

**Abstract:**

*Hryhoriy DENISYK, Inna VOYNA, Bogdan DENISYK.* ANTHROPOGENIC CENTERS AS INDICATORS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE ENVIRONMENT

At the beginning of the XXI century, the landscape and ecologically destabilized environment of any region, including Ukraine, is characterized by abnormally rapid changes in the structural organization of geocomponents and landscape complexes and the relationships between them. As a result, new phenomena arise in the reaction of these natural structures to external, mainly anthropogenic, influences, which lead to unpredictable trends in the development of the environment. In such conditions, various anthropogenic centers are actively developing, among which the role and importance of recreational ones is also increasing.

As previous studies show, anthropogenic centers are the most real indicators of the current ecological state of the environment. Knowledge of the processes and phenomena that develop in recreational centers and geocotones is relevant and promising. On the one hand, they reveal the causes and mechanisms of existing trends of recreational transformations at the local level, and on the other, taking into account their indicator value, they open the way to managing the state of recreational landscapes and, partially, the environment in general.

In the conditions of today's unstable environment, anthropogenic centers and processes in them are gaining widespread development, as a manifestation of new landscape, energy, substance and informational connections. The goal is to investigate the formation process and substantiate the significance of anthropogenic centers as indicators of environmental development. In the research process, a constructive landscape approach, the principles of complexity and natural-anthropogenic coexistence were applied; methods - retrospective, natural analogies, modeling, GIS technologies. By the anthropogenic center we understand the territory within which, under the influence of human activity, processes develop that lead to a change in the structural organization of geocomponents and landscape complexes. It is shown that the diversity of anthropogenic centers and the processes that develop in them depend not only on the type of economic activity, but also on the mosaic of landscape complexes on the basis of which anthropogenic centers are formed. On the example of the model region - Middle Pobuzhzhia, the process of formation and structure of recreational centers - recreational centers in the coastal zone of the South Bug River and residential centers in forest landscapes were studied. Taking into account the indicator value of processes developing in anthropogenic centers, the possibilities of using these peculiar landscape structures in the development of regional projects of rational nature management are considered. It is noted that in the future it is necessary to intensify the research of anthropogenic centers and their processes, center boundaries and paradyamic relationships with the environment.

**Keywords:** anthropogenic landscape, anthropogenic center, processes, indicators, structure, environment, rational nature management.

*Надійшла 07. 09. 2023р.*

УДК 502.175:628.312.5]:[664:637.13](477.8)  
DOI:<https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.2.9>

Леонід БИЦЮРА, Юрій СЕНИК, Ірина БАРНА

## ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СТИЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ

*У публікації проаналізовано закономірності формування стічних вод на підприємствах молочної промисловості, яка характеризується широким спектром кінцевих продуктів переробки. Конкретизовано якісний склад стічних вод молокопереробного підприємства, у тім числі, у розрізі технологічних процесів виробництва кінцевого продукту і загальних втрат молочної сировини. Експериментально з'ясовано хімічний склад стічних вод та кількісний аналіз їх параметрів на прикладі молокопереробного підприємства Західного регіону.*

**Ключові слова:** молочна промисловість, молокопереробне підприємство, стічні води, хімічний склад стічних вод, Західний регіон.

**Постановка науково-практичної проблеми, актуальність та новизна дослідження.** Молочна промисловість України у період 2020-2023 років зазнала негативного впливу спочатку від пандемії COVID-19, а потім від військових дій на території нашої країни. На сьогодні основні центри переробки молока знаходяться в центральному та західному регіонах України, що зменшило негативний вплив стічних вод цих підприємств на екологічний стан країни,

але не вирішило проблеми забруднення довкілля загалом. Складність реалізації окресленої проблеми, пов'язаної із функціонуванням молокопереробної промисловості, яка пропонує населенню один із базових продуктів харчування, обумовлена ще й необхідністю діяти в умовах «постковіду» та продовження воєнного стану, який породжує масштабні екологічні виклики, тому видається актуальним аналізування якісних і кількісних параметрів стічних вод

підприємств з переробки молока.

**Зв'язок теми з важливими науково-практичними завданнями.** Молочна промисловість має широкий спектр кінцевих продуктів переробки, які можна умовно розділити на рідкі, тверді та сухі. До першої групи відносяться молоко пастеризоване, вершки та кислomолочні напої (кефір, йогурт, десерти), до другої групи – масло та сири, до третьої – сухе молоко (цільне або знежирене), протеїн різного складу та чистоти, казеїн та сироватка [5,7,19]. Принциповою відмінністю між цими групами продукції є «глибина» технологічної переробки молока з утворенням побічних продуктів – молочної сироватки та ультра- чи нанофільтраційного пермеату [24]. Виробництво саме твердих та сухих молочних продуктів пов'язано з утворенням побічних продуктів, які найбільше забруднюють навколишнє середовище у країнах ЄС [9]. Окрім цього відомо, що близько 50% від загальної кількості утвореної сироватки, особливо це стосується кислої сироватки, не піддається подальшій переробці перед утилізацією [20,21,26].

Стічні води молочного підприємства є результатом різних технологічних [10] та виробничих процесів [4], які розділені у часі та відповідно їхні продукти не скидаються одночасно, що формує склад із широкими якісними та кількісними варіаціями [19]. Промислові стічні води, які утворюються на підприємствах молочної галузі поділяються на два види: забруднені і мало забруднені. Забруднені стічні води утворюються після очищення обладнання, технологічних трубопроводів, автомобільних цистерн, підлог, панелей виробничих приміщень та ін. Мало забруднені води утворюються в результаті процесів охолодження молока та обладнання. Обидва види стічних вод утворюють загальний стік, який підлягає очищенню, знезараженню і викиду у системи водовідведення або поверхневі водойми (в залежності від хімічного складу) [4]. Тим не менш, можна виділити ряд спільних рис:

1. відносно підвищена температура;
2. високий вміст органічних речовин, з лівовою часткою лактози;
3. високий вміст фосфатів;
4. широкий діапазон рН.

За правового режиму воєнного стану функціонування підприємств молокопереробної галузі наштовхується на ряд проблем, врегулювання яких знаходиться в царині економічних, соціальних, демографічних та інших рішень, однак виявляє вплив і на прийняття екологічно значимих рішень щодо обсягів та якісних параметрів стічних вод, що скидаються.

Відтак, систематизувати та критично осмислити екологічні наслідки діяльності молокопереробних підприємств є завданням прикладного характеру, оскільки галузь продовжує виконувати важливу функцію на продовольчому ринку держави.

