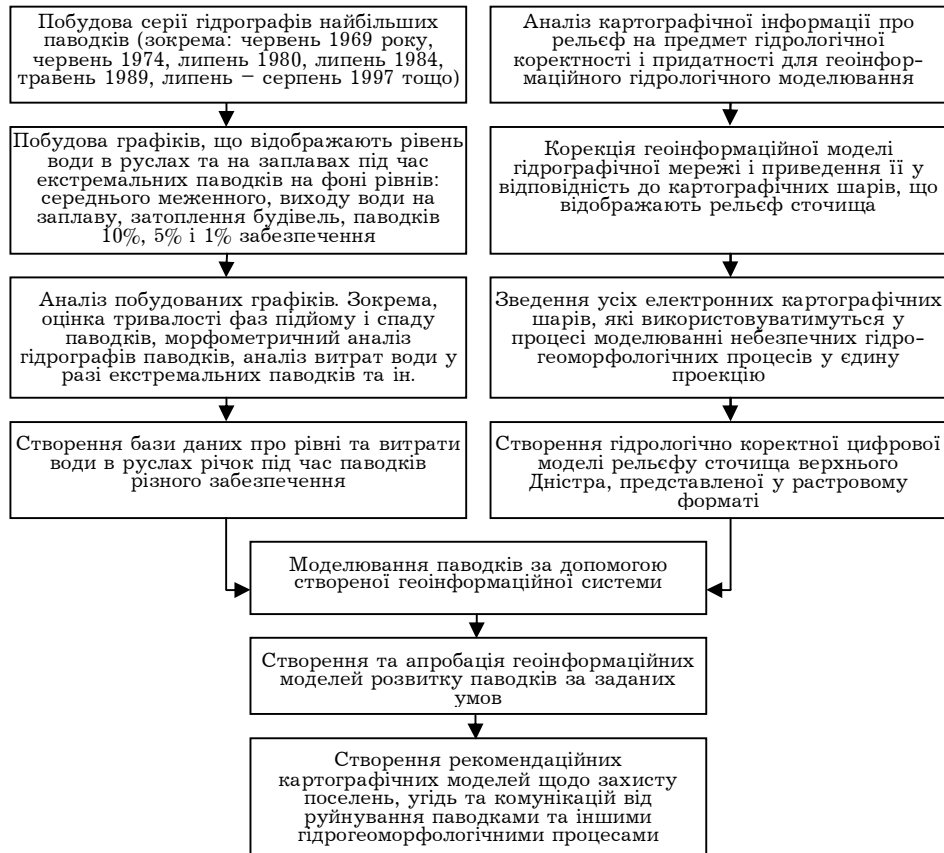


Рис. 2. Алгоритм створення геоінформаційних моделей паводків у долині ріки

Основою моделювання є розроблена геоінформаційна система (ГІС) „Моделювання паводків“. Для моделювання проходження паводку за заданих умов використані програми ArcView та ARC/INFO, а також ГІС-сумісна програма для гідрологічного моделювання HEC-RAS, які надані нашими партнерами з Центру досліджень агроландшафтів і землекористування (ZALF) (Німеччина). Використання цих програм дало змогу моделювати висоту рівня води, витрати потоку, швидкість течії на різних відтинках річища за заданих параметрів стоку, морфометрії річища і долини, стану гребель, розміщення і параметрів комунікаційних і господарських об'єктів (мостів, залізниць та автомобільних магістралей).

Параметри стоку, отримані нами після статистичної обробки даних про щоденні витрати води у Верхньому Дністрі та його головних допливах за період з 1950 по 2003 роки. Ця інформація була опрацьована статистичними методами і проінтерпольована на всю долину Верхнього Дністра. Зокрема, будувалися гідрографи характерних паводків у долині Дністра (рис. 3), систематизувалася інформація про рівні виходу води на

заплаву і загрозу затоплень поселень та угідь (табл. 1), оцінювалися багаторічні тенденції змін максимального стоку води у сточищі Верхнього Дністра, аналізувалися багаторічні тенденції і масштаби змін сезонного розподілу стоку води (табл. 2) тощо.

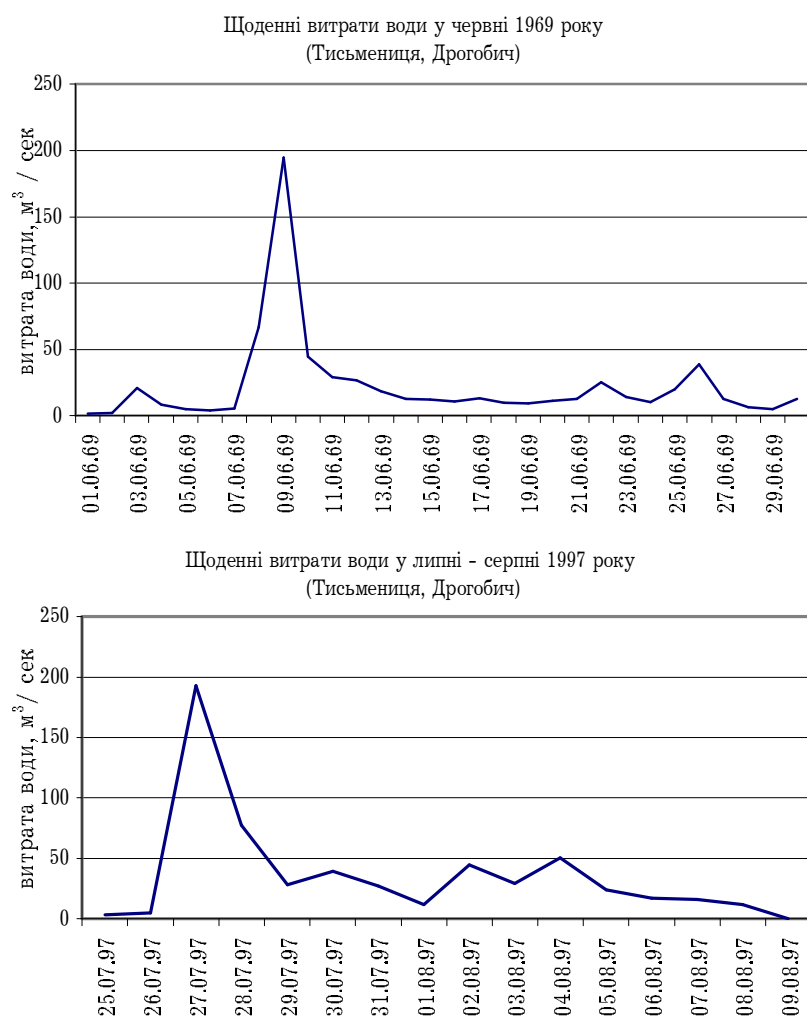


Рис. 3. Гідрографи характерних паводків у долині Дністра

Для геоінформаційного моделювання проходження паводків і ризику руйнування гребель нами були оцифровані пункти з визначеною абсолютною висотою, горизонталі, а також гідрографічна мережа в досліджуваній частині долини Дністра (рис. 4). На основі оцифрованих шарів у масштабі 1:10 000 була створена цифрова модель рельєфу, яка є

