

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Шестопапов О.В., Гетта О.С., Рикусова Н.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

pheonixalex@gmail.com, oksanagetta21@gmail.com, n\_rykusova@ukr.net

Розглядаються методи очищення стічних вод харчової промисловості. Визначено основні чинники впливу на навколишнє природне середовище стічних вод харчової промисловості. У статті проаналізовано склад та вплив на довкілля стічних вод харчової промисловості та методи очищення стічних вод. Виявлено, що складність очищення таких стічних вод зумовлена полідисперсним складом забруднень та поєднанням органічних, неорганічних розчинних і нерозчинних сполук, які утворюють стійкі колоїди та дисперсні системи. Окреслено перспективні напрями створення замкнених водооборотних систем під час перероблення овочевої продукції. *Ключові слова:* стічні води підприємств харчової промисловості, негативний вплив на навколишнє природне середовище, овочепереробні підприємства.

**Современные методы очистки сточных вод пищевой промышленности. Шестопапов О.В., Гетта О.С., Рикусова Н.И.** Рассматриваются методы очистки сточных вод пищевой промышленности. Определены основные факторы влияния на окружающую среду сточных вод пищевой промышленности. В статье проанализированы состав и влияние на окружающую среду сточных вод пищевой промышленности, методы очистки сточных вод. Вывявлено, что сложность очистки таких сточных вод обусловлена полидисперсным составом загрязнений и сочетанием органических, неорганических растворимых и нерастворимых соединений, которые образуют устойчивые коллоиды и дисперсные системы. Очерчены перспективные направления создания замкнутых водооборотных систем при переработке овощной продукции. *Ключевые слова:* сточные воды предприятий пищевой промышленности, добыча, негативное влияние на окружающую среду, овочеперерабатывающие предприятия.

**Modern methods of wastewater treatment of the food industry. Shestopalov O., Hetta O., Rykusova N.** The methods of treatment of food industry wastewater were observed. The main factors of influence of food industry wastewater on the natural environment were determined. The article analyzed the composition and impact of food industry wastewater on the environment and methods of wastewater treatment. It was found that the complexity of treatment of such wastewater is due to the polydispersed composition of contaminants and the combination of organic, inorganic soluble and insoluble compounds that form stable colloids and disperse systems. The article outlined promising directions for creation of closed water-reversible systems during processing of vegetable products. *Key words:* food industry wastewater, mining, negative impact on environment, vegetable processing enterprises.

**Вступ.** В Україні харчова промисловість є однією із провідних галузей промисловості, що динамічно розвивається [1]. Харчова промисловість є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище. За ступенем інтенсивності взаємодії харчової промисловості з навколишнім середовищем перше місце серед об'єктів природи посідають водні ресурси. Вода на харчових виробництвах використовується в більшості технологічних процесів отримання продуктів як основна або допоміжна сировина [2]. За витратою води на одиницю продукції, що випускається, харчова промисловість посідає одне з перших місць.

Промислові харчові підприємства також є «виробниками» великої кількості стічних вод, що характеризуються значним рівнем забруднень. Так, 95% стічних вод, що утворюються в процесі виробництва, містять високі концентрації забруднюючих речовин [3]. Без попереднього очищення стічні води підприємств харчової промисловості не можуть бути скинуті в комунальну систему водовідведення і природні

водойми. Стічні води характеризуються високим вмістом завислих часток і органічних домішок [4].

Головним напрямом захисту водного середовища у промисловості є перехід підприємств до роботи за схемою замкнутого циклу водопостачання, коли підприємство після очищення власних стічних вод повторно використовує їх у технологічному циклі, а забруднені та неочищені стічні води взагалі не потрапляють у водойми.

На жаль, в Україні рівень очищення стічних вод дуже низький. Існуючі очисні споруди, які мають більшість підприємств, вилучають лише 10–40% неорганічних речовин (40% азоту, 30% фосфору, 20% калію) і практично не вилучають солі важких металів [5].