**Аналіз останніх публікацій за темою дослідження.** При аналізі утворення стічних вод молокопереробного підприємства встановлено, що їх основна частина формується під час технологічних операцій [31], при цьому, в кількісній оцінці цей об'єм становить, приблизно, від 50% до 80% від загальної кількості спожитої води підприємством, а якщо розраховувати загальну кількість скиду, то він становитиме у 2,5 рази більше від загальної кількості переробленого молока [2]. Тим не менш, термінальна кількість, а особливо характеристика стічних вод значною мірою залежатиме від:

- кількості переробленої молочної сировини на добу;
- застосованої технології;
- типу кінцевого продукту та замовлення логістики;
- використання СІР станцій для санітарної обробки;
- ефективності використання належної виробничої практики (GMP) [17].

Впровадження «good manufacture practices» на виробництві забезпечить не лише ефективний технологічний процес, якість і безпечність продукції, а й може знизити середній об'єм стічних вод до 0,5-2м<sup>3</sup> стоків на 1м<sup>3</sup> переробленого молока [28].

Технологічний процес виробництва вносить додаткову невизначеність у формування стічних вод, яка пов'язана зі значним коливанням загального об'єму утвореного скиду за годину. Такі зміни обумовлені не лише певним етапом технологічного процесу, а й санітарною обробкою обладнання (СІР-миття), яке використовує значну кількість чистої води [15]. Іншим фактором нерівномірності утворення стічних вод молочного підприємства є залповий скид, який утворюється під час санітарної обробки автомолцистерн, трубопроводів або обладнання вкінці кожного технологічного циклу [25]. Окрім впливу «виробничого фактору» на склад і кількість стоків, можна виділити і сезонні зміни у надоях молока на фермах, а отже, і загального об'єму переробленої сировини, тому літній період характеризується більшим навантаженням молочних скидів у порівнянні із зимовими місяцями [15].

Як вже зазначалося раніше, якісний склад стічних вод обумовлюється технологічними процесами виробництва кінцевого продукту і

загальними втратами молочної сировини. Із літературних джерел відомо, що виробничі втрати молока можуть становити 0,5-2,5% переробленого молока, а для деяких виробництв – 3-4% [15]. Окрім цільного молока у стічні води можуть надходити:

- кінцеві продукти виробництва (пастеризоване молоко, кефір, йогурт, сир та інше);
- побічні продукту глибшої переробки молока (молочна сироватка, нано- або ультрафільтраційний перміат);
- розчини миючих і дезінфікуючих засобів;
- залишки заквашувальних культур [11, 30].

Таким чином, стічні води молокопереробних підприємств відносяться до категорії висококонцентрованих вод з нестабільним складом [2], основними компонентами яких є: молочний білок і жир, лактоза та мінеральні речовини. Дисперсною фазою стічних вод є нерозчинні у воді жири і частинки коагульованого білка [1]. Саме через високий вміст органічних компонентів у стічних водах активно розвиваються різні штами мікроорганізмів, які здійснюють метаболізм лактози до молочної кислоти, що зумовлює зниження рН середовища і подальше осадження казеїну. Паралельно з кислотомолочним бродінням проходить процес деструкції сироваткових білків та казеїну з утворенням продуктів гниття [8].

Основним забруднювачем стічних вод молокопереробного підприємства є молочна сироватка, що пов'язано з її об'ємами та високим органічним навантаженням [12]. Залежно від кінцевого продукту і технології виробництва кількість утвореної сироватки може становити приблизно 85-95% об'єму використаної молочної суміші та містити до 55% усіх макрокомпонентів:

- вуглеводів – від 4% до 5%, переважно лактози;
- сироваткових білків – від 0,5% до 1%;
- ліпідів – від 0,05% до 0,5%;
- мінеральних компонентів – від 0,7% до 1,5% [13, 14].

Оскільки сироватка є побічним продуктом виробництва її можна використовувати як дешеве джерело лактози та білка, які знаходять застосування в різних галузях виробництва – в харчовій, молочній, фармацевтичній та інших. Наприклад, лактоза може бути або безпосередньо ферментована, або її можна гідролізувати з утворенням глюкози та галактози, тоді як білки широко використовуються в продуктах харчування та фармацевтичних продуктах, оскільки вони мають високу харчову цінність

та різноманітні функціональні властивості [16]. Таким чином, проста утилізація сироватки означає значну втрату потенційних поживних речовин та енергетичних ресурсів компанії, тому на вітчизняних молокопереробних підприємствах необхідно здійснювати реінжиніринг технологічних процесів для використання компонентів сироватки, що забезпечить не лише пом'якшення негативного впливу сироватки на навколишнє середовище під час її утилізації, а й покращить фінансовий стан підприємства.

**Матеріали та методи дослідження.** Для дослідження обрано стічні води та кінцеві продукти виробництва молокопереробного підприємства Західного регіону. Хімічний склад стічних вод встановлено згідно визначених методик.

Визначення водневого показника рН проводилось при кімнатній температурі (20-25°C) за допомогою портативного рН-метра марки Knick Portavo 902 з точністю вимірювання  $\pm 0,01$  рН.

Сухий залишок у воді – це кількість розчинених солей та органічних речовин, що не розкладаються при температурі 105°C; визначення цього показника здійснена за допомогою гравіметрії. У висушену фарфорову чашку перенесено аліквоту попередньо профільтрованої води. Чашка із сухим залишком висушувалась у сушильній шафі при температурі 103-105°C, після чого знову зважувалась з точністю до 0,001 г; процес сушіння і зважування продовжувався до отримання сталого значення маси чашки. Кінцевий результат розраховувався як середнє значення з трьох паралельних визначень, а показник «Сухий залишок (СЗ, мг/дм<sup>3</sup>)» розраховувався за формулою (1):

$$СЗ = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 1000}{V_{\text{аліквоти}}} \quad (1)$$

де СЗ – сухий залишок, мг/дм<sup>3</sup>;  $m_1$  – маса чашки з сухим залишком, г;  $m_0$  – маса порожньої чашки, г;  $V_{\text{аліквоти}}$  – об'єм води, взятий для випаровування, дм<sup>3</sup>; 1000 – коефіцієнт для перерахунку.

Кількість «мінеральних компонентів (МК, мг/дм<sup>3</sup>) у стічній воді визначали аналогічно сухому залишку, але здійснювали процес озолення органічних компонентів в муфельній печі при температурі 600°C, після чого фарфорова чашка поміщалась у ексікатор для охолодження і знову зважувалась. Ця операція повторювалась тричі для досягнення постійного значення маси. Кінцевий результат розраховувався як середнє значення з трьох паралельних визначень, встановлених згідно формули (1).