головною базою для моделювання паводків (рис. 5). Згідно з вимогами програми, за якою здійснюється моделювання паводків, були оцифровані поперечні профілі долини і поздовжні профілі русла Верхнього Дністра. Оцифровані дані були введені в моделюючу програму та узгоджені з іншими інформаційними шарами ГІС. Була оцифрована і введена в ГІС картосхема, яка відображає прориви гребель і зони затоплення паводком 1997 року і використовувалася для верифікації створених геоінформаційних моделей розвитку паводків у долині Верхнього Дністра.

Таблиця 1

Характерні рівні води, за яких відбувається вихід води на заплаву

Назва річки (пункту спостереження)	Абсолютна висота, м БС	Рівень води, см (за якого є загроза затоплення)
Дністер (Стрільки)	405,49	300 см — заплава, с/г угіддя, 350 — підтоплення будинків; загроза підтоплення смт. Стрільки
Дністер (Самбір)	284,17	450 — заплава; с/г угіддя 520 — початок підтоплення м. Самбір, сіл
Дністер (Розділ)	243,18	400 — заплава, 450 — с/г угіддя 500 — прорив гребель, підтоплення будинків
Дністер (Журавно)	231,52	600 — заплава, 650 — с/г угіддя, 670 — загроза підтоплення с. Межиріччя, 710 — кар'єри
Дністер (Галич)	211,26	480 — заплава, 530 — підтоплення будинків 590 — с. Бобрівники
Дністер (Заліщики)	140,69	450 — заплава, 620 — підтоплення городів 800 — села
Стривігор (Луки)	263,31	570 — заплава, 640 — с/г угіддя 680 — будинки
Коропець (Підгайці)	317,02	260 — вихід води на заплаву 330 — затоплення заплави
Коропець (Коропець)	201,31	230 — вихід води на заплаву 430 — підтоплення с. Коропець
Стрипа (Каплинці)	326,62	200 — вихід води на заплаву 220 — затоплення заплави
Стрипа (Бучач)	266,62	190 — вихід води на заплаву, 210 — затоплення заплави, городів, 240 — підтоплення будинків
Стрий (Верхнє Синьовидне)	369,62	380 — заплава, с/г угіддя 500 — підтоплення с/г угідь; будівель
Стрий (Стрий)	291,30	610 — затоплення гравійного кар'єру, 650 — заплави, загроза прориву гребель, 680 — будинки, с/г угіддя
Лімниця (Осмолода)	712,79	250 — заплава 270 — будівлі
Лімниця (Перевозець)	236,03	620 — заплава, с/г угіддя, г/о
Опір (Сколе)	443,19	350 — заплава, 450 — с/г угіддя 500 — г/о, будинки
Бистриця (Озимина)	274,35	500 — заплава; с/г угіддя 550 — загроза прориву гребель
Тисмениця (Дрогобич)	267,56	450 — заплава, 500 — с/г угіддя 600 - будинки

Примітка: с/г — сільськогосподарські угіддя, г/о — господарські об'єкти

Таблиця 2.

Багаторічні тенденції змін сезонного розподілу стоку води

Гідропост	Сезон, місяці року											
	Весна			Літо			Осінь			Зима		
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Дністер (Стрільки)	↘	↘	↗	↘	—	↘	↗	↗	—	—	↗	↗
Дністер (Самбір)	—	—	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Дністер (Розділ)	↘	↗	↗	—	↗	—	↗	↗	↗	↗	↗	—
Дністер(Журавно)	↘	↘	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗	↘
Дністер (Галич)	↘	↘	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	—	↗	↘
Дністер (Заліщики)	↘	↘	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	↗	↗	↘
Стривігор (Луки)	↘	↘	↗	↘	↗	—	↗	↗	↗	↗	↗	—
Верецьця (Комарно)	↘	—	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↘
Ширка (Ширець)	↗	↗	↗	↗	↗	—	↗	↗	↗	↗	↗	↘
Бистриця (Озимина)	↘	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	—	↗	↘
Тисьмениця (Дрогобич)	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Славська (Славське)	↘	↘	↗	—	↗	↘	↗	↗	↗	↗	—	↘
Ор'ява (Святослав)	↘	↘	↗	—	↗	↘	↗	↗	↗	↗	—	↘
Опір (Сколе)	—	↗	↗	—	—	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘
Рибник (Майдан)	↗	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	—	↗	↗
Стрий (Матків)	—	↗	↗	—	—	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘
Стрий (Верхнє Синьовидне)	—	—	↗	—	—	↘	↗	↗	↗	—	↗	↘
Лімниця (Осмолода)	↘	↘	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↘
Лімниця (Перевозець)	↘	—	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↗	—	—	↘
Коропець (Коропець)	—	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	—
Умовні позначення:	збільшення витрат води:		↗		15 % <		↗		15 % >			
	відносна стабільність		—		0 %		—		0 %			
	зменшення витрат води		↘		15 % <		↘		15 % >			

Головні результати досліджень

Ступінь інформаційного забезпечення і стан системи моніторингу. Вивчення паводків і їх прогнозування ґрунтується на даних спостережень за рівнями і витратами води на гідрометеорологічних

постах, а також на інформації про чинники формування паводків. Ці функції повинні реалізуватися комплексною системою моніторингу басейну за науково обґрунтованою програмою.

Для оцінки ступеня інформаційного забезпечення процесу ГІС-моделювання паводків у сточищі Дністра, а також придатності наявної інформації та її доступності нами проаналізовані історія спостережень за розвитком паводків і станом чинників їх формування, сучасна мережа спостережних пунктів, їх приналежність до різних відомств, спектр контрольованих показників, інструментальна база моніторингу, місця зберігання моніторингових даних, ступінь їх збереженості, надійності й доступності для користувачів тощо.

Значним недоліком мережі пунктів спостережень за паводками у сточищі Дністра є надмірна розрідженість гідрометеорологічних пунктів, незадовільний рівень їхнього технічного обладнання.

