

УДК 627.5,
627.8.034.9:624.131.63

© 2021

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБОРУ ДРЕНАЖНИХ ВОД, ЯКІ ФІЛЬТРУЮТЬСЯ З ВОДОСХОВИЩ, ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

В.Д. Левицька

*Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022, Україна*

e-mail: veral@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2213-1696

Надійшла 31.03.2021

Мета. Запропонувати вдосконалену технологію водозабору системами протифільтраційного захисту територій від підтоплення з водосховищ та підготовки дренажних вод для водокористування. **Методи.** Аналітико-синтетичні — для аналізу сучасних наукових досліджень і розробки заходів для покращення технології водозабору протифільтраційними завісами від підтоплення з водосховищ; статистичні — для аналізу параметрів технологічного процесу; розрахункові — для створення імітаційної моделі протифільтраційної зависи з вакуумною сифонною технологією водозабору. **Результати.** З метою покращення екологічного стану територій, розташованих у зонах впливу дніпровських водосховищ, запропоновано вдосконалення конструктивних і технологічних параметрів для систем вертикального дренажу. Основну увагу приділено протифільтраційним системам з ерліфтним водовідбором із дренажних свердловин, зокрема захисту території Кам'янського поду (площа 6400 га), розташованому на лівому березі Каховського водосховища. Запропоновано вдосконалення протифільтраційних систем способом заміни ерліфтної технології водозабору зі свердловин на вакуумну сифонну для уникнення кольматації фільтрів. За результатами моделювання згідно з авторською методикою розрахунку вертикальних дренажів із сифонним водовідбором фільтраційних вод зі свердловин представлено 3 різних варіанти влаштування протифільтраційних завіс для гідрогеологічних умов Кам'янського поду. Також нами запропоновано використання дренажних вод, після їх відповідної підготовки, для задоволення місцевих водопотреб із метою уникнення втрат, пов'язаних із її транспортуванням на значні відстані. Розглянуто співвідношення добового використання води людиною для санітарно-гігієнічних, господарсько-побутових та питних потреб. **Висновки.** Для раціонального водокористування нами запропоновано використання ґрунтових вод, що спричиняють підтоплення територій, прилеглих до водосховищ, та перекачуються назад до водосховищ, використовувати для задоволення різних водопотреб. Тобто використовувати протифільтраційні завіси як інфільтраційні водозабори та повертати воду після використання та очищення до водосховищ.

Ключові слова: вертикальний дренаж, використання дренажних вод, підтоплення, протифільтраційний захист, сифонний водозабір зі свердловин.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-09>

Україна — одна з малозабезпечених власними водними ресурсами країн Європи і посідає 56-ту позицію серед 171 країни світу [1]. Водні об'єкти України, до яких належать річки, озера, водосховища, ставки, канали тощо, вкривають 24,2 тис. км², що становить 4% від її загальної території. Проте водні об'єкти розміщені по території держави нерівномірно: зокрема південні та східні регіони потерпають від нестачі води належної якості. Для сталого забезпечення водою населення України, промисловості та сільгоспвиробництва з середини минулого ХХ ст. на р. Дніпро було створено каскад із 6-ти руслових водосховищ сумарним об'ємом акумульованої води 43,8 км³, їхній корисний об'єм становить 18,6 км³ на рік. Усі 6 водосховищ мають комплексне призначення, зокрема гідроенергетичне, водотранспортне, рибницьке, рекреаційне тощо. Щороку для задоволення потреб галузей народного господарства використовується 9–15 км³. Водночас із позитивними наслідками створення каскаду водосховищ спостерігаються і негативні, — зокрема підтоплення прилеглих територій. Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчив, що проблемі шкідливої дії вод, зокрема підтопленню територій у світі приділяється велика увага [2–6]. Також є численні вітчизняні публікації, які висвітлюють проблеми підтоплень в Україні [7–9], зокрема в Херсонській обл. [10, 11], що пов'язано переважно з особливістю рельєфу цієї території, та цілою низкою причин, які призводять до підвищення рівнів ґрунтових вод. Проте, незважаючи на численні публікації, пов'язані з підтопленнями територій, нині бракує літературних джерел, що висвітлюють проблеми техногенних підтоплень із дніпровських водосховищ і шляхи їх вирішення в сучасних умовах. На нашу думку, це пов'язано з тим, що під час спорудження водосховищ ця інформація була засекречена і вона не мала широкого розголошення. Опис захисного комплексу можна знайти в більш пізніх виданнях початку ХХІ ст. [12, 13]. Протягом останніх маловодних років

