УДК 556.18:627.4(091)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.6-69.23

ІСТОРИЧНІ МЕТОДИ ЗАТРИМАННЯ ВОДИ В РІЧКОВИХ ДОЛИНАХ СВІТУ

Пасічник М.Д. (orcid.org/0000-0001-9378-6302),
Григорійчук В.В. (orcid.org/0000-0002-8875-4354)
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, 58012, м. Чернівці
m.pasichnyk@chnu.edu.ua, v.hryhoriychuk@chnu.edu.ua

Узагальнено світовий досвід затримання води в річкових долинах за допомогою поперечних дамб (Querdämme), бун, систем басейнів, переривчастих дамб, поперечних перепон у ярах і сучасних проникних бар'єрів, щоб визначити, за яких природних умов ці методи можна застосовувати, а за яких вони неефективні або ризиковані. Застосовано порівняльний аналіз інженерних праць XIX – початку XX століття, офіційних проєктних матеріалів і сучасних польових та чисельних досліджень. Розглянуто роботи на р. Дюранс, зрошення лук через підпір у Німеччині, заплавне господарство з протоками-«фоками» на Тисі, басейнове зрошення в долині Нілу, saai dams у Південній Африці, джессур у Тунісі, переривчасті дамби касумі-тей в Японії та паводкові накопичувальні басейни в США. Одна й та сама конструкція в різних долинах може виконувати різні функції: накопичувати воду або лише спрямовувати її назад у русло. Показано, що затримання води забезпечує поєднання перепони, місткості та способу випуску, а можливість реалізувати це поєднання визначає тип річкової долини. Басейнові системи й заплавне господарство історично склалися на середніх ділянках рівнинних меандруючих річок з широкими заплавами та регулярними повенями. У вузьких врізаних долинах гірських річок паводки проходять швидко, місткість обмежена, а крупні наноси швидко замулюють накопичувальні ділянки. На конусах виносу нестійке русло унеможливлює тривале утримання води, і перепони тут передусім керують паводком. Оскільки умови затримання води змінюються вздовж річки від верхніх до нижніх ділянок, придатність методу слід оцінювати для конкретної ділянки долини, а не загалом для річки. Проникні піщано-галечникові відклади зменшують здатність басейнів утримувати поверхневу воду. Буни переважно спрямовують течію і самостійно воду не накопичують. Умови застосування методів узагальнено для шести типів річкових долин. Сформульовано умови добору методу затримання води залежно від типу долини та водогосподарського завдання. Відповідність принципам природоорієнтованих рішень визначається не віком або матеріалом споруди, а екологічними результатами. *Ключові слова:* затримання води, тип річкової долини, поперечна дамба, буна, заплавне господарство, гірські річки, історія гідротехніки, природоорієнтовані рішення.

Historical Methods of Water Retention in the World's River Valleys. Pasichnyk M., Hryhoriichuk V.
The paper summarises global experience of water retention in river valleys using transverse dikes (Querdämme), groynes, basin systems, discontinuous levees, transverse barriers in gullies and modern leaky barriers to determine under which natural conditions these methods can be applied and when they are ineffective or risky. Nineteenth- and early twentieth-century engineering works, official project documents and recent field and numerical studies are compared. The cases include the works on the Durance River, meadow irrigation by impoundment in Germany, the floodplain economy based on "fok" channels on the Tisza, basin irrigation in the Nile valley, saai dams in South Africa, jessour in Tunisia, kasumi-tei discontinuous levees in Japan and flood retarding basins in the USA. The same structure may perform different functions in different valleys, either storing water or merely returning it to the channel. For each case, documented structures, design intentions and measured effects are distinguished. Water retention is shown to depend on a combination of a barrier, storage capacity and a means of release, while the type of river valley determines whether this combination can be achieved. Basin systems and floodplain economies historically developed on the middle reaches of lowland meandering rivers with wide floodplains and regular floods. In narrow incised mountain valleys floods pass quickly, storage is limited and coarse sediment rapidly silts up retention areas. On alluvial fans an unstable channel prevents long-term water retention, and barriers there mainly control floods. Since retention conditions change along a river from its upper to its lower reaches, the suitability of a method should be assessed for a specific valley reach rather than for the river as a whole. Permeable sand and gravel deposits reduce the ability of basins to hold surface water. Groynes mainly redirect flow and do not store water on their own. Conditions for applying the methods are summarised for six types of river valleys. Conditions for selecting a retention method according to valley type and water management task are formulated. Compliance with the principles of nature-based solutions is determined not by the age or material of a structure but by its ecological outcomes. *Key words:* water retention, river valley type, transverse dike, groyne, floodplain management, mountain rivers, hydraulic engineering history, nature-based solutions.

Постановка проблеми. Затримання води після інтенсивних опадів і паводків має значення для зменшення швидкого поверхневого стоку, підтримання вологих оселищ та забезпечення водою сільського господарства. Історичний досвід показує, що ці завдання вирішували за допомогою невисоких земляних перепон, систем окремих басейнів, бун, водопропусків і споруд для керування надходженням та випуском води. Звернення до такого досвіду дає змогу зрозуміти, які конструктивні принципи можна використати в сучасних умовах і які функції різних споруд слід оцінювати окремо.

© Пасічник М.Д., Григорійчук В.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Європейські рекомендації щодо природних заходів водоутримання (природоорієнтованих рішень, nature-based solutions, NbS) розглядають накопичення, уповільнення стоку та інфільтрацію як взаємопов'язані можливості управління водою [1]. Історичні споруди становлять для цього важливий технічний матеріал. Проте перенесення давньої конструкції у сучасний проєкт потребує перевірки її впливу на водний режим, наноси, оселища і можливість проходження водних організмів.

