

УДК 628.11:628.3

DOI: 10.30838/UJCEA.0333.270526.99.1246

СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД РАЦІОНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

КУЛІК М. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,
ІВАНЕНКО Д. С.², асп.,
ЩЕНКО О. Л.³, ст. викл.,
ЩЕРБИНА С. О.⁴, студ.

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Університетська, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (099) 088-22-83, e-mail: starwarskmv4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4880-5217>

² Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Університетська, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (068) 528-67-86, e-mail: d.sergeevich108@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1635-1214>

³ Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Університетська, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 336-32-50, e-mail: e.l.feneko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4152-6135>

⁴ Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Університетська, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (050) 722-26-87, e-mail: s.reklama2010@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-0315-0596>

Анотація. Водні ресурси забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості, сільського господарства й оздоровлення людей. Сьогодні понад половини населення світу живе у містах, а кількість жителів там швидко зростає. В той же час запаси ґрунтових вод не встигають поповнюватися, тож прогнозується, що до кінця 2025 року близько 1,8 млрд людей житимуть у регіонах чи країнах з абсолютним дефіцитом води [1]. У роботі розглянуто проблему дефіциту водних ресурсів в Україні, яка загострюється в умовах воєнного стану та зміни клімату. Проведено аналіз сучасних підходів до економії та повторного використання води, зокрема буріння свердловин, очищення стічних вод, новітніх технологій збору вологи з повітря та збору дощової води. Основну увагу приділено дослідженню можливостей збору та повторного використання дощових опадів на прикладі покрівлі головного корпусу Національного університету «Запорізька політехніка». Виконано розрахунки обсягів зібраної води, визначено необхідні параметри обладнання, принципи його розміщення та підключення. Особливо розглянуто варіанти використання дощової води для технічних і питних потреб, а також методи її очищення. *Наукова новизна роботи* полягає у комплексному підході до впровадження систем збору дощової води як альтернативного джерела водопостачання для побутових та промислових потреб. Практична значущість дослідження проявляється у можливості зменшення навантаження на міські мережі, економії ресурсів та підвищенні рівня водної безпеки в умовах воєнного стану.

Ключові слова: водні ресурси; дощова вода; ресурсозбереження; повторне використання ресурсів; інженерні мережі; водопостачання

RAINWATER HARVESTING SYSTEMS AS AN EFFECTIVE METHOD OF SUSTAINABLE WATER SUPPLY UNDER MARTIAL LAW CONDITIONS

KULIK M.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
IVANENKO D.S.², *PhD Student*,
ISHCHENKO O.L.³, *Senior Lecturer*,
SHCHERBYNA S.O.⁴, *Stud.*

^{1*} Department of Construction Production and Project Management, National University Zaporizhzhia Polytechnic, 64, Universytetska Str., Zaporizhzhia, 69063, Ukraine, tel. +38 (099) 088-22-83, e-mail: starwarskmv4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4880-5217>

² Department of Construction Production and Project Management, National University Zaporizhzhia Polytechnic, 64, Universytetska St., Zaporizhzhia, 69063, Ukraine, tel. +38 (068) 528-67-86, e-mail: d.sergeevich108@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1635-1214>

³ Department of Construction Production and Project Management, National University Zaporizhzhia Polytechnic, 64, Universytetska St., Zaporizhzhia, 69063, Ukraine, tel. +38 (95) 336-32-50, e-mail: e.l.fenenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4152-6135>

⁴ Department of Construction Production and Project Management, National University Zaporizhzhia Polytechnic, 64, Universytetska St., Zaporizhzhia, 69063, Ukraine, tel. +38 (050) 722-26-87, e-mail: s.reklama2010@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-0315-0596>

Abstract. The development of industry, agriculture and improvement of human health largely depends on water resources. Today, more than half of the world's population lives in cities, and the number of inhabitants there is rapidly increasing. At the same time, groundwater reserves do not have enough time to replenish, therefore it is predicted that by the end of 2025 about 1.8 billion people will live in regions or countries with absolute water scarcity [1]. The paper examines the problem of water resource scarcity in Ukraine, which is becoming more acute under martial law and climate change. An analysis of modern approaches to water saving and reuse is carried out, in particular drilling wells, wastewater treatment, advanced technologies for extracting moisture from the air, and rainwater harvesting. The main attention is paid to studying the possibilities of collecting and reusing rainwater using the example of the roof of the main building of the National University Zaporizhzhia Polytechnic. Calculations of the volumes of collected water are performed, the required equipment parameters, principles of its placement and connection are determined. Options for using rainwater for technical and drinking purposes, as well as methods of its treatment, are considered separately. *The scientific novelty of the work* lies in a comprehensive approach to the implementation of rainwater harvesting systems as an alternative source of water supply for domestic and industrial needs. The practical significance of the study is manifested in the possibility of reducing the load on urban networks, saving resources and increasing the level of water security under martial law conditions [1].

