

УДК: 628:221.2

Ярута Я.В.,
Yana_Yaruta@i.ua, ORCID: 0000-0001-9291-7710,
Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне

ВИКОРИСТАННЯ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РЕГУЛЮВАННЯ ДОЩОВОГО СТОКУ НА МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЯХ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Проаналізовано закордонні та вітчизняні інфільтраційні методи регулювання дощового стоку на міських територіях. Проведено оцінку поглинальної здатності інфільтраційних басейнів, щодо їх спроможності акумулювати у завантажені дощові води.

Ключові слова: регулювання дощового стоку, інфільтраційні методи, інфільтраційний басейн.

Зміни кліматичних елементів, особливо інтенсивності, тривалості та повторюваності дощу, що призводить до затоплень та підтоплень на забудованих міських територіях спонукають до пошуку практичних та ефективних методів регулювання дощового стоку. А в останні роки найбільшої уваги привертають інфільтраційні методи, які базуються на затриманні дощових вод безпосередньо у місцях їх випадіння. При дощах великої інтенсивності у мережах водовідведення виникають напірні режими руху стічних вод. Це призводить до підняття рівня води у колодязях, а іноді і вище поверхні землі, що створює затоплення міської території.

Нормативи закордонних країн з не тільки засвідчують обов'язковість регулювання дощового стоку, але й пропонують застосовувати різні методи регулювання залежно від умов стоку. Окремі з них вимагають влаштування очисних споруд поверхневого стоку, які потребують додаткових територій, що в межах сучасного міста є неможливим, але для маленьких містечок є цілком придатним. В кожному місті є своя спеціальна програма по запобіганню затоплення, яка розробляється під конкретні умови цього ж міста [1-7].

В Україні ж постає питання про впровадження подібних програм, якими повинні користуватися спеціалісти в галузі містобудування. Важливим залишається визначення основних параметрів, що впливають на розміри та розташування таких споруд. Необхідним є також врахування сумісної роботи таких споруд з іншими спорудами дощового водовідведення.

Одним з методів, що є практичним та ефективним в умовах міста, і який забезпечує очищення 80% зважених речовин наводить Окружний

Департамент Навколишнього середовища Колумбії (District Department of the Environment (DDOE)) [1], це біонакопичувальні площі (рис.1), що відносяться до 5 групи Best Management Practice (BMP) (Краща практика управління) [1, ст. 23]. Вони перехоплюють і зберігають стік, пропускають його через фільтровий шар, що складається з піску, ґрунту, каміння (щебінь) та органічної речовини. На міських територіях можуть використовуватись в якості зеленої смуги, між проїзною частиною та тротуаром, на автозаправках для запобігання підтоплення територій, а в парках є елементом ландшафту. Відфільтрований стік може відводитись у дренажну систему або фільтруватись в ґрунт, залежно від функціонального призначення території.

Основним параметром для споруд регулювання дощового стоку є визначення їх площ на території, що залежить від об'єму стоку, який має затримати споруда.



Рис.1. Приклади використання біонакопичувальних площ на міських територіях [1, 2].

Схожим до біонакопичувальних площ є інфільтраційні методи (BMP Group 7), що сприяють зниженню пікових витрат, а об'єм води, який міститься в шарі завантаження такої системи дронується протягом 48 годин. Одним з варіантів такої конструкції є інфільтраційна траншея (рис. 2). Це дрібна, розкопана траншея, заповнена грубим кам'яним агрегатом для створення підземного резервуару. Поверхня траншеї може бути покрита решіткою та/або складатися з каменів, піску або трав'янистої зони. Використання дренажу всередині траншеї може збільшити тимчасову ємність траншеї та забезпечити достатню кількість місця для запобігання затопленню.



Рис. 2. Приклад інфільтраційної траншеї [3, 4].

Належні умови ґрунту та захист від забруднень підземних вод є двома важливими елементами при плануванні інфільтраційної траншеї.