Наслідки забруднення водного середовища можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Шкоди можуть завдати такі поширені забруднювачі, як фторо-, хлоро-, і фосфорорганічні забруднювачі, нітрати, нітрити, нітросполуки,

пестициди, гербіциди тощо. Саме тому вдосконалення методів очищення стічної води харчових підприємств є актуальним науковим завданням.

**Мета і завдання дослідження.** Метою статті є аналіз впливу стічних вод харчової промисловості на довкілля та пошук сучасних методів очистки стічних вод харчової промисловості.

Для досягнення цієї мети у статті необхідно було вирішити такі завдання:

- охарактеризувати вплив харчової галузі на довкілля;
- проаналізувати склад та вплив на довкілля стічних вод харчових та переробних виробництв;
- систематизувати методи очищення стічних вод харчової промисловості;
- окреслити перспективні напрями створення замкнених водооборотних систем під час перероблення овочевої продукції.

### 1. Аналіз впливу стічних вод харчової промисловості на довкілля

Значну екологічну небезпеку становить забруднення поверхневих вод органічними речовинами зі стоків харчових виробництв. Ці речовини, потрапляючи у водойми, спричиняють розвиток у них процесів гниття, зараження хвороботворними бактеріями, цвітіння води, негативно впливають на фауну та флору [6].

Останніми десятиліттями забруднення водойм на всій планеті набуло катастрофічного характеру. Істотну роль у забрудненні гідросфери відіграють підприємства переробної промисловості. Унаслідок цього поверхневі водні джерела стають усе більше забрудненими, використання з них води для промислових, теплоенергетичних, побутових та інших потреб зумовлює необхідність в усе більш складному і витратному очищенні [7].

На підприємствах харчової промисловості (наприклад, овочепереробні заводи) після промивки овочів та фруктів зазвичай відбувається забруднення стічних вод, яке призводить до збільшення у воді нерозчинних домішок – піску та глини. Тверді частки знижують прозорість води, пригнічуючи розвиток водних рослин, забивають зябра риб та інших водних тварин, погіршуючи смакові якості води, а то й роблять її взагалі непридатною для споживання.

У таблиці 1 наведені данні за наслідками використання води підприємствами харчової промисловості протягом 2016 р. за регіонами України, за даними статистичної інформації [8].

Стічні води підприємств харчової промисловості належать до категорії висококонцентрованих і мають нестабільні за якістю і кількістю показники [9]. Такі стоки являють собою складні полідисперсні системи і містять різні за своєю природою забруднення залежно від типу виробництва: жир, молоко, луску, шерсть, кров, шматочки тканин тварин, солі, мінеральні нерозчинні домішки, миючі засоби й ін. Ці води характеризуються високими показниками БСК, ХСК, завислих речовин, жирів та ін. [3]. Скидання стічних вод у водойми швидко виснажує запаси кисню, що спричиняє загибель гідробіонтів [10].

Стічні води підприємств харчової промисловості утворюються під час миття сировини, устаткування, виробничих приміщень, а також після використання води і пари в технологічних процесах. Утворені стічні води містять агрегативно-стійкі колоїди, до складу яких входять тваринні і рослинні жири, білки, крохмаль, цукор, а також солі, вуглеводи, барвники, згущувачі, консерванти [11].

Наприклад, до складу стічних вод овочепереробних підприємств входять: розчинні, нерозчинні і

Таблиця 1

Використання та відведення води підприємствами харчової промисловості протягом 2016 р., млн м<sup>3</sup>

Регіон України	Використано води	з неї на:		Відведено зворотних вод у поверхневі водні об'єкти		
		побутово-питні потреби	виробничі потреби	усього	зокрема забруднених	із них без очищення
Харківська обл.	6,744	0,605	6,139	1,205	0,873	0,622
Закарпатська обл.	0,288	0,022	0,255	0,04	0,027	0,027
Запорізька обл.	2,964	0,210	2,754	0,059	0,042	–
Львівська обл.	5,273	0,258	5,015	1,917	0,009	–
Миколаївська обл.	3,558	0,223	3,238	0,112	–	–
Одеська обл.	1,210	0,466	2,034	0,852	0,158	0,359
Полтавська обл.	8,173	5,299	3,813	1,139	–	–
Рівненська обл.	0,676	0,064	0,612	0,083	0,079	–
Сумська обл.	1,442	0,238	1,204	0,219	0,071	0,148
Тернопільська обл.	1,481	0,083	1,398	0,438	0,024	0,016
Хмельницька обл.	3,793	0,526	3,237	1,555	–	–
Черкаська обл.	4,1	0,762	3,338	1,174	–	1,078
Чернігівська обл.	4,296	0,318	3,835	1,783	–	–
Всього по Україні	35,83	9,074	36,872	10,57	1,283	2,25

