

МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ ПРОТИПАВОДКОВОГО ЗАХИСТУ НА ГІРСЬКИХ РІЧКАХ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ МІСТ

Світлана Величко¹, Олена Дупляк²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
31, Повітрофлотський проспект, Київ, 03037, Україна

¹канд. тех. наук., velychko.sv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8848-289X

²канд. тех. наук., dupliak.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-3500-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2020.33.11-18

Анотація. Останні двадцять років спостерігається значні зміни клімату, які призводять до формування інтенсивних опадів, що призводить до підвищення паводкових витрат. В той же час природні чинники, такі як накопичення наносів та підвищення відміток дна, захарашення русла, та антропогенні чинники: інтенсивна забудова заплави призводить до звуження заплави та підвищення рівнів проходження паводків рідкої повторюваності. Мобільні протипаводкові системи останнім часом все активніше використовуються як один із елементів захисту в Європейських містах. Особливістю проходження паводку на гірських річках України є невелика їх тривалість: 3-5 днів та значна швидкість підйому води, що вимагає швидкого реагування та простоти встановлення тимчасових бар'єрів. Метою роботи було визначення оптимальних мобільних конструкцій протипаводкового захисту міських територій в умовах інтенсивних гірських паводків. Для чого були проаналізовані існуючі мобільні системи та досвід їх використання в країнах Євросоюзу. Вартість мобільних систем значно перевищує вартість будівництва захисних земляних дамб і за умов наявності достатньої для будівництва території не має економічного підґрунтя. Але в умовах щільної забудови використання мобільних систем захисту від паводків стає економічно виправданою альтернативою постійним захисним спорудам, бо не вимагає додаткового постійного місця та не перегороджує доступ до річки. Ефективному використанню мобільних бар'єрів повинна передувати картування зон затоплення з точним визначенням території, яку необхідно захищати та впровадження автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи раннього прогнозування та оповіщення відповідальних органів про загрозу надзвичайних паводків, бо як показав досвід для збирання мобільних бар'єрів необхідний час складає в середньому 1 година на 100м не враховуючи час доставки зі складу. Встановлення мобільних систем вимагає залучення людських ресурсів, які мають проходити періодичні злагодження. Обладнання необхідно швидко доставити до місця призначення, що потребує залучення техніки для транспортування та додаткових площ для складування матеріалів. Отже основні вимоги до мобільних систем: невелика вага, простота та швидкість збирання конструкції, її надійність при роботі, вимоги до зберігання та можливість періодичних тренувань. В роботі були проаналізовані системи з задалегідь встановленим фундаментом сегментного типу, стінки, що складаються, з високим фундаментом та мобільні дамби (туби). В умовах щільної забудови вище перерахованим вимогам в більшій мірі відповідають системи з встановленим задалегідь фундаментом (підземним або у вигляді парапету) секційного типу.

Ключові слова: протипаводковий захист мобільні протипаводкові системи, секційні стінки, мобільні дамби.

© Величко С., Дупляк О., 2020

ВСТУП

Паводки є природним явищем, яке впливає на природне середовище, людську життєдіяльність та інфраструктуру населених пунктів. За останні двадцять років спостерігаються значні зміни клімату на території України. Відбувається підвищення середньорічних температур, зима стає більш теплою, літо перетворюється на спекотне [1]. В той же час не дивлячись на потепління клімату та зменшення середньорічних опадів, спостерігається інтенсивність атмосферних опадів за короткий проміжок часу, що призводить до формування катастрофічних паводків [2]. Прогноз зміни стоку річок басейну Тиси в період 2021-2050 р.р. виконаний в роботі [3] свідчить про зміни в розподілі стоку по сезонах зі збільшенням максимального стоку в літній період.