Вищенаведені методи базуються на визначенні об'єму дощового стоку для затримання у регулювальній споруді. Але в жодному з них не враховується сумісна робота при підключенні трубопроводів мереж водовідведення з регулювальними спорудами, адже під час переповнення мережі утворюється напірний режим, а це потребує уточнення гідравлічних розрахунків [8].

В Україні в останні десятиліття проводяться дослідження різних методів регулювання дощового стоку, зокрема, тих, що базуються на фільтрації дощового стоку. Прикладом таких є: застосування ексфільтраційних траншей (Жук В.М., Бошота В.В.), інфільтраційних майданчиків (Ткачук О.А., Шевчук О.В.) [9] та інфільтраційних басейнів (Ткачук О.А., Ярута Я.В.) [10].

Ексфільтраційна траншея являє собою вузький довгий рів, розроблений у пористому ґрунті і заповнений камінням відповідної фракції [11]. Вони дозволяють зменшити об'єм та максимальну витрату поверхневого стоку. Цей метод базується на припущеннях про наявність вільної фільтрації крізь дно та відсутності фільтрації крізь бічні стінки траншеї. Основними параметрами для розрахунку такої траншеї є: висота траншеї, час наповнення траншеї $t_n=2$ год. [12]. Авторами розроблено математичну модель такої траншеї в процесі наповнення при постійному притоці дощового стоку з урахуванням фізичних характеристик траншеї та навколишнього ґрунту, а також зміни у часі наповнення траншеї, площі фільтрації та напору ексфільтрації води з траншеї [13].

Певним недоліком влаштування ексфільтраційних траншей є те, що вода з великих площ стікає у порівняно невелику область, що може спричинити

суфозію оточуючого ґрунту. Це може сповільнювати процес фільтрації чи викликати забруднення ґрунтових вод [11]. Площу ексфільтраційної траншеї розраховують за нормативним часом спорожнення самої траншеї, а не за часом її наповнення [13].

У роботі Шевчук О.В. [14] враховано основні параметри дощу (інтенсивності за витратами та за шаром опадів, площі стоку, висоту шару завантаження інфільтраційного майданчику, описано зміни в часі процесів наповнення та спорожнення майданчику, що залежать від основних факторів). Крім того, визначено технологічні показники роботи інфільтраційного майданчика (витрати води, що поступають і відводяться з майданчику, об'єм та висота води, що затримується у завантаженні, пористість та коефіцієнт фільтрації завантаження).

Інфільтраційні майданчики [14] мають ряд переваг над ексфільтраційними траншеями :

- накопичують дощовий стік, що може бути використаний в господарських цілях;
- покращується якість дощового стоку за рахунок інфільтрації через завантаження та біорозщеплення забруднень;
- знижують навантаження на дощову систему за рахунок прийняття додаткового об'єму у завантаження з сусідніх водонепроникних територій, що значно зменшує об'єми самого стоку;
- мають естетичну привабливість, захищають ґрунтові води від забруднень та ін.

Раціональним підходом для управління дощовим стоком є підбір методів, які є ефективними для конкретного міста. Зважаючи на наявність системи водовідведення, правильним буде її поєднання із зонами зелених насаджень. Перетворення зелених зон у місті в зони з регулювання дощового стоку дозволить не тільки затримати об'єми дощового стоку, але й покращить ландшафтну територію у більш привабливу та багатофункціональну.

Інфільтраційні басейни є не лише елементом благоустрою, але й ефективним методом у боротьбі з затопленням та підтопленням міських територій та дозволить зменшити навантаження на систему водовідведення. Вони являють собою завантажену траншею для тимчасового накопичення дощового стоку з подальшим дренажем у систему водовідведення, бічні сторони якої захищені гідроупором, що унеможливорює підтоплення територій (рис. 3). Поверхня басейну повинна містити трав'янисті рослини, що мають розвинену кореневу систему. Інфільтраційні басейни можуть розміщуватись на різних ділянках міської території: пішохідні доріжки, газони, автопарковки, розподільчі чи технічні смуги вулиць тощо.

