



**Білоконь С. О., здобувач, Приходько Н. В., к.т.н., Коптюк Р. М., к.т.н., Ричко Д. М., здобувач, Рокочинський А. М., д.т.н., професор**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗРОШЕННЯ ДОЩУВАННЯМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІБРАЦІЙНОГО ФІЛЬТРУ ВІДСТІЙНИКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ**

Обґрунтовано необхідність здійснення заходів з очищення та підготовки зрошувальної води, що надходить до напірного трубопроводу поливної машини від завислих часток різного походження. Як рішення, запропонована удосконалена технологія та розроблена конструкція вібраційного фільтра відстійника на базі ДМФ «Фрегат». Розглянуто основні результати оцінювання загальної технологічної, економічної та інвестиційної ефективності застосування удосконаленого методу очищення зрошувальної води від завислих часток із застосуванням вібраційного фільтра відстійника на базі ДМФ «Фрегат», що дозволяє реалізувати одночасно процеси очищення води та регенерацію фільтруючого елемента.

**Ключові слова:** оцінка ефективності, зрошення, дощування, вібраційний фільтр відстійник, очищення, зрошувальна вода.

В останні роки переважаючими способами зрошення сільськогосподарських культур є дощування та краплинне зрошення, при яких вода використовується з відкритих водних об'єктів. Основною проблемою під час зрошення є те, що така зрошувальна вода не завжди відповідає встановленим стандартам якості.

Використання такої води призводить до засмічення дощувальних насадок у процесі їх роботи різними домішками, присутніми у зрошувальній воді, що в цілому негативно впливає на ефективність аграрного виробництва (погіршення роботи зрошувальної техніки, зменшення ефективності використання зрошувальної води та ефективності зрошення в цілому, недоотримання врожаю вирощуваних культур тощо).

Моніторинг стану забруднення поверхневих вод басейну Дніпра, води якого традиційно використовуються для водопостачання та зрошення, проводиться мережею спостережень гідрометслужби на 39 річках, 6 водосховищах, у 82 пунктах та у 136 створах.

Аналіз узагальнених даних щодо гідрохімічних показників вод (сольового складу, фізико-хімічних показників, забруднюючих речовин)

басейну Дніпра, отриманих Центральною геофізичною обсерваторією (ЦГО) імені Бориса Срезневського показав, що за останні роки мінералізація води практично не змінювалась і в середньому складає 320... 650 мг/дм<sup>3</sup> [1]. Що стосується зрошувальної води, то в літній період, коли відбувається інтенсивне цвітіння синьо-зелених водоростей у вододжерелі, вміст завислих часток біологічного походження у напірних трубопроводах зрошувальної мережі може складати від 50 до 200 мг/дм<sup>3</sup>.

Це свідчить про досить високий вміст забруднюючих речовин та необхідність здійснення відповідних заходів з очищення та підготовки зрошувальної води.

Процес забруднення дощувальних насадок має суттєво непередбачуваний характер. На сьогоднішній день дощувальні насадки мають різну конструкцію та суттєво відрізняються за технічними характеристиками. Внаслідок складності конструкцій дощувальних насадок та наявності регуляторів тиску виникає низка проблем, пов'язаних з тим, що окремі тверді частинки можуть затримуватись у насадці, перекриваючи прохід води та зменшуючи витрату. При цьому частинки забруднювача можуть бути різних розмірів та різної природи походження.

У зв'язку з цим, для поліпшення якості поливної води, що надходить до напірного трубопроводу поливної машини, рекомендовано передбачити її додаткове очищення.

Як показують практика та накопичений досвід, традиційні й найбільш поширені на практиці сітчасті фільтри, які встановлюються на дощувальних машинах та установках, зі своїм завданням справляються недостатньо, особливо в період цвітіння води у вододжерелах о теплій літній порі року.