Існує значна кількість методів активного та пасивного захисту від наслідків проходження паводків: будівництво регулюючих споруд, дамб, берегоукріплень, стаціонарних бар'єрів, протизсувних, протиселевих споруд, автоматизованих систем оповіщення. Безперечно реалізації цих заходів є запорукою збереження безпеки навколишнього соціального, техногенного та природного середовища. Будівництво нових або нарощування існуючих дамб чи стаціонарних бар'єрів вимагає додаткових площ або переробки існуючої набережної, що в більшості випадків не можливо в умовах щільної забудови сучасних міст [4]. Захист від паводків повинен задовольняти не тільки критерію надійності конструкції, але і забезпечувати вільний доступ до річки, не закривати вид на річку. Більшість Європейських річок є каналізованими зі значним звуженням заплави та щільною забудовою вздовж набережних. В умовах забудови берегів річки практично не можливо побудувати стаціонарні протипаводкові споруди за відсутності міста. Місцеве законодавство в кожній країні диктує захист від паводків різної забезпеченості, так, наприклад, захист міста Праги розробляється на паводок 0,2% забезпеченості,

Відень – 0,01%, Братислава – 0,1% [4], в Україні міста захищаються від 1,0% паводку. Зведення постійних конструкцій на набережних перед будинками для захисту від паводків рідкої повторюваності призведе або до вилучення значних територій, або до втрати архітектурної привабливості річки. В умовах сучасного міста захистом від паводків або раптових злив більш перспективним є використання мобільних систем захисту як муніципальної власності так і приватних осель.

Мобільні протипаводкові системи в густонаселених містах почали використовуватись на початку XXI сторіччя після ряду катастрофічних паводків в Європі. В Європейських країнах реалізація мобільних систем захисту вже отримала апробацію: так в Угорщині перші мобільні системи були реалізовані в 2006 р [5], в 2004 р. була побудована перша в Чехії мобільна система довжиною 17,6 км, позитивний досвід реалізації мобільних систем отримала в 2013 р. Австрія [6], можливість використання мобільних систем розглядає Молдова [7].

Методика розрахунку мобільних протипаводкових систем в Україні відсутня, в роботі [5] наведений аналіз можливих впливів та сил, що необхідно враховувати в статичних розрахунках. З огляду на велику вартість матеріалів стінки актуальним є питання визначення висоти стінки над максимальним паводковим рівнем води 1% забезпеченості. В нормативній базі України розроблена методика визначення висоти ґрунтових дамб та бетонних вертикальних споруд, яка враховує підвищення рівня води за рахунок вітрових явищ, що є суттєвим для водної поверхні з великим розгоном хвилі. Гірські річки в межах міст мають невелику ширину, але значну звивистість русла, отже методика розрахунку необхідної висоти мобільної стінки потребує уточнення.

Мета досліджень

Визначення оптимальних мобільних конструкцій протипаводкового захисту

міських територій в умовах інтенсивних гірських паводків та необхідної розрахункової висоти стінки.

Для поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- встановити основні вимоги до мобільних протипаводкових систем;
- провести аналіз існуючих мобільних систем та визначити оптимальні конструкції в умовах зливових паводків;
- розробити рекомендації щодо визначення висоти мобільної протипаводкової системи.

Об'єкт досліджень

Коливання рівнів води на річках Українських Карпат є характерним для гірських річок. Вони характеризуються частим настанням зливових паводків, а також наявністю високих паводків змішаного походження (дощових і снігових). Характерним є невелика тривалість паводків (3-4 дні) та їх часте повторювання до 10-12 паводків протягом року. По величині підйому рівня з інтенсивністю 1-2 м

на добу паводки часто бувають надзвичайними, викликаючи повені, що спричиняють великі руйнування та збитки.

В роботі були розглянуті протипаводкові системи з фундаментом згідно класифікації, розробленої в роботі [8] та наведеної на рис. 1.