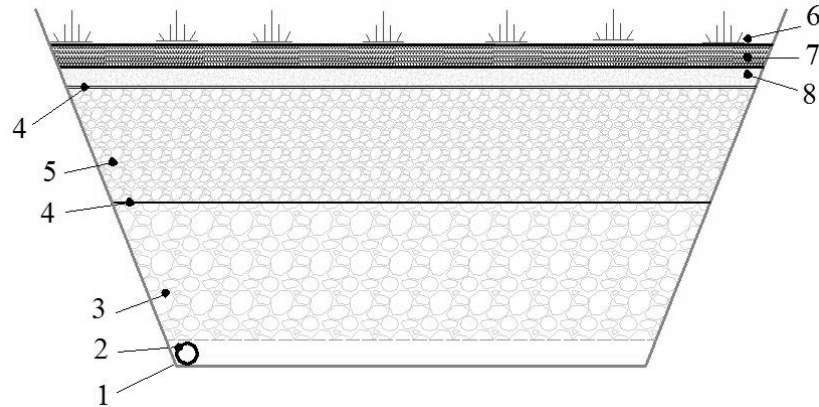


Рис. 3. Схема завантаження інфільтраційного басейну.

1 – дренажний шар (щебінь, фракція 20-25 мм); 2 – дренажна трубка; 3 – акумулюючий шар (щебінь, фракція 10-25 мм); 4 – геотекстиль; 5 – фільтраційний шар (щебінь, фракція 2,5-25 мм); 6 – пісок; 7 – ґрунт; 8 – рослинний шар.

Для визначення спроможності інфільтраційних басейнів акумулювати у завантажені дощові води на експериментальній установці було проведено оцінку поглинальної здатності та визначено:

- поглинальну здатність інфільтраційних басейнів, щодо їх спроможності акумулювати у завантажені дощові води;
- режими заповнення і спорожнення завантаження залежать, в основному, від фільтраційних властивостей верхнього шару;
- висоту шару води над завантаженням суттєво залежить від способу видалення із завантаження повітря;
- затоплення поверхні інфільтраційних басейнів виникає при інтенсивності поступлення до них дощових вод понад 10 мм/хв..

На основі проведених досліджень розроблена методика інженерного розрахунку з визначення розмірів та технічних параметрів інфільтраційних басейнів (покриття, завантаження, дренажних труб тощо).

Для визначення розмірів інфільтраційного басейну необхідно знати об'єми дощу, що будуть надходити з території басейну стоку та пропускну здатність мережі, куди буде відводитися стік. Від цього залежить кількість фактичних витрат, що будуть відводитись в мережу та регулювальний об'єм, що має бути затриманий в інфільтраційному басейні.

Основними перевагами влаштування інфільтраційних басейнів на міських територіях є:

- покращення якості дощового стоку (очищення відбувається за рахунок затримання твердих часток забруднень стоку у завантаженні, їх біорозщеплення та поглинання продуктів розщеплення рослинами та бактеріями, що розвиваються у ґрунті);

- затримання дощового стоку (відфільтрований стік можна використовувати у господарських цілях);
- зниження навантаження на систему дощового водовідведення. (зменшуються максимальні (короткочасні) витрати дощового стоку, а отже, і потреба у трубопроводах великих діаметрів для їх відведення).
- покращення мікроклімату територій;
- багатофункціональність, ефективність використання міських територій (поєднання функцій благоустрою та водовідведення).

Отже, влаштування інфільтраційних басейнів є одним із важливих заходів захисту міських територій від підтоплення та затоплення, а також екологічно раціональний підхід до сталого розвитку міського середовища.