ця проблема дещо втратила актуальність. Служби, що фіксують рівні ґрунтових вод у зонах підтоплень були реструктуризовані або скорочені, і про підтоплення нині свідчить вихід ґрунтових вод у підвальні приміщення будинків і споруд. Отже, сучасних наукових розробок із питань оптимізації роботи протифільтраційних завіс недостатньо, оскільки залишаються невирішеними багато важливих питань, зокрема: вдосконалення роботи систем вертикального дренажу для забору і відведення вод, що фільтруються через береги та дамби обвалуваних із водосховищ і підтоплюють прилеглі території, способи використання цих вод, їх підготовка для користування.

Мета статті — ознайомлення з новою технологією забору води з вертикальних свердловин протифільтраційного захисту та розкриття способів використання дренажних вод.

Матеріали і методи досліджень. Аналітико-синтетичні методи використано для аналізу сучасних наукових досліджень і розробки заходів для покращення технології водозабору протифільтраційними завісами від підтоплення з водосховищ; статистичні — для аналізу параметрів технологічного процесу; розрахункові — для створення імітаційної моделі протифільтраційної завіси з вакуумною сифонною технологією водозабору. Для захисту від затоплення та підтоплення територій, прилеглих до водосховищ найчастіше застосовують поєднання кількох технологій захисту. Від затоплень у період повеней і паводків переважно захищають дамби різних конструкцій. Для захисту від підтоплень із дніпровських водосховищ прилеглих територій переважно використовують технології зниження рівня ґрунтових вод за допомогою горизонтального відсічного дренажу відкритого та/або закритого типу, каналів або дренажних мереж, які підводять фільтраційні й інфільтраційні дренажні води до насосних станцій, що перекачують воду назад до водосховищ, звідки вода знову фільтрується через захисні дамби та в обхід дамб. Але є кілька масивів у басейні

р. Дніпро, які захищено за допомогою вертикальних дренажів, оскільки їх гідрогеологічні умови такі, що використання лише горизонтального дренажу є неефективним через неспроможність забезпечення необхідного зниження рівня ґрунтових вод.

Зниження рівня ґрунтових вод із використанням вертикального дренажу не використовується широко для захисту територій від підтоплення з дніпровських водосховищ, оскільки є дорожчим в експлуатації, ніж технології водовідведення з використанням самопливного горизонтального дренажу. На нашу думку, оскільки використання технологій водозабору з вертикального дренажу має вищі експлуатаційні витрати, вони використовуються для водозниження на незначних площах, зокрема, у захисних масивах «Захист міста Кременчук» (використано на обох берегах), «Захист м. Світловодськ» (площа — 700 га, захист від підтоплення з обох водосховищ), «Червонослобідський масив» (площа — 900 га), «Захист м. Нікополя» (площа — 140 га), за винятком захисного масиву «Кам'янський под», який має площу 6 700 га. Останні масиви, розташовані на берегах Каховського водосховища, обладнані свердловинами вертикального дренажу та використовують ерліфтну технологію водозабору. Ця технологія полягає в тому, що воду з дренажних свердловин піднімають за допомогою нагнітання стисненого повітря

до водопідйомної труби (рис. 1). Повітря, поєднуючись із водою утворює водоповітряну суміш (емульсію), яка легша за воду, та піднімається вгору до водовипуску. Після вилливу у колодязь вода звільняється від повітря та відводиться через водовипуск до загального колектора, з якого ця вода йде до накопичувача.

Використання ерліфтної технології водозабору для захисту від підтоплення територій прилеглих до Каховського водосховища під час його проєктування у другій половині 50-х років ХХ ст., стало тодішнім ноу-хау. Але ця технологія не отримала поширення в світі з певних причин, найголовнішими з яких можна назвати такі: значні енерговитрати для роботи компресорних станцій; низький коефіцієнт корисної дії (ККД) ерліфтних установок; кольтатація фільтрів, пов'язана із якістю підземних вод цього регіону.

