

Ткачук О. А., д.т.н., професор, Ярута Я. В., доктор філософії
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.a.tkachuk@nuwm.edu.ua, ia.v.yaruta@nuwm.edu.ua)

МІСТОБУДІВНА ОЦІНКА СПОРУД РЕГУЛЮВАННЯ ДОЩОВОГО СТОКУ В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Проаналізовано основні причин затоплень і підтоплень міських територій, аспекти розвитку поверхневого водовідведення у містах України. Наведено містобудівні фактори вибору споруди регулювання дощового стоку. Визначено критерії містобудівної оцінки. Показано шляхи вирішення проблем підвищення ефективності систем поверхневого водовідведення. Наведено основні ознаки, за якими визначаються споруди регулювання дощового стоку на міській території.

***Ключові слова:* поверхневе водовідведення; містобудівна оцінка; інфільтраційний басейн.**

Практика планування житлового будівництва (мікрорайонів, житлових комплексів) показує, що відведенню поверхневих стоків з міських територій не приділяється належної уваги. У більшості випадків при переплануванні міської забудови, а іноді і при новому будівництві, відведення атмосферних опадів з таких територій передбачають здійснювати через існуючі системи водовідведення з підключенням до них нових дощоприймачів [1]; [2]. Такий підхід не тільки не вирішує питання ефективного відведення поверхневих стоків з цих територій, але й створює додаткові проблеми поза ними, в існуючій забудові, через яку проходять колектори водовідведення. Так, пропускна здатність раніше збудованих колекторів, зазвичай, є недостатньою для пропуску збільшених витрат стічних вод, що спричинює підтоплення і затоплення міської території. Часто затоплення низинних ділянок міської території здійснюється через самі мережі водовідведення, які починають працювати у напірному режимі. Крім того, існують випадки реального будівництва нових районів міста, де влаштування дощового водовідведення не передбачається [2], що

повністю суперечить вимогам чинного нормативу [3, п. 6.3], [4] (рис. 1).

Основні причин затоплень і підтоплень урбанізованих територій пов'язують, головним чином, зі **зміною клімату**, що призводить до



Рис. 1. Затоплення міських територій: а) за відсутності колекторів дощового водовідведення; б) через мережі дощового водовідведення при роботі їх у напірному режимі

збільшення інтенсивності дощів та їхньої тривалості, та **містобудівними факторами**, які обумовлені недосконалим проєктуванням та утриманням територій і споруд поверхневого водовідведення, а саме [5]:

- Зміни благоустрою міських територій:
 - зменшення площ зелених насаджень і збільшення територій із водонепроникними покриттями;
 - неефективне, а часто і недосконале, вертикальне планування.
- Відсутність або неефективна робота споруд поверхневого водовідведення через їхню недосконалість та незадовільний стан.
- Відведення дощового стоку через загальносплавну систему каналізації.

Відставання розвитку систем поверхневого водовідведення пов'язано із зацікавленістю бізнесу у швидкому будівництві нових мікрорайонів при мінімальних затратах на загальноміські потреби. З іншої сторони, традиційні підходи до влаштування у містах України систем поверхневого водовідведення відповідно чинним нормативам [3]; [4] орієнтовані на якнайшвидший збір і відведення з міських територій дощових вод. Це потребує будівництво колекторів великих

розмірів і значних капітальних затрат. Тому питання розвитку систем поверхневого водовідведення слід розглядати комплексно, у поєднанні з сучасними методами регулювання поверхневого стоку із зменшенням навантаження на мережі водовідведення.

Метою роботи є визначення еколого-технологічних аспектів ефективності поверхневого водовідведення на міських територіях та основних містобудівних факторів, які впливають на вибір споруди регулювання дощового стоку.

