



# КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ МАЙДАНЧИКІВ З ВОДОПРОНИКНИМИ ПОКРИТТЯМИ

УДК 628.212

## АВТОРИ

**ТКАЧУК О.А.**, д-р техн. наук, завідувач кафедри Національного університету водного господарства та природокористування;

**ШЕВЧУК О.В.**, аспірант Національного університету водного господарства та природокористування

## АНОТАЦІЯ

*Наведено отримані авторами в результаті попередніх досліджень рекомендації щодо особливостей влаштування інфільтраційних майданчиків з водопроникними покриттями для регулювання дощового стоку на урбанізованих територіях з метою їх захисту від підтоплень.*

*recommendations for installation characteristics of infiltration areas with permeable pavements to stormwater management in urban areas for their protection from flooding obtained by the authors in previous studies are described.*

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

інфільтраційні майданчики, затоплення, підтоплення

В останні роки на території міст не тільки в Україні, але й в усьому світі все частіше спостерігаються погіршення умов благоустрою міських територій внаслідок їх затоплення і підтоплення в результаті атмосферних опадів. В Україні у зоні потенційного підтоплення знаходиться понад 150 тис. га забудованих територій (11 % від загальної площі населених пунктів). У більш ніж 20 великих містах підтоплені території перевищують 1000 га [1].

Однією з основних проблем у відведенні атмосферних опадів з міських територій є збільшення витрат дощових вод, що поступають у системи дощової каналізації. Це відбувається внаслідок інтенсивних змін у благоустрої міських територій з постійним збільшенням часток територій із водонепроникними покриттями (дороги, тротуари, майданчики, дахи будинків тощо). Внаслідок цього мають місце збільшення об'єму дощового стоку, що формується у понижених місцях міських територій, їх затоплення, підтоплення та погіршення санітарного стану.

У світі, а в останні роки і в Україні у питанні захисту міських територій від підтоплень все більшої уваги приділяють різноманітним методам регулювання дощового стоку поряд з традиційним його збором у системі водовідведення. Важливого значення набувають ті методи, що дозволяють акумулювати дощові опади безпосередньо в місцях їх випадіння. Одним з таких методів є влаштування інфільтраційних майданчиків з водопроникними покриттями із наступним дренаванням затриманих дощових вод в споруди систем водовідведення. Це дозволяє зменшити максимальні навантаження на ці системи та затримувати забруднення, а застосування різноманітних видів водонепроникних покриттів – використовувати такі міські території як стоянки для автомобілів, різного роду під'їзні шляхи, газони тощо.

Застосування інфільтраційних майданчиків в роботі систем дощового водовідведення дозволить ще на стадії проектування зменшити діаметри нових труб, а отже, і вартість мереж, запобігти підтопленню і затопленню територій в понижених місцях та покращи-



ти санітарний стан водойм в місцях випуску дощових вод. Крім того, водонепроникні покриття мають ряд інших переваг, таких як екологічність (не виділяє шкідливих випарів у спеку у порівнянні з асфальтовими покриттями), зростання привабливості території тощо.

Дослідженню методів регулювання дощового стоку присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних вчених (Жук В.М., Вовк Л.І., Бошота В.В., Акан О., Гуо Дж., Костяков А.Н., Фергюсон Б., та ін.) [2, 3]. Ці вчені зробили значний внесок у дослідження окремих методів і режимів роботи споруд для регулювання дощового стоку (зокрема збірників дощових вод, ексфільтраційних траншей тощо). Однак не вирішеними залишаються питання врахування сумісної роботи цих споруд у системах водовідведення, а також розроблення рекомендацій щодо їх влаштування.

У світовій практиці заходи з регулювання дощового стоку орієнтовані на пріоритетне використання водонепроникних покриттів над непроникними, якщо це не обмежується певними умовами. Однак в Україні на сьогодні вони ще не набули поширення. Крім того, різні виробники однакових видів покриттів надають різні рекомендації щодо технологій їх влаштування. Дуже часто не в повній мірі надаються або повністю відсутні рекомендації щодо об'єму стоку, який вони затримують, що в свою чергу ставить під сумнів ефективність їх застосування.

Тому метою статті є розроблення рекомендацій щодо конструктивних особливостей влаштування інфільтраційних майданчиків з водонепроникними покриттями для ефективного їх використання у благоустрої та захисті від підтоплення міських територій.

Атмосферні опади поступають на інфільтраційний майданчик у вигляді крапель дощу та додаткового притоку із прилеглих територій. Для цього по периметру майданчика, або вздовж його більшої сторони, влаштовують відкритий лоток, що забезпечує рівномірний розподіл дощових вод по всій площі майданчика. Верхній шар майданчика має покриття із газонних решіток, що влаштовано горизонтально або з невеликим ухилом від лотка (рис. 1).

