

УДК.628.3

ДООЧИЩЕННЯ ТА ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД У СІЛЬСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ І НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

**С.В.КУЛАКІВСЬКИЙ,
П.Д.ХОРУЖИЙ, докт. техн. наук**
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ НААН

Розглянуто сучасний стан з очищенням стічних вод у сільських населених пунктах і на підприємствах АПК. Запропоновано технології доочищення стічних вод у сільській місцевості на установках з біофільтрами і контактено-прояснювальними фільтрами з плаваючим фільтрувальним завантаженням.

Ключові слова: господарсько-побутові стічні води, біофільтр, контактено-прояснювальний фільтр, ефективність очищення стоків, брудомісткість фільтра

Огляд стану каналізації в сільських населених пунктах. Нині спостерігається небезпечно для довкілля явище - зростають не тільки рівні забруднення скидів стічних вод, а й обсяги скидів стоків, які взагалі не очищуються.

Якість води після біохімічного очищення, яку скидають у поверхневі водойми або використовують на підприємствах АПК, у багатьох випадках не відповідає нормативним показникам.

Сучасний стан з очищенням стічних вод у сільських населених пунктах можна назвати незадовільним.

Для захисту природних вод від забруднень нині проводять комплекс різних заходів (удосконалення технологій очищення стічних вод із створенням замкнених систем водокористування на підприємствах тощо).

Ефективність різних методів очищення стічних вод за рівнем зниження біохімічного споживання кисню (БСК) наведена в табл.1

Основним недоліком існуючих технологій очищення стічних вод є низька економічна ефективність, обумовлена, у першу чергу, високою енергоємністю обладнання. Це спонукає до пошуку і впровадження нових технологій. В ІВПіМ НААН розроблена і затверджена Концепція створення замкнених систем водного господарства на підприємствах АПК [1], в якій зазначено, що для підвищення ефективності водозберігаючих і водоохоронних заходів, направлених на захист водойм від забруднень та виснаження, необхідно розробляти і впроваджувати маловідходні технологічні процеси, нові методи і споруди по очищенню природних і стічних вод, зменшенню капітальних і експлуатаційних витрат в замкнених системах водопостачання-водовідведення. Реалізація

даної Концепції здійснюється шляхом впровадження у виробництво розроблених на її основі рекомендацій, інструкцій, методик та інших регламентованих і нормативних документів, які регулюють створення та експлуатацію систем і споруд замкнених систем водного господарства на підприємствах АПК із застосуванням нових високоефективних конструкцій споруд і технологічних схем, що при зменшенні капітальних та експлуатаційних витрат поліпшить стан довкілля і культурно-побутові умови проживання сільського населення, а отже забезпечить сталий соціально-економічний розвиток регіону.

Підприємства по переробці сільськогосподарської продукції (АПК) мають специфічні особливості, які потрібно враховувати та використовувати при розробці замкнених систем водного господарства, що полягають в нетоксичності цих вод, наявності в них великої кількості органічних речовин та розміщення їх у сільській місцевості, що дає можливість повторного використання вод після очищення на полях зрошення та в біоставках.

Крім того, підприємства АПК споруджують поблизу сільських населених пунктів, мешканці яких працюють на цих підприємствах. Тому слід передбачати комплексне водокористування на цих об'єктах.

При зрошенні стічними водами санітарно-екологічним показником забруднення ґрунту і гальмування процесів мінералізації є великий вміст органічного вуглецю, органічного азоту за відсутності аміаку. На самоочисну властивість ґрунту значно впливає такий показник стічних вод як хімічне споживання кисню (ХСК). Для зниження величини ХСК у стічних водах слід виконувати їх доочищення біологічними методами [2].