Таблиця 2

## Характеристики стічних вод підприємств харчової промисловості

Галузь	Значення показників забруднення						
	рН	Завислі речовини, мг/л	ХПК, мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	Азот загальний, мг/л	Фосфор, мг/л	
Плодоовочеві виробництва	4	20–1 800	440–2 690	350–2 175	20–30	0,1–1,4	
Сахарні виробництва	6–9	1 200–2 600	4 900	1 400–3 600	17	–	
Молочні підприємства	6,5–9	350–600	1 200–3 000	500–2 000	50–90	8–16	
Кондитерські (усереднений стік) підприємства	4,5–9,9	1 220–1 790	6 060	2 190	–	–	
Крохмальні переробні (картопля) заводи	7,2	600–4 700	100–2 520	300–1 300	265	–	
Спиртзаводи (барда)	4	32 000–45 000	20 000–48 000	15 500–29 900	15–20	2,2–4	
Рибопереробна	7–8	1 300–1 350	1 080–2 009	590–1 300	30–40	9–29	
М'ясопереробна	6,5–8,5	300–600	1 600–2 000	800–1 500	100–150	40–80	
Хлібопекарська	6–8	100–150	550–680	400–450	40–60	5–10	
Лікєро-горілчана	8–10	250–500	90–120	50–55	15–20	2–4	
Порівняльна характеристика з вимогами							
Вимоги до скиду в каналізацію	6,5–9	згідно із проєктом міських очисних споруд або не більше 500 мг/дм <sup>3</sup>	15 мг/дм <sup>3</sup>	згідно із проєктом міських очисних споруд або не більше 350 мг/дм <sup>3</sup>	15	3	
Вимоги для скиду у водойму рибогосподарського призначення	6,5–8,5	після скидання стічних вод не повинен збільшитися понад 0,75 мг/дм <sup>3</sup>	30 мг/дм <sup>3</sup>	6 мг/дм <sup>3</sup>	3	1	

колоїдні речовини, що видаляються з поверхні продуктів під час їх очищення і миття; соки і сиропи, що застосовуються під час переробки продуктів, випадково вносяться домішки, відходи від сировини тощо. Розмір цих забруднень значний, становить 12–35% від ваги сировини. Від 20 до 50% відходів потрапляє в каналізаційну мережу разом зі стічними водами [12].

В оборотних і стічних водах забруднюючими речовинами овочепереробних підприємств є частинки ґрунту, м'якоть і шкірка плодів, плісняві та гнильні бактерії, а також інші відходи. Під час обробки тієї самої сировини стічні води можуть істотно відрізнятись [13].

Залежно від виду сировини, що переробляється, і від способу переробки склад стічних вод значно змінюється (таблиця 3) [14].

Кількість, склад і концентрація забруднень стічних вод підприємств овочепереробної промисловості залежить від безлічі чинників, а саме: виду продукції, що випускається, наявності систем оборотного водопостачання, технологічних особливостей, конструкцій апаратів тощо [15].

В Україні діє понад 2,8 тис. очисних споруд із самостійним випусканням стічних вод у водні об'єкти. Серед них споруд біологічного очищення – 60%, механічного – 35%, фізико-хімічного – 5%. Понад 300 міст мають споруди повного біологічного очищення [14; 16].

## 2. Методи та технології очищення стічних вод харчової промисловості

Очищення стічних вод – обробка стічних вод із метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин, що проводиться механічними, хімічними, фізико-хімічними та біологічними методами, коли ж вони застосовуються разом, то досягається висока якість очищення. Застосування того чи іншого методу в кожному конкретному випадку визначається характером виробничих процесів, ступенем шкідливості домішок, складом забруднень [17; 18].