Щодо забезпечення найбільш паводконебезпечного відтинку русла Дністра пунктами моніторингу, то слід зазначити, що їх тут практично немає. До Другої світової війни безпосередньо в долині Дністра в межах Львівської області функціонувало 15 гідрологічних постів, 13 з них — на паводконебезпечних ділянках. Після війни, у 1945, році на Дністрі в межах Львівської області залишилося 9 гідропостів. До 1957 року п'ять з них ліквідували. З цих п'яťох постів три були розміщені на дуже паводконебезпечній ділянці Верхньодністерської низовини (села Корналовичі, Чайковичі, Розвадів).

Отже, на ділянці між містами Самбір і Розділ гідрологічні спостереження на сьогоднішній день не ведуться узагалі. Подібна ситуація характерна і для правобережних гірських допливів Дністра, водозбори яких формують основну частину стоку води, у тому й паводкового. З 30 гідропостів, які існували в гірській та передгірській частинах Дністра в межах Львівської області (крім русла самого Дністра) у 1930-х роках, після війни вціліло 20, а до 2001 року залишилося лише 14. Серед ліквідованих багато таких, що мали особливе значення для досліджень паводкового режиму: Бистриця (Грушів), Колодниця (Криниця), Стривігор (Бісковичі).

Іншим недоліком збору інформації про чинники виникнення паводків є обмежене використання даних аерокосмічних зніманих. Так, наприклад, визначаючи ступінь впливу стану лісового покриву на проходження руйнівних катастрофічних паводків, фахівці спираються здебільшого на статистичні дані відомчих і лісогосподарських організацій. На жаль, у сучасних умовах ці дані не є об'єктивними і не можуть виступати в якості надійної інформаційної бази для визначення причин небезпечних паводків.

Ґрунтуючись на результатах проведеного нами аналізу структури мережі пунктів стеження за станом поверхневих вод на території Львівської області та критеріях ступеня оптимальності цієї мережі, вважаємо доцільним провести її реорганізацію.

Для охоплення постійним моніторингом паводконебезпечних ділянок області, а також забезпечення вивчення процесів формування паводкового стоку та руху паводкових хвиль на річках цих територій треба відновити роботу гідропостів на Дністрі (Лімна, Старий Самбір, Корналовичі, Долобів, Чайковичі, Монастирець, Тершаків, Колодруби, Миколаїв, Розвадів, Заліски), Стрий (Жидачів), Стривігор (Бісковичі), Бистриця (Грушів), Тисмениця (Вороблевичі), Колодниця (Криниця),

доповнити мережу новими гідропостами на річкових системах Тисмениці (Тершаків) та Свічі (Журавно).

Усі гідропости належить обладнати самописцями рівня води (лімніграфами) та самописцями кількості опадів (плювіографами). Для зменшення фінансових витрат на придбання необхідних приладів забезпечити ремонт тих, які вийшли з ладу і лежать у неробочому стані. У разі неможливості встановлення приладів треба збільшити частоту вимірів кількості опадів та рівня води в період випадання інтенсивних дощів, інтенсивного танення снігу та, відповідно, проходження паводків.

Для забезпечення швидкого й надійного передання моніторингової інформації на всіх гідрологічних постах слід поліпшити телефонний зв'язок, організувати модемний зв'язок з Інтернетом, обладнати всі гідропости радіостанціями.

Характеристика паводків у сточищі Дністра і чинників їх виникнення. Аналіз даних гідрометеорологічних спостережень та літературних джерел свідчить, що в останні 100—120 років найвищими (за рівнем підвищення води) і катастрофічними (за руйнівними наслідками) були паводки в липні 1911, червні 1927, вересні 1941, серпні 1955, червні 1969, травні 1970, липні 1980, липні 1984, травні 1989, липні-серпні 1997, липні 1998, липні 2001 років [1, 6].

Паводки в долині Дністра виникають під дією складного комплексу взаємопов'язаних природних та антропогенних чинників. Основними природними чинниками паводків є кількість, інтенсивність, тривалість випадання атмосферних опадів, а також величина території, охопленої дощами, на якій спостерігається формування поверхневого стоку води, стрімкість схилів, стан рослинного покриву, властивості ґрунтів і гірських порід. Головними антропогенними чинниками виникнення паводків є зміна характеру рослинного покриву вирубуванням лісів, розорюванням схилів утідь, надмірною випасання худоби, зміна стану річищ тощо. Крім того, вільному проходженню води в руслах річок часто перешкоджають накопичення у них сміття у вигляді відходів людської діяльності, залишків деревної рослинності, будівництво мостів, перетинання річок трубопроводами тощо [4, 12].

У сточищі Дністра паводки утворюються в усі сезони. Вони тривають від декількох годин до декількох днів. Зазвичай формується серія невеликих паводків (від 8 до 12 за багатководний рік і від 3 до 5 в інші роки). Максимальні рівні води спостерігаються здебільшого в літньо-осінній період (травень-жовтень). У цей період у середньому випадає 300—450 мм опадів. У гірській частині річна кількість опадів може досягати 1000—1300 мм [7]. Характеристики екстремальних атмосферних опадів у сточищі Верхнього Дністра наведені в табл. 3.

Тривалість фаз підвищення і спаду становить 4—8 днів (див. рис. 3). Зі збільшенням рангу ріки і площі водозбору тривалість фази різкого підвищення змінюється від одного-двох до трьох днів, а спаду паводка є трохи більша. Стік води за екстремальних паводків зростає відносно передпаводкового в 5—48 разів, причому найбільше зростання приурочене до контакту гірських і рівнинних областей [2, 4, 8]. Різне зростання витрат води зумовлює збільшення ерозійної і транспортуючої здатності річок, спричинює прориви гребель, затоплення утідь, комунікацій і поселень. Під час екстремальних дощів з інтенсивністю 120—250 мм/добу на гірських водозборах модуль стоку сягає 2500—3100 куб. дм/с з 1 кв. км (рис. 6).

Таблиця 3.

