

УДК 635.64

## АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СТОКІВ ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

Чумак В.О., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-31-59

***Анотація*** – Розглянуто методи дезінфекції стоків тваринницьких комплексів з використанням різних фізичних факторів. Проведений аналіз ефективності використання описаних методів у сільському господарстві.

***Ключові слова*** – раціональне водокористування, забруднення, методи очищення, фізичні фактори, магнітне поле, електрогідравлічний ефект.

*Постановка проблеми.* У процесі розвитку та функціонування різноманітних галузей агропромислового комплексу значно збільшилося споживання води для задоволення різноманітних технологічних потреб аграрних підприємств. У таких умовах постійного збільшення водоспоживання і підвищення забруднення природних водойм великої актуальності набуло питання ефективного очищення стічних вод, а також їх повторного використання у сільському господарстві.

Природні запаси прісної води обмежені і не можуть повною мірою задовольняти всі потреби аграрних галузей. До того ж у воді поверхневих водойм разом з домішками природного походження є різні за складом забруднення (пестициди, феноли, нафтопродукти, солі важких металів та інше), що обумовлене скиданням у водойми недостатньо очищених виробничих і побутових стічних вод [1].

На сьогодні технології та устаткування, які застосовуються для обробки води, далеко не завжди забезпечують необхідний ступінь очищення та дезінфекції стоків. Тому дуже важливим є організація будівництва нових систем і споруджень водопостачання і водовідведення, розширення й реконструкція наявних. Ці заходи лише один із кроків до вирішення актуальних проблем очищення стоків, захисту навколишнього середовища й раціонального використання водних ресурсів [2].

*Аналіз останніх досліджень.* За останній час розроблена велика кількість технологій очищення стоків, які знаходять застосування в

багатьох сферах сільського господарства. Багато досліджень, що спрямовані на пошук найбільш ефективного очищення, засновані на різних методах. Основними з них є: механічні, біологічні, хімічні та фізичні. Вибір методу залежить від ступеня забрудненості стоків, наявності шкідливих речовин, необхідності дезінфекції і т.д.

В процесі очищення стічних вод виникає потреба у поєднанні кількох методів для підвищення ефективності очищення. Такі методи називаються комбінованими. Сутність комбінованого методу очищення стічних вод полягає в одночасному використанні двох або більше методів очищення для досягнення найкращого результату [3].

Проводилися дослідження зразків забруднених стічних вод тваринницьких комплексів. Для обробки використовувалися спеціальні пристрої, робота яких була заснована на фізичних методах очищення, таких як: ультразвукове випромінювання (пристрій «SONAR-B 11»); змінне магнітне поле (пристрій МС-92); низькочастотне поле (генератор імпульсів Г5-54); високочастотне випромінювання (пристрій «Ораторія 4М»); електрогідралічний ефект (установка з генератором імпульсних струмів на 100 кА та герметичною камерою). Кількість клітин у контрольних зразках складала  $120 \cdot 10^5$  кл/мл. Вимірювання концентрації шкідливих мікроорганізмів проводилося на протязі 24 годин після дії.

Дослідами було встановлено, що використані електрофізичні методи очищення не дозволяють отримати 100 % загибель клітин в оброблюваних обсягах стічних вод, за винятком електрогідралічного ефекту. Були проведені дослідження впливу потужних імпульсів струму на виживання мікроорганізмів і встановлено, що значні рівні імпульсів струму сприяють повній загибелі клітин. Прямий вплив розряду згубно діє на мікроорганізми, і рідина, отримана після відповідної електрогідралічної обробки, здобуває наведену бактерицидність, що не знижується з часом. При цьому, як правило, повністю руйнуються бактеріальні клітини і навіть окремі їхні фрагменти. При відповідному режимі обробки може бути зруйнована кожна зі складових клітинної структури [4].

*Формування цілей статті.* На основі вивчених матеріалів, необхідно провести аналіз існуючих технологій обробки стоків. Розглянути та схарактеризувати електрофізичні методи очищення стоків, а також пристрої, робота яких заснована на використанні таких методів.

*Основна частина.* До фізичних методів очищення та дезінфекції стічних вод можна віднести: обробку магнітним та електромагнітним полем, кип'ятіння, озонування, радіаційне, іонізуюче та ультрафіолетове опромінення, ультразвук, обробку за допомогою електро- та світлогідралічного ефекту.