Кількість «зважених речовин (завислих речовин, ЗР, мг/дм<sup>3</sup>)» у воді визначалась гравіметричним методом, при цьому певний об'єм

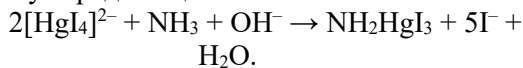
усередненої, добре перемішаної нефільтрованої проби стічної води, у нашому випадку – 250 см<sup>3</sup>, фільтрувався через паперовий фільтр «синя стрічка», який був попередньо зважений з точністю до 0,0001г. Фільтр з осадом висушувався у сушильній шафі при температурі 103-105°C, після чого охолоджувався в ексікаторі і знову зважувався. Операція повторювалась тричі для досягнення постійного значення маси. Кінцевий результат розраховувався як середнє значення з трьох паралельних визначень. Числове вираження показника ЗР, мг/дм<sup>3</sup> розраховувався аналогічно за формулою (1).

Для визначення «хімічного споживання кисню (ХСК)» застосовано біхроматний арбітражний метод. До аліквоти профільтрованої через фільтр «біла стрічка» стічної води, перші порції фільтрату відкидалися, додавався 0,1н дихромат калію і 18н сульфатна кислота, хлориди, які заважали аналізу маскувались додаванням AgNO<sub>3</sub> у кількості 22,2 мг на 1мг Cl<sup>-</sup>. Органічні речовини окислювались, після чого залишок K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> відтитрувався 0,1н розчинном солі Мора з редокс-індикатором ферроїном (розчин N-фенілатронілової кислоти). Для розрахунку ХСК проведено аналіз «холостої проби», а отримані дані використано у формулі (2):

$$\text{ХСК} = \frac{(V_0 - V_1) \cdot C_{\text{соли Мора}} \cdot 8 \cdot 1000}{V_2} \quad (2)$$

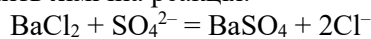
де ХСК – хімічне споживання кисню, мгО/дм<sup>3</sup>; V<sub>0</sub> – об'єм розчину солі Мора, який витрачено на титрування в холостому досліді, см<sup>3</sup>; V<sub>1</sub> – об'єм розчину солі Мора, який витрачено на титрування проби, см<sup>3</sup>; C<sub>соли Мора</sub> – нормальна концентрація титрованого розчину солі Мора; V<sub>2</sub> – об'єм стічної води, взятий для досліді, см<sup>3</sup>; 1000 – коефіцієнт для перерахунку на 1 дм<sup>3</sup> води; 8 – еквівалент кисню.

Вміст іонів амонію (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) досліджувався фотометричним методом з реактивом Неслера в лужному середовищі:



В результаті реакції утворюються жовто-коричневі сполуки, які випадають в осад, а при малих концентраціях утворюють колоїдні розчини. Вимірювання оптичної густини розчинів здійснювалось з використанням кювет 2см при λ = 425 нм, концентрація іонів амонію встановлено згідно калібрувального графіку.

Вміст сульфат-іонів (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) досліджувався гравіметричним методом. В основі аналізу лежить хімічна реакція:



Кількість сульфатів розраховувалась через гравіметричний коефіцієнт згідно формули (3):

$$\text{SO}_4^{2-}, \text{мг/дм}^3 = \frac{m_{\text{осаду}} \cdot 0,4116 \cdot 1000}{V_{\text{стоків}}} \quad (3)$$

де m<sub>осаду</sub> – маса прожареного у муфельній печі при температурі 600°C осаду барій сульфату, г; V<sub>стоків</sub> – об'єм води, взятий для досліді, см<sup>3</sup>; 1000 – коефіцієнт для перерахунку на 1 дм<sup>3</sup> води; 0,4116 – гравіметричний коефіцієнт перерахунку BaSO<sub>4</sub> на SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Вміст розчинених у воді ортофосфат-іонів (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) досліджувався фотометричним методом за допомогою молібдату амонію та аскорбінової кислоти. Оптичну густини розчину визначали при λ= 10 нм, а концентрацію аніонів встановлено згідно калібрувального графіку.

Вміст хлорид-іонів (Cl<sup>-</sup>) визначався титрометричним методом Фольгарда.

Визначення вмісту нітрит-аніонів (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) здійснено фотометричним методом після реакції аліквоти стічної води з реактивом Грісса (суміш сульфанілової кислоти і α-нафтиламіну, розчинена у оцтовій кислоті).

Визначення вмісту нітрат-аніонів (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, мг/дм<sup>3</sup>) здійснено фотометричним методом з саліцилатом натрію.

Визначення кількості етерозчинних речовин (ЕРР) (ліпідів та жирних кислот) здійснювалось методом багатократної екстракції диетиловим етером в якості екстрагента. Після випарювання етеру з екстракту, ваговим методом визначалась кількість речовин, що розчинилися у етері. Вміст етерозчинних речовин (ЕРР, мг/дм<sup>3</sup>) розраховувався за формулою (4):

$$\text{ЕРР} = \frac{m_1 - m_2}{V_{\text{стоків}}} \quad (4)$$

де m<sub>1</sub> – маса колби із залишком після видалення екстрагента, мг; m<sub>2</sub> – маса порожньої колби, мг; V – об'єм води, взятий для досліді, дм<sup>3</sup>.

Визначення «загального азоту (ЗА, мг/дм<sup>3</sup>)» здійснено за методом К'ельдаля з використанням дигесторного і дистильційного блоку від компанії FOSS.

Окрім цього, проведено дослідження показника ХСК, вмісту фосфат- та хлорид-аніонів у готовій молочній продукції, молочних сумішах і побічних продуктах виробництва. Значення хімічного споживання кисню досліджено дихроматним методом після розведення продукту дистильованою водою до теоретичного значення ~1500 мгО/дм<sup>3</sup>, вміст неорганічних аніонів встановлено фотометричним методом і методом Фольгарда відповідно після озолення дослідної проби у муфельній печі при 540°C.

Також проведено визначення вмісту жиру відповідно до вимог методу Гербера; загальний вміст білка за методом К'ельдаля із засто-

сування коефіцієнту 6,38 для перерахунку загального азоту у молочний білок; вміст лактози за допомогою фотометричного методу та антронового реактиву.

Всі отримані дані були піддані статистичній обробці.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження складу стічних вод молокопереробного підприємства було розділено на два етапи. На першому етапі проведено аналіз змішаних фаз, які утворюються у процесі виробництва у кожній дільниці підприємства, викидів бактеріофуги, ополісків після миття автомолцистерн, а також побічних продуктів виробництва – казеїнової і сирної сироватки, нанофільтраційного перміату після згущення кислої сироватки і

промивної води, яка використовується у технології виробництва казеїну. Аналіз проведено для одного дня виробництва молочного підприємства, яке переробило 496 тонн молока незбираного, з яких 170 тонн використано для виготовлення цільномолочної продукції і сиру кисломолочного, а решта – масла та казеїну. При цьому на всі виробничі процеси використано 1200 м<sup>3</sup> води, а утворений об'єм стічних вод становив 1357,47 м<sup>3</sup>, тим не менш, необхідно враховувати ще додаткові витрати води на допоміжні процеси та служби, що становила – 643 м<sup>3</sup>, тому загальний скид за добу становив 2000,47 м<sup>3</sup>.