1. Ефективність різних методів очищення стічних вод

№ п/п	Методи очищення стічних вод	Ефективність очищення за БСК, %
1	Механічний	30-40
2	Хіміко-механічний	40-50
3	Фізико-хімічний	50-75
4	Біологічний	80-95

Розробка конструкції установки і методики її розрахунку для доочищення стічних вод на підприємствах АПК. Аналіз роботи фільтрів з важким зернистим завантаженням і низхідним рухом води показав, що при доочищенні стічних вод вони мають підвищений темп приросту втрат напору в завантаженні, невелику трудомісткість та складність їхньої регенерації з великими витратами енергії.

Інтенсифікувати процес доочищення стічних вод фільтруванням можна при застосуванні біофільтрів (БФ) і контактено-проянювальних фільтрів (КПФ).

На БФ відбувається біохімічне окиснення органічних речовин за допомогою аеробних мікроорганізмів, а на КПФ з плаваючим пінополістирольним завантаженням – прояснення води.

При проектуванні БР і КПФ для доочищення стічних вод необхідно вибирати тип завантаження та визначати його оптимальні конструктивні й технологічні параметри.

Дослідження, виконані в [3], показали доцільність застосування жорсткого завантаження з концентричними волокнисто-поліетиленовими оболонками (КВПО), яке просте у виготовленні, надійне в експлуатації, високоєфективне й економічне. У ньому створюються сприятливі умови для закріплення мікроорганізмів, забезпечується вільний контакт стічної рідини з ними, а також безперешкодний вихід газів. Отже для дослідження приймалась установка з БФ і КПФ (рис.1).

У БФ між верхньою 5 і нижньою 6 водорозподільними системами розміщуються концентричні

волокнисто-поліетиленові оболонки (КВПО), на яких накопичуються аеробні мікроорганізми, що використовують кисень для біохімічного окиснення органічних речовин у стічній рідині. Насичення води киснем відбувається при її розбавленні через аератор 2, а також унаслідок подачі повітря повітродувкою по трубопроводу 7 через систему 8. Крім того, БФ виконує ще дві важливі функції:

– служить газовіддільником для видалення всіх газів із стічної води для запобігання пухирцевої кольматації КПФ в його підфільтровому просторі 12;

– виконує роль регулятора швидкості фільтрування води, тобто забезпечує постійну швидкість фільтрування води на протязі фільтроциклу при зростанні втрат напору у фільтрувальному середовищі на величину Δh .

Для забезпечення газовиділення із стічної води повинні виконуватись вимоги[4]:

– швидкість низхідного руху води має бути не більше $0,05 \text{ м/с} = 180 \text{ м/год}$;

– час перебування води у споруді повинен бути не менше $t_{\text{хв}} = 1/60 \text{ год}$.

Для виконання цих вимог максимальна швидкість руху води між концентричними поліетиленовими оболонками (рис.2) не може бути більшою

$$V_{\phi} \leq 180(1 - S_t / \Delta), \text{ м/год}, \quad (1)$$

де, S_t - товщина оболонки в кінці фільтроциклу (з урахуванням обростання біоплівкою), мм; Δ - відстань між осями оболонок, мм.