Під час проєктування вертикального дренажу захисного масиву «Кам'янський под» свідомо не враховували витрати електроенергії, оскільки її вартість тоді була мізерною. Також було розраховано, що дренажні води, перекачані до водосховища, використовуватимуться для виробництва електроенергії Каховською ГЕС.

ККД ерліфтів здебільшого не перевищує 30% і залежить від конструктивних особливостей свердловин, зокрема від рівня занурення повітропровідної трубки з подачею стисненого повітря. Середньорічна питома

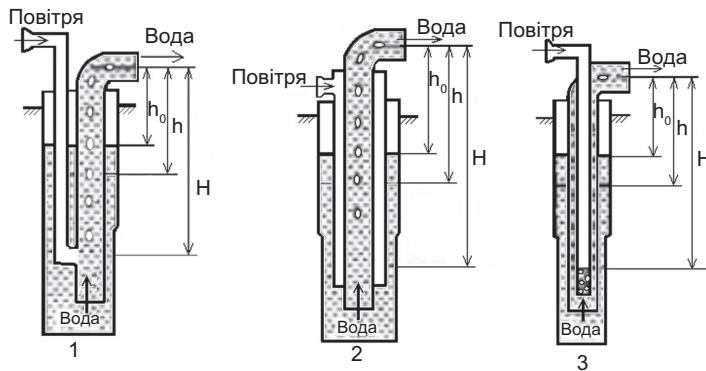
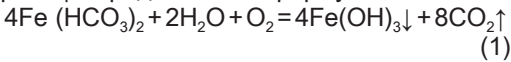


Рис. 1. Схеми основних конструкцій ерліфтів [14]: 1 — ексцентрична (паралельна) система з розміщенням труб поруч; 2 — центральна система (водопідйомні труби розташовані всередині повітропровідних труб; 3 — концентрична (центральна) система (повітропровідні труби всередині водопідйомних); h_0 — статичний рівень ґрунтових вод, h — динамічний рівень ґрунтових вод, H — глибина подачі повітря й утворення водоповітряної суміші

витрата стисненого повітря, що подається від Кам'янської компресорної станції до кожної свердловини становить від 2,99 до 3,99 м³/м³ води.

Експлуатація вертикальних свердловин із ерліфтною технологією відбору води на територіях Кам'янського поду має свої особливості, пов'язані з високим вмістом заліза у підземних водах цього регіону (до 3,5 г/дм³). Серед водоносних порід тут залягають сірі глини зі слідами озалізнення. Води, що фільтруються із водосховища, просочуючись через водоносні породи насичуються залізом у формі гідрокарбонату (Fe(HCO₃)₂). А при відведенні цих вод за допомогою ерліфта відбувається хімічна реакція представлена формулою:



Розчинний гідрокарбонат заліза перетворюється на нерозчинний гідроксид заліза, який пластівцями осідає на фільтри та прифільтрові зони свердловин, кольматує їх, підвищуючи гідравлічний опір. Це призводить до зниження дебіту свердловин і зменшення ефективності їхньої роботи. Різні способи регенерації низькодебітних свердловин спричиняють короточасне (до 4-х міс.) підвищення дебіту на 20–40%, після чого дебіт свердловин знову знижується. Досвід експлуатації Кам'янської протифільтраційної завіси показав, що строк

експлуатації свердловин переважно становить 8–10 років, після чого їх питомий дебіт зменшується вдвічі й експлуатувати такі свердловини стає економічно нерентабельно — неминучою стає їх ліквідація і буріння нових.

Для усунення цього недоліку В.Д. Крученко [15] запропонував створення альтернативних конструкцій фільтрів із більшими діаметрами отворів у поєднанні з подвійною засипкою дренажних свердловин — гравійною та піщано-гравійною. Такі свердловини не кольматуються та надійно працюють протягом значно більшого терміну, а головне — надійніше захищають території від підтоплення. Проте для облаштування таких свердловин необхідно майже вдвічі більше капітальних витрат, ніж для звичайних. Отже, спорудження нових свердловин великого діаметра (630 мм) з багатошаровою фільтровою засипкою значно ускладнює процес їхнього буріння та збільшує капітальні витрати при введенні в експлуатацію.