Література:

1. Stormwater Management Guidebook. District Department of the Environment. District of Columbia. July 2013. – 315 p. Режим доступу : [https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/page_content/attachments/FinalGuidebook_changes%20accepted Chapters%201-7_07_29_2013_compressed.pdf](https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/page_content/attachments/FinalGuidebook_changes%20accepted%20Chapters%201-7_07_29_2013_compressed.pdf).
2. Rain Garden. [Електронний ресурс]. Rain ways - Режим доступу: <http://www.3riverswetweather.org/green/green-solution-rain-garden>.
3. Stormwater Technical Guidance. A Program of the City/County Association of Governments. January 4, 2013 Version 3.2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.flowstobay.org/files/privatend/MRPsourcebk/Section4/C3TechGuidanceJan2013.pdf>
4. Chuck Yu. Sustainable Urban Drainable Systems for Management of Surface Water. In: Yao R. (eds) Design and Management of Sustainable Built Environments. Springer, London, 2013. – 423p.
5. City of Portland Stormwater Management Manual—August 2016. – 502p. (The City of Portland adopted the revised 2016 SWMM and it becomes effective on August 19, 2016.).
6. City of Franklin. Storm Water Quality Management Plan. [Електронний ресурс]. Indiana Municipal Separate Storm Sewer System (MS4) NPDES Permitting Program 327 IAC 15-13. – 113p. – Режим доступу : http://www.franklin.in.gov/egov/documents/1217589244_981811.pdf.
7. Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22, Third Edition. National Technical Information Service. - Springfield, Virginia, 2013. – 478 p. Режим доступу: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/10009/10009.pdf>.
8. Ткачук О.А. Обґрунтування формул та їх параметрів для оптимізаційних розрахунків мереж дощового водовідведення / Ткачук О.А., Ярута Я.В., Шумінський В.Д. // Вісник НУВГП. Технічні науки: зб. наук. праць, вип. 4(76). – Рівне : НУВГП, 2016. – С. 259–267.
9. Ткачук О.А. Розрахунок основних параметрів інфільтраційних майданчиків при підключенні їх до системи дощового водовідведення / О.А. Ткачук, О.В. Шевчук // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса: Optimum, 2016. - Вип. 60. - С. 293-297.
10. Ткачук О.А., Шевчук О.В., Ярута Я.В. Благоустрій міських територій з відведенням поверхневих вод через інфільтраційні басейни. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сталий розвиток міст (містобудівний аспект)», 23-24 листопада 2017р. Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова. - Харків. - С.85-86.

11. Бошота В. Використання ексфільтраційних траншей для керування дощовим стоком. Матеріали II Міжнародної конференції молодих вчених «Геодезія, архітектура та будівництво», 14-16 травня, 2009. Національний університет «Львівська політехніка». Львів : ЗУКЦ. - С. 53-54.

12. Georgia stormwater management manual. Volume 2: Technical handbook. – Atlanta: AMEC Earth and Environmental, Center for Watershed Protection, 2001. - 844 p.

13. Жук В.М. Математична модель наповнення ексфільтраційної траншеї в безрозмірних змінних при постійному притоці дощового стоку / Жук В.М., Бошота В.В. // 2012. – 10 ст. Режим доступу : http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/85/131-141.pdf.

14. Шевчук О.В. Обґрунтування розрахункових параметрів інфільтраційних майданчиків у міських системах дощового водовідведення: автореф. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація» / О.В. Шевчук. – Рівне: НУВГП, 2017. – 200 с.

Ярута Я.В., аспірант
Национальный университет водного
хозяйства и природопользования, г. Ровно

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО СТОКА НА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Проанализированы зарубежные и отечественные инфильтрационные методы регулирования дождевым стоком на городских территориях. Проведена оценка поглощающей способности инфильтрационных бассейнов, по их способности аккумулировать дождевые воды в нагруженных слоях.

Ключевые слова: регулирование дождевого стока, инфильтрационные методы, инфильтрационный бассейн.

Yaruta Y.V., post-graduate student
National University of Water and Environmental Engineering

USE OF INFILTRATION METHODS REGULATION OF STORMWATER ON URBAN AREAS IN MODERN CONDITIONS

The foreign and domestic infiltration methods regulation of rainwater on urban areas are analyzed. An estimation of absorption capacity of infiltration basins is conducted.

Key words: rainwater regulation, infiltration methods, infiltration basin.