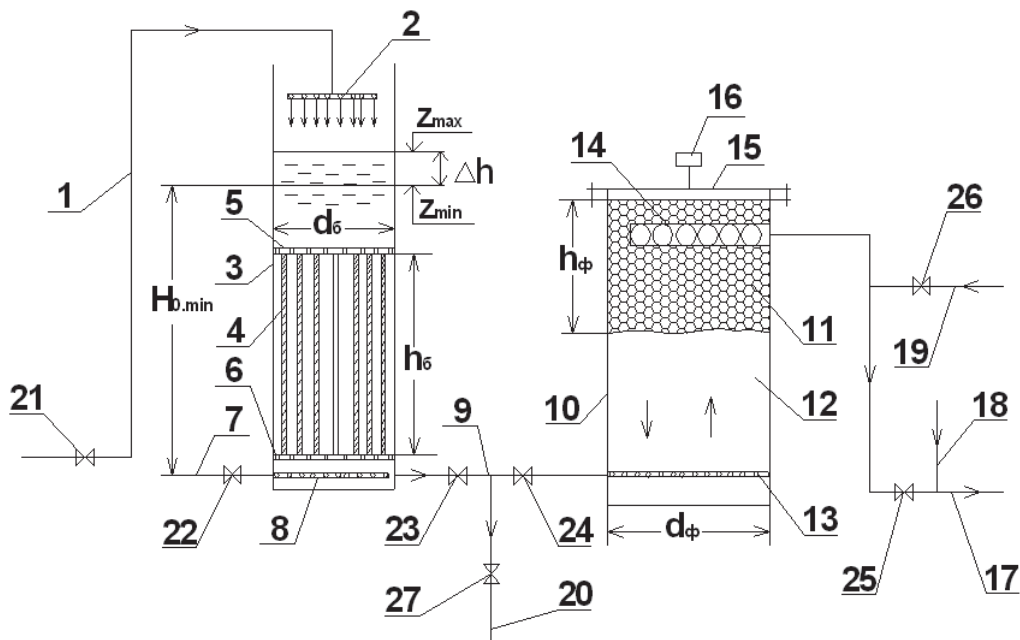


Рис.1. Технологічна схема доочищення стічних вод на установці з БФ і КПФ

1-подача стічних вод після механічної очистки; 2-аератор; 3-БФ; 4-концентричні волокнисто-поліетиленові оболонки (КВПО); 5-верхня водорозподільна система; 6-нижня водорозподільна система; 7-подача повітря повітродувками; 8-повітродозподільна система; 9-подача рідини від БФ на КПФ; 10-корпус КПФ; 11-плаваюче фільтрувальне завантаження; 12-підфільтровий простір; 13-нижня дренажно-розподільна система; 14-ковпачковий дренаж; 15-кришка; 16-вантуз; 17-відведення фільтрувальної води; 18-подача розчину гіпохлориту натрію для знезараження води; 19-подача води на промивку фільтра; 20-трубопровід скидання осаду; 21-27-засувки

Мінімальна глибина води в БФ на початку фільтроциклу від відмітки Z_{\min} не повинна бути меншою

$$H_{0,\min} \geq 3(1 - S_t/\Delta), \text{ м} \quad (2)$$

При фільтруванні води засувки 26 і 27 закриті, а всі інші відкриті.

На протязі фільтроциклу (інтервалу роботи фільтра між промивками) вода рухається прямооточно через БФ і КПФ і відводиться по трубопроводу 17. При цьому в підфільтровому просторі фільтра 12 накопичується активний мул з осадів, що виділяються з води, відбувається стиснене його осідання і зростання ефективності очищення води за такими показниками: завислі речовини, ХСК або БСК, азот і фосфор.

У табл.2 наведено результати досліджень процесів біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод.

Ефективність очищення води на установці визначали за формулою:

$$E = \frac{C_0 - C_\phi}{C_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де, C_0 і C_ϕ – показники якості відповідно вихідної і відфільтрованої води, мг/дм³.

Аналіз графіків $E=f(T_\phi)$, наведених на рис.3, показав, що ефективність очищення води на протязі часу її фільтрування спочатку зростає до максимальної величини, а потім починає зменшуватись внаслідок збільшення виносу активного мулу у фільтровану воду.

