
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 628.3:614.7

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.30>

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ПОЛІВ ФІЛЬТРАЦІЇ КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД ПІСЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

Кравченко В. І. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-2245-7194

Пошук безпечних шляхів утилізації осадів стічних вод, що утворюються на очисних спорудах, є одною з головних проблем для експлуатаційних організацій. Поля фільтрації комунальних очисних споруд міста Кропивницький, що розташовані біля села Первозванівка, вийшли з експлуатації у 2004 році. Територія споруд, частина якої перебуває у сухому стані, а інша вкрита водою, не використовується, накопичений шар мулових осадів забруднює навколишнє середовище, виділяючи шкідливі речовини. Для визначення шляхів відновлення території полів фільтрації з використанням її у господарській діяльності, буровим методом були взяті проби ґрунту в інтервалі 0-0,5 м та 1-1,5 м. Аналіз фізико-хімічних показників проб ґрунту показав, що елементи живлення рослин (азот, фосфор, калій) представлені у достатній кількості, а верхній муловий шар може використовуватися як добриво. Однак перевищення на деяких ділянках у 2-5 разів гранично допустимих концентрацій кадмію, свинцю, цинку та міді, унеможливає використання території для вирощування сільськогосподарської продукції. Аналіз ситуації показав, що вилучення верхнього мулового шару ґрунту з подальшою утилізацією його на звалищі економічно недоцільно. Запропоновано два найбільш ефективних варіанти відновлення сухої території полів фільтрації разом з накопиченим мулом: вирощування енергетичних культур для виготовлення біопалива (верби, тополі, міскантуса тощо) та створення розплідника саджанців лісових порід дерев та рослин для озеленення міст. Для зневоднення та очищення від важких металів ділянок, що вкриті водою, з метою подальшого їх використання, запропоновано засаджувати їх вищими водними рослинами, зокрема очеретом. Запропоновані шляхи відновлення території полів фільтрації після рекультивації дозволять забезпечити від діяльності економічний ефект та створять додаткові робочі місця для місцевого населення.

Ключові слова: поля фільтрації, осади стічних вод, важкі метали, рекультивація, біоенергетичні культури, розплідник саджанців, вищі водні рослини.

Kravchenko V. I. Ways of restoration of the territories of filtration fields of communal sewage treatment plants after reconstruction

Finding safe ways to dispose of sewage sludge generated at treatment facilities is one of the main problems for operating organizations. The filtration fields of the communal treatment facilities of the city of Kropyvnytskyi, located near the village of Pervozvanivka, were decommissioned in 2004. The territory of buildings, part of which is in a dry state, and the other is covered with water, is not used, the accumulated layer of silt deposits pollutes the environment, releasing harmful substances. To determine ways to restore the territory of the filtration fields using it in economic activities, soil samples were taken in the interval 0-0.5 m and 1-1.5 m using the drilling method. Analysis of the physical and chemical parameters of the soil samples showed that plant nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) are present in sufficient quantities, and the upper sludge layer can be used as fertilizer. However, in some areas, 2-5 times the maximum permissible concentration of cadmium, lead, zinc, and copper, makes it impossible to use the territory for growing agricultural products. The analysis of the situation showed that the removal of the upper silt layer of the soil with its further disposal at the landfill is economically impractical. The two most effective options for restoring the dry area of the filtration fields together with the accumulated sludge are proposed: the cultivation of bioenergy crops for the production of biofuel (willow, poplar, miscanthus, etc.) and the creation of a nursery for seedlings of forest species of trees and plants for landscaping cities. In order to dewater and clean the areas covered with water from heavy metals, for the purpose of their further use, it is proposed to plant them with higher aquatic plants, in particular reeds. The proposed ways of restoring the territory of the filtration fields after reclamation will ensure the economic effect of the activity and create additional jobs for the local population.

Key words: *filtration fields, sewage sludge, heavy metals, reclamation, bioenergy crops, seedling nursery, higher aquatic plants.*

Вступ. Відходи міського комунального господарства у тому числі і осади стічних вод (ОСВ) населених пунктах породжують масу проблем їх утилізації. Вони утворюються в ході багатоступінчастої обробки міських стічних вод та накопичуються на мулових майданчиках очисних споруд міст [1]. Також при недостатньому ступеню очистки стічних вод на очисних спорудах за визначеною технологією, перед скидом їх у природне водоймище використовують доочищення від речовин-забруднювачів, наприклад у біоставках або на полях фільтрації, які є завершальним етапом ланцюга очистки.