Дощові води, що акумулюються на інфільтраційних майданчиках, відводять (рис. 2):

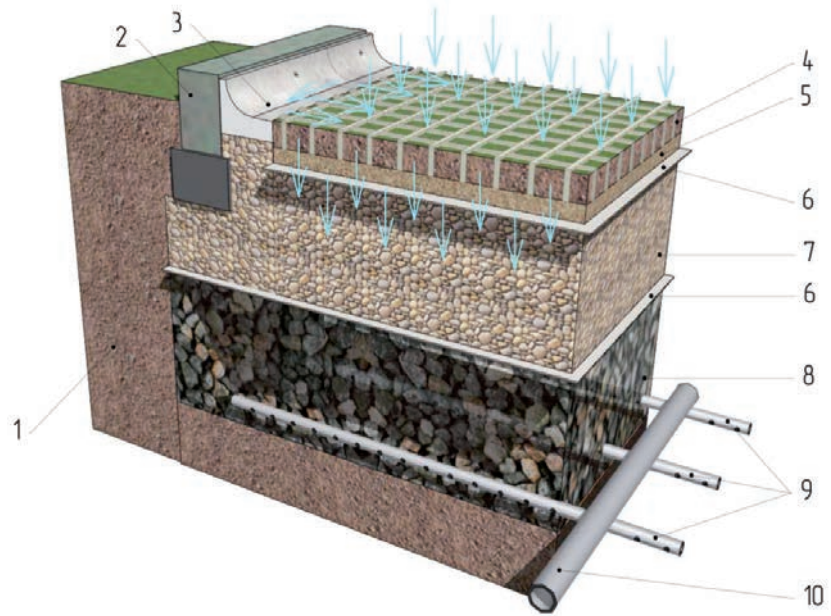


Рис.1 Фрагмент інфільтраційного майданчика:

- 1 – природний ґрунт; 2 – бордюр; 3 – лоток рівномірного розподілу вод притоку;  
4 – газонна решітка; 5 – підготовчий шар; 6 – геотекстиль; 7 – основний фільтраційний шар; 8 – акумулюючий шар (щєбінь); 9 – дренажні труби;  
10 – трубопровід відведення дренажних вод у систему дощового водовідведення.

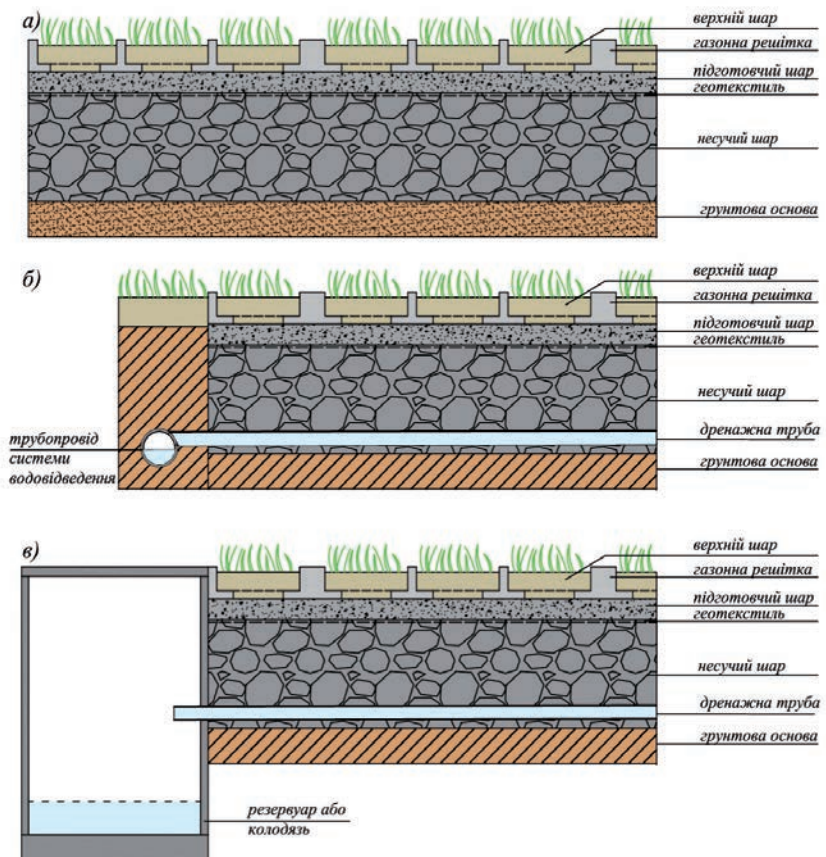


Рис.2 Конструктивні схеми інфільтраційних майданчиків за способом відведення дощового стоку:

- а – в існуючий ґрунт; б – у систему каналізації; в – у резервуар або колодязь.