Окремі значення об'єктів аналізу представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Окремі показники об'єктів аналізу на молокопереробному підприємстві

Об'єкт аналізу	Загальна кількість за добу, кг	Кількість жиру, кг	Кількість білка, кг	Кількість лактози, кг	ХСК, гО	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , г	Cl <sup>-</sup> , г
Вплив змішаних фаз окремих продуктів та виробничих етапів на склад стічної води							
Вивантаження сепаратора	1200	24	28,44	56,4	112920	1096,56	1113,96
Змішана фаза вершків 43% жирності при сепаруванні молока на масло	20	0,645	0,196	0,341	5750	6,121	6,466
Змішана фаза після виробництва молока 3,2%	21	0,259	0,237	0,381	1699,072	12,587	13,092
Загальна кількість змішаної фази після миття автомолцистерн	13860	110,88	108,108	148,848	481536	3127,766	3206,65
Загальна кількість змішаних фаз при виробництві цільномолочної продукції та сиру кисломолочного	1,2 · 10 <sup>6</sup>	263,4	161,4	478,7	1,515 · 10 <sup>6</sup>	9412,7	9644,5
Середнє значення показників при скиді 2000,47м <sup>3</sup> /добу					0,757	0,0041	0,0048
Вплив продуктів виробництва казеїну кислотним методом на склад стічної води							
Казеїнова сироватка при виробництві кислотного казеїну	200000	0	1400	9600	8,2 · 10 <sup>6</sup>	3,36 · 10 <sup>5</sup>	9,34 · 10 <sup>5</sup>
Нанофільтраційний пермеат після згущення казеїнової сироватки	151850	0	0	455,55	552734	125883,65	373961
Вода для промивки казеїнового зерна	274392	0	0	1097,57	1207324,8	89945,7	770492,7
Середнє значення впливу продуктів виробництва казеїну та часткової переробки сироватки (нанофільтраційний пермеат і промивна вода) при скиді 2000,47м <sup>3</sup> /добу					1,569	0,109	0,702

Для оцінки втрат зі змішаними фазами при виробництві та митті автомолцистерн проведено перерахунок кількості жиру у базисні кілограми, що становить 8231кг, а загалом

прийнято за добу – 545600кг (середнє значення вмісту жиру – 3,52%), таким чином, втрати становлять – 1,51%, що відповідає «стандартним» значенням втрат [15].

Наступний етап – безпосередній аналіз показників стічних вод молокопереробного підприємства. Для нівелювання впливу зміни складу стічних вод відповідно до виробничого процесу та об'єму виготовленої продукції, органі-

зовано їх відбір кожних дві години впродовж чотирьох днів, таким чином отримано 48 точок аналізу, що дозволило сформувати об'єктивну оцінку скиду підприємства (табл. 2).

Таблиця 2

Результати дослідження стічної води молокопереробного підприємства впродовж чотирьох днів

№ з/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Нормативні значення згідно наказу №316 від 01.12.2017 [4]	$\bar{X}_{\text{середнє}}$	$\sigma$	min	max
1	ХСК	мг/л	$\leq 500$	1636,25	1201,66	80,00	5040,00
3	Загальний азот	мг/л	$\leq 50$	13,43	6,79	3,81	31,51
4	$\text{NH}_4^+$	мг/л	-	0,36	0,13	0,05	0,51
5	Завислі частинки	мг/л	$\leq 300$	329,12	273,51	21,09	1200,00
6	pH	од.	6,5-9,0	8,00	1,13	6,10	11,64
7	Фосфати ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	мг/л	$\leq 5$ ( $\text{P}_{\text{зар}}$ )	126,45	74,93	28,03	326,60
8	Сульфати ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	мг/л	$\leq 400$	205,82	94,36	21,63	351,30
9	Хлориди ( $\text{Cl}^-$ )	мг/л	$\leq 350$	701,18	490,55	79,77	2510,72
10	Нітрати $\text{NO}_3^-$	мг/л	$\leq 45$	26,31	10,82	8,79	58,90
11	Нітрити $\text{NO}_2^-$	мг/л	$\leq 3,3$	0,57	0,43	0,17	1,80

Теоретичний розрахунок трьох основних параметрів стічної води – ХСК, фосфати і хлориди, представлені в табл. 1, практично підтверджені емпіричними дослідженнями. Також отримані результати у повній мірі свідчать про необхідність комплексного і систематичного аналізу стічних вод підприємства для формування цілісної картини його скиду. На це вказує велике значення середнього квадратичного відхилення, а також значний розкид значень дослідних параметрів, які виражаються у параметрах – min та max, що підтверджено в інших дослідженнях [14,30,33].

Одним з первинних і, на перший погляд, простих параметрів стічних вод молокопереробного підприємства є значення pH. Відомо, що для проведення біологічної очистки скидів цей параметр повинен знаходитися в межах 6,0 – 9,0 [15]. Цей параметр може змінюватися відповідно до типу виробництва: молоко- і маслозаводи продукують стоки з активною реакцією, близькою до нейтральної (pH=6,8-7,4); на заводах, де виробляють сир – солодка сироватка

знижує pH стоків до показника 5,9–6,6; у разі виготовлення казеїну кислотним методом із застосуванням неорганічних кислоти цей показник може досягати значення 4,3–4,6 [31,32]. Отримані дані вказують на показник  $8,00 \pm 1,13$ , що, ймовірно, обумовлено скидом лужних миючих розчинів, які нейтралізують кислі стічні води, утворені виробництвом сиру і технічного казеїну.

З огляду на виробництво молочної продукції, яка, в основному, є гетерогенною системою – емульсією, що не має твердих частинок, в стічних водах підприємства встановлено ЗР у кількості  $329,12 \pm 273,51$  мг/дм<sup>3</sup> з максимальним значенням – 1200 мг/дм<sup>3</sup>. Основним компонентом цього осаду є коагульований протеїн – казеїн [23], а також інші тверді часточки, які потрапляють у каналізацію під час миття обладнання, транспортних засобів або оборотної тари. Хоча стічні води молочних заводів мають низьку концентрацію завислих речовин, вони можуть осідати на каналізаційних трубах і зменшувати їх просвіт. Особливо гостро це питан-

ня виникає на підприємствах, які мають скиди з не гомогенізованого молока чи високо жирної продукції, адже білково-жирові відкладення на внутрішній стороні труб вимагають періодичного очищення для мінімізації мікробіологічного забруднення підприємства [6].