Перенесення досвіду рівнинних заплав на гірські долини або навпаки без урахування тривалості паводків, ширини заплави, транспорту наносів і проникності відкладів може призвести до неефективних або небезпечних рішень.

Актуальність проблеми. Кліматичні зміни посилюють потребу в цьому аналізі. Gudmundsson та співавтори встановили глобальний вплив антропогенної зміни клімату на річковий стік, водночас показавши територіальну неоднорідність змін [2]. Rodell і Li пов'язали посилення глобальних екстремумів водного циклу з підвищенням температури [3]. Дослідження Porkka та співавторів засвідчує поширення відхилень водного циклу за межі доіндустріальної мінливості [4]. Отже, актуальність водоутримання зумовлена поєднанням періодів нестачі води з епізодами її надлишкового надходження.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Стаття пов'язана з практичним завданням добору заходів природного водоутримання (natural water retention measures, NWRM), які Європейська комісія пропонує як частину природоорієнтованих рішень для управління водними ресурсами [1]. Воно потребує розуміння, за яких природних умов окремі заходи здатні затримувати воду, а за яких лише керують паводком або взагалі неефективні. Науковим завданням є критичне зіставлення історичного й сучасного світового досвіду затримання води та визначення меж його перенесення між річковими долинами різного типу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструкції й призначення історичних споруд описано в інженерних працях XIX – початку XX століття [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11]. Традиційні системи затримання води досліджують і сучасними методами – геоморфологічною реконструкцією заплавного господарства [12], польовими спостереженнями за переривчастими дамбами [13] і вимірюванням вологозапасів за греблями в ярах [14]. Сучасні праці зосереджені на проникних бар'єрах і природному управлінні паводками [15; 16; 17], поповненні підземних вод [18], відновленні заплав [19] та його впливі на меженний стік [20]. Більшість цих праць описує досвід конкретної долини; умови перенесення його на долини іншого типу окремо не узагальнено.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Аналіз публікацій відображає, що наразі чітко не визначено, як тип річкової долини обмежує застосування відомих методів затримання води. Також, у яких долинах можливе тривале накопичення, а в яких перепони здатні лише керувати паводком. Потребує уточнення й розмежування функцій споруд, подібних за формою і матеріалом, оскільки поперечна орієнтація перепони чітко не свідчить про її водоутримувальне призначення, а участь бун поки окремо не визначена. Для історичних об'єктів залишаються невідомими об'єм, тривалість зберігання, фактичні втрати та зміна роботи після накопичення осаду.

Мета статті – на основі зіставлення історичного та сучасного світового досвіду визначити, за яких природних умов різні типи споруд можуть забезпечувати затримання води в річкових долинах і коли їх застосування недоцільне. Основні завдання: уточнити терміни та функції споруд; узагальнити приклади з долин різного типу; розмежувати безпосереднє накопичення води і керування течією; встановити зв'язок між типом долини та придатністю методу; сформулювати умови добору методу для природоорієнтованих рішень.

Новизна. Придатність методів затримання води розглянуто через тип річкової долини. Історичні та сучасні споруди дев'яти регіонів світу зіставлено за єдиним набором ознак: конструкція, первісна мета, механізм роботи з водою, вплив на наноси, тип долини і статус свідчення. На цій основі узагальнено умови застосування методів для шести типів долин. Показано, що водоутримувальну функцію визначає поєднання перепони, місткості та способу випуску, а можливість реалізувати це поєднання – ширина заплави, тривалість паводку, транспорт наносів і проникність відкладів.

Методологічне значення. Стаття є порівняльним історико-технічним оглядом. Основу становлять інженерні праці XIX – першої половини XX століття, офіційні описи споруд і проєктні матеріали, а також сучасні публікації (польові та чисельні дослідження традиційних систем і проникних бар'єрів). Історичні джерела використано для встановлення конструкції, заявленої мети і описаного способу роботи. Сучасні дослідження залучено для перевірки окремих гідрологічних механізмів і меж їхнього застосування.

Для кожного прикладу визначено також тип річкової долини. Виділено шість типів: вузькі врізані долини гірських річок; конуси виносу та ділянки з нестійким руслом; середні ділянки рівнинних меандруючих річок із широкими заплавами; пониззя з тривалим затопленням; яри й тимчасові водотоки посушливих височин; малі водозбори височин. Основою поділу є ознаки, від яких залежить затримання води – ширина днища й заплави, похил, тривалість паводку, крупність і проникність відкладів, стійкість русла. Подібний поділ на верхні врізані ділянки, конуси виносу, середні меандруючі та нижні ділянки застосовано в геоморфологічній реконструкції заплавного господарства [12].

Запропонований підхід дає змогу оцінювати не лише ефективність споруди, а й межі перенесення досвіду між долинами різного типу.

Викладення основного матеріалу. Німецьке Querdamm означає поперечну дамбу; Querdämme є формою множини. У цій статті термін використано для поперечних земляних або комбінованих перепон, які можуть ділити територію на окремі басейни чи стримувати перетікання води. Значення визначає опис конкретного об'єкта. Назву Querdamm не слід автоматично застосовувати до будь-якої поперечної споруди або вважати доказом її водоутримувального призначення.

Буна, німецькою Buhne, французькою épi, англійською groyne або spur dike, – споруда, яка виходить від берега в річку й спрямовує потік. У німецькій інженерній літературі та пізніших інженерних описах буни розглядаються як елементи регулювання течії [5; 6]. Їхня назва, форма і матеріал можуть відрізнятися між країнами, тому тотожність термінів є наближеною, бо функцію встановлюють за планом, описом і режимом роботи.

Під затриманням води розуміємо подовження її перебування в системі порівняно зі швидким проходженням потоку. Тимчасове накопичення з наступним випуском відповідає поняттю detention, триваліше збереження води для використання чи підтримання вологих умов – retention. У конкретній споруді ці функції можуть поєднуватися. Саме накопичення поверхневої води, її інфільтрація в ґрунт та поповнення підземних вод є різними процесами, які мають розглядатися окремо.