Полями фільтрації є сплановані горизонтально або з ухилом ділянки землі, поділені на карти земляними огорожувальними валиками [2, с. 65]. Стічні води розподіляються по картах за допомогою зрошувальної мережі, а очищена профільтрована через шар ґрунту вода відводиться з використанням дренажної осушувальної мережі.

Використання полів фільтрації на сьогодні є контраверсійним питанням. Так у деяких промислово розвинених країнах майже повністю відмовились від очищення комунальних стічних вод на полях фільтрації, що зумовлено: великими площами земельних ділянок і невисокою інтенсивністю природних біохімічних процесів, особливо у холодний період року; надходженням у ґрунти зі стічними водами речовин, які згубно впливають на флору і фауну територій; складнощами технологічного контролю і управління процесами очищення стічних вод у ґрунті; поступовим накопичуванням у ґрунтах біологічно неокислюваних забруднень тощо [2]. Також відмову від використання полів фільтрації можна пояснити впровадженням на очисних підприємствах сучасних ефективних споруд і обладнання. Вилучення з ланцюжка очистки стічних вод полів фільтрації призводить до деградації таких земель, оскільки вони не можуть використовуватися у господарствах через значне забруднення.

Метою роботи є пошук безпечних шляхів утилізації осадів стічних вод полів фільтрації на території поблизу с. Пervозванівка Кіровоградської області з оптимальним їх використанням.

Каналізаційні очисні споруди міста Кропивницький були побудовані та введені в експлуатацію ще у 60-х роках. Складовою частиною очисних споруд були поля фільтрації, які розташовані на лівому березі річки Інгул на території біля с. Первозванівка (рис. 1). Всі каналізаційні стоки міста перекачувалися з головної насосної станції на поля фільтрації, які складаються з 16 карт, обвалованими земляним валом, загальною площею 48 га. У 2004 році, після введення в експлуатацію комплексу гідротехнічних споруд з біоставками біля с. Клишці, використання полів фільтрації біля с. Первозванівка було припинено.

Поля фільтрації мають вигляд прямокутних карт, на які системою підвідних каналів надходила стічна вода після очисних споруд. Мережею відвідних каналів вода скидалася до магістрального каналу і далі до р. Інгул.

На сьогоднішній день поля фільтрації не експлуатуються і за останні роки на їх території через вміст осадів стічних вод, як основного забруднювача навколишнього середовища (грунту, води і повітря), виділяються такі небезпечні речовини як метан, аміак, фенол та інші.



Рис. 1. Загальний вигляд території полів фільтрації в районі с. Первозванівка

Проведене обстеження території полів фільтрації показало, що на даний час одна частина території має суху поверхню, на якій сформувалися умови, що характерні для лук з майже газонним шаром трави. Інша частина – залита водою та вкрита заростями рослин (рис. 2). Канал для підведення стічної води на карти не експлуатується. Система скидання води знаходиться у зруйнованому стані (рис. 3). Місцями в каналі залишилися ділянки, вкриті водою.

Для визначення варіантів рекультивациі Первозванівських полів фільтрації з подальшим їх використанням, було пробурено 32 свердловини та відібрано проби води та ґрунту. Проби стічної води відбиралися на вході та виході з полів фільтрації та визначався їх хімічний склад за основними компонентами забруднення. Проби ґрунту відбиралися у кожній муловій карті в інтервалі 0-0,5 м та 1-1,5м. Відібрані проби направлялися до лабораторії для дослідження якісного складу води та ґрунту.

Аналіз води показав, що очищення стічних вод на полях фільтрації відбувається досить успішно. Очищена стічна вода на скиді відповідає нормам гранично допустимих концентрацій (ГДК) для рибогосподарських водних об'єктів (табл. 1).