Питання формування та регулювання стоку поверхневих вод на міських територіях досліджували багато вітчизняних і закордонних вчених (Большаков В.О., Вовк Л.І., Жук В.М., Китаєв А.Л., Корінько І.В., Пантелят Г.С., Ярошенко Ю.В., Абрамов Л.Т., Алексєєв М.І., Белов Н.Н., Горбачев П.Ф., Дикаревский В.С., Курганов А.М., Молоков М.В., Адамс Б., Джеймс В., Дзьопак Й., Майс Л., Россман Л., Хортон Р., Хубер В., Шулер Т. та інші) [6]; [7]; [8]. На сьогодні неіснує єдиного загальновизнаного наукового підходу до питань формування дощового стоку та гідравлічних розрахунків зливової каналізації. Чинні вітчизняні нормативи [3], [4] з визначення дощового стоку базується на методі «граничних інтенсивностей», який передбачає пропорційну залежність розрахункових витрат від граничної інтенсивності дощів заданої повторюваності на даній місцевості. При цьому, гранична інтенсивність розрахункового дощу є обернено пропорційною його тривалості [3, додаток А], [6, п. 6.3]. Визначенні таким чином розрахункові витрати дощового стоку відповідають витратам, що повторюється не більше одного разу за прийнятий період (0,33 – 20 років), який отримав назву «періоду одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу».

Проектування споруд поверхневого водовідведення передбачає відведення цих розрахункових витрат, які припадають, зазвичай, на кінець дощу і спостерігаються протягом кількох хвилин. В інший період часу споруди дощового водовідведення, зокрема, колектори працюють з малим навантаженням або взагалі простоюють (за відсутності дощів). Такий підхід до проектування систем поверхневого водовідведення передбачає влаштування колекторів великих розмірів і потребує значних капіталовкладень. З іншої сторони, несвоєчасне відведення дощового стоку через хоча б одну із багатьох можливих причин призводить до затоплення і підтоплення міських територій. Такими причинами можуть бути:

- занижений діаметр хоча б однієї ділянки колектора, або її за-
смічення чи зруйнування;
- неврахування можливості роботи частини колектора у напір-
ному режимі із затопленням низинних територій через наявні
на них дощоприймачі чи колодязі;
- підвищення рівнів води у місцях відведення дощових стоків
(водоймах, ставках-накопичувачах чи очисних спорудах).

Зазначені причини відносяться виключно до систем поверхне-
вого водовідведення повністю відділених від господарсько-
побутових. Застосування загальносплавної каналізації для відведен-
ня дощового стоку, незадовільний стан мереж через неякісну екс-
плуатацію тощо не розглядаються, як такі, що протирічать сучасним
науковим підходам до влаштування систем водовідведення в насе-
лених пунктах.

Таким чином ефективний збір і відведення поверхневого стоку
з міських територій потребує нових підходів до влаштування систем
поверхневого водовідведення, як в місцях, де планується їхнє нове
будівництво, так і в районах міст, де такі системи функціонують. Ва-
жливим завершальним етапом відведення забрудненого дощового
стоку є його очистка перед скидом у водойми.

Проведений аналіз показує [4]; [7]; [8]; [11], що ефективна робо-
та систем поверхневого водовідведення передбачає комплексне за-
стосування заходів щодо:

1. Організованого збору і відведення поверхневих вод.
2. Регулювання дощового стоку на міських територіях.
3. Очищення поверхневого стоку перед скидом у водойми.

Регулювання дощового стоку на міських територіях дозволяє
тимчасово затримувати поверхневі води, зменшуючи цим наванта-
ження на існуючі споруди водовідведення [7]; [8]; [10]. Крім того,
процес тимчасового затримання зменшує швидкість руху дощових
вод, іноді, практично до нуля, що спричинює їхнє очищення від за-
бруднень.

Методи регулювання дощового стоку поділяють на два основ-
них типи [7]; [8]: накопичувальний і фільтраційний. Методи накопичу-
вального типу передбачають використання як природних об'єктів
(ставки, заболоченні території, біоплато), так і штучних споруд (резер-
вуари, відкриті канали, цистерни тощо). У методах фільтраційного
типу регулювання дощового стоку ведеться у двох напрямках: пер-
ший – фільтрація води у природні ґрунти із збільшенням об'ємів ґру-

нтових вод (газони, зелені майданчики, мульди, фільтрувальні шахти, удосконалені водопроникні покриття, ексфільтраційні траншеї, зелені дахи); другий – фільтрація дощового стоку у штучні споруди із поступовим відведенням затриманих вод через дренажі у водовідвідні колектори чи збірні ємкості для господарського використання води (інфільтраційні канали і басейни) (рис. 2).