Розрахунковою ефективною очищення води вважається мінімальна ефективність роботи установки, при якій фільтрована вода відповідає нормативним вимогам по всім показникам [5,6]. Вона визначається за формулою:

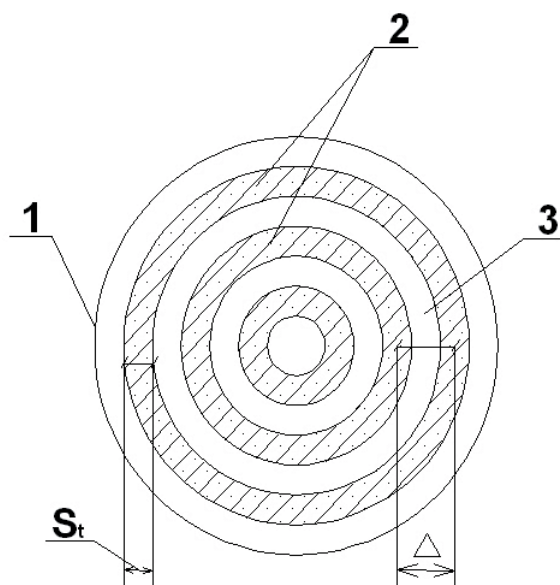


Рис. 2. Поперечний переріз БФ

1-корпус БФ; 2-концентричні поліетиленові оболонки; 3-проміжок між оболонками, по яких рухається вода

2. Результати досліджень і вимірювань показників доочищення господарсько-побутових стічних вод

T_ϕ доба	БСК ₅ , мг/дм ³		E_1 , %	Завислі речовини, мг/дм ³		E_2 , %	G_σ , кг/м ²	Σh мм
	C_0	C_ϕ		C_0	C_ϕ			
1	80,4	16,9	79,0	86,2	13,0	84,9	5,28	3,0
2	89,3	18,1	79,7	98,2	14,6	85,1	11,31	6,5
3	100,0	20,1	79,9	110,2	16,4	85,2	18,07	10,5
4	93,7	17,8	81,0	100,0	14,6	85,5	24,23	15,0
5	89,9	15,6	82,6	96,7	13,7	85,8	30,2	20,0
6	84,5	14,4	83,0	90,1	12,7	86,0	35,78	26,5
7	82,4	13,8	83,3	87,5	12,3	85,9	41,19	33,5
8	79,4	13,0	83,6	83,5	11,7	86,0	46,36	41,0
9	80,4	13,2	83,6	85,8	12,0	86,0	51,67	49,0
10	84,7	14,4	83,1	90,2	12,7	86,0	57,26	57,5
11	88,3	15,4	82,5	93,3	13,5	85,5	63,0	66,5
12	87,5	16,0	81,7	91,3	13,9	84,8	68,57	76,0
13	90,9	17,3	81,0	100,2	15,8	84,2	74,64	86,0

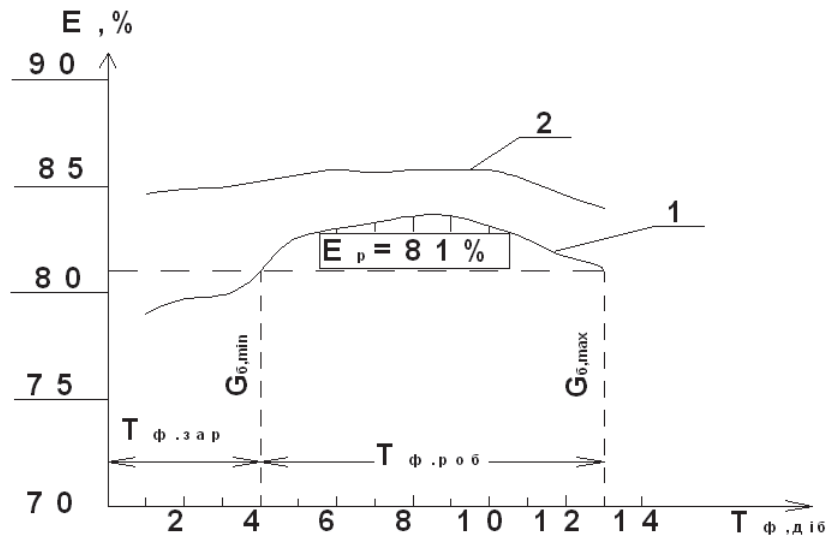


Рис. 3. Графіки зміни ефективності очищення стічної води на установці протягом часу фільтрування за показниками: 1-БСК₅; 2-вміст завислих речовин