Рис. 2. Загальний вигляд карт полів фільтрації, що не експлуатуються



Рис. 3. Залишки зруйнованої системи скидання води на карти

Таблиця 1

Хімічний склад стічної води з полів фільтрації біля с. Первозванівка

№ проби	Концентрація забруднень, мг/дм ³		
	рН	Завислі речовини	ХСК
Вхід на поля фільтрації	6,78	8662	9500
Вихід з полів фільтрації	6,93	Менше 0,5	61,75

У відібраних пробах ґрунту визначався вміст основних елементів живлення рослин (N, P, K) та найбільш поширені важкі метали: цинк, кадмій, ртуть, марганець, свинець, мідь. Результати досліджень проб ґрунту показали, що азот, фосфор і калій представлені у достатній кількості, а верхній муловий шар потенційно може використовуватися як добриво. Так, вміст калію на деяких картах перевищено у 1,3-5,5 разів (табл. 2).

Таблиця 2

**Значення фізико-хімічних показників проб ґрунту полів фільтрації
біля с. Первозванівка**

№ з/п	Глибина, м	Вміст, мг/кг							
		K	P	N	Cd	Hg	Pb	Zn	Cu
1	0-0,5	864	69	11,3	10,1	0,9	13,4	389	74,6
2	1-1,5	606	28	10,5	0,3	0,1	15,4	63	7,0
3	0-0,5	807	42	0,2	8,3	0,8	13,5	289	18,9
4	1-1,5	899	21	75,9	0,2	0,07	13,7	111	5,8
5	0-0,5	451	45	8,8	11,8	1,2	71,6	531	85,1
6	1-1,5	785	57	52,4	3,5	0,2	53,9	166	79,4
7	0-0,5	1266	194	16,3	3,5	1,4	65,1	192	149,2
8	1-1,5	411	41	19,5	1,8	0,3	15,1	78	12,3
9	0-0,5	451	53	5,8	1,9	1,1	76,5	276	40,2
10	1-1,5	159	11	2,6	0,0	0,2	11,7	15	0,2
11	0-0,5	257	101	6,2	3,4	0,4	14,0	73	23,3
12	1-1,5	910	78	7,9	1,8	0,1	9,4	62	11,6
13	0-0,5	255	40	5,0	0,2	0,2	1,1	18	5,6
14	1-1,5	513	40	7,8	2,4	0,3	8,5	165	21,0
15	0-0,5	541	20	2,5	0,3	0,09	1,8	100	11,5
16	1-1,5	251	59	11,9	5,2	1,0	9,8	197	51,9
ГДК		360,0	-	-	2,5	2,1	32,0	110	32

Найбільш забруднений виявився поверхневий шар (0-0,5 м) мулових карт (табл 2). У цьому горизонті тільки показники азоту, фосфору, ртуті і марганцю не перевищені значення ГДК. Так, вміст калію і кадмію у деяких картах перевищував ГДК у 4 рази, свинцю у два рази і цинку у 5 разів.

У горизонті 0,5-1,5 м на деяких картах відзначено перевищення значень ГДК по калію, кадмію, свинцю, цинку та міді у два рази.

Таким чином, аналіз результатів хімічного аналізу ґрунту на полях фільтрації біля с. Первозванівка показав, що використовувати верхній муловий шар як добрива, вирощувати на території сільськогосподарську продукцію або здійснювати випас тварин неможливо через вміст важких металів. Зрізати і виймати муловий осад з карт та вивозити його для утилізації на звалища недоцільно з економічної точки зору. Крім того, у цьому випадку постає питання рекультивации самих мулових карт, що також призведе до значних економічних витрат.

Найбільш оптимальним варіантом є використання сухих територій карт полів фільтрації разом з накопиченим мулом. У цьому випадку відбувається депонування накопиченого забруднення в горизонтах мулових карт і припиняється його розповсюдження у навколишнє середовище.

При проведенні рекультивации сухих ділянок полів фільтрації, як один з ефективних варіантів використання зазначеної території разом з накопиченим мулом є вирощування біоенергетичних технічних культур для виготовлення біопалива.

