

А.А. БІЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук

С.В. КЛІМОВ, кандидат технічних наук

Національний університет водного господарства та природокористування,  
м.Рівне

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ТА НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ВІД ЗАТОПЛЕННЯ

*Наведено сучасні інженерні рішення, що застосовуються у світі для захисту територій та населених пунктів від затоплення паводковими водами. На основі їх аналізу та опрацювання інформації про основні фактори, які призводять до паводконебезпечних умов на території України, пропонується комплексне застосування заходів, з врахуванням місцевих особливостей і виділенням як базовий будівництво водосховищ комплексного призначення.*

**Ключові слова:** паводок, захист від затоплення, водосховище, дамба, польдер.

*Приведены современные инженерные решения, применяемые в мире для защиты территорий и населенных пунктов от затопления паводковыми водами. На основе их анализа и обработки информации об основных факторах, которые приводят к паводкоопасным условиям на территории Украины, предлагается комплексное применение мер, с учетом местных особенностей и выделением в качестве базового строительство водохранилищ комплексного назначения.*

**Ключевые слова:** паводок, защита от затопления, водохранилище, плотина, польдер.

*The article presents modern engineering solutions used in the world to protect territories and settlements from flood waters. On the basis of their analysis and processing of information on the main factors that lead to flood hazardous conditions in the territory of Ukraine, the complex application of measures is proposed, taking into account local features and allocation as the basic construction of reservoirs of complex appointment.*

**Key words:** flood, flood protection, reservoir, dam, polder.

**Постановка проблеми.** Одними з найбільш поширених небезпечних природних явищ, що мають велику руйнівну силу є весняні повені та дощові паводки. Безсистемне вирубаня лісів, що прискорює поверхневий стік, розорювання значної частини водозбірної території без застосування протиерозійних заходів справляють значний вплив на формування паводкового стоку. Забудова територій можливого затоплення, проведення на них господарської діяльності, будівництво шляхів, мостів та інших об'єктів без дотримання вимог державних будівельних норм щодо захисту від

паводків спричиняє значних економічних, екологічних та соціальних збитків [1-4].

**Актуальність дослідження.** Збитки від паводків та повеней залежать від висоти і швидкості підйому рівня води, тривалості його стояння, площі затоплення, ступеня освоєння й економічного розвитку території, щільності населення, своєчасності прогнозу й вживання попереджувальних заходів, а також від наявності та ефективності протипаводкових гідротехнічних споруд.

Негативні наслідки від повеней і паводків проявляються на 27 відсотках території України (165 тис. км<sup>2</sup>), де проживає майже третина населення, а найбільшої шкоди зазнають гірські та передгірські райони Карпат [5].

За останні десятиліття на території Українських Карпат збільшилась не лише кількість катастрофічних повеней, але і їхні масштаби. У середньому за рік на річках Прикарпаття проходять 2–3 паводки і повені. Якщо раніше великі повені проходили раз на 11–16 років (1911, 1927, 1941, 1955, 1969, 1980), то пізніше повені сталися вже через 9 років (1999, 2001, 2008), останні через 2-3 роки, а то і щорічно – листопад 2015 та січень, листопад 2016 років, лютий 2017 року.

Березневий паводок 2001 року у Закарпатті став одним із найбільш катастрофічних за останні 200 років. Підйом рівнів води за амплітудою становив понад 2,5 м у горах, а в низинній частині річок Тиси, Латориці й Боржави від 4 до 10 м. Було підтоплено 255 населених пунктів, 33580 будинків, знеструмлено 98 населених пунктів, через що майже 14 тисяч осіб було відселено й евакуйовано. Завдяки унікальній спроможності Берегівської транскордонної польдерної системи, з найменшою шкодою для навколишніх сіл, було пропущено таку кількість води, яка дорівнює об'єму озера Балатон.

Повінь 2008 р. охопила 6 областей, понад 1000 населених пунктів, близько 100 тис. га землі потрапило під руйнівну дію води. За період з 23 до 27 липня 2008 р. на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей випало 2–4 місячні норми опадів (210...350 мм).

Повінь 2010 р. зачепила частково Львівську та Івано-Франківську, а найбільше Закарпатську області: станом на 21 травня в останній було підтоплено 20 сіл, 260 господарств, 1850 га земель [6].

**Зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** З наведених вище фактів однозначно видно, що захист від шкідливої дії вод є однією з найгостріших водогосподарських проблем.