Характеристики екстремальних атмосферних опадів у верхній частині сточища Дністра [3]

Пункт	Тип опадів	Кількість випадків	Найчастіший місяць прояву	Середня тривалість, год	Максимальна тривалість, год	Середня кількість опадів, мм	Максим. кількість опадів, мм
Львів	злива	1	5	1	—	42,8	—
Самбір	дощ	7	8	12	18	36,3	76,1
	злива	1	6	4	—	39,8	—
Дрогобич	дощ	3	5	12	12	31,4	35,2
	злива	5	7	6	12	39,8	52
Стрий	дощ	11	9	9	29	34,4	50,7
	злива	2	6	3	5	41,5	43
Турка	дощ	12	7	15,5	30	43,4	75
	злива	6	7	4	11	41,3	58,3
Славське	дощ	7	9	12	20	38,5	54
	злива	14	5	9,5	61	44,7	144,8
Щирець	дощ	3	9	0	0	41,4	46,6
Луки	дощ	8	8	0	2	38,5	60
	злива	1	6	0	0	30,2	—
Комарне	дощ	9	8	0	0	35,2	45,3
Хирів	дощ	2	7	0	0	32,7	33,2
Озимина	дощ	5	9	0	0	40	50
Розділ	дощ	1	6	—	—	52,2	—
	злива	1	6	—	—	35,4	—
Стрілки	дощ	10	9	0	0	37,8	62,4
Журавно	дощ	8	9	0	0	35,4	49
Новий Кропивник	дощ	3	8	0	0	38,8	—
Ясениця	дощ	14	9	0	13	35	55,7
Рибник	дощ	1	7	—	—	75,8	—
Майдан	дощ	14	9	0	12	35,8	66
Зарічне	дощ	16	8	0	0	36,7	44,3
Сопіт	дощ	13	9	0	13	45,3	64,2
В. Синьовидне	дощ	16	9	0	13	35,5	72,7
Сколе	дощ	17	9	0	12	40,2	76,2
Риків	дощ	10	9	0	12	42,8	68,2
Святослав	дощ	11	9	5	14	41	61,2
Матків	дощ	14	7	0	13	35,7	63,9
Тухля	дощ	22	9	0	9	38,7	65,2
Ружанка	дощ	11	8	2	12	39	44,4

Примітка: 0 — тривалість становить менше 1 години.

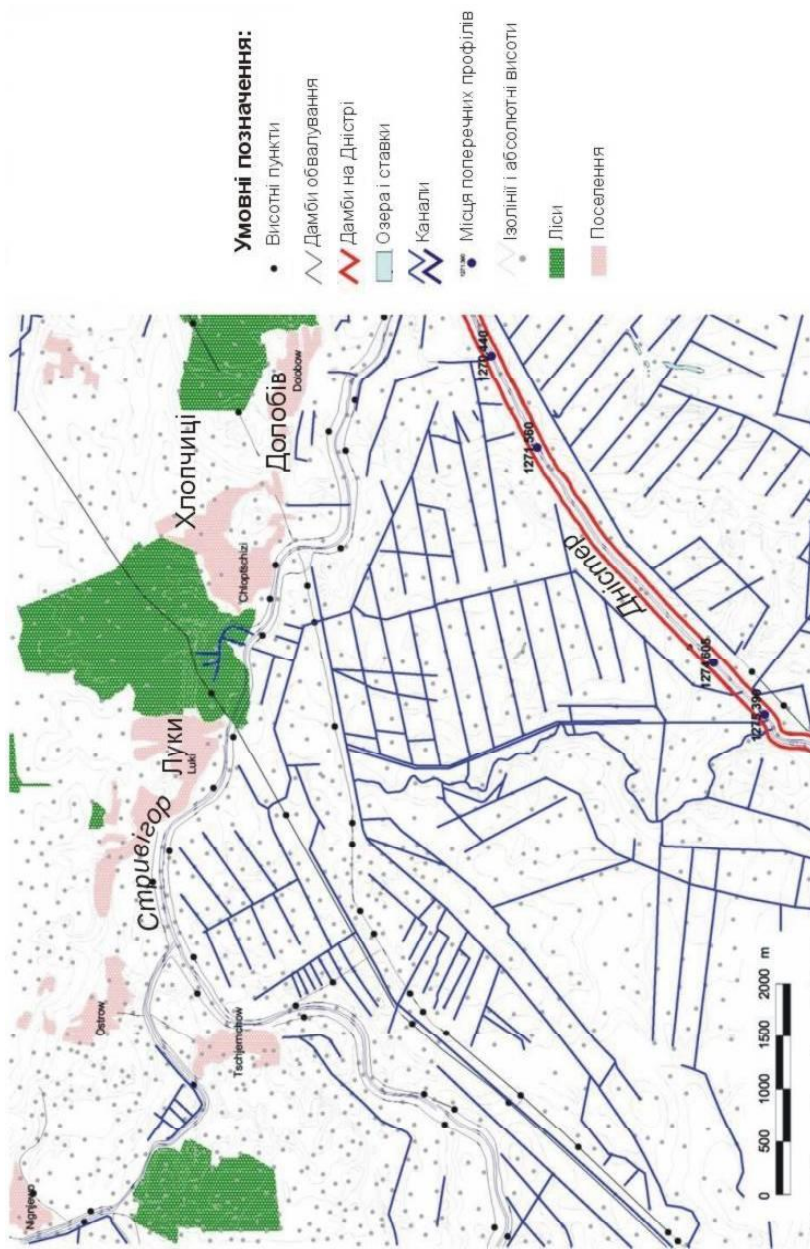


Рис. 4. Оцифрована картографічна інформація для моделювання
(Робота виконана спільно з Ф. Елергом і Й. Шгайдлем, ZALF, Німеччина)