Поперечна дамба працює як водоутримувальна споруда тоді, коли з обох боків або з одного її боку є простір для накопичення води, а шлях відтоку обмежений або керований. У річковій долині можливе поєднання з природними підвищеннями, береговими валами чи іншими дамбами. Так утворюється окремий басейн або послідовність ділянок, кожна з яких має власний водний режим. Дамба без доступного простору для накопичення може виконувати передусім функції керування потоком. Найпростіша конструкція – земляний вал з широкою основою та укосами, поверхню якого захищають дерниною, каменем, фашинами або дерев'яними елементами відповідно до навантаження води та можливості догляду.

Робочий цикл басейну включає надходження води, накопичення, тимчасове зберігання та випуск. Вода може входити через канал, отвір, шлюз або переливатися через понижену ділянку гребеня. Випуск здійснюють через водопропуск, регульований затвор, перелив чи проникну частину перепони. Якщо вода залишається в басейні після спаду паводку, подальші втрати визначаються фільтрацією, випаровуванням, використанням і наявними шляхами поверхневого відтоку. Приклад поділу території на басейни для сезонного господарського використання розглядав Antipa [7].

Поділ на кілька басейнів дає змогу керувати водою поетапно, але робить систему залежною від справності водопропусків і узгодженого керування. Уповільнення течії відповідно, спричиняє відкладання наносів. Для історичного землеробства це було бажаним результатом, але в накопичувальному басейні осад поступово вже займає робочий об'єм.

Таблиця 1 узагальнює функціональні відмінності на основі історичних описів і сучасної інженерної літератури [1; 6; 7; 8; 17]. Характеристики споруд встановлюють відповідно для конкретної території.

Буна має берегову частину, тіло споруди та виступний кінець. Її можуть розташовувати поперечно або під кутом до течії, будувати окремо чи серіями. До історичних матеріалів належать камінь, деревина і фашини. У пізніший час застосовували також шпунтові конструкції та інші інженерні рішення. Copeland розрізняє проникні й непроникні буни та описує їх як засіб захисту берегів, спрямування течії і створення умов для можливого осадження наносів [6].

Таблиця 1

Конструкції та механізми затримання води

Тип споруди	Основна конструкція	Спосіб роботи з водою	Вплив на наноси
Поперечна дамба Querdamm	Земляний або комбінований вал; водопропуск чи перелив	Утримує воду в окремому басейні за наявності місткості та обмеженого випуску	Уповільнення сприяє осадженню; осад займає частину місткості
Система басейнів	Кілька валів, сполучні канали та затвори	Розподіляє воду між ділянками; дає змогу визначати строки наповнення і спорожнення	Може розподіляти дрібні наноси між басейнами
Буна	Споруда від берега в потік; суцільна або проникна	Спрямовує течію; самостійне тривале накопичення н е є типовою функцією	Змінює перенесення наносів; можливе відкладання біля берега
Проникний дерев'яний бар'єр	Колоди або гілки з отворами для проходження води	Створює тимчасовий підпір і поступовий випуск	Може затримувати плавник та частину наносів
Паводковий накопичувальний басейн	Територія накопичення, обмежувальна споруда, випуск	Приймає частину паводкового об'єму та віддає її пізніше	Потребує контролю осаду і стану випуску

ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

У французькому досвіді першої половини XIX століття помітне поєднання керування течією та тимчасового затримання паводкової води. Fiard aîné у праці 1832 року описав роботи на Дюрансі біля La Saulce, розпочаті 1825 року. Він описав систему поперечних épis і низької поздовжньої споруди, які разом із берегом утворювали окремі басейни. Після паводку вода могла залишатися в них і зникати через фільтрацію або випаровування, осадження дрібних наносів сприяло господарському освоєнню території. Цей опис є прямим історичним свідченням механізму тимчасового накопичення, але не містить сучасного водного балансу [8].

План місцевості в таблиці 512 до цієї праці (рисунок 1) показує розміщення елементів системи. Як видно, окремий конструктивний елемент не визначає водний режим усього басейну [8].

Непроникна буна переважно відхиляє воду навколо свого кінця, проникна пропускає частину потоку крізь конструкцію. Між бунами виникають ділянки повільної та обертальної течії, проте уповільнений рух у відкритому потоці ще не означає збереження значного об'єму після спаду паводку. Для безпосереднього накопичення потрібна додаткова геометрія басейну або регулювання випуску. Так, на Дюрансі воду після паводку утримувала система поперечних épis, берега й низької поздовжньої споруди, а не сама буна [8]. Тому для бун оцінюють зміну течії, захист берега й наноси, а для басейнових перепон – ще й об'єм, час зберігання та режим випуску.

Німецькомовна інженерна література початку XX століття відображає усталене використання бун як споруд керування потоком. Стаття Buhnen у технічному лексиконі Otto Lueger описує цей клас споруд і його матеріальні варіанти [5]. Її значення для дослідження полягає в уточненні технічної традиції – поперечні елементи могли служити регулюванню течії без окремого завдання довготривалого збереження води.

Інший напрям, вже німецької практики пов'язаний не з регулюванням русел, а зі зрошенням лук. У посібнику L. Vincent 1846 року підпірні споруди названо обов'язковою частиною будь-якої зрошувальної системи – як для підняття води до потрібного рівня, так і для регулювання її надходження [11]. Окремий розділ присвячено накопичувальним басейнам з валами. Автор вважав нездійсненним накопичення паводкової й талої води на весь сезон зрошення, оскільки для цього басейн мав би бути надзвичайно глибоким, проте допускав накопичення частини води на посушливі періоди та для невеликих джерел. Для валів він наводив конкретні правила: гребінь на 0,3-0,5 м вище розрахункового рівня, глинистий ґрунт, пологий укіс із дерновим покриттям і запасний водоскид [11].

