

**Ковальчук В. А., д.т.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, kvant56@ukr.net),  
**Кобилко І. В., здобувач вищої освіти третього рівня** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.v.kobylko@nuwm.edu.ua)

## **ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Молокопереробні підприємства відіграють важливу роль у харчовій промисловості, проте процес переробки молока супроводжується утворенням значних об'ємів висококонцентрованих стічних вод. Метою статті є дослідження особливостей складу та властивостей стічних вод молокопереробних підприємств на різних етапах переробки молока, їх врахування при розробці технологій очистки стічних вод. Розглянуто потенційний негативний вплив на навколишнє середовище неочищених або недостатньо очищених стічних вод, перспективи та рекомендації щодо підвищення ефективності очищення стічних вод. Розуміння специфічних особливостей стічних вод молокопереробних підприємств має вирішальне значення для розробки та впровадження ефективних стратегій управління стічними водами в молочній промисловості.

**Ключові слова:** молокопереробні підприємства; стічні води; концентрації забруднень стічних вод; технології очистки стічних вод.

Молокопереробні підприємства є головними складовими молочної промисловості, які забезпечують перетворення сирого молока на різноманітні молочні продукти. Цей процес супроводжується утворенням значної кількості стічних вод, які містять різноманітні забруднення, що вимагає відповідних заходів з їх очищення для захисту навколишнього середовища. У цій статті здійснено огляд складу та властивостей стічних вод молокопереробних підприємств, розглянуто конкретні проблеми, пов'язані з управлінням стічними водами.

Для підприємств молокопереробної промисловості витрата води для переробки молока становить від 0,5 до 8 л води на літр переробленого молока [1]. Дані зі споживання води на молокопереробних підприємствах деяких європейських країн представлено в табл. 1.

Таблиця 1  
Споживання води на деяких підприємствах молочної промисловості європейських країн [1]

Продукт	Споживання води (літрів води на літр переробленого молока)				
	Швеція	Данія	Фінляндія	Норвегія	Польща
Молоко та молочні напої	0,98–2,8 (8)*	0,60–0,97 (3)*	1,2–2,9 (8)*	4,1 (1)*	0,5–0,75 (1)*
Сир і сироватка	2,0–2,5 (4)*	1,2–1,7 (5)*	2,0–3,1 (2)*	2,5–3,8 (2)*	2,22 (1)*
Сухе молоко, сир та/або молочні напої	1,7–4,0 (7)*	0,69–1,9 (3)*	1,4–4,6 (2)*	4,6–6,3 (2)*	1,8–5,3 (5)*

\*у дужках вказано кількість підприємств у даній категорії

Стічні води, які утворюються на молокопереробному підприємстві, можна поділити на 4 категорії: теплообмінні стічні води, господарсько-побутові, виробничі та зливові (атмосферні) стічні води [2; 5].

Теплообмінні стічні води належать до групи умовно чистих вод. Вони утворюються під час охолодження обладнання (пастеризаторів, холодильної апаратури). Відпрацьована вода від охолодження молочних продуктів в апаратах повторно використовується для миття обладнання, для гарячого водопостачання тощо. Біохімічне споживання кисню таких вод становить приблизно 20 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Кількість господарсько-побутових стічних вод залежить від чисельності персоналу, задіяного на підприємстві, та від ступеня забезпечення підприємства санітарним і господарським обладнанням. Концентрація забруднюючих речовин – стандартна для такого типу стоків.

Зливові (атмосферні) стічні води – це найбільше забруднена частина стічних вод, що утворюється в період дощів і танення снігу, яка містить забруднення, які змиваються з території заводу. Переважаючими домішками є неорганічні речовини: пісок, глина тощо.

Найбільше забрудненими стічними водами на молокопереробних підприємствах є виробничі води, які утворюються в результаті різних технічних операцій: після промивки сиру, казеїну (промивні); після миття бочок, пляшок, автоцистерн, технологічних трубопроводів і прибирання виробничих приміщень (мийні).