Очищення стічних вод може виконуватися за різними схемами, які забезпечують різну ефективність очищення. Усі методи очищення стічних вод, які використовуються в даний час, поділяють на: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні (біохімічні). Окрім того, для знищення бактеріального забруднення використовують знезараження стічних вод [19]. Залежно від місця скидання (водойми рибогосподарського призначення) використовують різні схеми очищення стічних вод [20; 21].

### 2.1. Механічні методи

Механічне очищення застосовують для стічних вод, що містять завислі, плаваючі та грубоемальговані тверді і рідкі нерозчинні забруднювальні речовини. Зазвичай механічне очищення служить для вилучення зі стічних вод в основному мінеральних забруднень [22].

Механічні методи очищення стічних вод (відстоювання, фільтрація, гідроциклонування) спрямовані на вилучення лише нерозчинних домішок.

Недоліки таких підходів – слабкий вплив на відхилення показників якості води, які викликані розчинними забруднювачами (корегування рН, зміна сольового складу), та наявність елементів, які забиваються і потребують відновлення властивостей (фільтри) [23].

Кращий ефект механічного очищення стічних вод досягається шляхом інтенсифікації гравітаційного відстоювання – преаерацією, біокоагуляцією, використанням хімічного підсилення процесів агрегаування завдяки використанню коагулянтів і флокулянтів, висвітленням у підвішеному шарі (відстійники-освітлювачі) або в тонкому шарі (тонкошарові відстійники), а також за допомогою гідроциклонів [24; 25].

### 2.2 Біологічні методи

Зазвичай біологічний метод передбачає очищення у штучних або природних умовах із метою зниження показників забруднення за такими лімітуючими показниками, як: біохімічне споживання кисню, азот

Таблиця 3

Склад забруднень стічних вод залежно від виду сировини

Сировина	Завислі речовини, мг/л	Розчинні речовини, мг/л	Залишок під час прорювання, мг/л	рН	ХПК, мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг/л
Томати	450	2 500	580	4,9	1 100	1 150
Горошок	300	6 000	3 360	4,7	2 150	2 710
Боби	60	1 670	970	7,6	–	240
Шпинат	580	1 700	950	7	40	280
Морква	1 830	5 800	1 900	7,1	–	1 110
Буряк	1 600	5 000	800	6	2 700	1 050
Кисла капуста	60	3 300	1 600	5,6	800	1 400
Вишні	20	4 100	1 700	6,2	–	750
Персики	600	1 650	810	7,6	200	1 400
Абрикоси	260	1 800	600	7,6	700	200
Картопля	2 000	6 200	700	6,5	2 600	1 200

амонійний, нітрити, нітрати, фосфор. Процеси біологічного очищення пов'язані з деструкцією органічних і синтетичних речовин унаслідок взаємодії із групою мікроорганізмів, тобто полягають в окисленні мікроорганізмами органічних речовин, що містяться у стічних водах у вигляді дрібних суспензій, колоїдів та розчинів. Споруди, які служать для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи. До першої належать споруди, в яких біологічне очищення проводиться в умовах, близьких до природних (поля зрошення, поля фільтрації та очисні біологічні водойми). У другій групі споруд очищення проводиться у штучно створених умовах (біологічні фільтри й аеротенки). У спорудах першої групи стічні води очищаються досить повільно завдяки запасу кисню у ґрунті та воді очисних біологічних водойм, а також унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення. У спорудах другої групи у штучно створених умовах процеси очищення стічних вод протікають значно інтенсивніше [26]. Для досягнення кращого результату вказані методи комбінуються. Сучасні системи очистки води є багатоступеневими, у кожній їхній ланці застосовують послідовно різні методи очищення води від забруднень [27].

Аеробне очищення, застосоване для харчових підприємств, забезпечує високий ступінь очищення стічної води, яка характеризується невисоким (до 2 000 мг/л) значенням ХСК. Для більш концентрованих за ХСК стічних вод використовують комбінацію анаеробних методів (метанового бродиння) з доочищенням аеробними методами [3].