Keywords: *water resources; rainwater; resource saving; resource reuse; engineering networks; water supply*

Вступ. На сьогоднішній день понад мільярд людей не можуть в достатній кількості отримати чисту питну воду. Адже вода – основне джерело життя, роль якого в забезпеченні функціонування живого організму переоцінити просто неможливо. Вода потрібна всьому сущому: людям, представникам флори і фауни нашої планети [2]. Сьогодні близько 2 млрд людей у світі позбавлені доступу до безпечної питної води. Більшість із них живе в уразливих регіонах світу, де часто відбуваються конфлікти як громадянські, так і військові. Сьогодні понад половини населення світу живе у містах, а кількість жителів там швидко зростає. В той же час запаси ґрунтових вод не встигають поповнюватися. До кінця 2025 року близько 1,8 млрд людей житимуть у регіонах чи країнах з абсолютним дефіцитом води [1].

Вода є стратегічним, життєво-важливим природним ресурсом, що має особливе значення. Вона є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку. Водні ресурси забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку

промисловості, сільського господарства й оздоровлення людей.

Вода – це, на жаль, обмежений ресурс, особливо у південних та східних регіонах України. Військові дії значно погіршують ситуацію з водою в нашій країні.

Окрім розумного споживання, потрібно сприяти зберіганню, відновленню та повторному використанню водних ресурсів. Одним з перспективних методів збереження водних ресурсів є вторинне використання дощової води та її тимчасове зберігання [3].

Метою цієї статті є побудова принципової схеми збору дощової води для подальшого використання, аналіз та визначення особливостей улаштування необхідного обладнання.

Методологія дослідження базується на аналізі наукової літератури в області економії енергоресурсів, зокрема використання дощової води для технічних та господарських потреб населення. Проаналізовано практичний досвід будівельних організацій, існуючі технології та обладнання, що використовується при проектуванні систем збору, акумуляції та використанні дощової води для подальшого визначення особливостей улаштування,

підключення та встановлення вузлів таких систем на прикладі конкретного об'єкту.

Стан проблеми та цілі дослідження. За запасами доступних для використання водних ресурсів Україна належить до малозабезпечених. За цим показником Україна перебуває на 111 місці серед 152 країн світу. Серед 20 європейських країн посідає 17 місце. Клімат в Україні набуває тропічних ознак з тривалими бездошовими періодами, падінням рівня ґрунтових вод та масовим пересиханням дрібних річок та колодязів. За прогнозами протягом наступних 30 років слід очікувати на подальше зростання дефіциту прісної води, а після 2050 року Україна може навіть перейти до її імпорту.

Важливо відмітити, що за сценарієм значного підвищення концентрації парникових газів, зменшення водності у річках буде суттєво сильнішим.

Найгірша ситуація у басейнах Південного Бугу та Дністра, де до кінця століття річковий стік може знизитися більш ніж на третину. Крім того, водний стік малих річок (зокрема в басейні Південного Бугу) теж поступово зменшується, а з середини століття може зовсім припинитися. Таким чином наприкінці століття може сформуватися ситуація стійкого дефіциту водних ресурсів у південному регіоні, що значно обмежить розвиток секторів економіки, які залежать від водних ресурсів.

Додатковою проблемою є вплив зміни клімату на південні регіони. Вчені зазначають, що з 2041 року можливе припинення місцевого поверхневого стоку у маловодні річки у Херсонській, Одеській, Миколаївській, Дніпропетровській та Запорізькій областях. Наприклад, у Запорізькій області «кліматичний стік» може зменшитися вдесятеро, у Дніпропетровській – у 6, у Миколаївській – у 3,6 рази, а в Криму – удвічі [1].