У 2018 р. частину Кам'янської ПФЗ (протифільтраційної завіси) було реконструйовано шляхом обладнання 20 свердловин насосами марки «ЕЦВ», із відведенням дренажних вод до водосховища. Проте практика їх експлуатації показала, що питомі витрати електроенергії на відкачування води більші, ніж за використання ерліфтної технології.

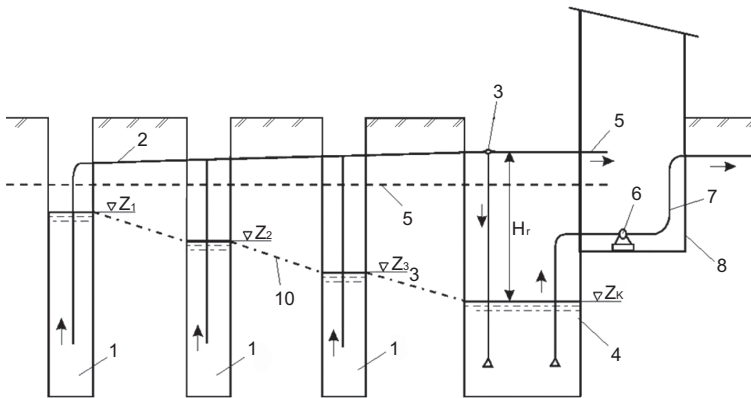


Рис. 2. Схема водозабору з групи свердловин із сифонним збірним водоводом: 1 – свердловина; 2 – сифонний збірний водовід; 3 – найвища точка сифонного водоводу; 4 – водоприймальний колодезь; 5 – труба до вакуум-насоса; 6 – відцентровий насос; 7 – напірний трубопровід; 8 – насосна станція; 9 – лінія статичного рівня води; 10 – п'єзометрична лінія у сифонному збірному водоводі

Результати досліджень та їх обговорення. Нами запропоновано іншу технологію водозабору в протифільтраційних завісах замість ерліфтної. Подібна технологія використана при захисті м. Кременчук від підтоплення — це вакуумна сифонна технологія. Така технологія дає можливість зменшити питомі витрати електроенергії у 4 рази порівняно з ерліфтною. Недоліком технології, використаної при захисті м. Кременчук, є нерівномірність водовідбору з кожної свердловини: тобто, свердловини, які розташовані ближче до вакуумного насоса та водозбірного колодезя мають значно вищий дебіт і відповідно водозниження (рис. 2).

Використання такої технології водозабору має певні особливості, а саме:

- рівень залягання підземних вод має бути не глибшим за 7–10 м;
- різниця між рівнем води у свердловинах та колодезях має не перевищувати 7 м, для створення та підтримання нерозривності потоку води: $(Z_k - Z_1 < 7\text{м})$;
- сифонний збірний водовід має бути надійно загерметизованим для підтримання нерозривності потоку води;
- кількість і глибину свердловин для рівномірного водовідведення слід визначати на основі техніко-економічних розрахунків

відповідно до запропонованої нами методики [15].

Для досягнення сталого зниження рівня ґрунтових вод нами запропоновано відбір однакової витрати води з кожної свердловини способом зменшення їх глибин у напрямі водозбірного колодезя на розрахункову величину. Для гідрогеологічних умов Кам'янського поду (безнапірні водні горизонти з середнім коефіцієнтом фільтрації $(K_f=10\text{ м/добу})$, та радіусом депресійної воронки $(R=300\text{ м})$) нами розраховано 3 схеми розташування свердловин і на основі розрахунків відібрано оптимальну кількість свердловин радіусом 0,1 м за витрати води 604,8 м³/добу з кожної свердловини. Схема розташування усіх 3-х варіантів свердловин наведена на рис. 3.

За дотримання умови необхідної величини всмоктуючого тиску (вакууму $H_b \leq 8\text{м}$) у дренажних свердловинах при гідрогеологічних умовах властивих Кам'янському поду за I варіантом бурять 17 свердловин глибиною 32,09 м, сумарна глибина 545,83 м $(17 \times 32,09)$, загальна довжина захисної ланки становить 800 м (16×50) співвідношення сумарних глибин до протяжності ланки становить $545,83/800=0,682$. З метою економії такі ланки розміщують по обидва боки від водозбірного колодезя.