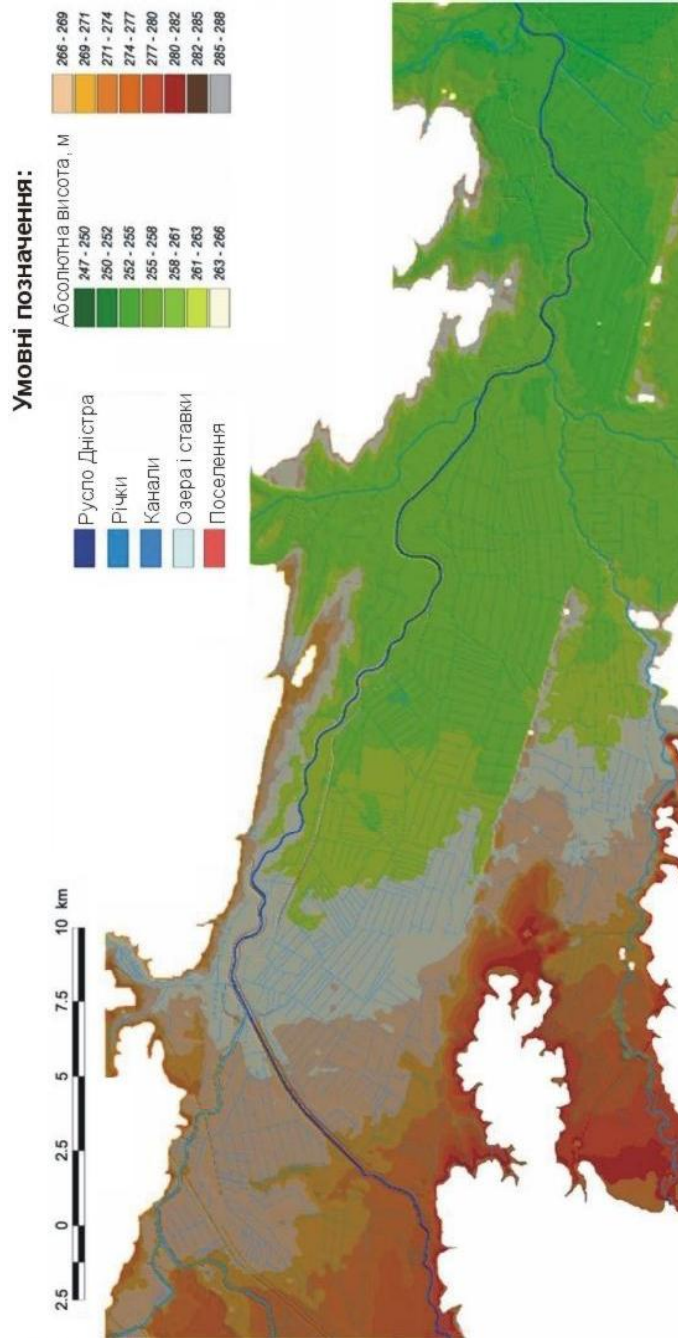


Рис. 5. Цифрова модель рельєфу долини Верхнього Дністра
(Робота виконана спільно з Ф. Елертом і Й. Штайдлем, ZALF, Німеччина)

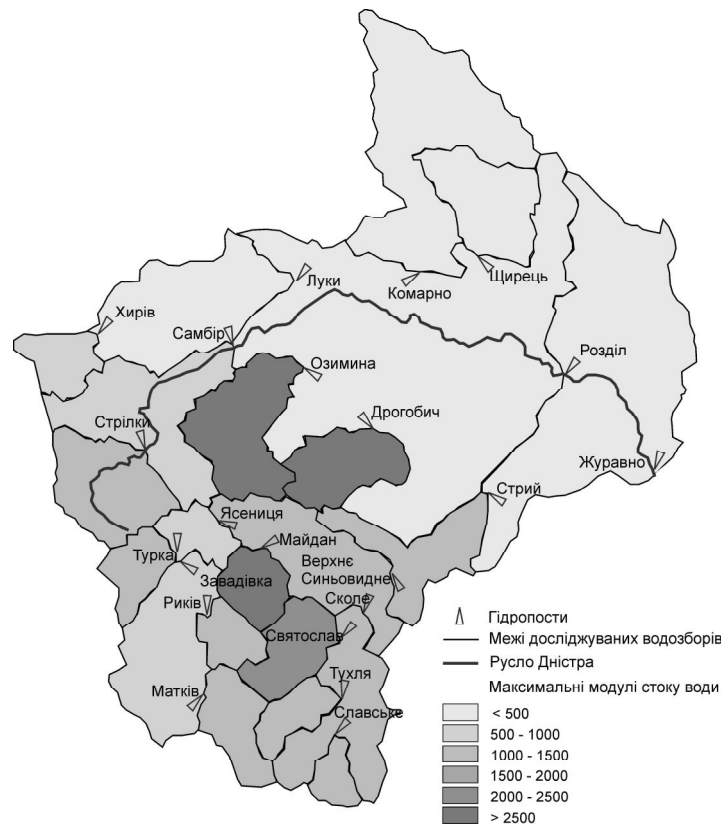


Рис. 6. Максимальні модулі стоку води у сточищі Верхнього Дністра, куб. дм/с/1 кв. км

Ширина смуги затоплення у разі паводків на малих річках становить 120—500 м, на середніх і великих річках 600—2500 м у передгір'ї і до 2,5—5,0 км і більше на рівнинах. За екстремальних паводків у горах швидкість течії сягає 4—7 м/с і навіть 10 м/с (на малих річках зі значним похилом русла). На рівнинах та в передгір'ях швидкість становить 2—4 м/с [2, 4, 6, 8].

Існуючий протипаводковий захист у долині Верхнього Дністра. Традиційним методом захисту від паводків у сточищі Дністра було спорудження та експлуатація системи гребель обвалування, магістральних каналів, шлюзів і насосних станцій. Проте греблі, які були споруджені в долині Дністра в 50—70-х роках ХХ століття, мають певні недоліки. Головними з них є дуже мала віддаль між руслом і греблями та технічна недосконалість. Помітно зменшують ефективність протипаводкового захисту незадовільний технічний експлуатаційний стан більшості насосних станцій, шлюзів та осушувальних каналів, якими паводкові води повинні стікати зі заплави знов у русла.

Крім того, у зв'язку з різноспрямованими ерозійно-аккумулятивними процесами в річищах передгірської частини Дністра існує ризик переливання паводкових вод через гребені гребель їхнього прориву цими водами.

Сьогодні над розробленням програм протипаводкового захисту територій і програм з регулювання паводкового стоку працює багато фахівці різного профілю. Серед них — гідрологи й гідротехніки Львівського обласного виробничого управління водного господарства „Облводгосп“, проектного інституту „Львівдіпроводгосп“, українсько-німецька група науковців під керівництвом професора Івана Ковальчука (Україна) та професора Йоахима Кваста (Німеччина) у межах німецько-українського дослідницького проекту „Трансформаційні процеси в регіоні Дністра (Західна Україна)“ та ін.

Геоінформаційне моделювання паводків у долині Верхнього Дністра. Значний потенціал в обґрунтуванні системи протипаводкового захисту має використання сучасних технологій моделювання і прогнозування виникнення паводків [9, 10]. Комп'ютерні технології і спеціальні програми дають можливість моделювати (симулювати) паводок не на реальних річках, а на екрані комп'ютера. Такий підхід дає змогу змінювати умови, чинники і параметри проходження паводків і „програвати“ безліч сценаріїв подій.

Результатом геоінформаційного моделювання є великомасштабна картографічна модель затоплення заплави Дністра паводком. Отримано цю модель накладенням картографічного шару, що відображає рівень води в річищі і на заплаві, на створену раніше цифрову модель рельєфу (DEM — digital elevation (terrain) model) [11, 13]. Таким чином була отримана картографічна модель, яка відображає території затоплення паводком із заданими параметрами і за даних умов. Інтегруючи цю модель з гідрологічними моделями проходження паводку, створеними за допомогою програми HEC-RAS, ми розробили динамічну модель розвитку паводка в долині Дністра з урахуванням можливих проривів захисних гребель. Ця модель відображає їх ділянки, які характеризуються найбільшим ризиком прориву або переливання води через гребінь.

Території долини Верхнього Дністра, які перебувають у зоні ризику затоплення паводком 1%-го забезпечення, зображені на рис. 7. Як бачимо, найбільшим ризиком затоплення характеризуються такі населені пункти: Долобів, Чайковичі, Подільці, Сусолів, Мости, Монастирець, Тершаків, Липиці, Устя та ін.