### 2.3. Хімічні методи

Хімічні методи очищення засновані на застосуванні реагентів із метою нейтралізації стічних вод; окислення (відновлення) домішок до нетоксичних або малотоксичних речовин; перетворення домішок на нерозчинні компоненти. Зазвичай хімічний метод полягає в тому, що у стічні води додають різні хімічні реагенти (кислоти, луги, сильні окиснювачі, наприклад, хлор), що вступають у реакцію із забруднювачами, окислюють їх або осаджують їх у вигляді нерозчинних осадів. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95% і розчинних до 25% [28; 29]. До цих методів можна віднести також процеси електрохімічного окислення домішок на аноді і катодного відновлення цінних речовин, що містяться в стічних водах [30].

В Україні для знезараження стічних вод від патогенних мікроорганізмів найбільш поширений метод оброблення стічних вод хлором, але європейські країни все частіше відмовляються від нього, віддаючи перевагу обробці озonom, ультрафіолетом, ультразвуком та комбінованими методам. Сьогодні практично остаточно відмовилися від застосування хлору в Німеччині, Великобританії та Сполучених Штатах Америки [31; 32].

Хлорвміщуючі реагенти мають низку істотних недоліків [33]. Взаємодія хлору з органічними речовинами, що містяться у стічних водах, призводить до утворення хлороформу (клас небезпеки 2), чотирихлористого вуглецю (клас небезпеки 2), бромдихлорметану (клас небезпеки 2), дибромхлорметану (клас небезпеки 3), бензопірену, які мають мутагенні та канцерогенні властивості. Літературні дані свідчать про те, що гігієнічних критеріїв ефективності процесу (дози активного хлору 3–5 мг/дм<sup>3</sup>, експозиція 30 хвилин і залишковий активний хлор 1,5 мг/дм<sup>3</sup>), регламентованих СНіП 2.03.04–85 [34], у деяких випадках недостатньо для надійного знезараження стічних вод від кишкових бактерій і вірусів. Використання із цією метою підвищених доз активного хлору є небажаним. Крім того, цей метод пов'язаний із необхідністю дотримання правил безпеки під час збереження, транспортування і застосування хлору [32].

### 2.4. Фізико-хімічні методи

Фізико-хімічні методи очищення води використовують для знезараження рідини та ліквідації органічних частинок, що утворюють дрібнодисперсні та колоїдні маси в каналізаційних системах, використовуються для видалення тонкодисперсних, розчинених неорганічних і органічних речовин. Вони ґрунтуються на фільтрації, гіперфільтрації, агрегації та деструкції, що дозволяє позбутися небажаних іонів і кислот.

Найбільш поширені сучасні методи очищення стічних вод, що належать до даної категорії: електрокоагуляція, електроліз, флокуляція, іонообмінний метод, коагуляція, сорбція [35].

Серед фізико-хімічних методів поширене очищення стічних вод із використанням коагулянтів і флокулянтів [36; 37; 38; 39]. Флокуляція та коагуляція викликають взаємодію хімічних елементів із колоїдними та дрібнодисперсними домішками. Вони вступають у реакцію, після чого у воді з'являються пластівці, які механічно видаляються або відфільтровуються [27]. Методи очищення промислових стічних вод із застосуванням коагулянтів і флокулянтів дозволяють видалити до 97–98% колоїдних і високодисперсних домішок зі стічних вод, на сьогодні вони є одними з найбільш ефективних [40; 41; 42; 43].

Терміни «коагуляція» і «флокуляція» часто взаємозамінюють один одного, проте для того, щоб отримати більш точне уявлення про процеси освітлення та знезалізнення, варто розглядати їх як два різних механізми [44].