1-БСК₅; 2-вміст завислих речовин

$$E_p = \left(1 - \frac{C_{\phi,н}}{C_0}\right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

і залежить від багатьох факторів:

$$E_p = f(C_0, d_e, h_\phi, G_6, V_\phi), \quad (5)$$

де d_e і h_ϕ - еквівалентний діаметр гранул і товщина плаваючого завантаження; G_6 - питома брудомісткість КПФ, тобто кількість активного мулу, що припадає на 1 м² площі фільтра, кг/м²; V_ϕ - швидкість фільтрування води на КПФ, м/год.

Ефективність очищення води на КПФ залежить від величини G_6 : спочатку при її збільшенні ефективність очищення води зростає, досягає максимуму, а потім починає зменшуватись.

Для виконаних досліджень (рис.3) розрахунковою ефективністю очищення стічних вод за БСК₅ була $E_p = 81\%$. На протязі $T_{\phi,зар} = 4$ доби йшла «зарядка» фільтра, тобто накопичення в ньому мінімальної кількості мулу до величини $G_{6,мін} = 24,23$ кг/м², після чого установка забезпечувала нормативну якість фільтрованої води на протязі $T_{\phi,роб} = 9$ діб до максимальної питомої трудомісткості $G_{6,макс} = 74,64$ кг/м². Після цього періоду КПФ необхідно промити. Для цього закривають засувки 21, 23 і 25 та відкривають засувки 26 і 27 (рис.1). Вода рухається у зворотному напрямку, скидаючи осад по трубопроводу 20.

Питому брудомісткість фільтра на протязі часу фільтрування води визначають за формулою:

$$G_6 = 0,024 \sum_1^{T_\phi} (C_{0,i} - C_{\phi,i}) V_\phi, \quad \text{кг/м}^2,$$

де $C_{0,i}$ і $C_{\phi,i}$ - середній вміст завислих речовин, мг/дм³, відповідно у вихідній і фільтрованій воді на протязі даної години фільтрування; T_ϕ - тривалість фільтрування води, діб; V_ϕ - швидкість фільтрування води, м/год.

Промивку фільтра потрібно виконувати так, щоб в кінці промивки залишати необхідну кількість активного мулу в об'ємі, що відповідає мінімальній питомій брудомісткості $G_{6,мін}$. Це необхідно для того, щоб в наступному фільтроциклі не «заряджати» фільтр. Для цього підбирають відповідну інтенсивність $q_{пр}$, дм³/с*м² і тривалість $t_{пр}$, хв. промивки (рис.4)

Залишкову питому брудомісткість фільтра для кожного моменту його промивки визначають за формулою:

$$G_{6,зар} = G_{6,макс} - 0,06q_{пр} \sum_0^K t_i C_{пр,i}, \quad \text{кг/м}^2, \quad (7)$$

де $C_{пр,i}$ - вміст завислих речовин у промивній воді в і-й момент часу, мг/дм³; t_i - тривалість і-го періоду промивки фільтра, хв.; K - кількість вимірювальних періодів промивки.

За рівнянням (7) при вибраних значеннях інтенсивності промивки $q_{пр,i}$, отриманих при досліді величини $C_{пр,i}$, будують графіки 1 і 2 (рис.4), перетин яких з лінією 3 визначає точки А і В, абсциси яких визначають необхідну тривалість промивки $t_{пр,1}$ або $t_{пр,2}$. Інтенсивність промивки визначають за формулою:

$$q_{пр} = Q_{пр} / \omega_\phi, \quad \text{дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2, \quad (8)$$

де $Q_{пр}$ - величина витрати промивної води, що подається по трубопроводу 19 (рис.1), ω/ϕ_i дм³/с; ω_ϕ - площа фільтра, м².