Для оцінки точності й надійності моделювання аналізувалися суміщені гідрографи реального паводка, а також карта проривів гребель і затоплення угідь. Створені геоінформаційні моделі порівнювалися з характеристиками проходження реального паводку, який відбувся у досліджуваній частині долини Дністра влітку 1997 року (рис. 8).

Попередня верифікація моделі виявила задовільний збіг модельованих і реальних зон затоплення на заплаві Дністра паводковими водами. Як бачимо з картосхеми, території, затоплені внаслідок виходу води з русла Дністра в 1997 році, у загальних рисах збігаються із змодельованими зонами затоплення. Проте на карті реальних затоплень виділяються ділянки, які були затоплені водами допливів Дністра (Стривігору, Бистриці, Тисьмениці), морфометрія і витрати води котрих не врахована на даному етапі моделювання.

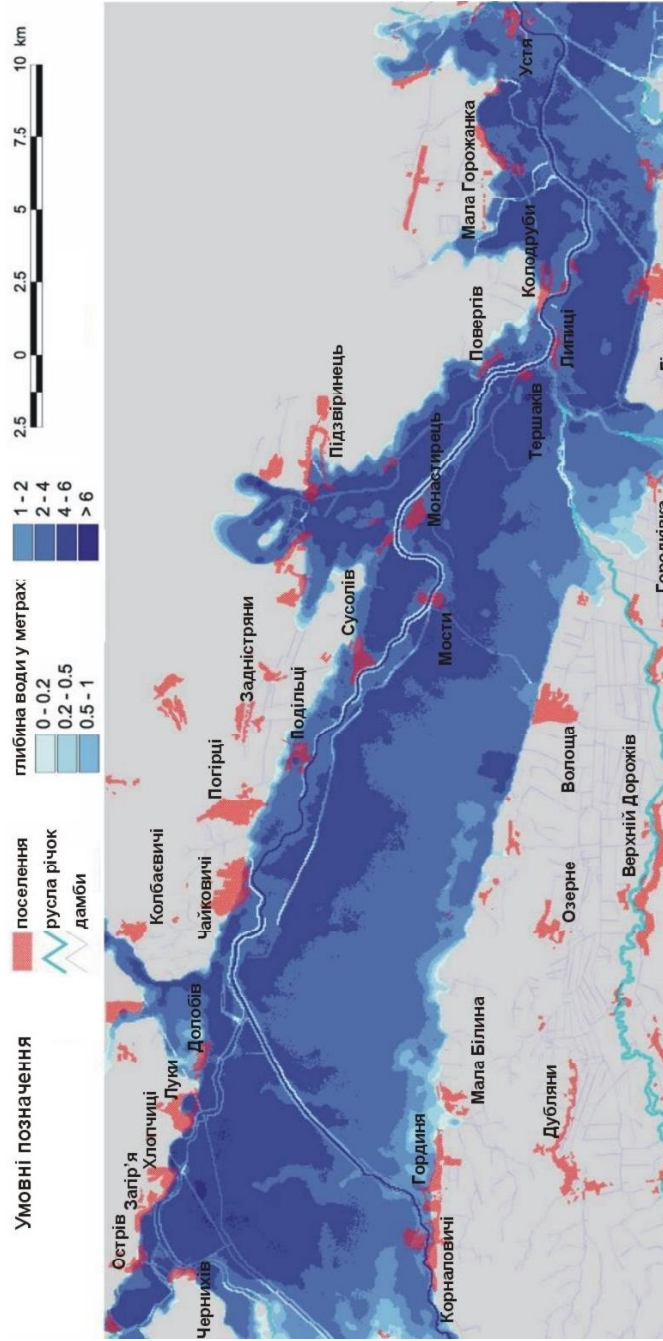


Рис. 7. Території долини Верхнього Дністра з ризиком затоплення паводком 1 %-го забезпечення (Робота виконана спільно з Ф. Елертом і Й. Штайдлем, ZALF, Німеччина)

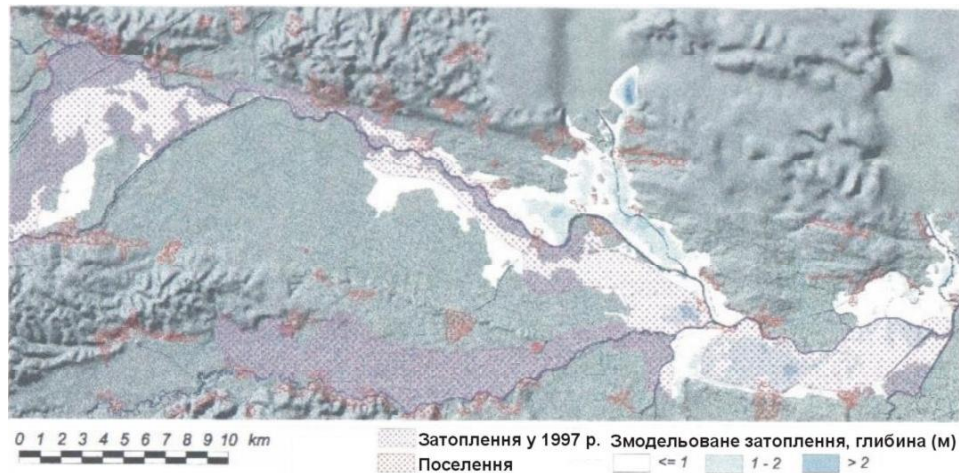


Рис. 8. Результати верифікації моделі затоплення
(Робота виконана спільно з Ф. Елертом і Й. Штайдлем, ZALF, Німеччина)

Для підвищення точності й надійності моделювання і прогнозування паводків у досліджуваній частині долини Дністра треба доповнити наявну інформацію морфометричними та гідрологічними даними для головних допливів Дністра на цьому відтинку. Крім того, маючи це на меті наявну інформаційну базу треба доповнити технічними й морфометричними даними про головні гідротехнічні і транспортно-комунікаційні споруди (мости, насосні станції, підпірні стінки, насипи автодоріг і залізниць тощо).

На базі створеної цифрової моделі рельєфу, картографічної моделі ризику проривів і переливів води через гребінь гребель, рівнів води під час паводків різного забезпечення оцінена ефективність захисту територій у долині Верхнього Дністра існуючою системою гребель (рис. 9).