Наукова література свідчить про активний розвиток автоматизації та роботизації в будівельній галузі. Зокрема, у роботі Глушенко, Р., Ткаченко, Т. було розглянуто впровадження та створення «зелених» покрівель житлового будинку для

збору, накопичення та повторного використання дощових стічних вод. Дослідження показало, що зелені покрівлі здатні забезпечити фільтрацію води на рівні, коли основні фізико-хімічні параметри відповідають показникам для питної води. Отримана вода здатна покрити потреби, як мінімум, на полив, а додаткові фінансові витрати на створення таких покрівель не є принциповими порівняно з вартістю квартир [11].

На сучасному ринку існують компанії, які пропонують декілька варіантів економії енергоресурсів за рахунок різних підходів та джерел альтернативних міському водопостачанню. Розглянемо основні рішення:

- Сverdловина - це найбільш простий і розповсюджений спосіб вирішення питань водопостачання в регіонах, де відсутнє близьке залягання водоносних шарів. Але має суттєві недоліки, які включають у себе: високу вартість буріння, потребу в спеціалізованому обладнанні, недостатню кількість та якість води.

- Переробка стічних вод – для повторного використання. Вода проходить важкі етапи дезінфекції та фільтрації. Проте існують і недоліки: висока вартість інсталяції та експлуатації сучасних очисних споруд, складність видалення специфічних забруднювачів, а також ризик потрапляння токсичних речовин або патогенів у повторно використану воду, що вимагає ретельного контролю та дотримання технологічних процесів.

- Новітні технології – за основу береться конденсація вологи з повітря. Міжнародна команда хіміків розробила композитний матеріал із використанням органічних кристалів, здатний збирати воду з водяної пари без електрики. Для його реалізації розроблено «розумні» кристали. Вчені назвали розробку «кристалами Януса» (Janus crystals) [5]. Але це новітні технології, які ще не скоро зможуть використовуватись в нашій країні в достатній кількості, до того ж вони дуже вартісні.

- Збір дощової води – це давня практика, яка зараз використовується для

зменшення ризиків повеней та посухи. Це добре відоме рішення з різним рівнем передових технологій, пов'язаних з ним [6]. Використовуючи цю практику, можна в достатній мірі задовольнити потреби у воді без значних витрат на обладнання.

У більшості розвинених країн світу збір та використання дощової води з дахів розглядається не лише як альтернатива централізованому водопостачанню, а й як важливий елемент стратегії сталого розвитку міст.

Основними напрямками є застосування зібраної води для технічних потреб (змив санітарних приладів, полив зелених насаджень, прибирання, пожежогасіння), що дозволяє суттєво зменшити споживання питної води. В деяких містах в Китаї підтримують цей підхід і досліджують оптимальне розміщення систем для боротьби з міськими повенями.

У країнах із дефіцитом водних ресурсів (Австралія, Сінгапур) дощова вода після очистки використовується і як джерело питного водопостачання.

Ефективність впровадження національного стандарту по збору дощової води значною мірою залежить від державної підтримки: законодавчих норм, обов'язкових вимог до будівництва, податкових стимулів чи субсидій. Такі заходи дозволяють

поєднати економію ресурсів зі зменшенням навантаження на каналізаційні мережі та запобіганням міським підтопленням [6].

Виклад основного матеріалу. Збір дощової води і повторне використання є давньою практикою водопостачання. Приклади систем датуються періодом неоліту. Розвиток цивілізацій часто вигравав від зберігання дощової води та її планового використання з часом. Цей спосіб все ще використовується як основне джерело водопостачання для мільйонів у країнах, що розвиваються. Однак навіть у розвинених країнах збір і повторне використання дощової води все більше заохочується нормативними актами та законами, що є стійким рішенням для підвищення стабільності водопостачання.

Збір дощової води і повторне використання належать до набору методів управління водними ресурсами, відомих як найкраща практика управління водного господарства, які також називаються рішеннями для розробки з низьким рівнем впливу або стійкими дренажними системами залежно від країни.

Інтерес до цієї практики очевидний через різке збільшення кількості документів, отриманих за допомогою пошуку Scopus із ключовими словами «збір дощової води», яке не має ознак зменшення [6] (рис. 1).