Розрахунки необхідної висоти мобільної системи виконані на прикладі р. Уж Закарпатської області в межах центральної частини м. Ужгород. Річка Уж в межах центральної частини міста має звужену протипаводковими дамбами заплаву з щільною забудовою. Ширина перерізу обмежена набережною та мостами коливається в межах 116,0-573,0 м, швидкість течії під час паводку сягає 1,4-2,57 м/с. Аналіз вітрових явищ на Закарпатті проведений в роботі [9] свідчить про періодичне спостереження шквальних вітрів зі швидкістю 25 м/с з повторюваністю 1 раз на 25 років, в м. Ужгород переважають сильні вітри південно-східного напрямку.

Мобільні споруди з фіксованим фундаментом						
З пре-встановленим фундаментом			Повністю пре-встановлені			
Сегментна стінка	Стінка що складається	Стінка, що складається	Високий фундамент з мобільною стінкою	Стінка в пазах	мобільні дамби	
						
Мобільні системи без фундаменту						
Контейнери			Гравітаційні	Системи, що складаються	Стінки	
Мішки з піском	Тюби	Ємності			Контрфорсні	Стінки
						

Рис. 1. Класифікація мобільних протипаводкових систем.
Fig.1. Classification of mobile flood protection systems.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На гірських річках рівень води піднімається інтенсивно, отже конструкції повинні бути прості, швидко та легко збиратись. Крім цього збором конструкцій на значній протяжності будуть займатись багато людей і місця встановлення мобільних бар'єрів необхідно зафіксувати, для чого більше підходять системи з фіксованим фундаментом. При організації захисту на лінії довжиною 5 км та більше необхідно задіяти значний людський ресурс, тому встановлення конструкцій не повинно вимагати спеціальної вантажної техніки. Мобільні системи без фундаменту можуть статись у нагоді як допоміжні засоби захисту від паводку на випадок непередбачуваних руйнувань основного захисту.

Для організації протипаводкового захисту в стиснених міських умовах мобільні протипаводкові системи на гірських річках повинні відповідати вимогам:

- надійність;
- естетичність вигляду або можливість сховати встановлені частини в оздобленні набережної;
- простота збору конструкції;
- швидкість збирання;
- невелика вага для можливості збирати систему вручну.

Порівняння різних систем, що представлені на європейському ринку наведено в таблиці 1.

Сегментна стінка – найбільш розповсюджений елемент в системах протипаводкового захисту Європейських міст. (рис.2). Його найбільша перевага – підземний фундамент під опори та анкери, який можна встановити в існуючу набережну з мінімальними руйнуваннями, в зібраному стані система займає мінімальну ширину до 0,2м, при висоті більше 1,0 м система потребує анкерного закріплення, тоді необхідна додаткова ширина рівна висоті бар'єру. Процес монтажу стінки із окремих сегментів шириною 20-

30 см достатньо простий і не потребує спеціального обладнання крім ключа для відкривання люка під фундамент та закручування шурупів. Вага елементів з алюмінію та металевих стовпів дозволяє його монтувати 2 особам, для швидкого монтажу 100 м стінки достатньо 6-8 осіб.



Рис. 2. Протипаводковий захист м. Прага. Фото: www.climate-adapt.eea.europa.eu
Fig. 2. Flood protection of Prague. Photo: www.climate-adapt.eea.europa.eu

Максимальна довжина секції 3,0м, отже для транспортування від місця зберігання до набережної необхідно використати вантажівку або причепи. Для зберігання стовпів та секцій підходить сухий склад, на час монтажу конструкції буде впливати місце розташування складу для зберігання та час завантаження. Матеріали є корозійно стійкими та можуть використовуватися необмежену кількість разів. Вартість значно залежить від висоти конструкції та складається із витрат на матеріали конструкції, встановлення фундаментів та експлуатаційних витрат на зберігання, транспортування під час паводку, встановлення та експлуатаційної перевірки 1 раз на рік.

Перевагою **стінки, що складається** в тротуар, є швидкість приведення в робочий стан 15 хв, для чого потрібна 1 особа та підключення електроприводу, але значні капіталовкладення в будівництво системи та її обслуговування, необхідність вільної ширини, яка дорівнює висоті бар'єру не дозволяє використовувати систему для значної протяжності.