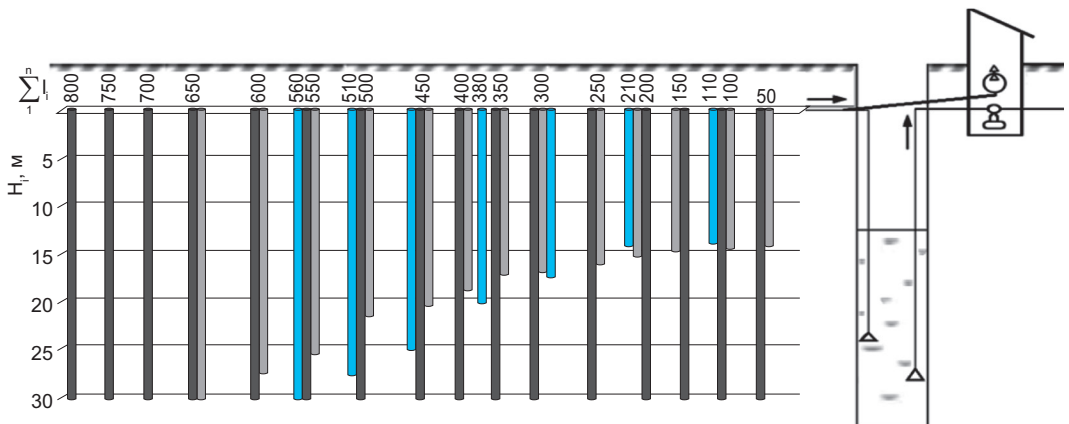


Рис. 3. Схема розташування свердловин вертикального дренажу з сифонною технологією водозабору за трьома варіантами: ■ — усі свердловини однакового розміру, глибини та розташовані на відстані 50 м одна від одної; ▒ — у свердловин зменшується глибина у напрямку водозбірного колодезя на розрахункову величину, а відстані між свердловинами однакові — 50 м; ■ — свердловини розташовані на різній відстані та їх глибина зменшується на розрахункову величину [16]

За II варіантом глибини свердловин, починаючи від 2-ї зменшується на розрахункову величину і сумарна їх глибина становить 270,3 м при довжині ділянки 650 м (13×50). Співвідношення протяжності ділянки до сумарної глибини свердловин становить $270/650=0,416$.

За III варіантом змінюються глибини свердловин на розрахункову величину та відстані між ними щоразу на 10 м (50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 м). Загальна довжина за такого варіанта становить 560 м, а сумарні глибини — 170,3 м. Співвідношення тут становитиме $170,3/560=0,3$. За результатом порівняння 3-х варіантів співвідношень установлено, що найвигіднішим є третій варіант.

За I варіантом дебіт свердловин вертикального дренажу зростатиме в бік водозбірного колодязя, за II і III варіантами дебіт свердловин буде однаковим, що дасть можливість досягти рівномірності водозниження $S=2,5$ м. Крім цього, проблема пов'язана з кольматацією фільтрів не виникає, оскільки за відсутності повітря реакція за формулою 1 не відбувається.

Використання дренажних вод. При водозниженні за допомогою вертикального дренажу воду, не використовуючи, переливають назад до водосховищ. Нами запропоновано використовувати протифільтраційні завіси як своєрідні інфільтраційні водозабори, оскільки якість таких вод за показниками кольоровості, каламутності та санітарними показниками вища дніпровських. Проте води, що фільтруються з водосховищ, просочуючись через водоносні породи вимивають розчинні мінерали, насичуються ними та мають вищу мінералізацію. Нами запропоновано використовувати цю воду (після відповідної підготовки) для споживання різними категоріями водоспоживачів: для рибозведення, пожежогасіння, задоволення комунальних (господарсько-побутових, санітарно-гігієнічних і питних) потреб, зрошення у вегетаційний період тощо на територіях, наближених до протифільтраційних завіс із метою уникнення втрат якості та кількості води під час її транспортування на значні відстані. Сценарії існуючого та можливого використання дренажних вод наведено у таблиці.