Дешифруванням космічних фотознімків була створена великомасштабна карта землекористування у долині Верхнього Дністра. Накладаючи на карту землекористування картографічну модель зон затоплення під час паводку певного забезпечення, можна визначати площі кожної з категорій угідь, які перебувають у зоні ризику затоплення, а також прогнозовану глибину затоплення (рис. 10). За наявної інформації про сучасний стан цих угідь від сільськогосподарських культур, що їх там вирощують, їхню врожайність і прогнозовану ринкову вартість, ми отримуємо можливість обчислювати прогнозовані матеріальні збитки від затоплення угідь.

Висновки

1. Виконаний аналіз системи спостережень дає змогу стверджувати, що надзвичайно мала кількість гідропостів, які ведуть спостереження на паводконебезпечних ділянках у сточищі Дністра, дуже ускладнює ефективне вивчення паводкового режиму цих річок і розробку дієвих програм протипаводкового захисту територій з високим ступенем ризику затоплення.

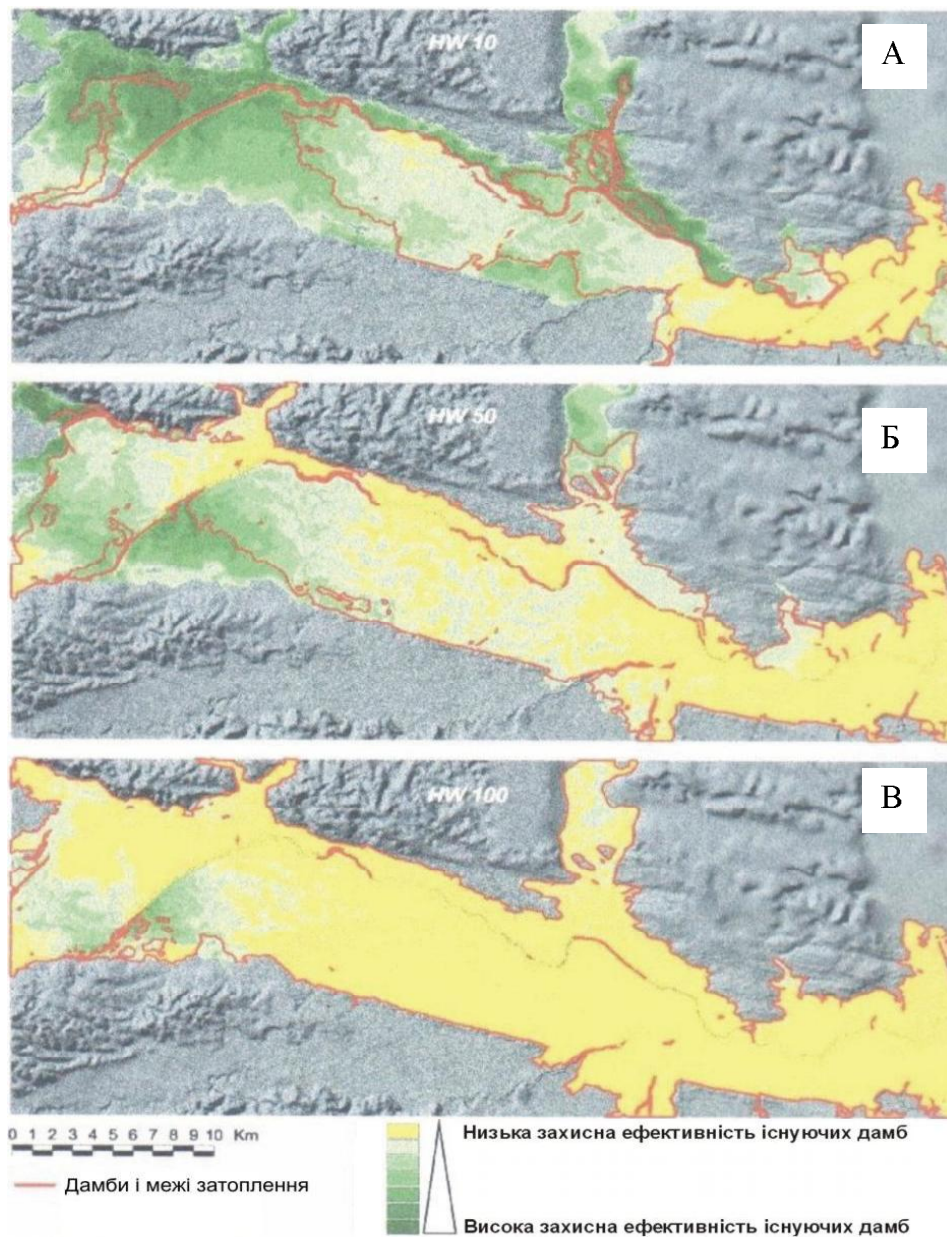


Рис. 9. Оцінка протипаводкової ефективності існуючих гребель під час паводків: 10 % (А), 2 % (Б) і 1 % (В) забезпечення (Робота виконана спільно з Ф. Елертом і Й. Штайдлем, ZALF, Німеччина)