Містобудівна оцінка вибору споруд регулювання дощового стоку на урбанізованих територіях здійснюється з метою визначення сприятливих умов для розміщення таких споруд та ефективного захисту територій від підтоплення і затоплення. Серед основних **критеріїв містобудівної оцінки** слід виділити такі:

- природно-кліматичні (*інтенсивність опадів, їхня повторюваність, кількість опадів за місяцями*);
- гідрогеологічні (*типи ґрунтів, рівень ґрунтових вод*);



Рис. 2. Споруди регулювання дощового стоку:

1 – рослинні канали (фільтраційні траншеї); 2, 3 – біокопичувальні площі; 4 – дренажні блоки; 5, 6 – біостримуючі смуги

- територіальні (*рельєф місцевості, його ухили, види покриттів та їхні площі*);
- інфраструктурні (*наявність та розташування інженерних мереж, наповненість підземного простору*);
- містобудівні (*характер навколишньої забудови, її цінність, вартість землі*).

Містобудівна оцінка споруд регулювання дощового стоку проводиться поетапно і передбачає:

1. Визначення об'єму дощового стоку, що підлягає регулюванню.
2. Визначення можливих місць для розташування споруд регулювання стоку.
3. Вибір типів регулювальних споруд та визначення їхніх розмірів.
4. Розгляд альтернативних варіантів з різними регулювальними спорудами.
5. Оцінка вартості будівництва та утримання споруд для альтернативних варіантів.
6. Вибір найбільш ефективного варіанту за показниками вартості, умовами підключення до мереж водовідведення, можливості комплексного використання територій над і біля споруд для цілей благоустрою та господарської діяльності.

Об'єм дощового стоку, що підлягає регулюванню, визначають залежно від кліматичних параметрів атмосферних опадів для конкретної місцевості, площі стоку та типів покриттів її території (за водопоглинальною здатністю) [3]; [4], а також способу регулювання дощового стоку (з повним чи частковим його затриманням, поступовим його відведенням через каналізаційні мережі чи без відведення тощо) [9].

Місця розташування споруд регулювання дощового стоку (СРДС) залежать конкретно від того, на якій території вона знаходиться, які об'єми стоку має регулювати, у який спосіб буде проводитись його відведення. Території, які виділяються під таку споруду повинні бути вільні від забудови (зелені зони чи смуги, господарські майданчики, парковки). СРДС на міській території розміщують у понижених місцях (вниз по ухилу) перед колекторами дощової мережі. Ефективнішим є «багатоточкове» розміщення СРДС на території стоку (не одна споруда, в яку відводиться весь дощовий стік, а декілька, які акумулюють воду в різних місцях цієї території), що забезпечує затримання опадів у місцях їх випадіння.

Використання ставків, заболочених територій чи біоплат для регулювання дощового стоку у сучасних містах є практично не придатним через щільність забудови та підвищені вимоги до санітарного благоустрою територій. Більш придатним із методів накопичувального типу є використання штучних споруд, зокрема резервуарів [7]; [8]. Але, вони потребують відведення додаткових територій. Крім

того, будівельна вартість таких споруд є високою і потребує значних експлуатаційних затрат.

Фільтраційні методи, що передбачають затримання дощових вод природними ґрунтами потребують значних площ зелених насаджень чи удосконалених водопроникних покриттів [7]; [8]; [11]. При застосуванні цих методів важливим є достатня водопроникна здатність ґрунтів та глибоке залягання ґрунтових вод, так як накопичення дощових стоків спричинює підняття їх рівнів. Недостатня акумуляційна здатність ґрунтів призводить до підтоплення і затоплення територій [8]; [10]; [11]. У таких випадках слід застосовувати споруди із водонепроникними стінками та днищем (резервуари та інфільтраційні басейни). Але найчастіше на міських територіях залежно від місцевих умов формування дощового стоку застосовують комплекс різних альтернативних способів його регулювання.

На основі містобудівної оцінки та аналізу умов роботи різних видів СРДС дійшли висновку, що в умовах міської забудови для регулювання дощового стоку найкраще підходять інфільтраційні басейни [10]; [11]. Вони є не лише елементами благоустрою, але й ефективними регульовальними та очисними спорудами, можуть мати різну геометричну форму і розміщуватись на різних ділянках міської території: пішохідні доріжки, газони, автопарковки, розподільчі чи технічні смуги вулиць тощо.

Інфільтраційний басейн представляє собою завантажений пористим матеріалом котлован для тимчасового накопичення дощового стоку з подальшим дренажем у систему водовідведення. Його бічні сторони і днище якої захищені гідроупором, що унеможлиблює підтоплення територій (рис. 3). Поверхня басейну повинна містити трав'янисті рослини, що мають розвинену кореневу систему для саморегенерації покриття [10]; [11].