Діючим прикладом цього є луки в долині Квайху (Queich) у Верхньорейнській низовині – 450 га лук

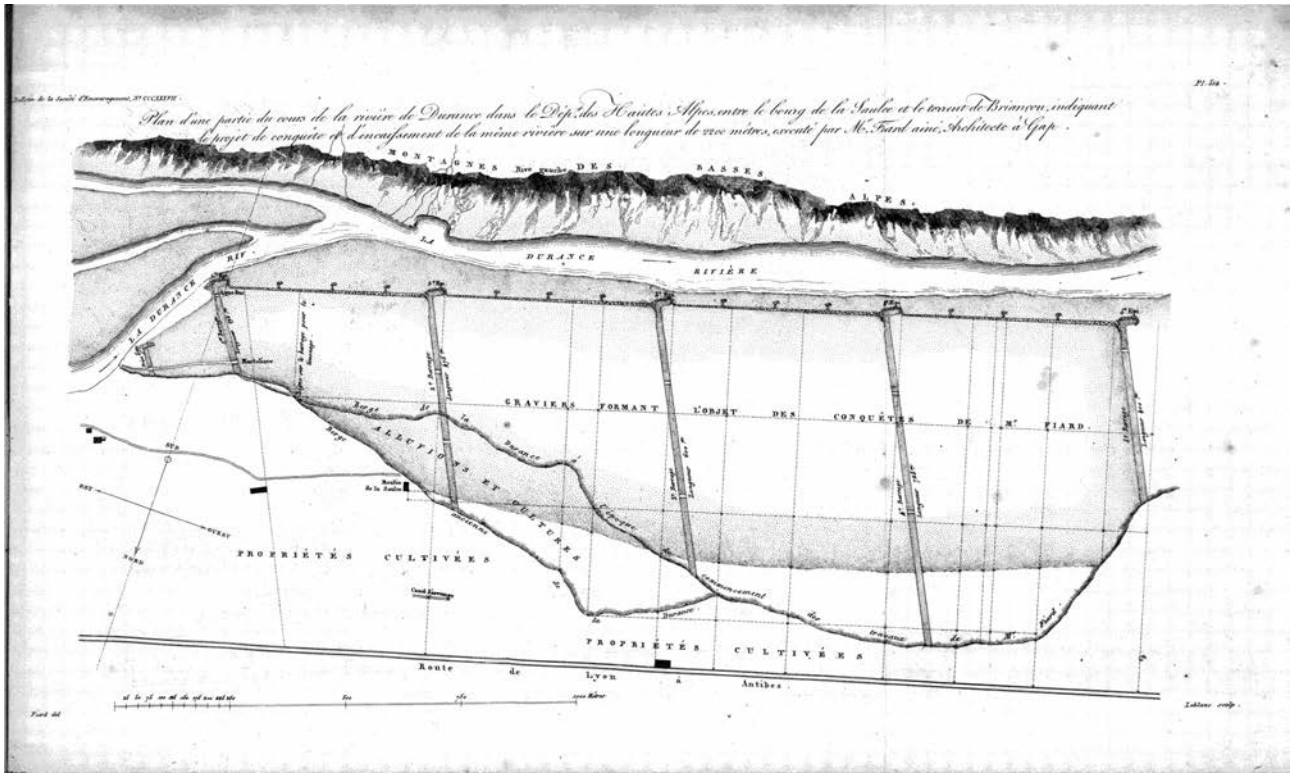

Рис. 1. Історичний план споруд на Дюрансі біля La Saulce: поперечні елементи разом із берегом і поздовжньою спорудою обмежують окремі басейни (Fiard aîné, 1832, табл. 512 [8])

семи громад зрошують, підпираючи річку греблями й розподіляючи воду канавами із затворами. Підпір триває 2-3 доби, луки зрошують у квітні-травні та липні-серпні за спільним графіком від верхніх ділянок до нижніх, щоб використовувати підпір від вищих громад; коли рівень річки знижується до межі мінімального стоку, зрошення припиняють [21]. Традиційне зрошення семи європейських країн, зокрема Німеччини, у 2023 році внесено до Репрезентативного списку нематеріальної культурної спадщини людства ЮНЕСКО [22]. Цей приклад демонструє кероване короткочасне затримання води з урахуванням вимог до мінімального стоку без тривалого накопичення.

Інший підхід до заплавних вод запропонував Grigore Antipa у монографії 1912 року про територію затоплення нижнього Дунаю. Він розглядав організацію господарського використання води і території через басейни, канали та керовані сполучення. Поперечні дамби в такій системі мали розділяти окремі ділянки, забезпечуючи можливість керування наповненням і збереженням води для сезонних потреб [7], відображаючи проєктну концепцію басейнового управління.

Ближчу до природного режиму форму заплавного водоутримання описує угорська література про середньовічне заплавне господарство на Тисі та Дунаї. «Фоком» називали протоку, якою під час повені вода з річки надходила в заплавні пониження й озера, а на спаді поверталася назад; на цьому водообміні ґрунтувалися рибальство, сінокоси, пасовища, заплавні ліси й сади [12]. Kohán виділяє два гідрологічні типи таких систем – зі змінним напрямком течії та пересиханням проток у найсухіший період і з постійним однонапрямленим стоком, що з'єднував річку з великими болотами [12]. Водночас він наголошує, що, крім догляду за протоками, надійних свідчень свідомого керування водою немає, тож систему не можна беззастережно вважати цілеспрямованою водогосподарською спорудою [12].