Стічні води молокопереробних підприємств вирізняються високою концентрацією сполук та унікальним складом. Вони містять різноманітні органічні сполуки, зокрема жири, білки, лактозу та інші складові молока. Ці речовини в основному утворюються із залишків молока, засобів для чищення та розливів під час обробки. Наявність такого типу забруднювачів створює проблеми для очищення стічних вод через зменшення концентрації розчиненого кисню, сприяння росту бактерій тощо. Окрім органічних сполук, стічні води молокопереробних підприємств містять неорганічні забруднювачі, що походять від миючих засобів, дезінфікуючих засобів та води, яка використовується під час переробки молока. Звичайні неорганічні забруднення включають фосфати, нітрати, аміак, важкі метали та завислі речовини. Наявність цих забруднюючих речовин може мати шкідливий вплив на водні екосистеми, якщо ними не керувати належним чином.

Важливими показниками якості стічних вод є рівень кислотності (рН) та температура, хімічне споживання кисню (ХСК), біологічне споживання кисню (БСК), загальна концентрація речовин, вміст білка та молочного жиру.

Попадання у стічні води сироватки зумовлює зростання ХСК і БСК стічних вод, вмісту у них жиру та сполук азоту, спричиняє зменшення рН. Сприяє зменшенню рН стічних вод і їх перебування в анаеробних умовах, внаслідок чого відбувається молочнокисле бродіння лактози [6; 11]. Ці обставини зумовлюють як погіршення наступної аеробної очистки стічних вод молокопереробних підприємств активним мулом, так і значні труднощі у здійсненні процесів метанового бродіння при застосуванні анаеробних технологій очистки стічних вод.

Стічні води з молокопереробних підприємств зазвичай мають слабкокислий або нейтральний діапазон рН (від 6,5 до 7,5) і температуру, яка змінюється залежно від стадії переробки молока. Коливання рН і температури можуть впливати на ефективність процесів очищення, і їх слід враховувати при проектуванні систем очищення стічних вод. Рівень кислотності стічних вод значно залежить від технології виробництва та асортименту продукції. Для підприємств, що виробляють сир та кисломолочні продукти, рівень рН зазвичай низький – від 3 до 6. Це пов'язано з утворенням сироватки під час виробництва кисломолочної продукції, яка потрапляє у стічні води та знижує рівень рН. Якщо сироватка не утилізується повністю, рівень рН може бути в межах від 2 до 4. При перебуванні стічних вод у анаеробних умовах (в каналізаційній мережі або відстійниках) рідина стає кислотнішою, що також впливає на рівень рН. В табл. 2 наведено показники рН стічних вод молокопереробних підприємств, що виготовляють тверді та плавлені сири.

Таблиця 2

Значення рН стічних вод підприємств, що виготовляють тверді та плавлені сири [7]

Значення рН стічних вод підприємств, що виготовляють сири			
тверді			плавлені
<u>4,18-6,37</u>	<u>4,0-6,0</u>	<u>5,5-9,08</u>	<u>6,8-7,2</u>
5,56	5,4	6,98	7,0

Для оцінки органічного навантаження в стічних водах важливими параметрами є біологічне споживання кисню (БСК) і хімічне споживання кисню (ХСК). Стічні води молокопереробних підприємств часто мають високі показники БСК та ХСК через наявність органічних забруднень. Ці високі значення вказують на необхідність надійних методів очищення, щоб запобігти виснаженню кисню у водоймах, що приймають воду. Оскільки стічні води молокозаводів належать до вод нестабільного складу, то і показники ХСК та БСК коливаються в широких межах і складають у середньому:

- для міських молочних заводів – 1200–1400 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> ;
- для виробництва казеїну та сметано-сирних продуктів – 2400 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> ;

- для сироробних заводів – 2400–3000 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Діапазон коливань значень ХСК та БСК стічних вод молокопереробних підприємств, що виробляють сири, наведено в таблиці 3.

Особливістю стічних вод молокопереробних підприємств є наявність значної кількості речовин, таких як азот та фосфор, які можуть сприяти евтрофікації, якщо ними не керувати належним чином [10]. Евтрофікація відбувається, коли надлишок цих речовин сприяє росту водоростей, що призводить до зниження рівня кисню у воді, а це негативно впливає на водне життя. Таким чином, видалення азоту та фосфору є критично важливим компонентом очищення стічних вод для запобігання погіршення стану навколишнього середовища. Стічні води також містять невеликі кількості азоту амонійних солей з аміачних компресорів. Загальний вміст азоту в стічних водах молочних підприємств становить 50–60 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація фосфору складає 0,6–0,7% від БСК<sub>повн</sub> і становить 1–8 мг/дм<sup>3</sup>. Ці концентрації азоту і фосфору дозволяють використовувати біологічне очищення [2; 4].