Через високий вмісту органічних речовин, які представлені, в основному, вуглеводами, білками і ліпідами, стічні води молокозаводів характеризуються високими значеннями ХСК і відповідно БСК, що можуть варіювати у межах 0,1 до 10 г/л [18,32]. Згідно отриманих результатів цей показник знаходиться в межах  $1636,25 \pm 1201,66$  мг/дм<sup>3</sup> з максимальним значенням – 5040 мг/дм<sup>3</sup>. У залежності від співвідношення фракцій у стічній воді буде різна швидкість біологічної деградації ХСК [27], виходячи з того, що лактоза та моносахариди є водорозчинні і здатні легко засвоюватися мікроорганізмами, саме ця фракція володіє найбільшим негативним впливом на водне середовище та муніципальні очисні споруди. З іншого боку, коагульований протеїн та молочний жир важко піддається біологічному розкладу та потребує або максимального виділення на хімічному і механічному етапі очистки, або додаткової обробки для біодоступності [29].

Не менш важливими для біодеградації стічних вод та їх негативного впливу на водне середовище є показники загального вмісту нітрогену та фосфору. Із таблиць 1 і 2 видно, що ці показники значно відрізняються у змішаних фазах різних молочних і кінцевих продуктів виробництва.

Загальний вміст Нітрогену, досліджений за методом К'ельдаля, знаходиться в межах  $13,43 \pm 6,79$  мг/дм<sup>3</sup> з максимальним значенням цього показника – 31,51 мг/дм<sup>3</sup>. Цей показник є адитивним значенням кількості Нітрогену, наявного у органічних компонентах стічних вод – білків та азот-вмісних складових молока, а також неорганічних компонентів – амоній-катиону та нітрит- і нітрат-аніонів [10]. Незначна, але стабільна наявність  $\text{NH}_4^+$  у стічній воді молокопереробного підприємства є результатом деструкції амінокислот молочного протеїну, а також невеликих скидів аміачно-компресорної станції. Щодо вмісту  $\text{NO}_2^-$  і  $\text{NO}_3^-$ , то їх кількість обумовлена використанням на молочних підприємствах розчину нітратної кислоти як миючого засобу для СІР станцій [10]. Таким чином, пікове зростання концентрації нітрат-аніонів у 2,24 рази порівняно із середнім значенням може бути результатом безпосереднього скиду використаного розчину кислоти або його нейтралізації згідно графіку регламентних робіт.

Щодо молочних стічних вод, то для них виділяють два основних джерела фосфатів: натуральне молоко, яке містить близько 90 мг фосфору на 100г та миючі засоби [4]. Сполуки фосфору в скидах молокопереробних підприємств, в основному, знаходяться в неорганічній формі – ортофосфат-аніони ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) і дифосфат-аніони ( $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ), але вони також можуть бути присутні в органічній формі, що обумовлюється технологічним процесом [10].

Результати досліджень, представлені у таблиці 1, дозволяють встановити, що найбільший внесок у загальний вміст фосфат-аніонів вносять продукти виробництва казеїну, порівняно з цільномолочною продукцією. Це пов'язано з технологією виробництва, яка використовує концентровану хлоридну кислоту для досягнення ізоелектричної точки казеїну у знежиреному молоці, при цьому відбувається порушення Са-Р-мостиків та утворення  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$  або  $\text{PO}_4^{3-}$  [22].

Щодо вмісту сульфат-аніонів, то їх джерелом є технологічний процес виробництва казеїну, в якому використовується розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  для підкислення казеїнового зерна. У той же час з СІГ ситуація дещо інша, адже середнє значення знаходиться в межах  $701,18 \pm 490,55$  мг/дм<sup>3</sup>, а пікове значення – 2510,72 мг/дм<sup>3</sup>. Як вже зазначалося вище, одним з джерел хлоридів у стічній воді молокопереробного підприємства є розчин  $\text{HCl}$  для осадження казеїну, а іншим джерелом виступає система водопідготовки на підприємстві. Для забезпечення якісної роботи обладнання підприємство повинно використовувати пом'якшену воду із загальним показником твердості не вище 1 ммоль/л, що досягається пропусканням водопровідної води через іонообмінні смоли, відновлення яких відбувається за допомогою  $\text{NaCl}$ . У зв'язку з цим можна припустити, що пікове навантаження СІГ може бути обумовлене залповим скидом розчину натрій хлориду після відновлення катіоніту.

**Висновки та перспективи використання результатів дослідження.** В результаті проведених досліджень встановлені закономірності і джерела утворення та експериментально визначено хімічний склад стічних вод молокопереробного підприємства Західного регіону. Отримані результати дозволили зробити наступні висновки:

1) Формування загального стоку обумовлене як технологічним, так і супутніми процесами, які включають раптові викиди сильно забруднених стоків з високою концентрацією основних забруднювачів, використання нестабільного об'єму води, яка використовується в різних технологічних процесах, залежність

об'єму і складу стічної води від виробничої зміни і часу доби. Таким чином, для коректної оцінки складу скиду молокопереробного підприємства необхідне систематичне і довготривале дослідження, а не точковий аналіз.

2) Експериментально досліджено хімічний склад стічних вод за основними показниками, які регламентуються законодавством України при викиді стоків у систему водовідведення та у муніципальні споруди біологічної очистки. Із отриманих даних видно, що хімічний склад загального стоку молокопереробного підприємства не відповідає вимогам, при цьому, основними забруднювачами є: органічні компоненти, що виражається у перевищенні значення ХСК при середньому значенні втричі, а при піковому навантаженні – у 10 раз; фосфатів при перерахунку на загальний фосфор – у 8-22 разів та хлоридів – у 2-7 рази.

3) Порівняльна характеристика окремих технологічних етапів свідчить про те, що най-

більш забруднені стічні води утворюються в процесі виробництва казеїну кислотного. Ці води характеризуються високими значеннями ХСК, хлоридів і фосфатів, а їхній вклад у загальне значення цих показників є визначальним. У той же час виробництво цільномолочної продукції характеризується незначним перевищенням показника ХСК.

Таким чином, для попередження загибелі активного мулу в муніципальних спорудах біологічної очистки необхідна попередня обробка стічних вод для приведення вищевказаних показників до необхідних норм.

Пропоновані результати дослідження конкретизують якісні характеристики стічних вод як джерела антропогенного навантаження з боку молокопереробних підприємств, що особливо актуально для фахівців, суб'єктів господарювання, небайдужих представників громадськості.