На підставі огляду та аналізу існуючих технічних рішень для очищення води від різноманітних типів забруднення, нами зроблено висновок, що для водопідготовки зрошувальної води доцільно застосовувати сітчасті фільтри з рухомих фільтруючим елементом.

У розвиток такого підходу до очищення, нами була удосконалена технологія та розроблена конструкція вібраційного фільтра відстійника на базі ДМФ «Фрегат», що дозволяє реалізувати два процеси одночасно – очищення води та регенерацію фільтруючого елемента [2].

Принцип дії удосконаленого фільтра, робота якого ґрунтується на використанні низькочастотної вібрації полягає в тому, що вода, в якій містяться завислі частки, проходить через робочу поверхню фільтруючого елемента, у даному випадку сітку, та через патрубок виведення фільтрату й подається в напірний трубопровід дощувальної машини. Завислі частки, які затримались на фільтруючому елементі, під дією



власної ваги та направленої течії, потрапляють в нижню частину фільтруючого елемента, звідки видаляються через патрубок виведення шламу назовні.

Для визначення загальної технологічної, екологічної, економічної та інвестиційної ефективності застосування удосконаленої технології очищення зрошувальної води нами були проведені експериментальні дослідження на основі машинного експерименту, який здійснений за умовами, аналогічними умовам зрошення у ТОВ «С-Росток» Херсонської області з використанням ДМФ «Фрегат».

Він ґрунтується на використанні комплексу прогнозно-імітаційних моделей, що включає в себе модель кліматичних умов місцевості, модель водного режиму та технологій водорегулювання, а також модель врожайності вирощуваних культур на меліорованих землях.

Дані моделі, їх методичне та інформаційне забезпечення реалізації на ЕОМ, розроблені у науково-дослідній лабораторії «Оптимізація та автоматизація управління у водній інженерії та водних технологіях» при кафедрі водної інженерії та водних технологій НУВГП, застосування яких регламентовано відповідними галузевими нормативами Державного агентства водних ресурсів України [3; 4; 5; 6].

Визначення технологічної, економічної та інвестиційної ефективності застосування удосконаленої технології очищення зрошувальної води виконані за такими вихідними умовами: **область** – Херсонська; **природно-кліматична зона** – Степ; **розрахункові періоди вегетації** (дуже вологий –  $p=10\%$ , вологий –  $p=30\%$ , середній –  $p=50\%$ , сухий –  $p=70\%$ , дуже сухий –  $p=10\%$ ); **сукупність культур проектної сівозміни з дільовою часткою їх вмісту** (пасовища – 0,4, озимі зернові – 0,2, помідори – 0,2, кукурудза – 0,2); **водопроникність ґрунту** (суглинок,  $k_{\phi} = 0,4 \text{ м/добу}$ ); **технології водорегулювання ЗД** – зрошення дощуванням ДМФ «Фрегат» поливною водою без забруднення; **ЗД(ф)** – зрошення дощуванням ДМФ «Фрегат» із застосуванням вібраційного фільтра відстійника; **ЗД(75)** – зрошення дощуванням ДМФ «Фрегат» при розрахунковому рівні забруднення поливної води  $\rho = 75 \text{ мг/дм}^3$ ).

Загальна схема дослідження технологічної ефективності зрошення основних сільськогосподарських культур в умовах, що розглядаються, водою різної забрудненості ( $\rho$ ,  $\text{мг/дм}^3$ ) та відповідними поливними нормами ( $m$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$ ), які змінюються залежно від якості зрошувальної води й визначені за розробленою нами моделлю [8], представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Схема дослідження технологічної ефективності зрошення  
ДМФ «Фрегат» на землях ТОВ «С-Росток» Херсонської області