Висновки. Доочищення стічних вод в сільських населених пунктах і на підприємствах АПК доцільно виконувати на установках конструкції ІВПіМ НААН з БФ і КПФ. Проведені дослідження такої установки показали, що ефективність очищення стічних вод залежить від конструктивних і технологічних параметрів споруд. Наведено рекомендації щодо визначення максимальної і мінімальної брудомісткості фільтра, тривалості його роботи, а також інтенсивності і тривалості промивки.

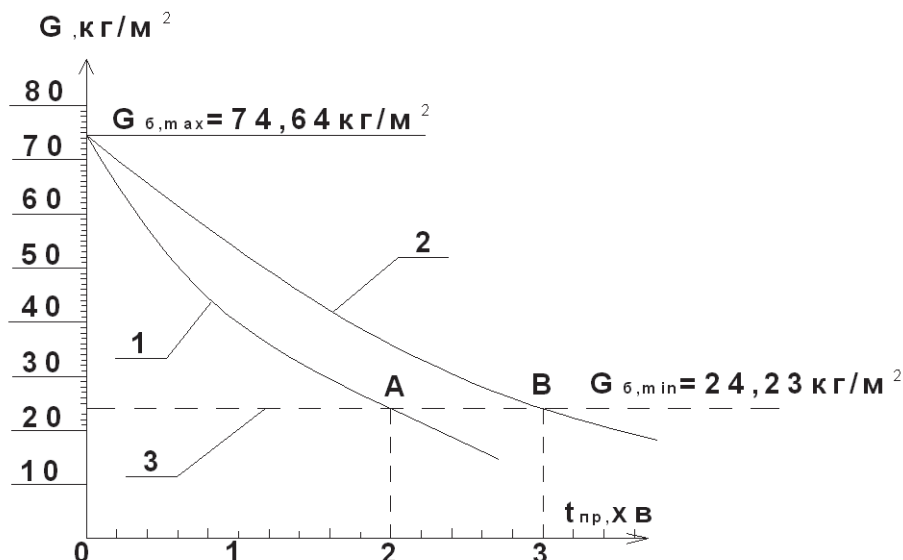


Рис. 4. Графіки залежності виносу осаду від інтенсивності промивки фільтра

1-залишкова питома брудомісткість фільтра на протязі часу промивки з інтенсивністю $q_{пр.1}$; 2 - те саме, з інтенсивністю $q_{пр.2}$; 3-лінія мінімальної питокої брудомісткості фільтра

Бібліографія

1. Концепція (наукові основи) розробки нових замкнених систем водного господарства на підприємствах АПК/ М.Ромащенко, П.Хоружий, Є.Мацелюк [та ін.].-К.: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2013.-22с.
2. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д.Хоружий, Т.П.Хомутецька, В.П.Хоружий.-К.: Аграрна наука, 2008.-534с.
3. Хоружий П.Д., Котельчук А.Л. Математичне моделювання і розрахунок процесів доочищення стічних вод в біореакторах з концентричними волокнисто-поліетиленовими оболонками// Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук. -техн. зб. Вип.8.- К.: КНУБА, 2007.- с.113-120.
4. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.-М.: ЦИТП Госстроя СССР.-1985-136с.
5. Правила охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами. Утверждены 21.01.91.Гос. Ком. по охране природы СССР.-М.: 1991.-34с.
6. Правила охорони поверхневих вод від забруднень зворотними водами. Затв. Постановою Кабміну України від 25.03.1999, №303.

Рассмотрено нынешнее состояние очистки сточных вод в сельских населенных пунктах и предприятиях АПК. Предложены технологии доочистки сточных вод в сельской местности на установках с биофильтрами и контактно-осветлительными фильтрами с плавающей фильтрующей загрузкой.

The current state of ocheschennyam sewage in rural areas and agricultural enterprises. An after-treatment technology of wastewater in rural areas for plants with biofilter and contact-proyasnuyalnymy filtration filters with floating load.