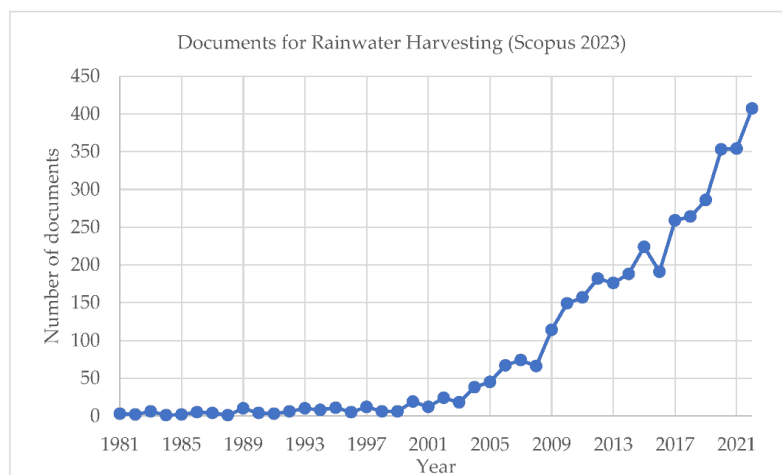


Рис. 1. Кількість документів у Scopus (6 лютого 2023, що відповідають ключовому слову «збір дощової води»)

Для дослідження і розрахунків взято покрівлю будівлі головного корпусу Національного університету «Запорізька політехніка», розташованого за адресою:

вул. Університетська, 64, м. Запоріжжя. Площа даху за попередніми розрахунками складає 340 м².

Місяці з найбільшою кількістю опадів – червень, липень, травень – 151 мм опадів. Більшість опадів відбувається в червні,

середня кількість – 52 мм. Річна кількість опадів у Запоріжжі становить 528 мм (рис. 2) [12].

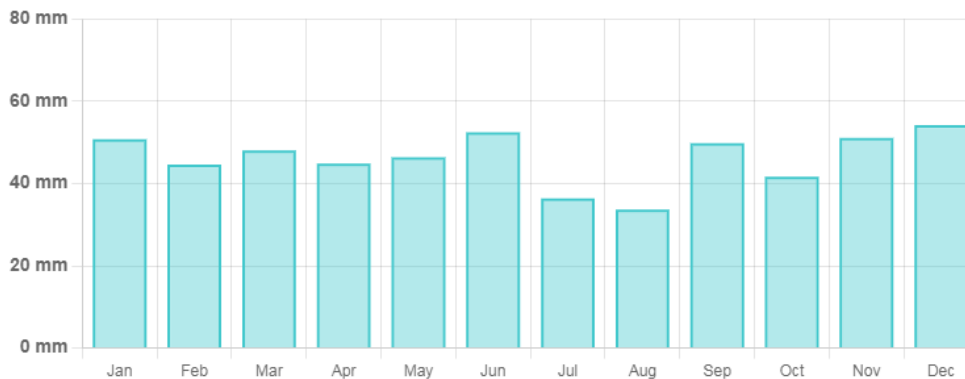


Рис. 2. Середні кліматичні дані атмосферних опадів у м. Запоріжжі [7]

Розраховуючи річний обсяг опадів у вигляді дощу, потрібно враховувати коефіцієнт стоку води, до якого входять втрати у вигляді природних випарів, водопоглинання матеріалів покрівлі та водовідведення та частина води, яка затримується у нерівностях поверхні. Коефіцієнт стоку води залежить від інтенсивності та часу опадів.

Для розрахунку річного об'єму дощових вод візьмемо середній коефіцієнт похилих дахів 0,75.

Отримаємо (1):

$$Q_{\text{річ}} = H \times I \times F, \quad (1)$$

де $Q_{\text{річ}}$ – річний об'єм дощових вод, м³/рік; H – річна кількість опадів для м. Запоріжжі; I – середній нахил поверхні покрівлі, приймаємо 0,75; F – водозабірна площа, м².

Тоді:

$$Q = 0,528 \times 0,75 \times 340 = 134,64 \text{ (м}^3\text{/рік)}$$

або приблизно 11,22 м³ на місяць.

Щоб визначити необхідний об'єм, кількість резервуарів для зберігання води та потужність насосів, будемо керуватися вимогами ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація» [9].