Система захисту повинна мати комплексний характер, створюватися з урахуванням особливостей формування та проходження паводків [1]. В зв'язку з цим для оцінки існуючих і вибору найбільш ефективних протипаводкових заходів на річках Прикарпаття і Українських Карпат корисно розглянути досвід боротьби з цим стихійним лихом в зарубіжних країнах, зокрема Японії, Іспанії, США.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Японія – гірська країна, на території якої за рік випадає 1000...2000 мм опадів, причому переважно у вигляді злив, що досягають 260...580 мм на добу. Основними заходами із захисту використовуваних річкових долин від затоплювання були захисні

дамби, розчищення і виправлення русел, укріплення берегів річок, а також залісення гір. Регулювання паводків водосховищами широко застосовується в країні, вже збудовано понад 100 водосховищ комплексного призначення і велика кількість гребель для затримання наносів.

Іспанія також гірська країна. Кількість опадів лише в межах гірських хребтів досягає 1000...1200 мм, а в передгір'ях і на рівнині знижується до 300...400 мм. А тому збитки від паводків в Іспанії менші, ніж в Японії. Проте й зараз в долинах окремих рік спостерігаються затоплення великих площ сільськогосподарських угідь.

Маловодність річок у літній період і потреба у воді для зрошення здавна примушували будувати водосховища для регулювання стоку, які одночасно зменшували й витрати паводків. В Іспанії побудовано близько 140 водосховищ з регулюючим об'ємом 12 млрд. м<sup>3</sup>. Водосховища побудовані переважно в гірській частині річкових долин, а тому руйнівна дія паводків на рівнинах різко знизилась. Проте раніше побудовані на багатьох річках захисні дамби і берегозакріплювальні споруди, якщо й не втратили свого значення, то в умовах зниження рівнів паводкових вод легко справляються з своїми завданнями і менше піддаються руйнуванню. Таким чином, в Іспанії головну роль у боротьбі з паводками відіграють водосховища, а берегоукріплювальні роботи і захисні дамби поступово втрачають своє значення.

В США та гірських районах Франції, Австрії й інших економічно розвинутих країн для боротьби з паводками і сільовими потоками основними спорудами, збудованими за останні десятиліття, є наносозатримуючі греблі і водосховища для регулювання стоку паводків. Допоміжними засобами є захисні дамби, розчищення і закріплення русел річок. В Німеччині є понад 500 гребель для затримання води і водосховищ із загальною здатністю накопичення 1 млрд. м<sup>3</sup> паводкових вод.

В Україні розроблено і здійснюється реалізація декількох державних цільових програм комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Тиси, Дністра, Пруту та Сірету. Внаслідок виконання цих програм вже створено комплекс захисних протипаводкових споруд, який включає 3,5 тис. км дамб, 1,2 тис. км берегоукріплювальних споруд, понад 600 насосних та компресорних станцій для перекачування надлишків води. Але комплекс захисних споруд на річках та водоймах є недостатнім і потребує значної реконструкції діючих та будівництва нових [3; 5].

Як свідчить вітчизняний досвід, проблему захисту від шкідливої дії води розв'язати лише інженерними заходами неможливо, однак вони є визначальними у боротьбі з паводками.

Реалізація інженерних заходів захисту від затоплення залежно від місцевих умов, характеру річки (режиму, рівня води, швидкості течії тощо), благоустрою території може здійснюватися за такими напрямками:

- обвалування території шляхом будівництва захисних дамб;
- регулювання русла річки для збільшення її пропускної здатності і зниження рівня води в межах населеного пункту;

– регулювання стоку річок шляхом будівництва протипаводкових водосховищ та сухих ємностей.

Ці напрямки є основними у державних цільових програмах України з розв'язання проблеми захисту від шкідливої дії води. Однак, всі напрямки боротьби з затопленням території населених пунктів пов'язані з виконанням значних обсягів земляних робіт, будівництвом спеціальних захисних споруд, а тому потребують проведення всебічного аналізу і економічного обґрунтування та вибору найбільш доцільних й доступних варіантів захисту.

При широкій смузі території затоплення споруджують захисні дамби обвалування. Вони можуть бути незатоплювані і затоплювані. Відмітка гребеня незатоплюваної дамби повинна бути вищою за максимальний рівень паводкових вод розрахункової забезпеченості. Ширина гребеня дамби приймається до 4,5 м, що забезпечує проїзд експлуатаційного транспорту. Затоплювані дамби влаштовуються для тимчасового захисту сільськогосподарських угідь тільки в період весняної повені. В період вирощування сільськогосподарських культур при проходженні літньо-осінніх паводків переливання води через гребінь дамби не допускається.

Дамби залежно від використання території і рельєфу заплави можуть захищати один або два береги. Захисні дамби по обидва береги річки влаштовуються за умови протікання річки через населений пункт, а береги є низькими. Такі двохсторонні дамби побудовані на річках Тиса, Сирет.