У технологічних системах очищення стоків використовуються різноманітні установки та пристрої. Як правило, найефективнішим виявляється використання апаратів або установок, які встановлені у певній послідовності з урахуванням ступеню забрудненості на тому чи іншому етапі очищення стоків. Кожен з пристроїв має свої особливості принципу дії, конструкції та споживання енергії [5].

Далі наведено коротку характеристику кожного з пристроїв, принцип дії яких заснований на фізичних явищах:

Система озонування включає: устаткування для підготовки повітря, генератор озону, контактор, прилади та елементи керування. Капітальні витрати на системи озонування – відносно високі. Експлуатація й технічне обслуговування є складними. Вартість електроенергії становить від 26 до 43 відсотків від капітальних і експлуатаційних (поточних) витрат для малих систем. Нижче наведений приклад установки виробництва Mitsubishi Electric.

Таблиця 1 – Загальне енергоспоживання системи озонування

Найменування	Показник
Питома енергетична продуктивність кожного з використовуваних генераторів озону, г/кВт·год	60
Загальна продуктивність чотирьох генераторів озону, г/год	32400
Добовий обсяг очищених стічних вод, м <sup>3</sup> /год	8
Необхідна електрична потужність для виробництва озону, кВт	540
Електрична потужність охолоджувача води (за умови, що ККД = 3,5 %), кВт	150
Електрична потужність повітроохолоджувача, кВт	100
Разом, кВт	800
У цілому питома енергоспоживання, кВт·год/м <sup>3</sup>	100

Пристрої ультрафіолетового випромінювання (УФ). Установки для знезараження води включають спеціальні лампи ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 254 нм з низьким або середнім тиском парів ртуті, які здійснюють випромінювання з довжиною хвилі від 200 нм до видимого та інфрачервоного випромінювання. Оптимальні довжини хвиль для дезінфекції близькі до 260 нм. ККД ламп із середнім тиском приблизно 12 %, у той час як ККД амальгамових ламп низького тиску може досягати 40 %. УФ-лампи ніколи не контактують із водою, вони або розміщені в посудині із кварцового скла, встановленого в трубі або зовні [5].

На рисунку 1 приведено пристрій для стерилізації стоків за допомогою ультрафіолетового випромінювання Aquael Sterilizer PS - 15. Відноситься до групи УФ стерилізаторів, які повністю занурюються в оброблюване середовище. Призначений для знешкодження стоків від небажаних мікроскопічних водоростей та паразитів.

Технічні параметри: Номінальна потужність:  $P_n=15$  Вт; максимальна пропускна спроможність: 4000 л/год; Розміри 29×13×8,5 см.

Пристрої оснащені довгим потовщеним електрокабелем довжиною 7-10 м. Металевий корпус забезпечує підвищену міцність. Внутрішнє кварцове дзеркало підвищує ефективність стерилізації до 50 %. Універсальний наконечник дає можливість під'єднувати трубопроводи різноманітних діаметрів ( $d=1''$ ,  $d=3/4''$ ,  $d=1/2''$ ).



Рис. 1. Пристрій стерилізації ультрафіолетовим опроміненням Aquael Sterilizer PS – 15.



Рис. 2. УФ лампа R-CAN "Sterilight" типу S8Q-PA/2 з окремим блоком живлення (продуктивність 1,8 м<sup>3</sup>/год).



а)



б)

Рис. 3. Лампи ультрафіолетового випромінювання:  
а) типу LTC30T8 виробництва фірми «Lighttech»;  
б) типу LER-123A ( $P_n=10$  Вт).

Припускаючи, що ККД теплових електростанцій при виробництві електроенергії – 33 %, втрати в електричних мережах – 12 %, по-

тужність УФ лампи – 100 Вт, необхідна тривалість дії – 60 с., обсяг стоків за час опромінення – 5 кг, енергозатрати при УФ знезаражуванні становитимуть 1 кВт·год. Для порівняння, загальна теплова енергія палива для дезінфекції води шляхом кип'ятіння на плиті кухаря складає 920 кВт·год/м<sup>3</sup>. Таким чином, дезінфекція за допомогою ультрафіолету, з погляду споживання електроенергії, набагато ефективніше кип'ятіння.