Розрахункову кількість дощових вод Q , л/с, з водозбірної площі визначають за формулою (2):

$$Q = k_R \cdot F \cdot r, \quad (2)$$

де k_R – коефіцієнт ризику, який визначається залежно від категорії відповідальності водостічної системи, що проектується; F –

водозбірна площа, м²; r – мінімальна розрахункова інтенсивність дощу, л/(с·м²), для даної місцевості, яку визначають за формулою:

$$r = \frac{K \cdot q_{20}}{10000}, \quad (3)$$

де q_{20} – інтенсивність дощу, л/с, з 1 га (для даної місцевості) тривалістю 20 хв. при періоді однократного перевищення розрахункової інтенсивності, яка дорівнює 1 рік (приймається згідно з правилами влаштування зовнішніх мереж і споруд) [10]; K – коефіцієнт, що враховує збільшення стоку за умови збільшення інтенсивності дощу тривалістю менше 20 хв. та визначається за рисунком 1 у залежності від параметрів n та B ; n – параметр, який приймається згідно з правилами влаштування зовнішніх мереж і споруд; B – параметр, який визначають за формулою:

$$B = \frac{L^2}{I \cdot q_{20}^{1,5}}, \quad (4)$$

де I – середній нахил поверхні покрівлі; L – довжина шляху руху дощової води від гребня до розжолобка, м.

Тоді:

$$B = \frac{10000 \cdot 15^2}{58 \cdot 91,8^{1,5}} = 44,1.$$

Коефіцієнт K знаходимо згідно [9], при $B = 44$ і $n = 0,7$; $K = 3,2$.

Тоді:

$$r = \frac{3,2 \cdot 91,8}{10000} = 0,029.$$

Таким чином знаходимо розрахункову кількість дощових вод з площі покрівлі Q , при $k_R = 2$:

$$Q = 2 \cdot 340 \cdot 0,029 = 19,72 \text{ (л/с)}.$$

За умови часу інтенсивності дощу, л/с тривалістю 20 хв., маємо:

$$Q_{\max} = 19,72 \cdot 60 \cdot 20 = 23,66 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Для перекачування такого обсягу води з малих ємностей в основний резервуар доцільніше використовувати відцентрові насоси малої потужності, але великої продуктивності, враховуючи, що подача води в насос буде здійснюватися при природному тиску води, що знаходиться в ємності.

Приймаємо для використання два насоси, продуктивність яких складе:

$$Q_{\max} / 2 = 19,72 / 2 = 9,86 \text{ (л/с)}.$$

Округлюючи, отримаємо потужність одного насоса 600 л/хв. (1,1 кВт).

Виходячи з цих даних, основний резервуар повинен мати обсяг щонайменше 25 м³ (можливе встановлення двох і більше ємностей еквівалентних даному обсягу, з'єднаних між собою за принципом судин, що сполучаються).

Враховуючи конструкцію покрівлі, складено принципovu схему підключення і розташування обладнання (рис. 3).

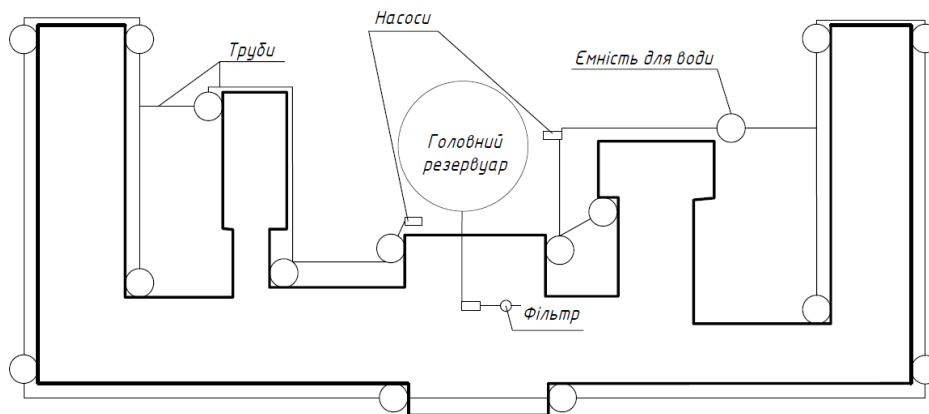


Рис. 3. Принципова схема підключення і розташування обладнання [6]

Схема передбачає використання 16 малих резервуарів, з яких вода буде перекачуватися до головної ємності. Розрахунки проводитимемо виходячи зі стандартних циліндроподібних вертикальних накопичувальних ємностей, діаметр яких становить 0,6 м.

Враховуючи, що нижній поріг забору води насосами складає не менше 0,2 м від дна всіх сполучених між собою 8 ємностей, визначаємо мінімальний необхідний обсяг води для включення насосів, отримаємо:

$$V = 0,2 \times 3,14 \times 0,32 \times 8 = 0,45 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Після накопичення саме такого обсягу вмикаються насоси і перекачують воду до головного резервуару.