Таблиця 3

Показники ХСК та БСК стічних вод молокопереробних підприємств, що випускають тверді та плавлені сири [7]

Показники забруднення стічних вод	Значення показників забруднення стічних вод для деяких підприємств, що випускають сири			
	тверді			плавлені
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	<u>910-6664</u> 4116	<u>2222-6370</u> 3721	<u>1133-4860</u> 2242	<u>720-3480</u> 1528
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<u>760-4508</u> 3547	-	-	<u>418-1960</u> 982
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	<u>590-3925</u> 3335	<u>1333-3680</u> 2141	<u>506-2840</u> 1428	<u>390-1330</u> 699

Стічні води молокопереробних підприємств містять також жири, вміст яких залежить від асортименту продукції та технології виробництва. Оскільки втрати молока є основним джерелом забруднення, стічні води містять жири в такій же формі, як і

натуральне молоко. Молочний жир у молоці представлений жировими кульками діаметром 0,5–10 мкм. У 1 мл молока може бути 2–10 млрд таких кульок. Жирові кульки оточені гідратованою білковою оболонкою і повільно спливають під час відстоювання стічних вод [9; 10]. Концентрація жирів у стічних водах, які утворюються під час виробництва високожирної продукції (вершків, сметани, масла), становить 200–400 мг/дм<sup>3</sup>. Білкові речовини в стічних водах молочної промисловості складаються з різних амінокислот і включають казеїн, альбумін та глобулін. Кожна з цих білкових речовин має свої властивості. Молочний цукор в стічних водах молочних підприємств представлений дисахаридом, який знаходиться у водних розчинах одночасно в  $\alpha$ - і  $\beta$ -формах. Під впливом певних видів мікроорганізмів молочний цукор піддається різним видам бродіння. Також в стічні води потрапляє залишкова мікрофлора пастеризованого молока і сироватки, включаючи молочнокислі бактерії, молочну цвіль, плівчасті дріжджі та бактерії кишкової палички [3; 10].

Практично всі забруднення стічних вод загалом пов'язані з кількістю молока, яке потрапляє у воду, або з відходами виробництва, такими як сироватка. Найбільша кількість стічних вод утворюється на різних етапах виробництва, що становить приблизно від 3 до 4% об'єму переробленого молока [7]. Втрати молока відбуваються під час запуску виробництва, після періодичної мийки обладнання при зміні асортименту продукції, а також через скидання або витік.

Основні показники забруднення стічних вод молокопереробних підприємств наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Основні показники забруднення стічних вод підприємств  
молокопереробної промисловості [7]

Показники, мг/дм <sup>3</sup>	Значення показників для підприємств		
	міських молочних	молочно- консервних комбінатів	сироробних
Завислі речовини	366–902	448–602	385–493
ХПК	2569–5650	1100–2210	2242–4116

продовження табл. 4

БПК <sub>повн</sub>		920–1870	1830–3547
Азот амонійний	12,5–113	25–39	4,3–22,6
Фосфати (Р)	2,2–39	3–7	37–210
Жири	18–131	20–70	66–276
рН	6,4–9,0	6,8–7,4	5,4–6,98

Отже, бачимо, що стічні води молокопереробних підприємств є унікальними через свій склад і властивості. Вони належать до категорії висококонцентрованих вод нестабільного складу із значним вмістом специфічних забруднюючих речовин. Специфіка цих вод залежить від номенклатури продукції та особливостей технологічного процесу [3; 10]. Наявність органічних і неорганічних забруднень вимагає ретельного управління, щоб запобігти погіршенню стану навколишнього середовища. Належні, відповідні методи очищення можуть ефективно видаляти забруднювачі та хімічні речовини, утворюючи стічні води, які відповідають нормативним вимогам і захищають навколишнє середовище [10].

Основним методом очищення стічних вод молокопереробних підприємств є біологічна очистка. В Україні з цією метою застосовуються аеротенки або біофільтри [10].