Сценарії використання дренажних вод

№	Використання дренажних вод:	Переваги	Недоліки
1	з метою відкачування води у напрямі водосховища;	Відкачана вода буде використана для роботи Каховської ГЕС або водопостачання нижче за течією.	Значні втрати під час відкачування.
2	для рибництва з використанням самопливного каналу, що відводить дренажні води у Білозерський лиман;	Рибозведення певних порід риб дає змогу покращити якість дренажних вод та забезпечити рибною продукцією. З лиману воду також відкачують до водосховища.	За використання відкритого самопливного каналу відбуваються значні втрати води та її забруднення.
3	для задоволення водопотреб місцевих жителів після її відповідної підготовки та повернення до водосховищ очищених стічних вод;	Дренажні води доцільно використовувати для водозабезпечення на платній основі з метою зменшення втрат під час її транспортування на значні відстані. Стічні води після їх очищення повертаються.	Значна мінералізація дренажних вод збільшує затрати на водопідготовку для отримання води належної якості.
4	для місцевого зрошення сільськогосподарських культур у вегетаційний період, у тому числі краплинного.	Запобігання втратам під час транспортування води. Отримання більших урожаїв.	Дорожка водопідготовки; вода не повертається; виникнення підтоплень внаслідок зрошення; сезонність використання.

Згідно зі статистичними нормами водоспоживання одна людина протягом доби використовує 200–250 л води, з яких для питних потреб використовується 2–5%.

На нашу думку, для санітарно-гігієнічних і господарсько-побутових потреб не доцільно здійснювати підготовку води як для питних потреб.

Висновки

Для раціонального використання води нами запропоновано ґрунтові води, що спричиняють підтоплення територій, прилеглих до водосховищ, та перекачуються назад до водосховищ, вживати на задоволення різних водопотреб. При ерліфтному способі відкачування води зі свердловин вертикального дренажу внаслідок кольматації фільтрів і прифільтрових зон середній строк їх експлуатації становить 8–10 років, після чого її дебіт зменшується вдвічі. При застосуванні вертикального дренажу із сифонною системою відкачування води зі свердловин за різних

глибин свердловин та різних відстаней між ними забезпечується рівномірне зниження рівня ґрунтових вод на розрахункову величину $S = 2,5$ м (варіант III). Економічні витрати на спорудження свердловин за варіантом III для сифонного водовідбору будуть у понад 10 разів менші, ніж при бурінні свердловин великого діаметра (630 мм) із багатозаровою фільтровою засипкою. Води, відібрані сифонним методом, після їх підготовки можуть стати надійним джерелом водопостачання для сільських населених пунктів і підприємств АПК.

Levytska V.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS, 37 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022; e-mail: veral@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2213-1696

Improvement of technology of intake of drainage water filtered from reservoirs and their use

Goal. To offer the improved technology of water intake by systems of anti-filtration protection of territories against flooding from reservoirs and preparation of drainage waters for water use. **Methods.** Analytical-synthetic — for the analysis of modern scientific research and development of measures to improve the technology of water intake by anti-filtration curtains from flooding from reservoirs; statistical — for the analysis of parameters of a technological process; calculation — to create a simulation model of the anti-filtration curtain with vacuum siphon technology of water intake. **Results.** To improve the ecological condition of the territories located in the zones of influence of the Dnieper reservoirs, it is proposed to improve the design and technological parameters for vertical drainage systems. The main attention is paid to anti-filtration systems with airlift drainage from drainage wells, in particular the protection of the territory of

Kamianskyi pod (area 6400 ha), located on the left bank of the Kakhovka reservoir. It is proposed to improve the anti-filtration systems by replacing the airlift technology of water intake from wells with a vacuum siphon to avoid clogging of the filters. According to the results of modeling according to the author's method of calculation of vertical drainages with siphon drainage of filtration waters from wells, 3 different variants of anti-filtration curtains for hydrogeological conditions of Kamianskyi pod are presented. It is also proposed to use the drainage water, after proper preparation, to meet local water needs to avoid losses associated with its transportation over long distances. The ratio of daily human water use for sanitary, household, and drinking needs is considered. **Conclusions.** For rational water use, they proposed the use of groundwater, which causes flooding of areas adjacent to reservoirs, and pumped back to reservoirs, to use to meet different water needs. That is, use anti-filtration curtains as infiltration water intakes and return water after use and treatment to reservoirs.