Таблиця 1. Порівняння мобільних протипаводкових систем
Table 1. Comparison of mobile flood protection systems

Вимоги	Сегмента стінка	Стінка, що складається	Високий фундамент з сегментною стінкою	Стінки в пазах	дамби (туби)
Максимальна висота	5,0 м	2,0м	5,0 м	5,0 м	2,6м
Створення перепони	-	-	+	-	-
Ширина для встановлення	0,2м	= висоті	0,8м	0,3	1,6м
Швидкість збирання 100 м	1 година	15 хв	1 година	1 година	1 година
Необхідна кількість людей на 100м	6-8 осіб	-	6-8 осіб	4 особи	2 особи
Доставка та монтаж	Вантажівка або причеп	-	Вантажівка або причеп	Вантажівка або причеп	Причеп, кагушка для розгортання
Об'єм для зберігання	0,6м ³ /10м	-	0,6м ³ /10м	0,6м ³ /10м	0,7м ³ /10м
Відносна вартість*	3,8	12,5	2,8	2,5	1

*вартість наведена відносно середньої вартості мобільної дамби (туба) для висоти 1,0м

Стінки, що розкладаються за допомогою гідравліки не є надійними в умовах проходження паводків в зимових умовах (що характерно для Українських Карпат) із-за можливості замерзання води в гідросистемі підйому бар'єрів.

Встановлення **мобільної стінки на зведений над набережною фундамент** дещо здешевлює вартість всієї системи за рахунок використання та зберігання меншої кількості сегментів стінки, але створює масивну бетонну перешкоду між річкою та набережною і має перевагу над іншими мобільними системами, коли необхідний захист від паводків менших за 10%. Всі інші характеристики не відрізняються від сегментної стінки з прихованим фундаментом.

Стінки в пазах мають перевагу в потребі меншої кількості людей для збору конструкції та вартості за рахунок використання встановлених заздалегідь пазів в існуючі конструктивні елементи стін та стовпів, але звичайні опори огорож набережних не втримають натиск води, тому для встановлення таких систем необхідно їх буде замінити на більш потужні, що збільшить вартість протипаводкового за-

хисту та може негативно вплинути на зовнішній вигляд набережної як архітектурної принади міста. Такі системи більш доцільно використовувати для захисту дверних отворів, воріт та проїздів.

Найбільш дешевими є системи **мобільних дамб (туб)** з полімерних матеріалів, які наповнюються водою. Довжина однієї секції від 10 до 30м, секції з'єднуються між собою, утворюючи водонепроникний бар'єр, сучасні системи не потребують фундаменту, але поверхня повинна бути очищена від гострих предметів. Із всіх розглянутих мобільних систем туби є найшвидшими в збиранні, але потребують електропостачання та насосного обладнання для наповнення їх водою. Також їх перевагою є компактне зберігання в контейнерах об'ємом 0,7м³/10м. За умови очищення та сухого зберігання термін служби мобільних дамб може складати 10 років, робоча поверхня тубу підлягає ремонту у випадку пошкодження. При зберіганні обладнання 1 раз на рік необхідно перевіряти на предмет пошкоджень поверхні.

Використання мобільних систем крім значних капітальних витрат, людських ресурсів та місць зберігання порівняно з земляними дамбами та бетонними парапетами потребує швидкого реагування,

злагодженої роботи та періодичного тренування органів самоврядування, надзвичайних ситуацій та населення.

В нормативній літературі України відсутні рекомендації щодо визначення необхідного запасу висоти над розрахунковим рівнем для мобільних пристроїв захисту. Висота мобільної стінки за умови непереливання води через конструкцію може бути розрахована за загальною формулою:

$$H_{ст} = H_{1\%} + \eta_{1\%} + \Delta h + \Delta h_{set} + a, \quad (1)$$

де $H_{ст}$ – відмітка верху стінки, м; $H_{1\%}$ – відмітка рівня води паводку 1% забезпеченості, м; a – сухий запас, 0,5 м; $\eta_{1\%}$ – підняття хвилі при підході до вертикальної стінки, м:

$$\eta_{1\%} = h_{1\%} + \frac{k \cdot h_{1\%}^2}{2}, \quad (2)$$

Δh_{set} – вітровий нагін, м:

$$\Delta h_{set} = k_w \frac{V_w^2 \cdot L}{g d} \cos \alpha, \quad (3)$$

Δh підняття рівня на поворотах, м; a – сухий запас, 0,5м:

$$\Delta h = \frac{B v^2}{R 2g}, \quad (4)$$

де B – ширина русла, м; R – радіус повороту, м; v – середня швидкість руху води в паводок, м/с; $h_{1\%}$ – висота хвилі 1% забезпеченості, м; k – хвильове число; V_w – розрахункова швидкість вітру на висоті 10м над водою, м/с; L – розгін хвилі, м; d – глибина води перед стінкою, м; α – кут між перпендикуляром до стінки та напрямком вітру, град.

Розрахунки складових висоти проти-паводкової споруди виконані на прикладі гірської річки Уж в Закарпатській області. Вітровий нагін, Δh_{set} , формується за рахунок інтенсивного вітру та довжини його розгону по поверхні води і досягає максимального значення під кутом 90° . Якщо брати до уваги не значну ширину річки в межах міста від 100 до 250 м, то навіть при шквальних вітрах до 30 м/с величина нагону буде складати 3 мм. Отже для розрахунків висоти мобільного бар'єру величиною вітрового нагону можна нехтувати.

В зв'язку зі значною звивістю русла гірських річок (рис. 3) на деяких ділянках напрямком штормового вітру може бути близьким до перпендикулярного, що призведе до утворення хвилі та її підняття при ударі в стінку, але за рахунок незначного розгону хвилі, утворення високих хвиль не можливе. Розрахунок підвищення хвилі 1% забезпеченості ($\eta_{1\%}$) від південно - східного вітру зі швидкістю 25м/с (повторюваність 1 раз на 25років) при максимальному розгоні в 260м буде складати 0,25м.

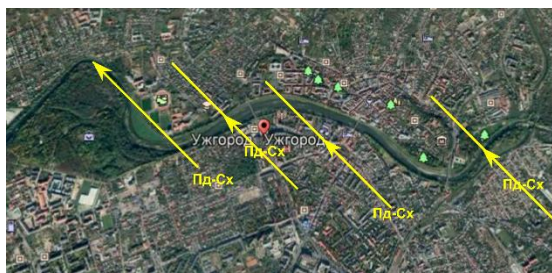


Рис.3. Річка Уж в межах м. Ужгород
Fig.3. The river Uzh within the city of Uzhhorod

Підняття рівня води за рахунок відцентрових сил на поворотах (Δh), яке розраховується за формулою (4) в діапазоні співвідношень B/R від 0,2 до 0,6, становить 0,06...0,19м.

Розрахунки на прикладі р. Уж показують, що збільшення рівня води над розрахунковим 1% за рахунок вітрових явищ та геометричних особливостей русла не перевищує 0,5 м сухого запасу. Крім цього сама металева конструкція з бетонним фундаментом є стійкою навіть за умови переливу хвилі через стінку. Враховуючи значне зростання вартості мобільних систем зі збільшенням висоти на гірських річках в умовах стисненого русла можна нехтувати підвищенням рівня води за рахунок вітрових явищ, так як вони не перевищують 0,5 м сухого запасу. Таким чином для мобільних проти-паводкових систем формула для визначення висоти стінки буде мати вигляд:

$$H_{ст} = H_{1\%} + a, \quad (5)$$

ВИСНОВКИ

1. В умовах щільної забудови використання мобільних систем захисту від паводків є економічно виправданою альтернативою постійним захисним дамбам.

2. Використання мобільних систем вимагає реалізації автоматизованої інформаційно-виміральної системи контролю за паводками та раннього прогнозування, бо для збору мобільних бар'єрів необхідний час.