#### Література:

1. Коневич М., Гудь В. Особливості стічних вод молокозаводів. *Матеріали XV наукової конференції ТНТУ імені Івана Пулюя*. Тернопіль, 2011. С. 309.
2. Макаров Є.О. Екологічна безпека висококонцентрованих стічних вод молокопереробних підприємств. Сталій розвиток – стан та перспективи: *Матеріали II Міжнародного симпозіуму SDEV'2020*. Львів, 2020. С. 235-236.
3. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 316 від 01.12.2017 «Про затвердження Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text> (дата звернення 17.02.2023).
4. Andronov V., Makarov Ye., Danchenko Yu., Obigenko T. Research of the regularities of forming and chemical composition of sewage water of a dairy processing company. *Technogenic and ecological safety*. 2020. Vol. 7(1/2020). P. 13-21.
5. Britz J.T., van Schalwyk C., Hung Y.T. Treatment of dairy processing wastewaters. *Waste treatment in the food processing industry*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2006. P. 1-25.
6. Cammarota M.C., Freire D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresour Technol*. 2006. Vol. 97. P. 2195-2210.
7. Carvalho F., Prazeres A.R., Rivas J. Cheese whey wastewater: characterization and treatment. *Sci Total Environ*. 2013. Vol. 445-446. P. 385-396.
8. Catawan R. Milking money from wastewater. *Dairy Foods*. 1990. Vol. 91. №11. P. 87-92.
9. Cristian O. Characteristics of the untreated wastewater produced by food industry. *An Univ Oradea Fasc Prot Med*. 2010. Vol. 15. P. 709-714.
10. Demirel B., Yenigun O., Onay T.T. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. *Process Biochem*. 2005. Vol. 40. P. 2583-2595.
11. Doble M., Kumar A. Treatment of waste from food and dairy industries. In: *Biotreatment of industrial effluents*. Burlington, VT, USA: Elsevier Butterworth-Heinemann. 2005. P. 183-185.
12. Domingues L., Dantas M.M., Lima N., Teixeira J.A. Continuous ethanol fermentation of lactose by a recombinant flocculating *Saccharomyces cerevisiae* strain. *Biotechnol Bioeng*. 1999. Vol. 64. P. 692-697.
13. Ecological clarification of cheese whey prior to anaerobic digestion in upflow anaerobic filter. / [Gannoun H. et al.] *Bioresour Technol*. 2008. Vol. 99. P. 6105-6111.
14. Farizoglu B., Keskinler B., Yildiz E., Nuhoglu A. Simultaneous removal of C, N, P from cheese whey by jet loop membrane bioreactor (JLMBR). *J Hazard Mater*. 2007. Vol. 146. P. 399-407.
15. Janczukowicz W., Zieliński M., Dębowski M. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. *Bioresour Technol*. 2008. Vol. 99. P. 4199-4205.
16. Jayaprakasha H.M., Yoon Y.C. Production of functional whey protein concentrate by monitoring the process of ultrafiltration. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 2005. Vol. 18. P. 433-438.
17. Karadag D., Koroğlu O.E., Ozkaya B., Cakmakci M. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. *Process Biochem*. 2015. Vol. 50. P. 262-271.
18. Kotoupas A., Rigas F., Chalaris M. Computer-aided process design, economic evaluation and environmental impact assessment for treatment of cheese whey wastewater. *Desalination*. 2007. Vol. 213. P. 238-252.
19. Nadais M.H.G.A.G., Capela M.I.A.P.F., Arroja L.M.G.A., Hung Y.T. Anaerobic treatment of milk processing wastewater. In: Wang LK, Tay JH, Tay STL, Hung YT, editors. *Handbook of environmental engineering, vol. 11. Environmental bioengineering*. New York, NY, USA: Humana Press, Springer. 2010. P. 555-618.
20. Najafpour G.D., Hashemiyeh B.A., Asadi M., Ghasemi M.B. Biological treatment of dairy wastewater in an upflow anaerobic sludge-fixed film bioreactor. *Am-Euras J Agric Environ Sci*. 2008. Vol. 4. P. 251-257.
21. Pesta G., Meyer-Pittroff R., Russ W. Utilization of whey. In: Oreopoulou W, Russ W, editors. *Utilization of by-products and*



- treatment of waste in the food industry*. New York, NY, USA: Springer; 2007. P. 193-205.
22. Portnaya I., Khalfin R., Danino D. Interplay of interactions between micelles and fibrils of casein protein. *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 120. P. 1-9.
  23. Prazeres A.R., Carvalho F., Rivas J. Cheese whey management: A review. *J Environ Manage*. 2012. Vol.110. P. 48-68.
  24. Rosenwinkel K.H., Austermann-Haun U., Meyer H. Industrial wastewater sources and treatment strategies. Dairy industry. In: Rehm HJ, Reed G, Pühler A, Stadler P, editors. *Environmental processes I, vol. 11a. Biotechnology*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH. 1999. P. 208-209.
  25. Rosenwinkel K.H., Austermann-Haun U., Meyer H. Industrial wastewater sources and treatment strategies. In: Jördening HJ, Winter J, editors. *Environmental biotechnology: concepts and applications*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2005. P. 69-70.
  26. Saddoud A., Hassari L., Sayadi S. Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. *Bioresour Technol*. 2007. Vol. 98. P. 2102-2108.
  27. Sadecka Z., Płuciennik-Koropczuk E., Sieciechowicz A. COD fractions in wastewater kinematic models. *Forum Eksploataora*. 2011. Vol. 54(3). P. 72-77.
  28. Slavov A.K. General Characteristics and Treatment Possibilities of Dairy Wastewater – A Review. *Food Technol Biotechnol*. 2017. Vol. 55(1). P. 14-28.
  29. Struk-Sokołowska J. Changes of COD fractions share during municipal wastewater treatment with big dairy wastewater participation. *Annual Set The Environment Protection*. 2011. Vol. 13. P. 2015-2032.
  30. Tawfik A., Sobhey M., Badawy M. Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system). *Desalination*. 2008. Vol. 227. P. 167-177.
  31. Tsachev T. Dairy industry wastewater treatment. In: Industrial wastewater treatment. Sofia, Bulgaria: State Publishing House Technique. 1982. P. 239-241.
  32. Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling approaches / [Venetsaneas N. et al.] *Bioresour Technol*. 2009. Vol. 100. P. 3713–3717.
  33. Venkata S., Mohan S., Babu V.L., Sarma P.N. Effect of various pretreatment methods on anaerobic mixed microflora to enhance biohydrogen production utilizing dairy wastewater as substrate. *Bioresour Technol*. 2008. Vol. 99. P. 59-67.