Флокулянти (існує приблизно 800 різних флокулянтів) можуть бути об'єднані у 3 окремі категорії: неіоногенні; аніонні; катіонні [45]. Неіоногенні марки флокулянтів – технічно чистий поліакриламід. Його виробляють шляхом кополімеризації моноакриламіда і солей акрилової кислоти. Аніонні флокулянти особливо ефективні під час оброблення дисперсних систем із негативно зарядженими коло-

їдними частинками. Більшість органічних колоїдів мають негативний заряд. Катіонні флокулянти – для оброблення дисперсних систем із позитивним зарядом. Неорганічні колоїди зазвичай мають позитивний заряд, наприклад, колоїдний гідроокис заліза. Механізм дії катіонних і аніонних флокулянтів полягає у фіксуванні дестабілізованих частинок (заряджених) і об'єднанні їх уздовж полімерного ланцюга [46].

Коагулянти дестабілізують колоїдну систему шляхом нейтралізації сил різної природи (заряд подвійного електронного шару), що забезпечують її стійкість, утворюючи агрегати у вигляді дрібних пластівців. Флокулянти збільшують розмір пластівців, що утворилися під час коагуляції. Завдяки тому, що флокулянт утворює зв'язок між злиплими колоїдними частинками, формуються великі, легко осідають флокули [47]. Тому процеси коагуляції та флокуляції часто комбінують.

### 3. Шляхи підвищення рівня екологічної безпеки шляхом повторного використання стічної води

Вибір схеми очищення стічних вод підприємства залежить від багатьох чинників: кількості стічних вод, які утворюються на підприємствах, можливості й економічності доцільності вилучення домішок зі стічних вод, вимог до якості очищеної води з метою використання її в системах повторного й оборотного водопостачання [48].

Замкнута система водопостачання, наприклад, на підприємствах переробки овочів та фруктів, являє собою хіміко-технологічний комплекс (цех) із виробництва чистої води всередині підприємства. Це невід'ємна і одна з головних складових частин будь-якого безвідходного виробництва. Технологічні схеми обробки стічних вод у замкнутих системах водопостачання різноманітні і залежать від багатьох чинників: характеристик стічних вод, можливостей підприємства використовувати очищену воду того чи іншого складу, можливості утилізації концентратів на самому підприємстві або поруч розташованих тощо.

До технологічної схеми обробки промислових стоків різного складу входять такі вузли: усереднення та накопичення стічних вод; механічної очистки від великих залишків; реагентної (хімічної, фізико-хімічної, електрохімічної, біотехнологічної) обробки стічних вод із руйнуванням токсичних і виділенням у вигляді суспензії шкідливих (агресивних) домішок; агрегаутоутворення (коагуляція, флокуляція) – для інтенсифікації процесу видалення суспензії зі

стоку; освітлення (відстоювання) оброблених стічних вод у швидкісних (тонкошарових) відстійниках; доочистки (за потреби) освітленої води на зернистих фільтрах; знезараження води, а також зневоднення виделеної суспензії забруднюючих речовин та утилізації утворених осадів.

**Висновки.** Харчова галузь України є одним із найбільших споживачів води, необхідної для технологічних процесів, отже, вагомим виробником стічних вод. Щорічне споживання підприємствами цієї галузі – приблизно 35,83 млн м<sup>3</sup> води. Водночас утворюється майже 10,57 млн м<sup>3</sup> стічних вод, які суттєво впливають на довкілля України через скид недостатньо очищених або неочищених стічних вод у водойми.

Стічні води харчових підприємств можна віднести до категорії висококонцентрованих за органічними речовинами. Окрім органічних сполук, вони містять у середньому до 5 000 мг/л тонкодисперсних завислих часток. Складність очищення таких стічних вод зумовлена полідисперсним складом забруднень та поєднанням органічних, неорганічних розчинних і нерозчинних сполук, які утворюють стійкі колоїди та дисперсні системи. Тому зазвичай стічні води харчових та переробних підприємств неможливо очистити одним способом без комбінації різних методів та відповідного устаткування.

Серед наявних сучасних методів очищення стічних вод харчової промисловості найбільш ефективним можна вважати фізико-хімічний метод зі застосуванням коагулянтів та флокулянтів. Цей метод у комбінації з механічною очисткою утворених агрегатів (пластівців, флокул) дозволяє забезпечити високий ступінь очищення від нерозчинених домішок, зважених речовин, що містяться у високих концентраціях і характерні для підприємств даної галузі.