№ з/п	Склад та структура сівозміни	Значення поливної норми ( $m, m^3/га$ ) залежно від забрудненості води ( $\rho, мг/дм^3$ )					
		$\rho=0$	$\rho=50$	$\rho=75$	$\rho=100$	$\rho=150$	$\rho=200$
1	Багаторічні трави (зелена маса) – 40%	600	440	420	400	360	300
2	Овочі (томати) – 20%	540	400	380	360	350	300
3	Озимі зернові (зерно) – 20%	380	270	260	250	240	200
4	Кукурудза (зерно) – 20%	420	300	290	280	260	220

За результатами імітаційного моделювання нами були встановлені, зокрема зміни величин зрошувальної норми на прикладі зрошення овочів, як найбільш вологолюбивих та водночас рентабельних культур, при різних ступенях забруднення води ( $\rho, мг/дм^3$ ), відповідно до розрахункових років за умовами тепло- і вологозабезпеченості (рис. 1), а також дана оцінка режиму зрошення культур проектної сівозміни при різних ступенях забруднення води ( $\rho, мг/дм^3$ ), відповідно до розрахункового року  $\rho=70\%$  за умовами тепло- і вологозабезпеченості (рис. 2).

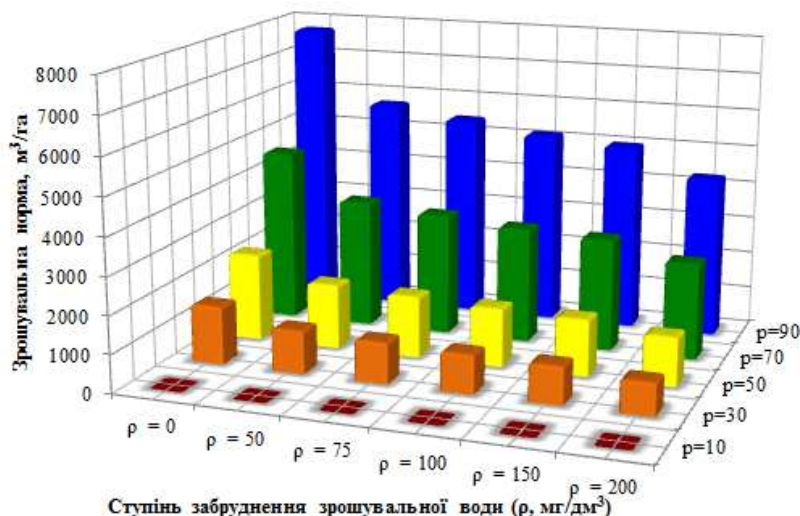


Рис. 1. Зрошення овочів при різних ступенях забруднення води ( $\rho, мг/дм^3$ ), відповідно до розрахункових років за умовами тепло- і вологозабезпеченості

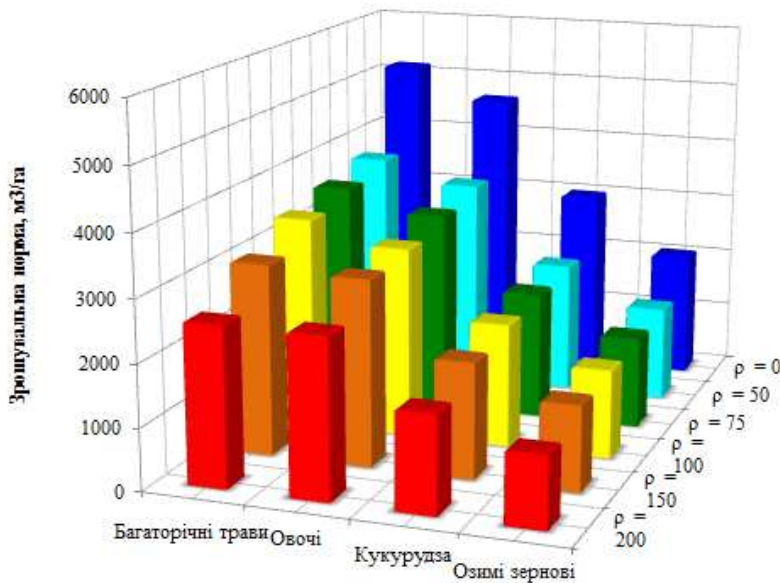


Рис. 2. Режим зрошення культур при різних ступенях забруднення води ( $\rho$ , мг/дм<sup>3</sup>), відповідно до розрахункового року  $\rho=70\%$  за умовами тепло- і вологозабезпеченості