Підключення інфільтраційних басейнів до систем дощового водовідведення дозволяє регулювати витрати дощових вод, зменшуючи навантаження на трубопровідну частину системи водовідведення і не допускаючи підтоплення, а іноді і затоплення, міських територій [10]. В окремих випадках можливе використання затриманих дощових вод для господарських цілей, зокрема, для миття і поливу територій.

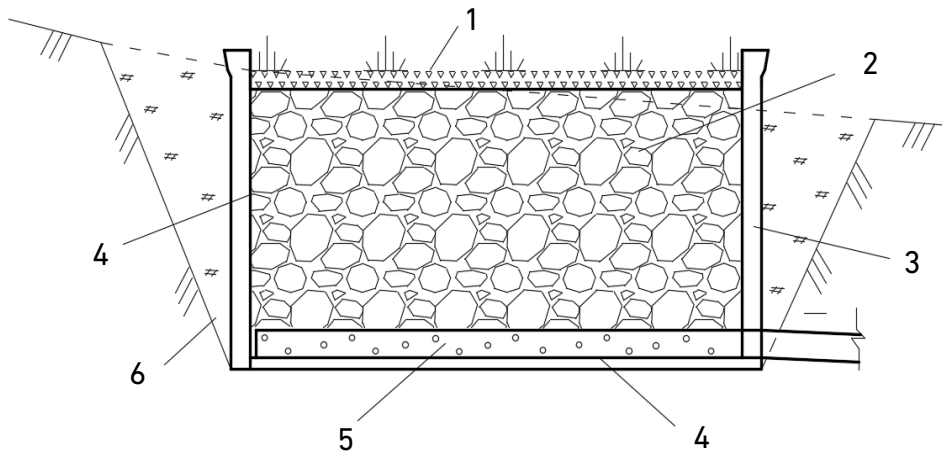


Рис. 3. Конструктивна схема інфільтраційного басейну:
1 – верхній рослинний шар; 2 – щебенеve завантаження; 3 – бічні водонепроникні стінки бічні; 4 – гідроупор; 5 – дренаж; 6 – ґрунт

Для прикладу розраховано основні параметри інфільтраційних басейнів, що мають бути розташовані на території стоку існуючого колектора у м. Рівне по вул. Ст. Бандери. Територію басейну стоку колектора розбито на окремі ділянки для проведення його гідравлічних розрахунків (рис. 4). На плані забудови цієї території розміщено інфільтраційні басейни і окреслено зони формування дощового стоку для кожного із них.

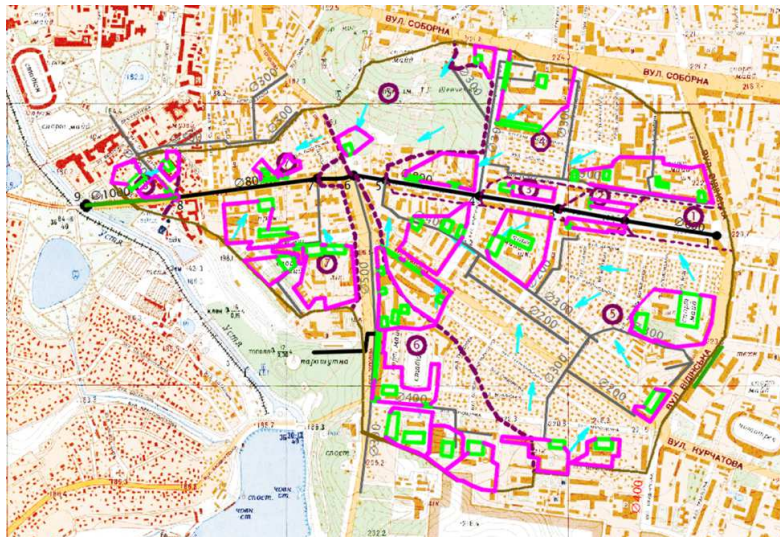


Рис. 4. Приклад розміщення інфільтраційних басейнів на міській території (м. Рівне)