Досвід будівництва захисних протипаводкових споруд показує, що найбільш економічними є ґрунтові і кам'яно-накидні дамби, які формуються з місцевого матеріалу, що значно здешевлює будівництво [6].

Однак, в ґрунтових дамбах під час кожного зволоження зі сторони, де є вода, упродовж багатьох років вимиваються найдрібніші часточки ґрунту, що призводить до природнього старіння дамби і зменшення її надійності.

Для забезпечення стійкості захисної ґрунтової дамби останнім часом успішно застосовують геотуби як ядро насипної дамби. Вимиванню найдрібніших часточок ґрунту перешкоджає оболонка геотекстильних туб із міцного геотекстилю (наприклад GeoSvit®Tube). Геотуба – текстильний контейнер циліндричної форми з протиерозійним екраном в основі, зшитий із синтетичної тканини. Така конструкція геотуба запобігає розмиванню ґрунту не тільки під нею, а і за нею, перешкоджає винесення ґрунту з водою. Наявність протиерозійного екрана під геотубою підвищує надійність конструкції. Функціональні монтажні петлі і патрубки для наповнення геотуби забезпечують її легкий монтаж. За геометричними параметрами виділяють типові розміри геотуб, наведені в табл.1.

Влаштування дамб не завжди є ефективним засобом протипаводкового захисту території. Інколи для досягнення позитивного ефекту не обов'язково проводити обвалування території, а достатньо провести регулювання русла річки шляхом випрямлення та поглиблення й розширення русла, збільшивши її похил і тим самим прискоривши пропуск паводка при низьких рівнях води.

## Типові розміри геотуб

Параметр	Од. вим.	Значення параметрів для GeoSvit TUBE							
		4,3	8,6	12,9	17,2	21,6	25,9	30,2	34,5
Довжина обводу	м	4,3	8,6	12,9	17,2	21,6	25,9	30,2	34,5
Максимальна висота	м	1,2	1,9	2,3	3,0	3,2	3,4	3,5	3,9
Максимальна ширина	м	1,5	3,3	5,3	7,1	9,3	11,2	13,4	15,4
Максимальна місткість	м <sup>3</sup> /м	1,5	5,3	10,2	18,0	25,2	33,5	41,1	45,7
Довжина геотуби	м	5...100							

Характерним прикладом впровадження таких заходів є досвід із захисту територій від паводків у середній і нижній течії річки Тиса в Угорщині. Для збільшення пропускної спроможності в період проходження паводків русло річки в особливо звивистих місцях було спрямлено і поглиблено, довжина його в результаті скоротилася на 480 км. Ділянки, не охоплені русловиправними роботами, були обваловані.

Виправлення або створення нового русла річки здійснюється шляхом влаштування прокопів з визначеними розмірами поперечного перетину, що забезпечує пропуск паводкових витрат розрахункової забезпеченості. Такі прокопи влаштовані в межах населених пунктів на річках Теремля, Тисмениця, Бистриця, Сучава, Малий Сірет, Прут, Черемош та інших.

При проходженні паводків в руслі річки активізуються ерозійні процеси, в результаті яких зменшуються глибини і поперечний перетин русла. Тому вузькі ділянки русла річок розширюють, а широкі русла поглиблюють, утворюючи гідравлічно найвигідніші поздовжні профілі і поперечні перетини, чим створюють умови безперешкодного проходження паводка.

Як показує досвід захисту територій від затоплення, в передгірських та гірських районах Карпат, що обвалування територій і регулювання русел річок не завжди гарантує повний захист при проходженні катастрофічних паводків. Впровадження цих протипаводкових заходів захищає тільки окремі локальні об'єкти та частину території населених пунктів, але не захищає гідротехнічні споруди та споруди транспортної інфраструктури, розташованих безпосередньо на річках.

**Загальнонаукове значення.** Аналіз зарубіжного досвіду боротьби з руйнівною дією паводкових вод показує, що радикальним способом захисту територій від затоплення є регулювання річкового стоку, яке здійснюється шляхом перерозподілу витрат води в часі по довжині річки.

Такий перерозподіл витрат паводкових вод забезпечується створенням на річках акумулюючих ємностей: постійних водосховищ; сухих протипаводкових ємностей; протипаводкових польдерів.

Створення каскаду водосховищ на річці забезпечить захист території від затоплення уздовж річки на значній відстані – на сотні кілометрів. Окрім захисної функції водосховища забезпечують функціонування багатьох видів економічної діяльності – гідроенергетики, водопостачання, зрошення, рибного господарства, рекреації. Найбільший ефект з регулювання стоку під час паводків водосховищами досягається при їх розміщенні у верхів'ях річок та на їх притоках, де формується поверхневий стік під час злив або інтенсивного танення снігу.