Правомірність і достовірність отриманих результатів оцінювання технологічної, а в подальшому економічної та інвестиційної ефективності різних варіантів технологій і режимів зрошення водою різного ступеня забруднення підтверджується відповідними результатами виконаного багатокритеріального регресійного аналізу з побудовою матриці коефіцієнтів парної кореляції між основними різнорідними показниками, що відображають різні аспекти досліджуваного питання:  $\rho$  – показник забрудненості зрошувальної води, мг/дм<sup>3</sup>;  $M$  – зрошувальна норма, м<sup>3</sup>/га;  $\zeta$  – вартість валової продукції сівозміни, грн/га;  $C_e$  – поточні експлуатаційні витрати на зрошення, грн/га;  $ЧП$  – чистий прибуток, грн/га (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця коефіцієнтів парної кореляції між показниками, що характеризують ефективність реалізації зрошення

Показники	$\rho$	$M$	$\zeta$	$C_e$	$ЧП$
$\rho$	1,0000	-0,9263	-0,9133	0,9939	-0,9524
$M$	-0,9263	1,0000	0,9990	-0,9359	0,9955
$\zeta$	-0,9133	0,9990	1,0000	-0,9250	0,9932
$C_e$	0,9939	-0,9359	-0,9250	1,0000	-0,9625
$ЧП$	-0,9524	0,9955	0,9932	-0,9625	1,0000

Загальний коефіцієнт кореляції розглянутої сукупності різнорідних показників є високим та становить  $R = 0,9963$ , що свідчить про тісний взаємозв'язок між ним.

На підставі узагальнення результатів моделювання, нами були отримані розрахункові емпіричні залежності, які розглядають характер і рівні зв'язку між основними показниками технологічної та економічної ефективності зрошення водою різного ступеня забруднення:

- зрошувальної норми від забрудненості зрошувальної води  

$$M = 4455,53 - 10,24 \cdot \rho, \quad r^2 = 0,8581; \quad r = 0,9263; \quad (1)$$

- вартість валової продукції сівозміни від зрошувальної норми та забрудненості зрошувальної води

$$Ц = \frac{\rho \cdot M}{3,39 + 0,04 \cdot \rho - 0,0007 \cdot M}, \quad r^2 = 0,9949; \quad r = 0,9974; \quad (2)$$

- експлуатаційних витрат від зрошувальної норми та забрудненості зрошувальної води

$$C_e = \frac{\rho \cdot M}{88,03 + 0,04 \cdot \rho - 0,018 \cdot M}, \quad r^2 = 0,9660; \quad r = 0,9828; \quad (3)$$

- чистого прибутку від зрошувальної норми та забрудненості зрошувальної води

$$ЧП = \frac{\rho \cdot M}{-1729,58 + 7,84 \cdot \rho + 0,34 \cdot M}, \quad r^2 = 0,6715; \quad r = 0,8195. \quad (4)$$

Отримані результати дають змогу оцінювати та прогнозувати технологічну ефективність реалізації зрошення при різних величинах забруднення зрошувальної води.

Узагальнені результати виконаного оцінювання економічної та інвестиційної ефективності, згідно [4; 6], за розглянутими варіантами технологій водорегулювання подані в табл. 3.