Перспективним методом підвищення рівня екологічної безпеки підприємств харчової та переробної галузі є створення замкнених водооборотних схем та повторного використання очищеної води у виробництві, наприклад, для миття овочевої продукції. Для цього необхідне створення систем очищення води, які забезпечуватимуть достатню для повторного використання якість очищення. Обґрунтування вибору методу очищення води конкретного підприємства залежить головним чином від складу забруднюючих її речовин, у кожному випадку потребує експериментальних досліджень ефективності використання конкретного методу очистки, видів та доз реагентів тощо.

### Література

1. Пилипенко О. Розвиток харчової промисловості України. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Т. 23. № 3. С. 15–25.
2. Гимранов Ф. Оценка возможности использования комплексных методов обеззараживания воды в пищевой промышленности. *Технология и аппараты пищевых производств* / Ф. Гимранов и др. *Вестник Казанского государственного технологического университета*. 2012. № 7. С. 289–291
3. Благодарная Г., Шевченко А., Лунин С. Анализ методов очищения высококонцентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности. *Коммунальное хозяйство городов* : научно-технический сборник. Киев : Техника, 2010. Вып. 93. С. 176–182.

4. Яромский В. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий. Минск : Издательский центр БГУ, 2009. 171 с.
5. Пашков А. Проблемы забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні. *Безпека життєдіяльності*. 2011. № 4. С. 10–16.
6. Мальований М., Дячок В., Сахневич Я. Аналіз перспектив очищення стоків харчових виробництв. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 5. С. 72–75.
7. Петрушка І., Леськів Г., Плахтій І. Очищення стічних вод від барвників природними сорбентами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2003. № 488. С. 230–233.
8. URL: <https://menr.gov.ua/news/31778.html>.
9. Чеботаева М. Очистные сооружения BIOMAR® в индустрии напитков в России. *Пиво и напитки*. 2008. № 4. С. 44–45.
10. Челноков А., Ющенко Л., Фридлянд М. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения. Минск, 1999. 147 с.
11. Симанина И., Сидорская С. Сточные воды пищевой промышленности. *Сборник материалов 72-й Студенческой научно-технической конференции, 20–28 апреля 2016 г.* / Белорусский национальный технический университет, Факультет горного дела и инженерной экологии. Секция «Экология». Минск, 2016. С. 178–183.
12. Krepper E., Prasser H.-M. Measurements and CFX simulations of a bubbly flow in a vertical pipe. *Computing methods for two-phase flow* : AMIFESF Workshop. 2000. P. 1–8.
13. Семенова Е., Маршалкин М., Саркисова С. От экологически ответственного хозяйствования к сохранению водных и энергетических ресурсов. *Инженерный вестник Дона*. 2014 № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2375](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2375).
14. Головинов Н. Электрогидравлическая обработка отходов мукомольного производства в технологии получения биоэтанола : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.02. зерноград, 2010. 19 с.
15. Borja R., Alba J., Carrido S. Effect of aerobic pretreatment with *Aspergillus terreus* on the anaerobic digest on of olive-mill waster water. *Biotechnol and Appl. Biochem.* 1995. Vol. 22. № 2. P. 233–246.
16. Пашков А. Проблемы забруднення поверхневих, підземних і стічних вод та заходи щодо їх ліквідації і запобігання в Україні. *Безпека життєдіяльності*. 2011. № 4. С. 50–55.
17. Загорская Е. Очистка сточных вод на промышленных предприятиях г. Тольятти. 2012. С. 28–30.
18. Joanne E. Drinan, Frank Spellman *Water and Wastewater Treatment : A Guide for the No engineering Professional*. 2013.
19. Весельська М., Бовсуновська М. Вода в харчовій промисловості. *Збірник матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів*. Одеса, 2015. С. 51–52.
20. Biochemical waste treatment. *Water and Waste Treat.* Gr. Brit. 1991. № 34. P. 1–16.
21. IR-luminescence of low-stability aqueous structures (theory and experiment) / М. Efendiev et al. *Biofizika*. 2004. V. 49. № 6. P. 965–9.
22. Защита водных объектов от загрязнения сточными водами / Д. Гостищев и др. *Природообустройство*. 2014. № 1. С. 62–68.
23. Штепа В. Обґрунтування алгоритму експериментально аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління. *Енергетика і автоматика*. 2014. № 2. С. 62–71.
24. Родионов А., Клушин В., Торочешников Н. Техника защиты окружающей среды. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Химия, 1989. 512 с.
25. Бедимогов С. Задержание и удаление механических включений из сточных вод. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2002. № 2. С. 25 – 29.
26. Маслій І. Проблеми очистки стічних вод тваринницьких підприємств. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Будівництво». 2015. Вип. 10. С. 75–77.
27. Донська М., Хронологія методів та технологій очистки води у світі. *Гілея : науковий вісник*. № 99. С. 83–87.
28. Новиков А., Женихов Ю. Улучшение качества природных и очистка сточных вод : учебное пособие. Ч. 1. 1-е изд. Тверь : ТГПУ, 2006. 112 с.
29. Очистка и обеззараживание сточных вод перерабатывающих предприятий АПК / Л. Кузнецова и др. *Пищевая промышленность*. 2002. № 10. С. 52–53.
30. Анопольский В., Фельдштейн Г., Фельдштейн Е. Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения (по опыту Научно-инженерного центра «Потенциал-2»). Ч. 2 : Охрана гидросферы от загрязнения. *Биосфера*. 2010. Т. 2. С. 214–230.
31. Blume T. Kombinierte Methoden mit Ultraschall zur Desinfektion von Abwasser. *TU Hamburg-Harburg reports on Sanitary Engineering* 50. 2005. P. 79–90.
32. Іванько О., Бідненко Л. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури). С. 137–150.
33. Русанова Н., Овечкина Г. Хлорирование и дехлорирование городских сточных вод. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2002. № 2. С. 30–32.
34. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Москва : Стройиздат, 1986. 72 с.
35. Филатова Е. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах. *Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2015. № 2 (13). С. 97–109.
36. Абрамович С., Рапопорт Я. Тенденции развития водоснабжения городов за рубежом : обзор. Москва : ВНИИИС, 1985. 75 с.
37. Бабенков Е. Очистка воды коагулянтами. Москва : Наука, 1977. 356 с.
38. Бабенков Е. Воду очищают коагулянты. Москва : Знание, 1983. 64 с.
39. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами / Н. Серпокрылов и др. Москва : Ассоциация строительных вузов, 2009. 261 с.