Key words: vertical drainage, use of drainage water, flooding, anti-filtration protection, siphon water intake from wells.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202109-09>

Бібліографія

1. List of countries by total renewable water resources. (2011) From Wikipedia. URL: <https://>

en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_total_renewable_water_resources

2. Yus Budiyono, Muhammad Aris Marfai, Jeroen Aerts, Hans de Moel, Philip J. Ward Flood Risk in Polder Systems in Jakarta: Present and Future Analyses. Disaster Risk Reduction in Indonesia. *Disaster Risk Reduction*. Switzerland: Springer International Publishing AG. 2017. P. 517–537. doi: 10.1007/978-3-319-54466-3

3. Mustafa Bob, Norhan Abd Rahman, Abdalla S. Elamin, Saud Taher Rising Groundwater Levels Problem in Urban Areas: A Case Study from the Central Area of Madinah City, Saudi Arabia. *Arabian J. for Science and Engineering*. 2015. V. 41. Is. 4 P. 1461–1472. doi: 10.1007/s13369-015-1976-3

4. Mustafa Bob, Norhan Abd Rahman, Abdalla S. Elamin, Saud Taher Assessment of groundwater suitability for irrigation in Madinah City, Saudi Arabia. *Arabian J. of Geosciences*. 2016. doi: 10.1007/s12517-015-2024-z

5. Gil Yaron, Dave Wilson Estimating the economic returns community-level intervention that build resilience to flooding. *Journal of Flood Risk management*. 2020. V. 13. Is. 4. doi: 10.1111/jfr3.12662

6. Flood Problem and Management in South Asia. Ed.: M. Monirul Qader Mirza, Ajaya Dixit, Ainun Nishat. *Springer Science & Business Media*, 2013. 210 p.

7. Волошкіна О.С., Березницька Ю.О. Вплив процесів підтоплення територій на формування фільтраційного потоку у схилах регулюючих водосховищ. Екологічна безпека та природокористування: *Зб наук. праць. М-во освіти і науки України, Київ, нац. ун-т буд-ва і архіт. НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору*. Київ, 2013. Вип. 13. С. 44–53.

8. Вижва С., Онищук В., Онищук І., Рева М., Шабатура О. Геофізичні дослідження підтоп-

лення територій міських агломерацій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2020. Вип. 4 (91) С. 6–15. doi: 10.17721/1728-2713.91.01

9. Ромащенко М.І., Яцюк М.В., Шевченко А.М. та ін. Проблеми та водно-екологічні ризики забудови осушуваних земель давньої заплави р. Дніпро. *Меліорація і водне господарство*. 2019. № 1. С. 20–27. doi: 10.31073/mivg201901-170

10. Харламов О.І Ризики підтоплення та шляхи їх зменшення в зоні зрошення Північно-Кримського каналу. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 47–52. doi: 10.31073/mivg20180108-143

11. Ромащенко М.І., Савчук Д.П., Шевченко А.М. та ін. Захист селища Нова Маячка Олешківського району Херсонської області від шкідливої дії вод. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 5–15. doi: 10.31073/mivg202002-254

12. Бакшеев Е.А. Днепровские водохранилища и их народнохозяйственный эффект. Київ: Довіра. 2008. 159 с.

13. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 384 с.

14. Папаяни Ф.А., Козыряцкий Л.Н., Пащенко В.С., Кононенко А.П. Энциклопедия эрлифтов. Донецк, 1995. 592 с.

15. Крученко В.Д. Удосконалення конструкцій гравійних фільтрів для дренажних свердловин. *Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво*. Зб.наукових праць, вип. 29. Рівне, 2005. С. 22–31.

16. Хоружий П.Д., Левицька В.Д. Методика розрахунку вертикальних дренажів із сифонним водовідбором інфільтраційних вод. *Меліорація і водне господарство*. 2017. № 106. С. 102–108.