Таблиця 3

Основні показники економічної та інвестиційної ефективності за варіантами дослідження по системі

№ з/п	Показник	Варіанти технологій водорегулювання		
		ЗД	ЗД(Ф)	ЗД(75)
<b>Економічна ефективність</b>				
1	Сумарні поточні затрати, грн/га	59632,1	59869,4	56437,7
2	Валова продукція, грн/га	76016,1	76016,1	67085,8
3	Чистий прибуток, грн/га	16384	16146,7	10648,1
4	Приведені витрати, грн/га	0,95	0,95	1,02
5	Погодно-кліматичний ризик, грн/га	42159,2	42159,2	50812,5
6	Показник приведених витрат з урахуванням погодно-кліматичного ризику	1,50	1,51	1,78
<b>Інвестиційна ефективність</b>				
1	Індекс доходності інвестицій	2,24	2,18	1,60
2	Чистий дисконтований прибуток, грн/га	89085	86456	42849
3	Дисконтований термін окупності, роки	5	5	8



Отримані результати переконливо свідчать, що удосконалена технологія та розроблена конструкція вібраційного фільтру відстійника для очищення зрошувальної води є економічно ефективною, оскільки дисконтований термін окупності капіталовкладень становить 5 років як і для зрошення чистою поливною водою.

Таким чином, отримані результати щодо оцінювання загальної технологічної, екологічної, економічної та інвестиційної ефективності удосконаленої технології очищення зрошувальної води із застосуванням вібраційного фільтру відстійника свідчать про доцільність застосування даних удосконалених технології та засобу для підготовки води на зрошення. Це надасть змогу підвищити ефективність використання зрошувальної води та ефективність зрошення в цілому.

1. Дорошенко Г. Ю., Косовець О. О., Радзієвська Н. Г. Динаміка забруднення води басейну Дніпра (2014-2018 рр.). *Вода для всіх* : матер. Міжнародної наук.-практ. конф. Київ, 2019. С. 84–86. 2. Білоконь С. О. Сучасні методи очищення поливної води за допомогою сітчастого фільтра з використанням низькочастотної вібрації. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2017. Вип. 3(79). С. 21–31. 3. Тимчасові рекомендації з прогнозування оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. Рівне, 2011. 54 с. 4. Тимчасові рекомендації з оцінки інвестиційних проектів будівництва і реконструкції водогосподарських об'єктів та меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова та ін. Рівне, 2013. 43 с. 5. Меліоративні системи та споруди : посібник до ДБН В.2.4-1-99 / А. М. Рокочинський, О. І. Галік, В. А. Сташук, Н. А. Фроленкова та ін. *Розділ 3. Осушувальні системи. Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем*. Рівне, 2008. 64 с. 6. Меліоративні системи та споруди : посібник до ДБН В.2.4-1-99 / А. М. Рокочинський, С. В. Шалай, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк та ін. *Розділ 3. Осушувальні системи. Обґрунтування ефективної проектно-виробничості на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем*. Рівне, 2006. 50 с. 7. Білоконь С. О., Турбал Ю. В., Токар Л. О. Визначення впливу забруднення поливної води на пропускну здатність дощувальної техніки та величину поливу при зрошенні. *Вода для всіх* : матер. Міжнародної наук.-практ. конф. Київ, 2019. С. 181–183.

## REFERENCES:

1. Doroshenko H. Yu., Kosovets O. O., Radziievska N. H. Dynamika zabrudnennia vody baseinu Dnipra (2014-2018 rr.). *Voda dlia vsikh* : mater. Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. Kyiv, 2019. S. 84–86. 2. Bilokon S. O. Suchasni metody ochyshchennia