- ексфільтрацією в існуючий ґрунт;
- у трубопроводі чи каналі системи дощового водовідведення;
- у резервуар чи колодязь для використання відфільтрованого стоку у господарських цілях.

Характеристики завантаження кожного з цих шарів, такі як зерновий склад, пористість, ступінь ущільнення, повинні забезпечувати необхідну водопроникність та несучу здатність відповідно до можливого навантаження. Для забезпечення інфільтрації дощового стоку необхідно, щоб не менше 40% площі модулів газонних решіток були водопроникними. Відповідно до цих вимог для стоянки автомобілів масою до 40 т, що потребує несучу здатність у 30 МПа, несучий шар завантаження формують із щебеню з розміром фракцій 2...30мм висотою не менше  $h_{oc} \geq 25$  см [4]. Інші характеристики матеріалів завантаження інфільтраційних майданчиків наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики завантаження інфільтраційних майданчиків

Назва шару	Висота шару, см	Склад матеріалів завантаження
Верхній шар з газонних решіток	За сертифікатами виробників залежно від типу газонної решітки	60% просіяний ґрунт 30% пісок фракції 0,1-2мм 10% компост
		щебінь фракції 2-16мм.
Підготовчий шар	3-5	пісок фракції 0,1-2мм 70% пісок фракції 0,1-2мм 30% просіяний ґрунт
		40% щебінь фракції 2-5мм 30% просіяний ґрунт 20% пісок фракції 0,1-2мм 10% компост
Основний несучий шар	$\geq 25$	Щебінь фракції 2-30мм
Акумуляційний шар	$\geq 10$	Щебінь фракції 8-40мм

Ступінь ущільнення кожного із шарів повинен бути в межах 93...95%. Пористість кожного з шарів завантаження 20...40%. Для затримання додаткового об'єму опадів можна також влаштувати акумулюючий шар зі щебеню крупністю 8...40 мм.

Для запобігання підтопленню територій при влаштуванні інфільтраційних майданчиків мінімальна відстань від низу завантаження до рівня ґрунтових вод повинна становити 1 м. Якщо рівень ґрунтових вод знаходиться вище, або якщо не передбачається ексфільтрація у навколишній ґрунт, то для відведення відфільтрованого дощового стоку влаштовують дренажну систему (рис.2б, 2в). Тривалість спорожнення інфільтраційного майданчика після заповнення його дощовими стоками має не перевищувати 48 год. [5].

Мінімальна відстань від інфільтраційних майданчиків до будинків та споруд 3 м, а до колодязів чи свердловин з питною водою 30 м.

Для забезпечення ефективного водовідведення дощових стоків потрібно регулярно проводи-

ти огляд стану інфільтраційного майданчика. Зокрема, щомісячно перевіряти, чи не погіршились водопроникні властивості через його засмічення, а після дощів перевіряти, чи не перевищений час спорожнення майданчика. Обов'язковою є регулярна перевірка стану забруднень у стоці з сусідніх водопроникних територій, стік з яких затримується інфільтраційними майданчиками. Для запобігання забруднень рекомендовано 3...4 рази на рік проводити механічну очистку вакуумними пілососами. Щороку проводити огляд стану модулів газонних решіток та стану газонного покриття, замінюючи пошкоджені елементи і поновлюючи газон [4, 5].

Методика розрахунку інфільтраційних майданчиків залежить від вибраної схеми відведення дощових стоків. Для кожної схеми відведення базовими розрахунковими величинами є визначення

висоти шару завантаження та площі інфільтраційного майданчика.

При відомих величинах об'ємів дощових вод  $W_p$ ,  $m^3$ , що повинні бути затримані на інфільтраційному майданчику, висота шару завантаження, м, становитиме

$$H = \frac{W_p}{F_m \cdot p}, \quad (1)$$

де  $p$  – середня пористість завантаження;

$F_m$  – площа інфільтраційного майданчика,  $m^2$ , що розраховують за формулою

$$F = \psi_{mid} \cdot k \cdot F_c, \quad (2)$$

де

$\psi_{mid}$  – середній коефіцієнт стоку дощових вод, що рекомендується визначати згідно [5];

$F_{cm}$  – площа стоку,  $m^2$ ;

$k_{in}$  – коефіцієнт співвідношення інтенсивності дощу до інтенсивності дренажу дощових вод на майданчику,  $k_{in} \leq 0,1$ .