До енергетичних рослин європейської кліматичної зони відносять швидкоро-стучі дерева (плантації різних видів верби і тополі), олійні культури (ріпак, рапс, льон), інші види рослин, наприклад, Копайфера Лангсдорфа, або трави (сорго, міскантус, топінамбур та ін.) Вони можуть використовуватися для спалювання

і виробництва тепла та електроенергії. Пріоритетом таких рослин є можливість вирощування їх на непридатних та забруднених ґрунтах.

Одним з найперспективніших серед групи трав'янистих енергетичних культур вважається *miscanthus giganteus*, який добре росте на деградованих ґрунтах. За сезон рослина досягає чотирьох метрів заввишки, містить 64-71% целюлози і досягає урожайності 35 т/га. Такі значення урожайності міскантуса при спалюванні виділяють стільки ж теплоти, скільки утворюється при спалюванні 15-20 тис. м³ газу. Крім того, вирощування міскантуса забезпечує зменшення рівня токсичних речовин у ґрунті та підвищує його родючість [3].

Враховуючи хімічний склад мулів, що накопичилися на полях фільтрації очисних споруд с. Первозванівка, ще одним перспективним варіантом використання цієї території є створення розплідника саджанців лісових порід дерев (сосни, ялин тощо) та рослин, що використовуються для озеленення міст. Вирощування лісотехнічного матеріалу на полях фільтрації та використання мулових осадових добрив для заліснення техногенних територій, не спричинить негативної дії саджанцям лісових культур та трав'яним клітковим рослинам, що використовуються для озеленення.

Для зневоднення ділянок полів фільтрації, що залиті водою, доцільно засаджувати їх вищими водяними рослинами (ВВР)[4]. До широко поширених ВВР в українських водоймах відносяться очерет звичайний, комиш озерний, рогоза та інші [5].

Умови життя ВВР тісно пов'язані з водним середовищем, тому інтенсивність транспірації у них дуже висока, а їх здатність створювати щільні зарості вздовж водоймищ дозволяє рослинам випаровувати значну кількість вологи. Так, інтенсивність транспірації в очерета складає 81-110 г/м² (160 т/га добу). При такому фільтруванні здійснюється інтенсивне зневоднення середовища та накопичення рослинами різноманітних сполук, які знаходяться у ґрунті або мулі. Крім того, відбувається не тільки зневоднення та очищення мулу, а і його знезараження.

Важливим для ефективності зневоднення полів фільтрації є вибір рослин. Вони повинні залишатися життєздатними у забрудненому стічними водами середовищі та виконувати фільтраційну, поглинальну та накопичувальну функції.

Обстеження території, що досліджувалась, виявило наявність на ній очерету, який добре прижився. Враховуючи таку особливість, доцільно збільшити площі насаджень цієї рослини, оскільки умови, що склалися на мулових картах будуть сприяти її розповсюдженню. Так, підвищений вміст органічних речовин використовується рослиною для інтенсивного вирощування надземної та підземної фітомаси. Розростаючись на картах, залитих водою, очерет забезпечуватиме їх зневоднення, а його коріння та мікроорганізми, що розвиваються у великій кількості в зоні кореневої системи, будуть сприяти перетворенню активного мулу на гумус, який за своїм складом наближається до добрива [6].

У процесі росту очерету мінеральні органічні речовини та важкі метали разом з током води надходять до фітомаси рослин, де зв'язуються і накопичуються як у надземній так і в підземній їх частинах. У такий спосіб шкідливі елементи вилучаються з колообігу, що перешкоджає надходженню їх до навколишнього повітряного та водного середовища [7]. Всі речовини, що накопичуються у підземній частині рослин, ідуть на відновлення фітоценозу у наступному вегетаційному циклі, а надземна фітомаса може видалятися зі споруд взимку і вивозитися на звалища твердих побутових відходів. При цьому буде відбуватися зменшення вмісту важких металів у мулових осадах, що сприятиме їх використанню як добрива при вирощуванні біоенергетичних рослин або саджанців лісових рослин.

Висновки. 1. Мулові осади полів фільтрації, що розташовані поблизу с. Первозванівка Кіровоградської області і не використовувалися з 2004 р року, є якісною сировиною для виготовлення органічних добрив. Механічний та хімічний склад зневоднених осадів близький до гумусу. Однак їх використання як добриво для вирощування сільськогосподарської продукції неможливе через наявність у них важких металів.