40. Захаркин Д., Таранцева К., Полунина Е. Исследование эффективности флокулянтов BESFLOC для очистки сточных вод с производства мягких лекарственных средств. *XVI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2014. № 5 (21). С. 181–184.
41. Линевиц С., Гетманцев С. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. Москва : Наука, 2007. 230 с.
42. Вейцер Ю., Минц Д. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. Москва : Стройиздат, 1984. 201 с.
43. Флокулянты. Свойства. Получение. Применение : справочное пособие / С. Бутова и др. Москва : Стройиздат, 1997. 160 с.
44. Гайнулина М., Булавин А., Тюрина Т. Получение сополимеров малеинового ангидрида и стирола и использование их в качестве флокулянта. *Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов* : материалы V Международной научной конференции студентов и аспирантов, ДонНТУ. Донецк, 2006. Т. 1. С. 78–79.
45. Настенко А., Зосуль О. Современные коагулянты и флокулянты в очистке природных и сточных вод. *Международный студенческий научный вестник*. 2015. № 3. Ч. 4. С. 531–537. URL: <https://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=14176>.
46. Драгинский В., Алексеева Л., Гетманцев С. Коагуляция в технологии очистки природных вод. Москва, 2005. 576 с.
47. Новые коагулянты и флокулянты в процессах водоподготовки / А. Гречаников и др. *Вестник Витебского государственного технического университета*. 2012. № 23. С. 102–107.
48. Физико-химические методы очистки сточных вод / С. Каткова и др. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2009.