За умови, що максимальна кількість стоків води відповідає продуктивності насосів, швидкість наповнення ємностей буде відповідати швидкості перекачування води в основний резервуар.

Виходячи з цих умов, приходимо до висновку, що достатнім об'ємом для малих ємностей буде об'єм – 250 л.

Таким чином, максимальний резерв накопиченої води складе:

$$V_{\text{рез.}} = 16 \times 0,25 + 25 = 29 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Розташування труб, насосів і головного резервуару може бути різним, за умови мінімального віддалення один від одного.

Основний резервуар (або кілька сполучених між собою), потрібно розміщувати у підвальному приміщенні або під землею.

Під землею ємності зберігають низьку температуру води і виключають потрапляння УФ променів, що сприяє мінімальному зростанню бактерій та мікроорганізмів у воді [11].

Але при цьому обов'язково необхідно встановити озонатор в основний накопичувач, який максимально

запобігатиме розвитку мікроорганізмів у воді.

У ході дослідження було визначено особливості підключення та встановлення вузлів системи збору та використання дощової води:

- Встановлення сіток грубої очистки між трубами водостоку та ємністю (сітка або «лійка» із вбудованою сіткою 200–500 мкм).

- Встановлення насосів необхідно передбачати у місцях, що забезпечують роботу електроприладів за умови дотримання правил техніки безпеки.

- Перед насосами обов'язкове встановлення зворотних клапанів та захисту від сухого ходу. Також необхідна установка автоматичних вимикачів для кожного насоса окремо.

- Сполучення ємностей між собою повинно здійснюватися трубами діаметром не менше 1,5 дюйма (38,1 мм).

- Основний резервуар повинен мати аварійний переливний дренаж для скидання води в каналізацію (при переповненні бака), за умови його встановлення під землю або підвальне приміщення.

- Робота насосів може здійснюватися як у ручному, так і в автоматичному режимі (із застосуванням електропоплавків або реле контролю рівня рідини).

- Також необхідно забезпечити вільний доступ для внутрішньої та зовнішньої поверхні резервуарів та насосів для обслуговування, миття, ремонтних та сервісних робіт тощо.

Дощова вода вважається відносно чистою. Порівняно з поверхневими та підземними водами дощова має майже нейтральний рН, відсутність жорсткості та будь-яких побічних продуктів дезінфекції. Однак на фізичні, хімічні та мікробіологічні характеристики стоку покрівлі першого змиву та зібраної дощової води сильно впливають характеристики водозбору, властивості матеріалу для зберігання та умови навколишнього середовища [6].

Подальше очищення та використання зібраної води може здійснюватися різними способами в залежності від призначення.

Побутове використання такої води буде суттєво зменшувати споживання водопровідної води. Зібрана вода може потрапляти до основної мережі методом врізки в основну систему, або паралельним водоводом за допомогою одного або декількох насосів в залежності від пікового навантаження.

При використанні в технічних цілях (полив, миття приміщення або посуду, туалети, прання тощо) потребує незначного очищення звичайними фільтрами, які затримують механічні домішки з автопромиванням або без. Таких способів фільтрації існує декілька. Обирати конкретну систему очищення необхідно з огляду на кількість використання води при максимальних потребах.

У майбутньому проєктування систем збору дощової води може виконуватися з використанням ВІМ-технологій. Інформаційна модель забезпечує точне визначення параметрів водозбору, схем трубопроводів, резервуарів, вузлів підключення та їх узгодження з іншими інженерними мережами. Застосування ВІМ дає можливість уникнути технічних колізій, скоротити витрати матеріалів і підвищити керованість проєктом. Як зазначено в [13], ВІМ розглядається як основа для організаційно-технологічного управління будівельними процесами, що робить його використання у водозбірних системах логічним продовженням розвитку.

За умови використання дощової води як питної та для приготування їжі, її потрібно доочистити від різних домішок. Окрім зважених твердих речовин, дощова вода може містити в собі незначні шкідливі для людини домішки, які вже перебували у воді, або утворилися під час контакту з покрівлею та іншими матеріалами, які використовувались під час збору та зберігання. До таких домішок належать сульфати, нітрати, хлориди, кишкова паличка та інші види бактерій і вірусів, тощо.