При відомих величинах розрахункового шару опадів для даної ділянки  $h_{on}$ , м, висота завантаження може також визначатись за формулою [6]:

$$H = \frac{(h_{on} \cdot \psi_{mid} \cdot \frac{F_{cm}}{F_m}) - (0,5 \cdot K_\phi \cdot t_n)}{p}, \quad (3)$$

де

$K_\phi$  – коефіцієнт фільтрації завантаження, м/год;

$t_n$  – тривалість наповнення інфільтраційного майданчика, год, приймається рівним 2 год.

У табл. 2 наведено рекомендовані значення параметрів, що використовуються при влаштуванні та розрахунку інфільтраційних майданчиків.



Таблиця 2. Граничні значення параметрів при влаштуванні та розрахунку інфільтраційних майданчиків

№	Найменування параметра	Позначення	Од. вим.	Значення	
				min	max
1	Коефіцієнт фільтрації існуючого ґрунту	$K_f$	м/с	$10^{-5}$	–
2	Пористість завантаження	$p$	%	20	40
3	Ухил ділянки	$I$	%	0,5	2
4	Висота завантаження	$H$	м	0,25	2,4
5	Відношення площі майданчика до площі стоку	$F_m/F_{cm}$		1:1	1:3* 1:10**
7	Коефіцієнт відношення інтенсивності дощу до інтенсивності дренажу дощу на майданчику	$k_{in}$		0,1	1
8	Коефіцієнт стоку для водонепроникних ділянок	$\psi_{mid}$		0,8	1,0

\* при відсутності підключення до системи дощового водовідведення

\*\* при підключенні до системи дощового водовідведення

## ВИСНОВКИ

Інфільтраційні майданчики є одним з ефективних методів регулювання дощового стоку на урбанізованих територіях, що дозволяє збирати дощову воду безпосередньо в місцях їх випадання. Наведені конструктивні особливості та вимоги щодо влаштування інфільтраційних майданчиків, а також базові формули щодо розрахунку висоти завантаження та площі інфільтраційних майданчиків сприятимуть ефективному використанню даних методів регулювання дощового стоку у захисті від підтоплень та покращенні благоустрою міських територій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ігнатенко О.П. Державна політика щодо систем поверхневого водовідведення в Україні / О.П. Ігнатенко, О.Ю. Зузанська // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: науково-технічний збірник. – Вип. 19. – К.: КНУБА, 2012. – С. 7-12.
2. Ferguson, B. (2005) Porous Pavement: Integrative studies in water management and land development. Boca Raton: CRC Press, 600 p.
3. Ткачук С.Г. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення: монографія / С.Г. Ткачук, В.М. Жук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 216 с.
4. Справочник для проектирования, строительства и эксплуатации водопроницаемых систем укрепления грунта из элементов TTE® производства компании HÜBNER-LEE. – М., 2013. – 27 с.

5. Georgia Stormwater Management Manual (2001). Technical Handbook. Atlanta: AMEC Earth and Environmental, Center for Watershed Protection, 2, 844 p.
6. Draft District of Columbia Stormwater Management Guidebook (2013), Washington D.C.: District Department of the Environment, 596 p.

## REFERENCES

1. Ihnatenko, O., Zuzanska, O. Derzhavna polityka shchodo system poverkhnevoho vodovidvedennia v Ukraini [State policy of runoff drainage system in Ukraine], Problems of water supply, wastewater removal and hydraulics: Scientific and technical collection, Kyiv, KNUBA, 2012, vol 19, pp. 7-12 [in Ukrainian].
2. Ferguson, B. (2005). Porous Pavement: Integrative studies in water management and land development. Boca Raton: CRC Press, p 600.
3. Tkachuk, S., Zhuk, V. Rehulivannia doshchovohostoku v systemakh vodovidvedennia [Stormwater regulation on drainage systems], Lviv, Publishing Lviv Polytechnic, 2012, 216 p [in Ukrainian].
4. Spravochnik dlia proektyrovannia, stroitelstva i ekspluatatsiy vodopronitsaemykh system ukreplennia hrunta iz elementov TTE® proizvodstva kompanii HÜBNER-LEE [Manual of designing, construction and operation of permeable system of soil fixing from TTE® elements of production company HÜBNER-LEE], Moscow, 2013, 27 p. [in Russian].
5. Georgia Stormwater Management Manual (2001). Technical Handbook. Atlanta: AMEC Earth and Environmental, Center for Watershed Protection, 2, 844 p.
6. Draft District of Columbia Stormwater Management Guidebook (2013), Washington D.C.: District Department of the Environment, 596 p.