Попереднє очищення стічних вод здійснюється за допомогою решіток, піскоуловлювачів, жирууловлювачів та освітлювачів-перегнивачів. У європейських країнах та США попереднє очищення стічних вод відбувається за допомогою решіток, піскоуловлювачів, усереднювачів та флотаторів, в яких застосовують реагенти-нейтралізатори, коагулянти та флокулянти. При відведенні очищених стічних вод у міську каналізацію використовується анаеробне очищення, а при відведенні у відкриті води – анаеробно-аеробне очищення [9; 10].

Оскільки молочна промисловість продовжує розвиватися, дуже важливо віддати пріоритет стійким практикам управління стічними водами на молокопереробних підприємствах. Перспективними

увляються наступні напрямки оптимізації поводження із стічними водами молокопереробних підприємств:

1. Зменшення об'ємів стічних вод та покращення процесу їх очищення.

2. Застосування передових технологій очищення стічних вод, таких як мембранна фільтрація, передові процеси окислення та анаеробне зброджування.

3. Повторне використання та відновлення води. Впровадження анаеробного зброджування з отриманням тепла і енергії.

4. Дотримання нормативних вимог і моніторинг якості стічних вод.

5. Розробка інноваційних технологій, оптимізація процесів очищення стічних вод і зменшення впливу молокопереробних підприємств на навколишнє середовище.

**Висновки.** Склад і властивості стічних вод молокопереробних підприємств характеризуються наявністю органічних і неорганічних забруднень, високим вмістом біогенних елементів, а також специфічними діапазонами рН і температур. Ці особливості вимагають ефективних стратегій управління стічними водами для пом'якшення впливу на навколишнє середовище. Впроваджуючи відповідні технології очищення, оптимізуючи процеси та сприяючи повторному використанню води та відновленню ресурсів, молокопереробні підприємства можуть значно зменшити свій негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти сталим практикам у молочній промисловості. Постійні дослідження, співпраця та дотримання нормативних вимог мають вирішальне значення для подальшого прогресу в управлінні стічними водами та розробки інноваційних рішень. Вирішуючи ці виклики, молочна промисловість може досягти екологічно відповідальних практик і зберегти свою роль значного внеску в глобальне постачання продовольства, мінімізуючи свій вплив на водні ресурси та екосистеми.

1. Najlepsze dostępne techniki (BAT) – Wytyczne dla branży mleczarskiej. Ministerstwo Środowiska. Warszawa, 2005. 46 s. 2. Трунов П. В., Лунин С. В., Благодарная Г. И., Шевченко А. А. Технология обработки



высококонцентрированных сточных вод молокоперерабатывающих предприятий. *Научный Вестник строительства* : сб. науч. трудов. Харьков : ХНУСА, 2010. Вып. 60. **3.** Благодарная Г. И., Шевченко А. А., Лунин С. В. Анализ методов очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности. *Коммунальное хозяйство городов* : научно-технический сборник. Киев : Техника, 2010. Вып. 93. С. 176–182. **4.** Корчик Н. М. Технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности. *Сотрудничество для решения проблемы отходов* : материалы IV Междунар. конф. Харьков, 2007. С. 251–254. **5.** Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів : навч. видання. К. : Вища освіта, 2006. 351 с. **6.** Гивлюд А. М., Гумницький Я. М., Руда М. В. Очищення стічних вод молочної промисловості методом адсорбції : монографія / авт. кол. Гивлюд А. М., Гумницький Я. М., Руда М. В. ГО «МНГ», 2022. 133 с. **7.** Ковальчук В. А. Склад і властивості стічних вод підприємств молокопереробної промисловості. *Вісник НУВГП* : зб. наук. праць. Рівне, 2012. Вип. 1 (57). С. 59–66. **8.** ДБН В.2.5.-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / Київ Мінрегіон України. 2013. 127 с. **9.** Шевченко Т. А., Шевченко А. А. Экспериментальное исследование интенсификации процесса напорной флотации при очистке сточных вод молокоперерабатывающего предприятия. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. Вип. 1/6 (79). С. 4–12. **10.** Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с. **11.** Гусева Л. М. Біоценоз мікроорганізмів при двоступінчастому очищенні висококонцентрованих стічних вод молочної промисловості. *Підвищення ефективності роботи систем водопостачання та водовідведення населених місць і промислових підприємств* : тези доповідей науково-практичної конф. Рівне : УІІВГ, 1988. С. 90–91.