З огляду на різноманіття забруднюючих речовин у воді та сучасні можливості очищення, найефективнішим рішенням є використання фільтрів на основі зворотного

осмосу. Технологія здатна забезпечити комплексне очищення води, що робить її актуальною для побутового застосування. Завдяки такому фільтру можна з мінімальними витратами ресурсів отримати очищену воду, що відповідає світовим стандартам якості.

Враховуючи мінімальний вміст солей у дощовій воді (близько 20–70 мг/л), її можна повністю очистити від незначної кількості шкідливих домішок за допомогою даного фільтра, повертаючи за допомогою рециркуляції концентрат назад у ємність до критичного вмісту домішок.

Зважаючи на осад з частинок механічних забруднень і залишковий концентрат при доочищенні води, що становитиме не більше 10 %, отримаємо очищеної питної води на рік.

$$Q = 134,64 \times 0,9 = 121,18 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Фільтр на основі зворотного осмосу обирається залежно від необхідних потужностей водоочищення.

Можливі варіанти комплексного використання зібраної води, де частина буде застосовуватися для господарських потреб, а частина для пиття, приготування їжі.

Висновки

Опади є важливим і майже невичерпним природним ресурсом, за допомогою якого ми можемо досягти покращення та полегшення нашої життєдіяльності. Особливо гостро

постає це питання у воєнний час, коли багато регіонів залишилися без доступу до водних ресурсів. Люди змушені заощаджувати на найголовнішому, без чого неможливо прожити – воді.

Хоча переваги збору дощової води були добре задокументовані, їхнє впровадження є дещо спорадичним. Останні тенденції зосереджені на вирішенні цього питання, демонструючи багатоцільовий характер з точки зору його екологічних, фінансових і соціальних переваг.

Децентралізований характер багатьох систем по збору дощової води пропонує унікальну можливість для громад брати активну участь в управлінні водними ресурсами, що дає численні переваги. Цей метод часто використовується як частина систематичного підходу до управління стічними водами, заснованого на водозборі, де кілька дренажних систем використовуються для цілісного управління стоком поверхневих вод.

Для забезпечення широкого впровадження систем збору та використання дощової води, необхідно розвивати нормативну базу в цьому напрямку. Нормативні акти повинні включати не лише технічне та екологічне керівництво, але й економічну та соціальну складову, щоб такі проекти мали підтримку на державному та місцевому рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зелінський С. Е. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf> (дата звернення : 09.11.2025).
2. Збираємо та використовуємо дощову воду. URL: <https://pp-budpostach.com.ua/ua/a147251-sobiraem-ispolzuem-dozhdevuyu.html> (дата звернення : 09.11.2025).
3. Глушенко Р., Ткаченко Т. Збереження, якість та використання дощової води після «зеленої» покрівлі. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2023. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.4-12>
4. Gatta G. D., Birch W. D., Rotiroti N. Reinvestigation of the crystal structure of the zeolite gobbinsite : A single-crystal X-ray diffraction study. *American Mineralogist*. 2010. Vol. 95, № 4. Pp. 481–486. URL: <https://doi.org/10.2138/am.2010.3390> (дата звернення : 04.09.2025).
5. Efficient Aerial Water Harvesting with Self-Sensing Dynamic Janus Crystals. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.4c11689> (дата звернення : 09.11.2025).
6. Raimondi A., Quinn R., Abhijith G. R., Becciu G., Ostfeld A. Rainwater Harvesting and Treatment : State of the Art and Perspectives. *Water*. 2023. Vol. 15, № 8. URL: <https://doi.org/10.3390/w15081518>
7. Клімат Запоріжжя : опади, температура, графіки. URL: <https://www.climate.top/ukraine/zaporizhia/graphs/> (дата звернення : 09.11.2025).

8. Транспортний колапс і підтоплення будівель : сьогодні в Запоріжжі випала майже двомісячна норма опадів. URL: <https://1news.zp.ua/ru/transportnyj-kollaps-i-podtoplenie-zdanij-segodnya-v-zaporozhe-vypala-pochti-dvухmesyachnaya-norma-osadkov-foto-video> (дата звернення : 09.11.2025).

9. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Київ : Мінрегіон, 2012.

10. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон, 2013.