#### References:

1. Konevych M., Hud' V. Osoblyvosti stichnykh vod molokozavodiv. Materialy XV naukovoyi konferentsiyi TNTU imeni Ivana Pulyuya. Ternopil', 2011. S. 309.
2. Makarov Ye.O. Ekologichna nebezpeka vysokokontsentrovanykh stichnykh vod molokopererobnykh pidpryyemstv. Stalyy rozvytok – stan ta perspektivy: Materialy II Mizhnarodnoho sympoziumu SDEV"2020. L'viv, 2020. S. 235-236
3. Nakaz Ministerstva rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy # 316 vid 01.12.2017 «Pro zatverdzhennya Pravyl pryymannya stichnykh vod do system tseentralizovanoho vodovidvedennya ta Poryadku vyznachennya rozmiru platy, shcho spravlyayet'sya za ponadnormatyvni skydy stichnykh vod do system tseentralizovanoho vodovidvedennya» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-18#Text>. (data zvernennya 17.02.2023).
4. Andronov V., Makarov Ye., Danchenko Yu., Obigenko T. Research of the regularities of forming and chemical composition of sewage water of a dairy processing company. Technogenic and ecological safety. 2020. Vol. 7(1/2020). P. 13-21.
5. Britz J.T., van Schalwyk C., Hung Y.T. Treatment of dairy processing wastewaters. Waste treatment in the food processing industry. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2006. P. 1-25.
6. Cammarota M.C., Freire D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresour Technol*. 2006. Vol. 97. P. 2195-2210.
7. Carvalho F., Prazeres A.R., Rivas J. Cheese whey wastewater: characterization and treatment. *Sci Total Environ*. 2013. Vol. 445-446. P. 385-396.
8. Catawan R. Milking money from wastewater. *Dairy Foods*. 1990. Vol. 91. #11. P. 87-92.
9. Cristian O. Characteristics of the untreated wastewater produced by food industry. *An Univ Oradea Fasc Prot Med*. 2010. Vol. 15. P. 709-714.
10. Demirel B., Yenigun O., Onay T.T. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. *Process Biochem*. 2005. Vol. 40. P. 2583-2595.
11. Doble M., Kumar A. Treatment of waste from food and dairy industries. In: Biotreatment of industrial effluents. Burlington, VT, USA: Elsevier Butterworth-Heinemann. 2005. P. 183–185.
12. Domingues L., Dantas M.M., Lima N., Teixeira J.A. Continuous ethanol fermentation of lactose by a recombinant flocculating *Saccharomyces cerevisiae* strain. *Biotechnol Bioeng*. 1999. Vol. 64. P. 692–697.
13. Ecological clarification of cheese whey prior to anaerobic digestion in upflow anaerobic filter. / [Gannoun H. et al.] *Bioresour Technol*. 2008. Vol. 99. P. 6105-6111.
14. Farizoglu B., Keskinler B., Yildiz E., Nuhoglu A. Simultaneous removal of C, N, P from cheese whey by jet loop membrane bioreactor (JLMBR). *J Hazard Mater*. 2007. Vol. 146. P. 399–407.
15. Janczukowicz W., Zieliński M., Dębowski M. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. *Bioresour Technol*. 2008. Vol. 99. P. 4199-4205.
16. Jayaprakasha H.M., Yoon Y.C. Production of functional whey protein concentrate by monitoring the process of ultrafiltration. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 2005. Vol. 18. P. 433-438.
17. Karadag D., Köroğlu O.E., Ozkaya B., Cakmakci M. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. *Process Biochem*. 2015. Vol. 50. P. 262-271.
18. Kotoupas A., Rigas F., Chalaris M. Computer-aided process design, economic evaluation and environmental impact assessment for treatment of cheese whey wastewater. *Desalination*. 2007. Vol. 213. P. 238–252.
19. Nadais M.H.G.A.G., Capela M.I.A.P.F., Arroja L.M.G.A., Hung Y.T. Anaerobic treatment of milk processing wastewater. In: Wang LK, Tay JH, Tay STL, Hung YT, editors. *Handbook of environmental engineering*, vol. 11. Environmental bioengineering. New York, NY, USA: Humana Press, Springer. 2010. P. 555-618.
20. Najafpour G.D., Hashemiyeh B.A., Asadi M., Ghasemi M.B. Biological treatment of dairy wastewater in an upflow anaerobic sludge-fixed film bioreactor. *Am-Euras J Agric Environ Sci*. 2008. Vol. 4. P. 251-257.

21. Pesta G., Meyer-Pittroff R., Russ W. Utilization of whey. In: Oreopoulou W, Russ W, editors. Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry. New York, NY, USA: Springer; 2007. P. 193-205.
22. Portnaya I., Khalfin R., Danino D. Interplay of interactions between micelles and fibrils of casein protein. Food Hydrocolloids. 2021. Vol. 120. R. 1-9.
23. Prazeres A.R., Carvalho F., Rivas J. Cheese whey management: A review. J Environ Manage. 2012. Vol.110. P. 48-68.
24. Rosenwinkel K.H., Austermann-Haun U., Meyer H. Industrial wastewater sources and treatment strategies. Dairy industry. In: Rehm HJ, Reed G, Pühler A, Stadler P, editors. Environmental processes I, vol. 11a. Biotechnology. Weinheim, Germany: Wiley-VCH. 1999. P. 208-209.
25. Rosenwinkel K.H., Austermann-Haun U., Meyer H. Industrial wastewater sources and treatment strategies. In: Jördening HJ, Winter J, editors. Environmental biotechnology: concepts and applications. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2005. P. 69-70.
26. Saddoud A., Hassari I., Sayadi S. Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. Bioresour Technol. 2007. Vol. 98. P. 2102-2108.
27. Sadecka Z., Pluciennik-Koropczuk E., Sieciechowicz A. COD fractions in wastewater kinematic models. Forum Eksplotatora. 2011. Vol. 54(3). P. 72-77.
28. Slavov A.K. General Characteristics and Treatment Possibilities of Dairy Wastewater – A Review. Food Technol Biotechnol. 2017. Vol. 55(1). P. 14-28.
29. Struk-Sokolowska J. Changes of COD fractions share during municipal wastewater treatment with big dairy wastewater participation. Annual Set the Environment Protection. 2011. Vol. 13. P. 2015-2032.
30. Tawfik A., Sobhey M., Badawy M. Treatment of a combined dairy and domestic wastewater in an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor followed by activated sludge (AS system). Desalination. 2008. Vol. 227. P. 167-177.
31. Tsachev T. Dairy industry wastewater treatment. In: Industrial wastewater treatment. Sofia, Bulgaria: State Publishing House Technique. 1982. P. 239-241.
32. Using cheese whey for hydrogen and methane generation in a two-stage continuous process with alternative pH controlling approaches [Venetsaneas N. et al.] Bioresour Technol. 2009. Vol. 100. P. 3713–3717.
33. Venkata S., Mohan S., Babu V.L., Sarma P.N. Effect of various pretreatment methods on anaerobic mixed microflora to enhance biohydrogen production utilizing dairy wastewater as substrate. Bioresour Technol. 2008. Vol. 99. P. 59-67.