## RFERENCES:

**1.** Najlepsze dostepne techniki (BAT) – Wytyczne dla branzy mleczarskiej. Ministerstwo Środowiska. Warszawa, 2005. 46 с. **2.** Trunov P. V., Lunin S. V., Blagodarnaya G. I., Shevchenko A. A. Tehnologiya obrabotki vyisokokontsentrirrovannyih stochnyih vod molokopererabatyivayuschih predpriyatij. *Nauchnyiy Vestnik stroitelstva* : sb. науч. трудов. Harkov : HNUSA, 2010. Vyip. 60. **3.** Blagodarnaya G. I., Shevchenko A. A., Lunin S. V. Analiz metodov ochistki vyisokokontsentrirrovannyih stochnyih vod predpriyatij pischevoy promyshlennosti. *Kommunalnoe hozyaystvo gorodov* : nauchno-tehnicheskij sbornik. Kiev : Tehnika, 2010. Vyip. 93. S. 176–182. **4.** Korchik N. M.

Tehnologii ochistki stochnyih vod predpriyatiy pischevoy promyishlennosti. *Sotrudnichestvo dlya resheniya problemy othodov* : materialy IV Mejdunar. konf. Harkov, 2007. S. 251–254. **5.** Mashkin M. I., Parysh N. M. Tekhnolohiia moloka i molochnykh produktiv : navch. vydannia. K. : Vyshcha osvita, 2006. 351 s. **6.** Hyvliud A. M., Humnytskyi Ya. M., Ruda M. V. Ochyshchennia stichnykh vod molochnoi promyslovosti metodom adsorbtsii : monohrafiia / avt. kol. Hyvliud A. M., Humnytskyi Ya. M., Ruda M. V. HO «MNH», 2022. 133 s. **7.** Kovalchuk V. A. Sklad i vlastyvoli stichnykh vod pidpriemstv molokopererobnoi promyslovosti. *Visnyk NUVHP* : zb. nauk. prats. Rivne, 2012. Vyp. 1 (57). S. 59–66. **8.** DBN V.2.5.-75:2013. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhy ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia / Kyiv Minrehion Ukrainy. 2013. 127 s. **9.** Shevchenko T. A., Shevchenko A. A. Eksperimentalnoe issledovanie intensifikatsii protsessa napornoj flotatsii pri ochistke stochnyih vod molokopererabatyvayuschego predpriatiya. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*. 2016. Vyp. 1/6 (79). S. 4–12. **10.** Kovalchuk V. A. Ochystka stichnykh vod. Rivne : VAT «Rivnenska drukarnia», 2002. 622 s. **11.** Husieva L. M. Biotsenoz mikroorhanizmiv pry dvostupinchastomu ochyshchenni vysokokontsentrovanykh stichnykh vod molochnoi promyslovosti. *Pidvyshchennia efektyvnosti roboty system vodopostachannia ta vodovidvedennia naselenykh mist i promyslovykh pidpriemstv* : tezy dopovidei naukovopraktychnoi konf. Rivne : UIIVH, 1988. S. 90–91.

---

**Kovalchuk V. A., Doctor of Engineering, Professor, Kobylko I. V.,  
Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental  
Engineering, Rivne, Ukraine, i.v.kobylko@nuwm.edu.ua)

## **COMPOSITION AND PROPERTIES FEATURES OF WASTEWATERS FROM MILK PROCESSING ENTERPRISES**

**Milk processing enterprises play an important role in the food industry, but the milk processing process is accompanied by the significant volumes of highly concentrated wastewater. This article purpose is to study the composition and properties featurities in wastewater from milk processing enterprises at various stages of milk transformation, their consideration in the development of wastewater treatment technologies. The potential negative impact on the environment of untreated or insufficiently treated wastewater,**

**prospects and recommendations for improving the efficiency of wastewater treatment are considered. Understanding the specific characteristics of dairy wastewater is critical to the development and implementation of effective wastewater management strategies in the milk industry.**

***Keywords:* milk processing enterprises; wastewater; concentrations of sewage pollutants; wastewater treatment technologies.**

---