3. Встановлення мобільних систем потребує злагодженої роботи людських ресурсів, які повинні проходити періодичні тренування з залученням на добровільній основі місцевого населення.

4. Зберігання мобільних систем потребує додаткових площ, розташованих неподалік місця встановлення.

5. Аналіз основних факторів, що впливають на успішне використання мобільних систем, а саме: невелика вага, простота та швидкість збирання конструкції, її надійність при роботі, вимоги до зберігання та можливість періодичних тренувань - показує, що вище перерахованим вимогам в більшій мірі відповідають системи з сегментними стінками з підземним фундаментом або фундаментом у вигляді парашу.

6. Висота мобільної протипаводкової стінки в умовах міської забудови заплави гірської річки розраховується як рівень паводку 1% забезпеченості плюс сухий запас 0,5м.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Канарський Ю.В.** Кліматичні зміни в регіоні українських Карпат на початку XXI століття та їх вплив на біотичне різноманіття. Наукові основи збереження біотичної різноманітності. 2016. Т. 7 (14), № 1. С 15-36.
2. **Корчемлюк М., Приходько П., Архипова Л.** Вплив змін клімату на водний режим гірської частини басейну р. Прут. Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. 2016. Вип. 1. С. 118-128.
3. **Lukianets O., Obodovskyi I.** Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers'

Streamflow of the Drainage Basin of the Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. Environmental Research, Engineering and Management. 2015. Vol 71. No 1. P 36-46. doi: [10.5755/j01.erem.71.1.10286](https://doi.org/10.5755/j01.erem.71.1.10286)

4. **Kryżanowski A., Brilly M., Rusjan S., and Schnabl S.** Review Article: Structural flood-protection measures referring to several European case studies. Natural Hazards and Earth System Sciences 2014. 14. С. 135-142. doi:10.5194/nhess-14-135-2014
5. **Kádár I.** Mobile flood protection walls. Pollack periodica. 2015. Vol. 10, No. 1, pp. 133-142. doi:10.1556/Pollack.10.2015.1.13
6. **Shoukai Chen, Huimin Li, Lei Guo, Lunyan Wang, and Yongchao Cao.** Testing the Key Performance of Mobile Flood Protection System. Advances in Civil Engineering. 2018. Volume 2018, Article ID 5641385, 11 p. doi:10.1155/2018/5641385
7. **Malerova L., Pokorny J., Kristlova E., and Wojnarova J.** Using of mobile flood protection on the territory of the Moldova as possible protection of the community. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. 92. 012039. 5 p. doi:10.1088/1755-1315/92/1/012039
8. **Massolle C., Lankenau L. and Koppe B.** Emergency Flood Control: Practice-Oriented Test Series for the Use of Sandbag Replacement Systems. Geosciences 2018, 8 (12), 482. 16 p. doi:10.3390/geosciences8120482
9. **Салюк, М. Р., Мельничук В. П., Микита М. М.** Аналіз несприятливих метеорологічних явищ на Закарпатті. Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування. – Ужгород : Говерла, 2013. Вип. 2. С 32-42.

REFERENCES

1. **Kanarskyi Yu.V. (2016).** Klimatychni zminy v rehioni ukraïnskykh Karpat na pochatku khkhi stolittia ta yikh vplyv na biotychnе riznomanit-tia. *Naukovi osnovy zberezhennta biotychnoi riznomanitnosti*, 7 (14), 15-36. [in Ukrainian].
2. **Korchemliuk M., Prykhodko P., & Arkhypova L. (2016).** Vplyv zmin klimatu na vodnyi rezhym hirskoi chastyny baseinu r. Prut. *Problemy heomorfolohii i paleoheoh-rafii Ukraïnskykh Karpat i prylehlykh terytorii*, 1, 118-128. [in Ukrainian].
3. **Lukianets O., & Obodovskyi I. (2015).** Spatial, Temporal and Forecast Evaluation of Rivers' Streamflow of the Drainage Basin of the