**Abstract:**

**Leonid BYTSYURA, Yurii SENYK, Iryna BARNА.** ESTABLISHMENT OF THE LAWS OF FORMATION AND CHEMICAL COMPOSITION OF WASTEWATER OF A DAIRY PROCESSING PLANT IN THE WESTERN REGION OF UKRAINE

The dairy industry has a wide range of processing end products, which can be conventionally divided into liquid, solid and dry products. The first group includes pasteurized milk, cream and fermented milk drinks (kefir, yoghurt, desserts), the second group includes butter and cheese, the third group includes dry milk (whole or skim), proteins of various composition and purity, casein and whey. The wastewater of a dairy factory is the result of various technological and production processes, which vary in time and, accordingly, their products are not discharged simultaneously, which determines the formation of effluents of different compositions and volumes. Industrial wastewater generated at dairy factories is divided into two types: polluted and partly polluted wastewater. Polluted wastewater is produced after cleaning equipment, industrial pipelines, automobile tanks, floors, industrial premise panels, etc. Partly polluted wastewater is produced as a result of the cooling processes of milk and equipment. Both types of wastewater form a common flow that is subject to cleaning, disinfection and discharge into drainage systems or surface water bodies (depending on the chemical composition).

The study of the wastewater composition of a dairy processing plant was divided into two stages. At the first stage, the analysis of mixed phases formed during the production process in each section of the factory was carried out.

The analysis was carried out for one day of production at a dairy factory that processed 496 tons of whole milk, of which 170 tons were used to make whole milk products and cottage cheese, and the rest were used to make butter and casein. At the same time, 1200 m<sup>3</sup> of water was used for all production processes, and additional water consumption for auxiliary processes and services amounted to 643 m<sup>3</sup>, so the total discharge per day was 2000.47 m<sup>3</sup>.

The next step was to directly analyse the wastewater indicators of the dairy processing plant. To offset the impact of the production process on the composition of dairy wastewater and the volume of manufactured products, we organized sampling every two hours for four days. As a result, 48 points of analysis were obtained, which allowed us to form an objective assessment of the factory's discharge.

As a result of the research, the regularities and sources of formation of wastewater were established, and the chemical composition of wastewater from a dairy processing plant in the Western region of Ukraine was experimentally determined. The results obtained allowed us to draw the following conclusions. The formation of the total runoff is caused by both technological and related processes, which include sudden emissions of highly polluted wastewater with a high concentration of major pollutants, the use of different volumes of water for technological processes, and different volumes and composition of wastewater during the day. Therefore, to correctly assess the composition of a dairy factory's discharge, a systematic and long-term study is required, rather than a spot analysis.

The chemical composition of wastewater was experimentally studied according to the main indicators regulated by the legislation of Ukraine regarding the discharge of wastewater into the sewage system and municipal biological treatment facilities. The data obtained indicates that the chemical composition of the total wastewater from the dairy processing plant does not meet the requirements. The main pollutants are: organic components, which are expressed in exceeding the chemical oxygen demand on average by three times, and at the peak load - by 10 times; phosphates in terms of total phosphorus - by 8-22 times and chlorides - by 2-7 times.

A comparative characterization of individual technological stages shows that the most polluted wastewater is generated in the process of acid casein production. These waters are characterized by high values of COD, chlorides and phosphates, and their contribution to the overall value of these indicators is determinant. The production of whole milk products is characterized by a slight excess of COD.

As a result, in order to prevent the death of activated sludge in municipal biological treatment facilities, pretreatment of wastewater is necessary to bring the above indicators to the norms.

**Key words:** dairy industry, dairy processing plant, wastewater, wastewater chemical composition, the Western region of Ukraine.

Надійшла 17. 10. 2023р.

УДК 911.3

DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.23.2.10>

Іван РУДАКЕВИЧ

## ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ

*У статті охарактеризовані географічні аспекти забруднення території України вибухонебезпечними предметами внаслідок російсько-української війни. З початком бойових дій українські землі стали найбільш замінованими у світі. Значні земельні площі забруднені різними мінами, нерозірваними снарядами та бомбами, особливо російськими. Значно зросла площа забруднених вибухонебезпечними предметами земель після спорудження російськими військами та інженерами оборонних ліній у Херсонській, Запорізькій, Донецькій та Луганській областях. Запропоновано групування регіонів України за ступенем забрудненості вибухонебезпечними предметами з їх поділом на три групи. Перспективи очищення території України від вибухонебезпечних предметів полягають у завершенні російсько-української війни, підготовці необхідної кількості саперів і залученні спеціалізованої техніки.*

**Ключові слова:** війна, військовий, вибухонебезпечний предмет, мінні поля, територія, Україна.

**Постановка науково-практичної проблеми.** 24 лютого 2022 року російські війська вторглися на територію України, розпочавши найбільш широкомасштабну війну на просторах Європи за останні 80 років. У перші два місяці війни ворожі військові підрозділи окупували майже третину українських земель. Однак починаючи з березня 2022 року російські війська поступово відступають з окупованих ними територій України. Внаслідок масованих артилерійських обстрілів, ракетних атак, дистанційного мінування за один рік територія України стала найбільш замінованою у світі. За різними оцінками до третини площі країни може бути забрудненою вибухонебезпечними предметами. Навіть за швидкого завершення війни на розмінування та відновлення уражених місцевостей потрібні будуть роки. Вибухонебезпечні предмети несуть значну загрозу як для військових, так для цивільних людей, свійських і диких тварин, для природних чи антропогенних ландшафтів загалом. Однак найбільшої шкоди замінування місцевості завдало сільському та лісовому господарству, оскільки посівні площі та ліси виводяться з господарського обороту на кілька років, залежно від темпів розмінування.

**Актуальність і новизна дослідження. Аналіз останніх публікацій за темою дослідження.** Тематиці забруднення території України вибухонебезпечними предметами та

матеріалами присвячено небагато наукових праць, незважаючи на нагальну актуальність. Серед опублікованих досліджень значної уваги заслуговує колективний звіт «Забруднення території України вибухонебезпечними предметами. Оцінка пошкоджень ландшафтів пожежами» авторів Зібцев С.В., Миронюк В.В., Сошенський О.М., Борсук О.А., Гуменюк В.В., виконаний за підтримки всесвітнього фонду дикої природи (WWF)[1]. У дослідженні Пантелєєвої Н., Сивого М., Ганчук О. про екологічні наслідки пошкодження промислових об'єктів під час війни теж охарактеризовано вплив вибухонебезпечних предметів на довкілля та забруднення ними територій [5]. Позитивним фактом є поява наукових праць щодо процесів розмінування забрудненої території вибухонебезпечними предметами [2]. Хоча загалом в українській географічній науці актуальна тема забруднення території України вибухонебезпечними об'єктами та речовинами, незважаючи на актуальність, ще недостатньо досліджена.

**Метою** даної публікації є вивчення географічних аспектів забруднення території України вибухонебезпечними предметами, особливо у регіональному розрізі. Внаслідок бойових дій та відповідного замінування території України значні площі земель (близько третини) не придатні для використання.

**Викладення основного матеріалу.** Че-