Сухі протипаводкові ємності, які заповнюються на короткий період (2-5 діб) під час проходження паводків 10...1% забезпеченості, як правило, розміщують у верхів'ях річок, де формується паводок, акумулюють тільки частину паводкового стоку при постійному водоскиді. Частина паводкового стоку, що накопичується в ємності є різницею між річковим стоком і скидом води. Таким чином зменшуються пікові витрати води в річці після ємності за течією. Після проходження піку паводка здійснюється опорожнення ємності шляхом скиду води через водовипуск. В міжпаводковий період чаша ємності може використовуватися для потреб сільського і лісового господарств.

Регулювання річкового стоку під час паводка також забезпечують протипаводкові польдери, які являють собою обваловану дамбами частину заплави, що заповнюється тільки при проходженні максимальних витрат води в річці. Польдери розташовують на рівнинній території в середній та нижній частинах річок, або у природних пониженнях, що не використовуються у сільському господарстві і на яких відсутні будівлі, інженерні споруди і комунікації.

Під час паводка поверхневі води організовано потрапляють до польдеру і утримуються в ньому до завершення паводка. Таким чином протипаводковий польдер виконує функцію зменшення витрат річкового стоку і, відповідно, зниження критичних рівнів води на ділянках річки, що знаходяться нижче за течією. Накопичену в польдері воду можна використовувати в сільському та комунальному господарствах, а за відсутності потреби в ній польдер спорожнюють.

**Висновки.** З короткого огляду досвіду боротьби з паводками в гірських районах зарубіжних країн та аналізу ефективності інженерних заходів захисту від затоплення зробити наступні висновки.

1. Упродовж останнього століття в гірських районах економічно розвинутих країн для боротьби з паводками широко застосовують регулювання стоку за допомогою водосховищ, а також будують наносозатримуючі греблі. Захисні дамби, розчищення і закріплення русел річок є допоміжними засобами.

2. Дамби обвалування, регулювання русел річок для підтримання їх в робочому стані вимагають постійних щорічних затрат, значних капітальних вкладень при влаштуванні і, при неправильному проектуванні є фактором зниження сталості русла.

3. Для створення комплексу заходів із забезпечення надійного захисту територій та населених пунктів від затоплення паводковими водами доцільно

застосувати наступну схему розміщення протипаводкових споруд: у верхів'ї річки будуються водозатримувальні ємності з незначними обсягами накопичення, а в середній та нижній частинах річки облаштовуються протипаводкові ємності (зокрема польдери) зі значною акумулюючою здатністю. На ділянках річки, де існує небезпека затоплення населених пунктів будуються водозахисні дамби із можливим застосуванням геотуб, як ядра споруди, та проводяться інші берегоукріплювальні заходи.

4. Для проектування заходів і будівництва споруд інженерного захисту територій і населених пунктів від затоплення відповідно до сучасних вимог необхідно оновлення нормативної бази, зокрема введення в дію ДСТУ-Н Б В.1.1-XX:201X [7].

### Список літератури

1. Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013. № 17, ст.146. Режим доступу:

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4836-17>.

2. Категорія: Повені в Україні. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Категорія:Повені\\_в\\_Україні](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Категорія:Повені_в_Україні).

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 липня 2006 р. № 901 «Про затвердження Комплексної програми захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод на період до 2010 року та прогноз до 2020 року» / Офіційний вісник України, 2006 р. № 27, ст. 1942. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/901-2006-п>.

4. *Захист* від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення: ДБН В.1.1-25-2009. [Чинний від 2011-01-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 52 с.

5. «Протипаводковий захист. Інформаційно-аналітична довідка щодо проблем комплексного протипаводкового захисту територій регіонів України від катастрофічних паводків та мінімізації збитків від шкідливої дії вод [Електронний ресурс]: Протипаводковий захист / Державне агентство водних ресурсів України. Офіційний сайт. Режим доступу: <https://scwm.gov.ua/>. (Дата звернення: 12.03.2017).

6. Водогосподарська ситуація «Басейнове управління водних ресурсів річки Тиса. Режим доступу: [http://buvrtysa.gov.ua/newsite/?page\\_id=105](http://buvrtysa.gov.ua/newsite/?page_id=105). (Дата звернення: 10.02.2017)».

7. *Розробка ДСТУ-Н Б* Інженерний захист територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення / Ю. С. Слюсаренко, В. Д. Шумінський, В. А. Титаренко, М. М. Хлапук, В. Г. Шаповал // Будівельні Конструкції. 2016. № 83 (1). С. 206–216.

Стаття надійшла до редакції 21.11.17