Вирішення проблеми затоплення і підтоплення урбанізованих територій традиційними методами реконструкції систем поверхневого водовідведення на сучасному етапі розвитку населених пунктів України є складною, дороговартісною, а, зазвичай, і нереальною задачею. Найбільш реалістичним напрямком у розвитку поверхневого водовідведення є комплексне застосування водовідвідних і споруд регулювання дощового стоку. Містобудівна оцінка вибору методів та типів споруд регулювання дощового стоку на міських територіях базується на основі комплексного аналізу природно-кліматичних, гідрогеологічних, територіальних, інфраструктурних та містобудівних умов, які визначаються відповідними критеріями. Встановлено, що в умовах міської забудови для регулювання дощового стоку найкраще підходять фільтраційні методи, а із споруд – інфільтраційні басейни. Вони забезпечують попереднє очищення дощового стоку від основних забруднень (що покращить екологічний стан водойм), затримання атмосферних опадів у місцях їх випадіння, що зменшує навантаження на колектори (фільтрація зі споруди в мережу відбувається поступово) і запобігає затопленню і підтопленню територій, багатофункціональне використання забудованих територій (покращення міського простору) тощо.

1. Чи можливо вирішити проблему затоплення вулиць Рівного після злив? URL: <https://7dniv.rv.ua/holovni-novyny/chy-mozhlyvo-vyrishyty-problemu-zatoplennia-vulyts-rivnoho-pislia-zlyv/> (дата звернення: 15.05.2021). **2.** «На Щасливому» можуть збудувати зливову каналізацію. URL: <https://7d.rv.ua/news/2019-09-11/na-shchaslyvomu-mozhut-zbuduvaty-zlyvovu-kanalizaciyu> (дата звернення: 15.05.2021). **3.** ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2013. 211 с. **4.** ДСТУ-Н Б В.2.5-61:2012. Настанова з улаштування систем поверхневого водовідведення. Київ : Мінрегіон України, 2012. 30 с. **5.** Ткачук О. А., Ярута Я. В. Оцінка сумісної роботи комплексу споруд дощового водовідведення. *Науковий вісник будівництва*. Харків : ХНУБА, 2019. Т. 98. № 4. С. 271–276. URL: <https://vestnik-construction.com.ua/uk/2019/4-98-2019.html> (дата звернення: 15.05.2021). **6.** Гіроль М. М., Охримюк Б., Собчук Г., Лагуд Г. Системи водовідведення : навч. посіб. Рівне, 2011. 444 с. **7.** Ткачук С. Г., Жук В. М. Регулювання дощового стоку в системах водовідведення: монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 216 с. **8.** Mays L. W. Storm water collection systems design handbook. McGraw-Hill, 2001. 1008 p. **9.** Ткачук О. А., Ярута Я. В. Особливості формування дощового стоку на міських територіях. *Вісник*

НУВГП. *Технічні науки* : зб. наук. пр. Рівне, 2016. Вип. 4(76). С. 259–267.

10. Ярута Я. В. Використання інфільтраційних методів регулювання дощового стоку на міських територіях в сучасних умовах. *Містобудування та територіальне планування* : наук. техн. зб. Київ : КНУБА, 2018. Вип. 67. С. 539–545.

11. Olexander Tkachuk, Yana Yaruta, Olha Shevchuk, Anna Azizova. Theoretical Bases of the Compatible Work of the Construction of Stormwater Drainage Systems in the Regulation of Stormwater Runoff. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. 7 (4.8). P. 432–439. URL: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/27285/14016> (дата звернення: 15.05.2021).

REFERENCES:

1. Чы можливо vyrishyty problemu zatoplennia vulyts Rivnoho pislia zlyv? URL: <https://7dniv.rv.ua/holovni-novyny/chy-mozhlyvo-vyrishyty-problemu-zatoplennia-vulyts-rivnoho-pislia-zlyv/> (data zvernennia: 15.05.2021).
2. «Na Shchaslyvomu» mozhut zbuduvaty zlyvovu kanalizatsiiu. URL: <https://7d.rv.ua/news/2019-09-11/na-shchaslyvomu-mozhut-zbuduvaty-zlyvovu-kanalizatsiiu> (data zvernennia: 15.05.2021).
3. DNB V.2.5-75:2013. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. Kyiv : Minrehionbud ta ZhKH Ukrainy, 2013. 211 s.
4. DSTU-N B V.2.5-61:2012. Nastanova z ulashtuvannia system poverkhnevoho vodovidvedennia. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2012. 30 s.
5. Tkachuk O. A., Yaruta Ya. V. Otsinka sumisnoi roboty kompleksu sporud doshchovoho vodovidvedennia. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. Kharkiv : KhNUBA, 2019. T. 98. № 4. S. 271–276. URL: <https://vestnik-construction.com.ua/uk/2019/4-98-2019.html> (data zvernennia: 15.05.2021).
6. Hirol M. M., Okhrymiuk B., Sobchuk H., Lahud H. Systemy vodovidvedennia : navch. posib. Rivne, 2011. 444 s.
7. Tkachuk S. H., Zhuk V. M. Rehuliuвання doshchovoho stoku v systemakh vodovidvedennia: monohrafiia. Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2012. 216 s.
8. Mays L. W. Storm water collection systems design handbook. McGraw-Hill, 2001. 1008 p.
9. Tkachuk O. A., Yaruta Ya. V. Osoblyvosti formuvannia doshchovoho stoku na misykykh terytoriiakh. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky* : zb. nauk. pr. Rivne, 2016. Vyp. 4(76). S. 259–267.
10. Yaruta Ya. V. Vykorystannia infiltratsiinykh metodiv rehuliuвання doshchovoho stoku na misykykh terytoriiakh v suchasnykh umovakh. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia* : nauk. tekhn. zb. Kyiv : KNUBA, 2018. Vyp. 67. S. 539–545.
11. Olexander Tkachuk, Yana Yaruta, Olha Shevchuk, Anna Azizova. Theoretical Bases of the Compatible Work of the Construction of Stormwater Drainage Systems in the Regulation of Stormwater Runoff. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. 7 (4.8). P. 432–439. URL: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/27285/14016>

Tkachuk O. A., Doctor of Engineering, Professor, Yaruta Y. V., PhD
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

URBAN ASSESSMENT OF RAIN RUNOFF REGULATION STRUCTURES IN THE CONDITIONS OF URBAN BUILDING

The main causes of flooding of urban areas, which are related to climate change, are analyzed. Climate change has led to an increase in the intensity of rains and their duration. Another reason is urban planning factors. They are due to imperfect design and maintenance of areas and structures of surface drainage. The purpose of this article is to determine the environmental and technological aspects of the efficiency of surface drainage in urban areas. Also, the definition of the main urban planning factors that influence the choice of the structure of rainwater runoff regulation. The urban planning factors of the choice of the structure of rain runoff regulation are given. The main aspects of surface drainage development in the cities of Ukraine are studied. The main idea of the development of surface drainage systems should be an integrated approach. This is a combination of drainage collectors with their connection to modern methods of surface runoff regulation. This solution will reduce the load on the drainage network. The ways of solving the problems of increasing the efficiency of surface drainage systems are shown. The analysis shows that the effective operation of surface drainage systems involves the comprehensive application of measures for organized collection and disposal of surface water; regulation of rain runoff in urban areas; surface runoff treatment before discharge into reservoirs. Criteria of urban planning assessment (natural-climatic, hydrogeological territorial, infrastructural, urban planning) are determined. Urban planning assessment of rainwater runoff regulation structures is carried out in stages. The following stages are given. The main features that determine the structures of rainwater runoff regulation in the urban area are described. The locations of rainwater runoff regulation structures are analyzed. Such areas depend on the type of territory of the city where the building will be located; from the

functional purpose of this area. Territories allocated for such a structure must be free from construction, etc. It is best to use filtration structures that are connected to the drainage network to regulate surface runoff. Such a structure is an infiltration basin. The main characteristics and structural scheme of the infiltration basin are given. An example of the location of infiltration basins in the city is shown.

Keywords: surface drainage; urban planning assessment; infiltration basin.

Ткачук А. А., д.т.н., профессор, Ярута Я. В., доктор философии
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СООРУЖЕНИЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Проанализированы основные причин затопления и подтопления городских территорий, аспекты развития поверхностного водоотвода в городах Украины. Приведены градостроительные факторы выбора сооружения регулирования дождевого стока. Определены критерии градостроительной оценки. Показаны пути решения проблем повышения эффективности систем поверхностного водоотвода. Приведены основные признаки по которым определяются сооружения регулирования дождевого стока на городской территории.

Ключевые слова: поверхностный водоотвод; градостроительная оценка; инфильтрационный бассейн.