Поза Європою тривалу традицію мав басейновий полив у долині Нілу. У другому виданні праці R. H. Brown 1912 року описано використання валів, каналів і керованого водообміну для затримання паводкової води на сільськогосподарських ділянках [9]. Вода перебувала в басейнах протягом визначеного господарським циклом часу. Потреба в таких спорудах була пов'язана з сезонністю надходження води та потребою забезпечити зволоження полів.

У тій самій праці Brown описує saai dams у Південній Африці поблизу річки Zak. Поперечні перепони у vlei, тобто місцевих пониженнях з тимчасовим надходженням води, використовували для її затримання, а перед сівбою воду випускали [9]. Це ілюстрація функціонального аналога керованого басейнового водоутримання. Відмінність природних умов не дозволяє переносити режим його роботи безпосередньо на європейську річкову долину, проте послідовність накопичення та випуску добре показує інженерний принцип.

Подібний принцип у посушливій гірській місцевості реалізують джессур на плато Матмата-Дахар у Тунісі. Це земляні греблі заввишки 2-5 м і завдовжки 15-50 м упоперек ярів з боковими або центральними кам'яними водоскидами. При цьому, позаду греблі формується тераса для вирощування культур, а вище – власний водозбір. Греблі розташовані ланцюгом уздовж яру, і після сильних злив вода переливається в наступну. Водоскиди здебільшого мають висоту лише близько 50 см, що навмисно обмежує місткість кожної ланки. За греблями накопичуються мул і дрібний пісок. Після зливи 10-12 листопада 2017 року ґрунт за греблею до глибини 1,25 м містив 410,3 мм вологи проти 224,6 мм у сусідньому яру без греблі; влітку 2018 року доступна для рослин волога за греблею перевищувала 55 мм, тоді як у яру її вже не було [14]. Система спрацьовувала лише після злив понад 20 мм за добу, а сильна злива 2017 року пошкодила частину гребель у районі дослідження.

Японська традиційна технологія касумі-тей (переривчасті дамби) – має два різновиди з різними функціями. На конусах виносу бурхливих річок короткі дамби розташовували щільно, щоб фіксувати русло й повертати паводкову воду в річку після прориву дамб. На пологих рівнинних річках дамби оточували заплаву й залишалися розірваними в нижньому кінці, тож паводкова вода заходила на неї зворотним потоком, тимчасово затримувалася і поверталася в річку на спаді без насосів чи спеціальних споруд [13]. На річці Мацуура під час повені серпня 2019 року заплавна система в Окавано площею близько 0,16 км² утримала, за розрахунком авторів, близько 378 тис. м³ води при місткості до 421 тис. м³; завдяки малій швидкості течії рисові поля майже не постраждали [13]. Дата спорудження системи невідома, автори припускають її існування з XVIII століття.

Американський приклад початку XX століття пов'язаний із Miami Conservancy District у штаті Огайо. Офіційний план 1916 року передбачав затримання паводкової води земляними дамбами у retarding basins і її поступове проходження через випуски [10]. Завданням було зменшити паводкове навантаження нижче за течією.

Історичні приклади показують різні підстави для спорудження поперечних перепон. Серед них – сезонне зволоження земель, керування паводковою водою, використання наносів, захист берегів і навігація.

Сучасні програми природного управління паводками використовують поєднання заходів у водозборі – сповільнення поверхневого стоку, тимчасове накопичення, збільшення часу контакту води з ґрунтом та підтримання водно-болотних оселищ. Європейські рекомендації NWRM наголошують на доборі заходів з урахуванням кількох вигод і місцевих умов [1]. Досвід може підказати спосіб організа-

Таблиця 2

Історичні водозатримні споруди та їхнє застосування

Місце та джерело	Конструкція і первісна мета	Водоутримання та наноси	Тип долини
Дюранс Франція 1825–1832 [8]. Авторський опис робіт і оригінальний план	Поперечні éрiс і низька поздовжня споруда; використання паводкових вод і наносів	Тимчасове накопичення в басейнах; фільтрація, випаровування та осадження	Не вказано
Німецькомовна інженерна школа 1905 [5]. Технічний лексикон	Буни різної будови; спрямування потоку	Зміна течії та перенесення наносів	Великі судноплавні річки
Зрошувані луки, Німеччина 1846; 2024 [11; 21]. Інженерний посібник; опис діючої системи	Підпірні греблі, канави, обваловані басейни; зрошення лук	Короткочасний підпір і розподіл води (2-3 доби); басейни доцільні в горбистій місцевості	Рівнинні та горбисті долини
Нижній Дунай 1912 [7]. Проєктна концепція	Басейни, поперечні дамби та канали; сезонне господарське використання	Кероване надходження і збереження води	Рівнинна заплава
Тиса і Дунай, Угорщина середньовіччя [12]. Реконструкція за картами XVIII–XIX ст.	Протоки «фок» між річкою і заплавними пониженнями; рибальство й заплавне господарство	Тимчасове заповнення понижень і повернення води на спаді	Середні ділянки меандруючих рівнинних річок
Єгипет і Південна Африка 1912 [9]. Опис практик у виданні інженерної праці	Басейнові вали та saai dams; зволоження земель перед вирощуванням культур	Затримання води, наступний випуск; можливе накопичення осаду	Рівнинна долина Нілу; посушливі пониження
Плато Матмата-Дахар, Туніс джессур [14]. Польові вимірювання 2017–2018 рр.	Ланцюги земляних гребель 2–5 м з водоскидами; тераси для культур	Затримання стоку й наносів, накопичення вологи в ґрунті	Яри посушливої височини
Річка Мацуура, Японія касумі-тей [13]. Польові спостереження 2019 р.	Переривчасті дамби; захист від паводків і зволоження полів	Заплавний тип: тимчасове накопичення; тип конусів виносу: повернення води в русло	Рівнинна заплава; конуси виносу
Басейн Great Miami США 1916 [10]. Офіційний план системи захисту	Земляні дамби та випуски; захист від паводків	Тимчасове накопичення та дозований відтік	Рівнинна долина

ції накопичення та випуску, але конкретні параметри визначають за сучасними даними.