Upper Tisa under the Conditions of Climate Change. *Environmental Research, Engineering and Management*, 71 (1), 36-46. [doi:10.5755/j01.erem.71.1.10286](https://doi.org/10.5755/j01.erem.71.1.10286)

4. Kryżanowski A., Brilly M., Rusjan S., & Schnabl S. (2104). Review Article: Structural flood-protection measures referring to several European case studies. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 135-142. doi:10.5194/nhess-14-135-2014

5. Kádár I. (2015). Mobile flood protection walls. *Pollack periodica*, 10 (1), 133-142. [doi:10.1556/Pollack.10.2015.1.13](https://doi.org/10.1556/Pollack.10.2015.1.13)

6. Shoukai Chen, Huimin Li, Lei Guo, Lunyan Wang, & Yongchao Cao (2018). Testing the Key Performance of Mobile Flood Protection System. *Advances in Civil Engineering*, 2018. Article ID 5641385, <https://doi.org/10.1155/2018/5641385>

7. Malerova L., Pokorny J., Kristlova E., & Wojnarova J. (2017). Using of mobile flood protection on the territory of the Moldova as possible protection of the community. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 92, 012039. [doi:10.1088/1755-1315/92/1/012039](https://doi.org/10.1088/1755-1315/92/1/012039)

8. Massolle C., Lankenau L. & Koppe B. (2018). Emergency Flood Control: Practice-Oriented Test Series for the Use of Sandbag Replacement Systems. *Geosciences*, 8 (12), 482. [doi:10.3390/geosciences8120482](https://doi.org/10.3390/geosciences8120482)

9. Salyuk, M. R., Mel'ny'chuk V. P., & My'ky'ta M. M. (2013). Analiz nespry'yatly'vy`x meteorologichny`x yavy'shh na Zakarpatti. *Naukovy`j visny`k Uzhgorods'kogo universy'tetu: Seriya: Geografiya. Zemleustrij. Pry`rodokory`stuvannya. – Uzhgorod: Goverla*, 2, 32-42. [in Ukrainian].

Mobile flood protection systems on mountain rivers in dense urban condition

Svitlana Velychko, Olena Dupliak

Abstract. Significant climate change has been, leading to heavy rainfall and flood flow rate increasing the last twenty years. At the same time, natural factors, such as sediment accumulation and bottom elevations, channel clogging, and anthropogenic factors: intensive floodplain construction leads to floodplain narrowing and increased flood levels. European cities have been increasingly used mobile flood protection systems as one of the elements of flood protection. The peculiarity of the mountain rivers flood in Ukraine is their short duration: 3-5 days and a significant rate of water uplift, which requires a rapid and simple installation of temporary barriers. The aim of the review is to determine the optimal mobile structures for flood protection of urban areas in conditions of intense mountain floods. The existing mobile systems and the experience of their use in the EU countries were analyzed. The cost of mobile systems significantly exceeds the cost of embankment and has no economic benefits if there is enough area for embankment construction. But in dense urban conditions, the use of mobile flood protection systems become an economically viable alternative to permanent protective structures, because they do not require additional permanent space and do not block access to the river. Flood area mapping with precise identification of the protected area should be developed and automated information and measurement system for early forecasting and notification of the relevant authorities about the floods threat should be implemented, because barriers erection is required time of average 1 hour per 100m, excluding delivery time from the storage area. The installation of mobile systems requires the involvement of human resources, which must have periodically train. The equipment must be delivered quickly to the destination, which requires the involvement of transportation equipment and additional storage area for materials. So, the main requirements for mobile flood systems: light weight, simplicity and speed of installation, its reliability, storage areas and periodic training. The systems with a pre-installed foundation of segment-type, flip walls, segment walls with high foundation and mobile tubes were analyzed. The segment walls with pre-installed foundation (underground or in the form of a parapet) satisfy all above-stated requirements in dense urban condition.

Key words: flood protection; mobile flood protection systems; segment walls; mobile tubes.

Стаття надійшла до редакції 9.11.2020