11. Глушенко Р., Ткаченко Т. Збереження, якість та використання дощової води після «зеленої» покрівлі. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2023. № 42. С. 4–12. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.4-12>

12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. URL: <http://ways.knuba.edu.ua/article/view/297637>

13. Іваненко Д. С., Кулік М. В., Бобраков А. А., Москальова А. В. BIM як база для механізму управління будівельними проектами. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2022. № 42. DOI: 10.31713/budres.v0i42.020.

REFERENCES

1. Zelinskyi S.E. *Vodopostachannia ta vodna bezpeka u konteksti rosijskoi ahresii* [Water supply and water security in the context of Russian aggression]. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskovyi-agresiyi.pdf> (accessed : 09.11.2025). (in Ukrainian).

2. *Zbiraemo ta vykorystovuiemo doshchovu vodu* [Collecting and using rainwater]. URL: <https://pp-budpostach.com.ua/ua/a147251-sobiraem-ispolzuem-dozhdevuyu.html> (accessed : 09.11.2025). (in Ukrainian).

3. Hlushchenko R. and Tkachenko T. *Zberezhennia, yakist ta vykorystannia doshchovoi vody pislia “zelenoi” pokrivli* [Preservation, quality and use of rainwater after the “green” roof]. Kyiv : Kyiv National University of Construction and Architecture, 2023. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.4-12> (in Ukrainian).

4. Gatta G.D., Birch W.D. and Rotiroti N. Reinvestigation of the crystal structure of the zeolite gobbinsite : A single-crystal X-ray diffraction study. *American Mineralogist*. 2010, vol. 95, no. 4, pp. 481–486. URL: <https://doi.org/10.2138/am.2010.3390> (accessed : 04.09.2025).

5. Efficient Aerial Water Harvesting with Self-Sensing Dynamic Janus Crystals. URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.4c11689> (accessed : 09.11.2025).

6. Raimondi A., Quinn R., Abhijith G.R., Becciu G. and Ostfeld A. Rainwater Harvesting and Treatment : State of the Art and Perspectives. *Water*. 2023, vol. 15, no. 8. URL: <https://doi.org/10.3390/w15081518>

7. *Klimat Zaporizhzhia : opady, temperatura, hrafiky* [Climate of Zaporizhzhia : precipitation, temperature, charts]. URL: <https://www.climate.top/ukraine/zaporizhia/graphs/> (accessed : 09.11.2025). (in Ukrainian).

8. *Transportnyi kollaps i pidtoplennia budivel : s'ohodni v Zaporizhzhii vypala maizhe dvomisiachna norma opadiv* [Transport collapse and flooding of buildings : today in Zaporizhzhia, almost a two-month rainfall rate fell]. URL: <https://1news.zp.ua/ru/transportnyj-kollaps-i-podtoplenie-zdanij-segodnya-v-zaporozhe-vypala-pochti-dvухmesyachnaya-norma-osadkov-foto-video> (accessed: 09.11.2025). (in Ukrainian).

9. *DBN V.2.5-64:2012. Vnutrishnii vodoprovod ta kanalizatsiia. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo* [Internal water supply and sewerage. Part I. Design. Part II. Construction]. Kyiv : Minrehion, 2012. (in Ukrainian).

10. *DBN V.2.5-74:2013. Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia* [Water supply. External networks and facilities. Basic design requirements]. Kyiv : Minrehion, 2013. (in Ukrainian).

11. Hlushchenko R. and Tkachenko T. *Zberezhennia, yakist ta vykorystannia doshchovoi vody pislia “zelenoi” pokrivli* [Preservation, quality and use of rainwater after the “green” roof]. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliki* [Water Supply, Drainage and Hydraulic Problems]. 2023, no. 42, pp. 4–12. URL: <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.42.4-12> (in Ukrainian).

12. *DSTU-N B V.1.1-27:2010. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelnna klimatolohiia* [Protection against hazardous geological processes... Construction climatology]. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2010. (in Ukrainian).

13. Ivanenko D.S., Kulik M.V., Bobrakov A.A. and Moskalova A.V. *BIM yak baza dlya mekhanizmu upravlinnya budivel'nymy proyektamy* [BIM as a basis for the mechanism of construction project management]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyyi, budivli ta sporudy* [Resource-Efficient Materials, Structures, Buildings, and Facilities]. 2022, no. 42. DOI: 10.31713/budres.v0i42.020. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 10.03.2026.

Прийнято після рецензування: 12.05.2026.

Дата публікації: 29.05.2026.