Організованим прикладом є проєкт Slowing the Flow at Pickering в Англії, де разом з іншими заходами застосовано 129 дерев'яних бар'єрів у водозборі Pickering Beck і 38 у River Seven, 187 перепон із вересових тюків та два дослідні дерев'яні вали [15]. Польові вимірювання у Wilde Brook засвідчили швидке наповнення біля проникних бар'єрів під час підйому паводку й повільніший випуск на спаді. При цьому, для одного бар'єра збільшення накопичення сягало 102 м³ за досліджену подію [16]. Чисельне моделювання показує, що робота такої перепони залежить від її конструктивних характеристик, отже проникність є проєктною властивістю [17].

Триваліше перебування води на проникній поверхні може збільшувати інфільтрацію й поповнення підземних вод [18], але не гарантує його: значення мають проникність ґрунту, попередня вологість, рівень підземних вод, замулення і випаровування. Комплексне відновлення заплав поєднує водне регулювання з підтриманням оселищ [19], проте посилення тимчасового накопичення не обов'язково збільшує меженний стік [20]. Тому зменшення паводкового піка, інфільтрація, тривале збереження води й підтримання стоку в сухий період потребують окремих критеріїв оцінювання.

Відповідність природоорієнтованим рішенням визначається способом взаємодії з екосистемою. Позитивна оцінка потребує підтримання оселищ, належного водообміну, можливості проходження організмів та уникнення неприйнятного впливу на сусідні території. Дерев'яна або земляна споруда не стає природоорієнтованою лише завдяки природному матеріалу. Історична система, створена для господарського використання, також потребує сучасної екологічної переоцінки.

Для практичного застосування доцільно починати з конкретного водного завдання. Якщо потрібно затримати паводковий об'єм, визначають доступну місткість і випуск. Якщо метою є зволоження оселища, задають бажану сезонність і тривалість перебування води. Якщо йдеться про інфільтрацію, перевіряють ґрунтові й підземні умови. Лише після цього обирають тип перепони, матеріал та спосіб догляду. Така послідовність відповідає логіці NWRM [1] і запобігає добору споруди тільки за історичною назвою.

Зіставлення розглянутих прикладів показує, що спільний принцип водоутримання – перепона, місткість і спосіб випуску, реалізується по-різному

залежно від типу річкової долини. Визначальними є ширина днища й заплави, похил, тривалість паводку, крупність і проникність алювію, а також стійкість русла. Kohán пов'язує поширення середньовічного заплавного господарства саме із середніми ділянками меандруючих річок за континентального клімату з регулярними повенями у вегетаційний період [12].

У вузьких, сильно врізаних долинах верхніх ділянок річок заплава має малу площу, а паводки проходять швидко, тому такі долини непридатні для заплавного господарства з тривалим утриманням води [12]. Водночас у межах однієї гірської долини вузькі врізані ділянки можуть чергуватися з розширеними днищами, тому умови змінюються від ділянки до ділянки. Так, на розширених ділянках днища можливе локальне затримання води, на врізаних – переважно керування течією. Крупні наноси швидко зменшують місткість будь-якої накопичувальної ділянки, а великі швидкості потоку збільшують навантаження на перепони.

На конусах виносу русло швидко змінюється й інтенсивно заповнюється наносами, що перешкоджає формуванню стійкої системи заплавних проток [12]. Японський досвід показує, що переривчасті дамби на конусах виносу виконували іншу функцію, ніж на заплавах – вони фіксували русло й повертали паводкову воду в річку, тоді як тимчасове накопичення забезпечував заплавний тип дамб на річках із пологим похилом [13]. Тому для конусів виносу доцільно говорити про керування паводком, а не про його затримання.

Найсприятливіші умови для басейнового водоутримання мають середні ділянки рівнинних меандруючих річок із широкими заплавами. Саме тут склалися заплавне господарство з «фоками» на Тисі [12], басейнова організація території затоплення нижнього Дунаю [7], заплавні переривчасті дамби в Японії [13] та паводкові накопичувальні басейни в долині Great Miami [10]. До регулювання річок навіть невелике підвищення рівня затоплювало тут значні площі й тимчасово зберігало воду до проходження паводку. На Кіш-Шаррет амплітуда коливань рівня, за оцінкою Kohán, не перевищувала 1,5–2 м [12]. Водночас у таких долинах більшої ваги набувають втрати на випаровування, ризик перезволоження прилеглих земель і відкладання дрібних наносів.

У пониззях, де наноси відкладаються постійно, а затоплення тривале, заплавне господарство переходить у болотне [12]. Тут доцільніше говорити про збереження й відновлення водообміну з водно-болотними оселищами [19], ніж про керовані басейни.

У ярах і тимчасових водотоках посушливих височин ефективні ланцюги невеликих гребель із водоскидами, як джессур [14] і saai dams [9]. Їхня місткість навмисно обмежена, а дія залежить від інтенсивних злив, які трапляються рідко й водночас можуть руйнувати греблі [14]. На малих водозборах височин основним інструментом є комплекси невеликих проникних перепон [15; 16; 17].

Наскрізною умовою для всіх типів долин є проникність відкладів. Ще Vincent застерігав від спорудження накопичувальних басейнів на глибоко залеглих проникних пісках, у яких вода просочується, і наводив приклад греблі ставка, повз яку вода пішла крізь схили долини, тож проєкт довелося залишити [11]. Він же вважав басейни вигідними лише в горбистій місцевості, де природні підвищення частково замінюють штучні вали [11]. Для поверхневого затримання висока проникність піщано-галечникових відкладів є обмеженням, проте, водночас вона сприяє інфільтрації [18].