Пристрої ультразвукової обробки стоків. Ультразвук (УЗ) – це звукові коливання в діапазоні частот 20 кГц – 10<sup>10</sup> Гц, які не сприймає вухо людини. Дія ультразвуку на бактерії у воді супроводжується явищем кавітації – утворенням у рідині порожнин та бульбашок, миттєве «закривання» яких підвищує тиск до десятків тисяч атмосфер. Таким чином, виникає так звана акустична ударна хвиля, що згубно діє на мікроорганізми, які знаходяться у рідині. До сьогоднішнього часу дослідження ультразвукових хвиль з метою використання їх в практиці на вітчизняних водопроводах не вийшло із стадії експериментів. А за кордоном вже існує велика кількість промислових установок.

Робота пристроїв УЗ-обробки заснована на збудженні кавітації в тонкому шарі рідини. На рисунку нижче схематично зображено улаштування ультразвукового (акустичного) реактора.

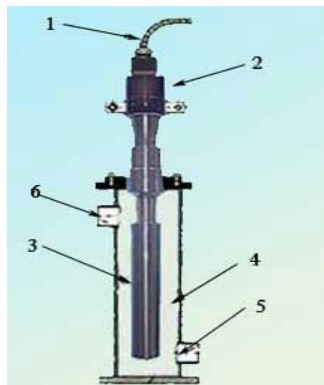


Рис. 4. Будова пристрою для ультразвукової обробки стоків:

1 – кабель; 2 – перетворювач; 3 – випромінювач; 4 – робоча камера 5 – вхідний патрубок; 6 – вихідний патрубок.

Пристрій складається з циліндричної робочої камери, в якій розміщений випромінювач продовгуватої форми, який механічно зв'язаний з п'єзоелектричним або магнітострикційним перетворювачем, з'єднаним з генератором високочастотної напруги ультразвукової частоти за допомогою кабелю. При цьому робоча камера має вхідний та вихідний патрубки для проточної УЗ-обробки рідкого середовища.

Пристрої для опромінення радіочастотами. Радіочастотний метод обробки (РЧМ) є фізичним методом електромагнітного опромінення (переносу енергії радіочастотами, що приводить до рівномірного по всьому обсягу нагрівання продукту, який опромінюється і не супроводжується хімічними реакціями). Процес здійснюється переносом електроенергії, яка генерується електричним полем між двома паралельними електродами, де знаходиться оброблюваний матеріал. Індуковані дипольні молекули в матеріалі постійно вибудовуються й переорієнтуються в узгодженні зі змінним електричним полем, викликаючи тертя, яке перетворюється в тепло. Таким чином, електрична потужність спочатку перетворюється в радіочастотну потужність, яка у свою чергу перетворюється в теплову енергію. Енергетична ефективність використання радіочастотних установок залежить від обох етапів перетворення енергії [5]. Пристрої для електрогідравлічної обробки. В основі електрогідравлічного ефекту (ЕГЕ) лежить явище різкого збільшення гідравлічного та гідродинамічного тиску в середині об'єму рідини при здійсненні імпульсного електричного розряду [6].

Апаратура для здійснення електрогідравлічного удару включає: контейнер із входом та виходом, через який протікають стічні води. В об'ємі рідини розміщена, принаймні, одна пара електродів; високовольтні електричні конденсатори або устаткування для підведення квазістаціонарної електричної напруги в діапазоні кіловольтів через установлені електроди. Градієнт напруги підбирається такий, щоб електрична дуга не виникала між електродами, і в той же час достатній, щоб викликати діелектричний пробій і руйнування клітинної мембрани в рідині [7]. Ударні хвилі є одним з основних факторів при бактеріальній дезінфекції стічних вод за допомогою потужних імпульсних електричних розрядів у воді. У випадку потужного імпульсного розряду на мікроорганізми впливають термомеханічні фактори, особливо ударна хвиля. Знищення мікроорганізмів можливе при впливі одного потужного розряду, що подібний до вибуху, на відміну від імпульсно-періодичного розряду малої потужності, коли ефект знезараження досягається за рахунок «нагромадження ушкоджень» у мікроорганізмах. При використанні потужного ЕГЕ суттєво підвищуються теплові й механічні навантаження на елементи конструкції системи. У цьому випадку можна зменшити величину енергії, яка вводиться за одиницю часу, разом з тим при потужному електрогідравлічному розряді збільшується питомий обсяг знезараженої води [7].