polyvnoi vody za dopomohou sitchastoho filtra z vykorystanniam nyzkochastotnoi vibratsii. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Tekhnichni nauky*. Rivne : NUVHP, 2017. Vyp. 3(79). S. 21–31. **3.** Tymchasovi rekomendatsii z prohnoznoi otsinky vodnoho rezhymu ta tekhnolohii vodorehuliuвання osushuvanykh zemel u proektakh budivnytstva y rekonstruktsii melioratyvnykh system / A. M. Rokochynskiy, V. A. Stashuk, V. D. Dupliak, N. A. Frolenkova ta in. Rivne, 2011. 54 s. **4.** Tymchasovi rekomendatsii z otsinky investytsiinykh proektiv budivnytstva i rekonstruktsii vodohospodarskykh ob'ektiv ta melioratyvnykh system / A. M. Rokochynskiy, V. A. Stashuk, V. D. Dupliak, N. A. Frolenkova ta in. Rivne, 2013. 43 s. **5.** Melioratyvni systemy ta sporudy : posibnyk do DBN V.2.4-1-99 / A. M. Rokochynskiy, O. I. Halik, V. A. Stashuk, N. A. Frolenkova ta in. *Rozdil 3. Osushuvalni systemy. Meteorolohichne zabezpechennia inzhenerno-melioratyvnykh rozrakhunkiv u proektakh budivnytstva y rekonstruktsii osushuvalnykh system*. Rivne, 2008. 64 s. **6.** Melioratyvni systemy ta sporudy : posibnyk do DBN V.2.4-1-99 / A. M. Rokochynskiy, S. V. Shalai, V. A. Stashuk, V. D. Dupliak ta in. *Rozdil 3. Osushuvalni systemy. Obgruntuvannia efektyvnoi proektnoi vrozhainosti na osushuvanykh zemliakh pry budivnytstvi y rekonstruktsii melioratyvnykh system*. Rivne, 2006. 50 s. **7.** Bilokon C. O., Turbal Yu. V., Tokar L. O. Vyznachennia vplyvu zabrudnennia polyvnoi vody na propusknu zdatnist doshchuvalnoi tekhniky ta velychynu polyvu pry zroshenni. *Voda dlia vsikh : mater. Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf.* Kyiv, 2019. S. 181–183.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУБГП)

---

**Bilokon S. O., Applicant, Prykhodko N. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Koptiuk R. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Rychko D. M., Applicant, Rokochynskiy A. M., Doctor of Engineering, Professor**  
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **ESTIMATION OF IRRIGATION EFFICIENCY BY SPRINKLING WITH THE USE OF THE VIBRATION FILTER-SETTLING TANK FOR PURIFICATION OF IRRIGATION WATER**

**The necessity of measures for purification and preparation of irrigation water which comes to the pressure pipeline of the irrigation machine from suspended particles of different origin were substantiated.**

**As a solution, were proposed advanced technology and design of the vibration filter-settling tank on the base of the SMF «Frigate».**

**The main results of estimation of general technological, economic and investment efficiency of application of the improved method of**





**purification of irrigation water from suspended particles with the use of the vibration filter-settling tank on the base of the SMF «Frigate», that allows simultaneously to realize the processes of water purification and regeneration of the filter element were considered.**

**Keywords:** estimation of efficiency, irrigation, sprinkling, vibration filter-settling tank, purification, irrigation water.

---

**Белоконь С. А.,** соискатель, **Приходько Н. В.,** к.т.н., **Коптюк Р. Н.,** к.т.н., **Рычко Д. М.,** соискатель, **Рокочинский А. Н.,** д.т.н., профессор (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРАЦИОННОГО ФИЛЬТРА ОТСТОЙНИКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ**

Обоснована необходимость осуществления мероприятий по очистке и подготовке оросительной воды, поступающей в напорный трубопровод поливной машины от взвешенных частиц разного происхождения. Как решение, предложена усовершенствованная технология и разработана конструкция вибрационного фильтра отстойника на базе ДМФ «Фрегат». Рассмотрены основные результаты оценки общей технологической, экономической и инвестиционной эффективности применения усовершенствованного метода очистки оросительной воды от взвешенных частиц с применением вибрационного фильтра отстойника на базе ДМФ «Фрегат», что позволяет реализовать одновременно процессы очистки воды и регенерацию фильтрующего элемента.

**Ключевые слова:** оценка эффективности, орошение, дождевание, вибрационный фильтр отстойник, очистка, оросительная вода.

---