У таблиці 3 не встановлені кількісні межі, оскільки ширину заплави, похил і тривалість паводку, за яких метод стає ефективним, потрібно визначати для конкретної долини. Для всіх типів долин окремо враховують проникність відкладів.

Розглянуті приклади підтверджують, що одна й та сама конструкція в різних долинах виконує різні функції. Переривчасті дамби на рівнинній заплаві накопичують воду, а на конусі виносу лише спрямовують її назад у русло [13], невеликі греблі в ярах посушливих височин утримують вологу в ґрунті [14], тоді як у широкій рівнинній долині для помітного ефекту потрібні системи басейнів і проток [12]. Тому оцінювати придатність методу слід не за назвою чи формою споруди, а за поєднанням умов долини та водогосподарського завдання.

Обмеження огляду пов'язані з неоднаковою повнотою джерел, бо історичні автори описували переважно конструкції й господарські потреби. Типізація долин узагальнює обмежене число прикладів і має якісний характер.

Головні висновки. Історичний досвід Європи та інших регіонів світу підтверджує тривале застосування поперечних перепон і басейнових систем для керування водою. Їх споруджували відповідно до місцевих потреб – сезонного зволоження земель, затримання паводкових об'ємів, використання наносів, захисту берегів і навігації.

Querdämme можуть забезпечувати водоутримання, коли входять до системи з доступною місткістю та визначеним способом випуску. Поперечна орієнтація і природні будівельні матеріали самі по собі не визначають гідрологічного результату. Буни – це споруди керування течією. Вони можуть створювати прибережні ділянки повільнішого руху води та впливати на осадження наносів. Безпосереднє накопичення залежить від поєднання бун з басейнами, перепонами або іншими елементами системи.

Придатність методів затримання води визначає тип річкової долини. Найсприятливіші умови для систем басейнів, поперечних дамб і заплавного господарства мають середні ділянки рівнинних меандруючих річок з широкими заплавами та регулярними повенями. У вузьких врізаних доли-

Таблиця 3

Умови застосування методів затримання води

Тип долини	Визначальні умови	Придатні методи	Обмеження
Вузькі врізані долини гірських річок	Великі похили, швидке проходження паводку, крупні наноси, мала площа заплави; чергування врізаних і розширених ділянок [12]	Локальне затримання на розширених ділянках днища; невеликі проникні перепони на притоках	Басейнові системи й заплавне господарство: мала місткість, короткий паводок, швидке замулення
Конуси виносу, ділянки з нестійким руслом	Швидка зміна русла, інтенсивне відкладання наносів [12]	Переривчасті дамби для фіксації русла й повернення паводкових вод у річку [13]	Тривале утримання води, стаціонарні басейни
Середні ділянки рівнинних меандруючих річок	Широка заплава, регулярні тривалі повені, невелика амплітуда рівня [12]	Системи басейнів і поперечних дамб, заплавні протоки, заплавні переривчасті дамби, паводкові накопичувальні басейни, підпір для зрошення лук [7; 10; 12; 13; 21]	Втрати на випаровування, перезволоження прилеглих земель, замулення; потрібен керований водообмін
Пониззя з тривалим затопленням	Постійне відкладання наносів, тривале заболочення [12]	Збереження й відновлення водообміну з водно-болотними оселищами [19]	Керовані басейни з наповненням і спорожненням
Яри й тимчасові водотоки посушливих височин	Рідкісні інтенсивні зливи, тонкі ґрунти	Ланцюги земляних гребель із водоскидами [9; 14]	Дія лише після сильних злив; руйнування під час екстремальних злив [14]
Малі водозбори височин	Швидкий стік, невеликі об’єми води	Комплекси проникних дерев’яних бар’єрів та інших невеликих перепон [15; 16; 17]	Малий об’єм окремої перепони; ефект лише сукупності споруд

нах гірських річок тривале затримання обмежують мала місткість, швидке проходження паводку й крупні наноси, тому тут можливе лише локальне затримання на розширених ділянках днища. На конусах виносу перепони виконують передусім функцію керування паводком. У ярах посушливих височин ефективні ланцюги невеликих гребель з водоскидами. Проникні піщано-галечникові відклади зменшують здатність басейнів утримувати поверхневу воду.

Сучасні проникні бар’єри та паводкові накопичувальні басейни продовжують частину історичних інженерних принципів, але їхні польові результати не можна автоматично переносити на інші споруди та водозбори. Адаптація історичних методів до природоорієнтованих рішень потребує спільної оцінки водного балансу, наносів і екологічних результатів, зокрема підтримання оселищ і належного водообміну.

Перспективи використання результатів дослідження. Дослідницькою гіпотезою є можливість адаптації невисоких басейнових перепон і проникних бар’єрів для місцевих завдань водоутримання. Перевірка має передбачати спостереження до та після втручання і, де можливо, порівняння з ділянкою без споруди. Потрібні вимірювання надходження та випуску, рівнів, об’єму, тривалості зберігання, ґрунтової вологи, підземного водного обміну й стану оселищ. Окремо визначають, як догляд і замулення впливають на роботу системи.

Для гірських річок першочерговим завданням є виділення в долинах ділянок, придатних для локального затримання води, та оцінка їхньої місткості з урахуванням транспорту наносів.