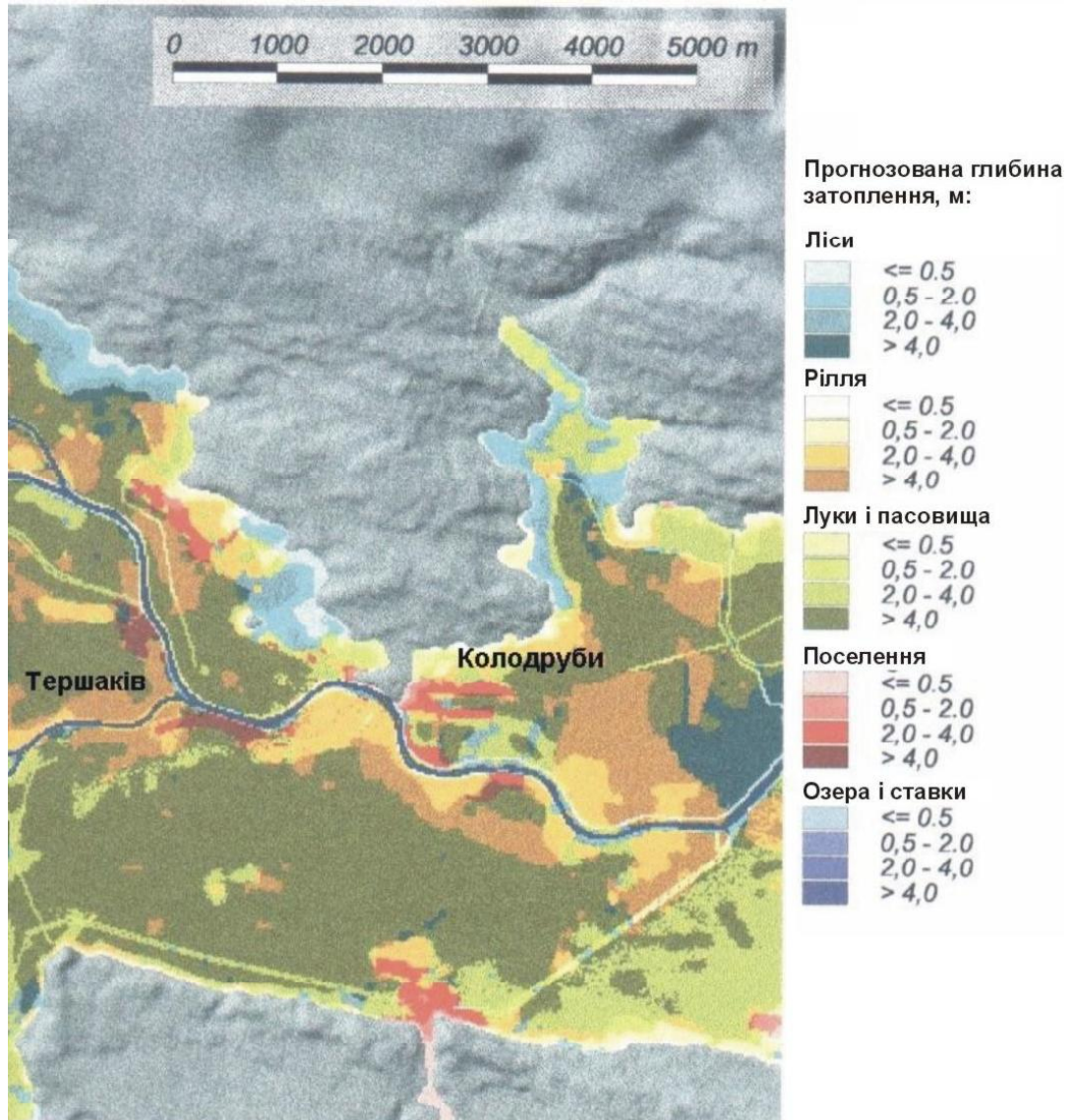


Рис. 10. Ризик затоплення різних категорій землекористування у долині Верхнього Дністра паводком 1%-го забезпечення (Робота виконана спільно з Ф. Елертом і Й. Штайдлем, ZALF, Німеччина)

2. Аналіз процесів формування паводків свідчить про їхню кліматичну та антропогенну зумовленість. Серед кліматичних чинників найважливішими є кількість, інтенсивність і режим випадання атмосферних опадів. Серед інших чинників на паводковий режим значно впливають розчленування рельєфу, площа водозборів, стрімкість схилів, похил тальвегів, лісистість і розораність басейнів, ступінь зарегульованості стоку штучними водоймами, інтенсивність використання природних ресурсів.

3. Найефективнішим інструментом вивчення і прогнозування виникнення і розвитку екстремальних паводків є сучасні геоінформаційні системи. Створена нами ГІС, яка використовується у моделюванні паводків, дає можливість скоро накопичувати різномірну й різномасштабну інформацію про паводки і чинники їх розвитку, оперативно її опрацьовувати, симулювати паводок за будь-яких заданих умов. Вона є відкрита для доповнення та актуалізації усіх наявних у ній даних, а також для накопичення та опрацьовання нової інформації.

4. Проведена верифікація підтвердила достатній рівень збігу передбачених у моделі і реальних місцях прориву гребель і зон затоплення заплави водами Дністра. За умови проведення додаткового нівелювання, картування сучасного стану гідротехнічних споруд і комунікацій, наявності детальних і точних гідрометеорологічних даних, найновіших аерокосмічних матеріалів, створену ГІС можна використовувати для прогнозування рівня води в руслі, затоплення заплавної угідь, а також для оцінки ризику можливих матеріальних втрат унаслідок прояву екстремальних паводків.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Айзенберг М. М.* Выдающиеся паводки на реках Карпат в XII, XIII, XVII XVIII веках. Труды УкрНИГМИ, — № 34. — 1962. — С. 76—78.
2. *Кирилюк М. І.* Режим формування історичних паводків в Українських Карпатах. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Відп. редактор В. К. Хільчевський. — К., — Т. 2. 2001. — С. 163—167.
3. *Кінаш Р., Бурнаєв О., Федик І.* Дощові паводки у басейні Дністра. — К., 2000. — 65 с.
4. *Ковальчук І.* Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. — Львів: Інститут Українознавства, 1997. — 440 с.
5. *Ковальчук І., Михнович А., Steidl J.* Геоінформаційне моделювання гідргеоморфологічних процесів у долині Верхнього Дністра. // Геоморфологічні дослідження в Україні: минуле, сучасне, майбутнє. Львів: Видавництво ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. — С. 223—227.
6. *Ромащенко М. Савчук Д.* Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання. За ред. — М. Ромащенко. — Київ, 2002. — 304 с.
7. *Тепловой и водный режим Украинских Карпат.* / Ред. Сакали, Л. И., Дмитренко, Л. В., Киптенко, Е. Н., Лютик, П. М. — Ленинград, 1985. — 366 с.
8. *Швец Г. И.* Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР. — Ленинград, 1972. — 343 с.

9. *Garotte L., Bras R.-L.* A distributed model for real-time flood forecasting using digital elevation models. *Journal of Hydrology*, — 167, 1995. — P. 279—306.

10. *Glemser M., Klein U., Fritsch D., Strunz G.* Complex analyses methods in hybrid GIS using uncertain data. *GIS*, 2, 2000. — P. 22—30.

11. *Magnuszewski A.* GIS w geografii fizycznej. — Warszawa, 1999.

12. *Szlavik L.* The development policy of flood control on river Tisza in Hungary. *ERWG Letter*, 13. Land and water management in Europe, 1, 2002. — P. 1—4.

13. *Zhang W., Montgomery D.-R.* Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations. *Water resources research*, 30. — No. 4. — 1994. — P. 1019—1028.

SUMMARY

Ivan KOVALCHUK, Andriy MYKHNOVYCH

FLOODS MODELLING IN THE UPPER DNISTER VALLEY

The most flood-dangerous region in the Upper Dnister basin is located within the Precarpathian highland and Upper-Dnister lowland. This sector of the river valley was chosen as the model area for flood modelling with GIS applying. Existing flood monitoring system in the Upper Dnister basin was assessed. Using the hydrologic and morphometric data and applying GIS and HEC-RAS software the set of large-scale dynamical GIS models of the Upper Dnister valley have been created. They reflect the flood development features, flooded areas and possible dikes breaking or overflowing and so on. Verification of the created models has testified to quite good compatibility for calculated and real parameters and good applicability for solving of flood protection problems in the Upper Dnister basin.