Пристрої світлогідравлічної обробки. Апарат для світлогідравлічної обробки стоків включає камеру, простір якої заповнюється рідиною, і в якій фокусується імпульс світла від лазерного джерела за допомогою системи лінз. Два гідрозатвори забезпечують подачу безперервного потоку рідини. Крім того, вони призначені для придушен-

ня ударною хвилею й усунення різниці тисків і ударних хвиль між внутрішнім обсягом світлогідравлічної камери та резервуару з оброблюваною та дезінфікованою рідиною. Відомо, що розчинені у воді гази можуть бути звільнені за допомогою світлогідравлічного ефекту, що приводить до загасання світлогідравлічних ударів і зниженню ефективності дії ударної хвилі в камері під час розряду. Тому до камери через гідрозатвор підключений газоприймач, установлений у верхній частині камери для безперервного виводу газів. Водогальмівний канал повністю забезпечує гасіння ударних хвиль з камери. Спускний кран резервуару дозволяє організувати періодичний спуск накопичених газів назовні.

На основі вищевказаних даних кожної установки для очищення та знезараження стоків приведемо таблицю порівняння приблизних затрат електроенергії для кожного з методів очищення.

Таблиця 2 – Питомі витрати електроенергії при використанні різних методів очищення стоків

Метод очищення	Озонування	Ультрафіолет	Ультразвук (УЗ)	Радіочастоти (РЧ)	Електрогідравлічний ефект	Світлогідравлічний ефект
Питомі витрати електроенергії, кВт·год/м <sup>3</sup>	100	1-10	5-15	180-600	0,1-10	0,03-0,1

*Висновки.* На основі літературних джерел можна зробити висновок, що кожен з розглянутих фізичних методів очищення стоків має свої переваги та недоліки. Використання того чи іншого методу базується на конкретних умовах, а ефективність залежить від режиму роботи та вимог, які висуваються в процесі очищення стоків.

Методи нетеплової дії, такі як ультразвук, змінне магнітне поле, низько- та високочастотне поле, дозволяють суттєво знизити витрати електроенергії, але при цьому знижується ефективність очищення (60 – 80 %). В свою чергу озонування є ефективним, але достатньо складним процесом обробки. Якість очищення стоків за допомогою ультрафіолетового та іонізуючого опромінення залежить від ступеня прозорості води, яка обробляється. Метод обробки стоків за допомогою електрогідравлічного ефекту має високу ефективність та передбачає малі затрати електричної енергії, але для здійснення очищення води необхідно передбачити використання надійних конструкцій ємностей, в яких буде здійснюватися очищення. Серед розглянутих методів об-

робки стоків метод електрогідравлічної обробки є найефективнішим. Його використання дозволить вирішити питання ефективної обробки та дезінфекції стоків тваринницьких комплексів з мінімальними витратами електроенергії без шкоди навколишньому середовищу.

Література

1. *Запольський А.К.* Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник/*А.К. Запольський* – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.: іл.
2. *Воронов Ю.В.* Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов/*Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев* – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
3. *Клячко В.А.* Очистка природных вод/*В.А. Клячко, И.Э.Апельцин* – М.: Стройиздат, 1971. – 580 с.
4. *Лошицкий П.П., Тодосийчук Т.С., Шинкаренко Л.Н.* Влияние нетеплового электромагнитного излучения на биосинтез молочнокислых бактерий // *Электроника и связь*. – 1997 г. – Ч.1, № 2. – С. 120-126.
5. *Грановский М.Г.* Электрообработка жидкостей / *М.Г. Грановский, И.С. Лавров, О.В. Смирнов* – Л.: Химия, 1976. – 216 с.
6. *Юткин Л.А.* Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / *Л.А. Юткин* – Л.: Машиностроение, 1986. – 253 с., ил.
7. *Пичугина М.Т.* Мощная импульсная энергетика / *М.Т. Пичугина* – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 98 с.

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В.А. Чумак

**Аннотация** – рассмотрены методы дезинфекции стоков животноводческих комплексов с использованием разных физических факторов. Был проведен анализ эффективности применения данных методов в сельском хозяйстве.

## ANALYSIS ELECTROPHYSICAL METHODS OF DISINFECTION DRAINAGES OF CATTLE-BREEDING COMPLEXES

V. Chumak

### *Summary*

It was considered methods of disinfection drainages of cattle-breeding complexes with using different physical agents. Get through analysis of effectiveness using these methods in agriculture.