Література

1. A guide to support the selection, design and implementation of natural water retention measures in Europe: capturing the multiple benefits of nature-based solutions / European Commission, Directorate-General for Environment. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2015. DOI: https://doi.org/10.2779/761211
2. Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change / L. Gudmundsson et al. Science. 2021. Vol. 371, no. 6534. P. 1159–1162. DOI: https://doi.org/10.1126/science.aba3996
3. Rodell M., Li B. Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO. Nature Water. 2023. Vol. 1. P. 241–248. DOI: https://doi.org/10.1038/s44221-023-00040-5
4. Notable shifts beyond pre-industrial streamflow and soil moisture conditions transgress the planetary boundary for freshwater change / M. Porkka et al. Nature Water. 2024. Vol. 2. P. 262–273. DOI: https://doi.org/10.1038/s44221-024-00208-7
5. Lueger O. Buhnen. Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften / hrsg. von O. Lueger. 2., vollständig neu bearbeitete Aufl. Stuttgart und Leipzig : Deutsche Verlags-Anstalt, [1905]. Bd. 2 : Biegungsachse bis Dollieren. S. 391. URL: https://digital.ub.uni-paderborn.de/ihd/content/zoom/7929536 (дата звернення: 06.10.2026)
6. Copeland R. R. Bank protection techniques using spur dikes. Vicksburg, Mississippi : U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1983. 32 p. (Miscellaneous Paper ; HL-83-1). URL: https://usace.contentdm.oclc.org/digital/collection/p266001coll1/id/5675 (дата звернення: 06.10.2026).

7. Antipa G. Das Überschwemmungsgebiet der unteren Donau: sein heutiger Zustand und die Mittel zu seiner Verwertung. Bukarest : Graphisches Institut Carol Göbl, 1912. 272 S. URL: https://restitutio.bcub.ro/items/das-uberschwemmungsgebiet-der-unteren-donau (дата звернення: 06.10.2026).
8. Fiard aîné. Mémoire sur les moyens d'encaisser les rivières. Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. 1832. 31e année, no. CCCXXXVII (juillet). P. 230–243. Pl. 512–513. URL: https://cnum.cnam.fr/pgi/redir.php?ident=BSPI.31&onglet=c (дата звернення: 06.10.2026).
9. Brown R. H. Irrigation: its principles and practice as a branch of engineering. 2nd ed., rev. London : Constable & Company Ltd, 1912. XV, 301 p. URL: https://archive.org/details/irrigationpractice00browrich (дата звернення: 06.10.2026).
10. Morgan A. E. Report of the Chief Engineer Arthur E. Morgan submitting a plan for the protection of the district from flood damage. Vol. I. Dayton, Ohio : Miami Conservancy District, 1916. URL: https://www.mcdwater.org/uploads/2025-02-28/67c21d6679b28463639/16-5.pdf (дата звернення: 06.10.2026).
11. Vincent L. Der rationelle Wiesenbau. Berlin : Veit, 1846. XII, 210 S. URL: http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10299443-2 (дата звернення: 12.10.2026).
12. Kohán Z. A tradicionális középkori ártéri gazdálkodás geomorfológiai környezete. Földrajzi Értesítő. 2003. Évf. 52, füz. 1–2. Old. 5–21. URL: https://hungarian-geography.hu/konyvtar/kiadv/FE2003/FE20031-2_5-21.pdf (дата звернення: 12.10.2026).
13. Teramura J., Shimatani Y. Advantages of the Open Levee (Kasumi-Tei), a Traditional Japanese River Technology on the Matsuura River, from an Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction Perspective. Water. 2021. Vol. 13, no. 4. Article 480. DOI: https://doi.org/10.3390/w13040480
14. Benefits of Water-Harvesting Systems (Jessour) on Soil Water Retention in Southeast Tunisia / M. Calianno et al. Water. 2020. Vol. 12, no. 1. Article 295. DOI: https://doi.org/10.3390/w12010295
15. Slowing the Flow at Pickering. Final Report: Phase II / T. Nisbet, P. Roe, S. Marrington et al. London : Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2015. 32 p. Project RMP5455. URL: https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/02/fr_stf_pickering_p2_may2015.pdf (дата звернення: 06.10.2026).
16. Field-based monitoring of instream leaky barrier backwater and storage during storm events / V. Muhawenimana, E. Follett, I. Maddock, C. A. M. E. Wilson. Journal of Hydrology. 2023. Vol. 622. Article 129744. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129744
17. Alzabari F., Wilson C. A. M. E., Ouro P. Hydrodynamics of In-Stream Leaky Barriers for Natural Flood Management. Water Resources Research. 2024. Vol. 60, no. 12. Article e2024WR038117. DOI: https://doi.org/10.1029/2024WR038117
18. Groundwater recharge from overbank floods / R. C. Doble, R. S. Crosbie, B. D. Smerdon et al. Water Resources Research. 2012. Vol. 48. Article W09522. DOI: https://doi.org/10.1029/2011WR011441
19. An interdisciplinary overview of levee setback benefits: Supporting spatial planning and implementation of riverine nature-based solutions / C. B. van Rees et al. WIREs Water. 2024. Vol. 11, no. 6. Article e1750. DOI: https://doi.org/10.1002/wat2.1750
20. Coupled Hydrological/Hydraulic Modelling of River Restoration Impacts and Floodplain Hydrodynamics / H. M. Clilverd, J. R. Thompson, C. M. Heppell et al. River Research and Applications. 2016. Vol. 32, no. 9. P. 1927–1948. DOI: https://doi.org/10.1002/rra.3036
21. Köhler T., Keller P., Hilsendegen P. Die Queichwiesen: Sieben Gemeinden, 450 ha Wässerwiesen und ein gemeinsamer Terminplan : Steckbriefe Wasserrückhalt. Ansbach : Deutscher Verband für Landschaftspflege, 2024. 9 S. URL: https://www.waesserwiesen.dvl.org/fileadmin/user_upload_waesserwiesen/Steckbriefe/Steckbriefe_Final/Steckbrief_Queichwiesen.pdf (дата звернення: 12.10.2026).
22. Traditional irrigation: knowledge, technique, and organization : nomination file No. 01979 / UNESCO Intangible Cultural Heritage. 2023. URL: https://ich.unesco.org/en/RL/traditional-irrigation-knowledge-technique-and-organization-01979 (дата звернення: 12.10.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 20.10.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.11.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.11.2026