2. Найбільш економічно доцільним варіантом є використання території полів фільтрації разом з накопиченим мулом. У цьому випадку відбувається депонування накопиченого забруднення в горизонтах мулових карт і припиняється його розповсюдження у навколишнє середовище.

3. Хімічний склад накопичених мулових осадів допускає вирощування на території полів фільтрації культур не сільськогосподарського напрямку, зокрема енергетичних культур для виготовлення біопалива або створення розплідника саджанців лісових порід дерев, які використовуються для озеленення територій.

4. Вирощування енергетичних рослин на рекультивованих полях фільтрації або створення розплідника для вирощування лісових порід дерев дозволить забезпечити від діяльності економічний ефект та створити додаткові робочі місця для місцевого населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко В.І., Білоус Ю.В., Кравченко В.П. Створення та обґрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод. *Технічні науки*. Херсон: ХДАЕУ. 2023. Вип. 3. С. 88-94. URL: <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>

2. Айрапетян Т.С. Очистка побутових стічних вод та споруди і обладнання. Харків. ХНУМГ, 2017. 121 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/33754521.pdf>

3. Міскантус – перспективи і проблеми. Агроеліта Всеукраїнський аграрний журнал 05.06.2022 м. Тернопіль URL: <https://agroelita.info/miskantus-perspektyvy-i-problemy/>

4. Василюк Т. П. Ефект очищення стічних вод біологічним методом з використанням рослин виду *eichornia crassipes martius* за різного гідравлічного навантаження. *Біотехнологія*, Т. 2, № 1, 2009.с.99-106. URL: https://biotechnology.kiev.ua/images/BTA/2009/1_2009/Vasil1_2009.pdf

5. Романенко В.Д. Основи гідроекології: підручник. Київ: Обереги, 2001. 728 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Підручник_6.pdf

6. Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М. Роль вищих водних рослин у деструкції забруднювачів в біоінженерних гідрофітних спорудах. *Наукоємні технології* № 1 (33), 2017. С. 89-93. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nt_2017_1_14

7. Глибоке очищення води. Компанія ТОВ «НВП ЕКОПОД», м. Київ URL: <http://ecopod.com.ua/ua/ochisni-sporudi/gliboke-ochishchennya-vodi.html>

REFERENCES:

1. Kravchenko V. I., Bilous Yu. V., Kravchenko V. P. (2023) Stvorennia ta obhruntuvannia kompozytnoho palyva na osnovi osadu stichnykh vod. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauk*, 3, 88-94. Available at: <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>

2. Airapetian T.S. (2017) *Ochystka pobutovykh stichnykh vod ta sporudy i obladnannia*. Kharkiv. KhNUMH, 121 s. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/33754521.pdf>.

3. Miskantus – perspektyvy i problemy. *Ahroelita Vseukrainskyi ahrarnyi zhurnal* 05.06.2022 m. Ternopil Available at: <https://agroelita.info/miskantus-perspektyvy-i-problemy/>

4. Vasyliuk T. P. (2009) Efekt ochyshchennia stichnykh vod biolohichnym metodom z vykorystanniam roslyn vydu eichornia crassipes martius za riznoho hidravlichnoho navantazhennia. BIOTEKHNOLOGIIa, T. 2, № 1, 99-106. Available at: https://biotechnology.kiev.ua/images/BTA/2009/1_2009/Vasil1_2009.pdf

5. Romanenko V.D. (2017) Osnovy hidroekolohii: pidruchnyk. Kyiv: Oberehy, 728 s. Available at: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Підручник_6.pdf

6. Madzhd S. M., Panchenko A. O., Bondar A. M. (2017) Rol vyshchykh vodnykh roslyn u destruktzii zabrudniuvachiv v bioinzhenernykh hidrofitykh sporudakh. Naukoiemni tekhnolohii № 1 (33), 89-93. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nt_2017_1_14

7. Hlyboke ochyshchennia vody. Kompaniia TOV «NVP EKOPOD», m. Kyiv Available at: <http://ecopod.com.ua/ua/ochisni-sporudi/gliboke-ochishchennya-vodi.html>