

## МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

О Гивлюд А.М., 2014

**Проведено моніторинг забруднення стічних вод продуктами молокопереробних підприємств. Встановлено склад відходів та їх вплив на навколишнє середовище. Запропоновано технологічну схему очищення стічних вод молокопереробних підприємств.**

**Ключові слова:** моніторинг, стічні води, цеоліт, молочна кислота, молокозавод, активоване вугілля.

**The pollution of wastewater of dairies products was monitored. The composition of the wastewater and its impact on the environment took place. The technological scheme of sewage treatment dairies was proposed.**

**Key word:** monitoring, wastewater, zeolit, lactic acid, dairy industry, activad carbon.

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.**

Необхідність пошуку та розроблення нових технологій очищення стічних вод молокопереробних підприємств обґрунтована низькою ефективністю роботи існуючих очисних споруд. Використання класичної технології біологічного очищення, що характеризується наявністю рециркуляційних потоків, пов'язано із порівняно високими витратами електроенергії на оброблення стічних вод та утворенням значної кількості надлишкової біомаси. Необхідність стабілізації утворених осадів вимагає додаткових витрат, а потреба у розробленні нових технологій очищення стічних вод обґрунтована зміною характеру та фазово-дисперсного стану забруднень стічних вод молокозаводів. За останні 10 років спостерігається зміна фазово-дисперсного складу стічних вод молокозаводів, пов'язана із зростанням попиту на кисломолочну продукцію та зменшенням обсягів виробництва пастеризованого молока, а також підвищенням концентрації нерозчинених органічних часток порівняно із вмістом розчинених сполук.

Під час виробництва молочних продуктів утворюється велика кількість сироватки, близько 90 % від об'єму молока, яке переробляється. Відомі різні методи утилізації сироватки – ультрафільтрація, сушіння, виробництво етилового спирту та інших продуктів. Через відсутність досконалих ресурсощадних технологій ці методи майже не застосовуються. Основну частину сироватки разом із стічною водою (СВ) скидають у каналізацію, що створює екологічну проблему. ХСК сироватки і СВ становить, відповідно близько 70000 та 3000 мг/л, а недостатнє промислове використання відходів призводить до великих втрат цінних речовин, зниження ефективності виробництва та необхідності сплати штрафів за скидання викидів.

Для очищення промислових стічних вод застосовують, зокрема, механічні, біологічні, хімічні та фізико-хімічні методи. Проте в окремих випадках виникає потреба у їх поєднанні. Для очищення стічних вод застосовують безліч методів, з яких сорбційні дають змогу вилучати забруднення у слідових кількостях. Під час реалізації очищення стічних вод адсорбційним методом використовують природні та синтетичні матеріали. Тому актуальною є проблема дослідження механізмів адсорбції для з'ясування доцільності подальшої регенерації сорбентів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На промислових підприємствах повинно здійснюватися локальне очищення виробничих стічних вод перед скиданням їх у міську каналізацію, а на міських очисних спорудах – повне біологічне очищення. Для локального очищення потрібно видалити усі шкідливі речовини, які гальмують біохімічні процеси під час біологічного очищення на міській станції аерації [1, 2].

Біологічне очищення дає змогу здійснити глибоке доочищення виробничих стічних вод, яке забезпечує можливість їх повторного використання у виробництві. При цьому очищення доцільно проводити у великих районних очисних спорудах, база та експлуатація яких має вищий технологічний рівень, ніж невеликі очисні споруди на підприємствах. Тому ставляться високі вимоги до якості та кількості виробничих стічних вод, які скидають у міську каналізацію [2, 3].

Стічні води молокопереробних підприємств, як правило, поділяються на дві категорії: висококонцентровані (сироватка та меліса), які утворюються в цеху виробництва сирів, молочного цукру і альбумінованого сиру, та низькоконцентровані, які утворюються під час миття тари, технологічного обладнання та приміщень від забруднень залишками молока, продуктами його переробки, мийними засобами тощо [4, 5].

З розвитком високоефективних та економних технологій, які використовуються на молокопереробних підприємствах, кількість води, яка споживається у виробничому циклі, зменшується. Тому концентрація забруднювальних речовин та кількість висококонцентрованих стічних вод збільшується. На молокопереробних підприємствах середньої продуктивності утворюється близько 80–90 т за добу сироватки та 20 т за добу – меліси, які потребують ефективної утилізації. Тому надходження висококонцентрованих розчинів у стічні води може становити від кількох десятків до сотень м<sup>3</sup> за добу, з середньою концентрацією ХСК 50 гО<sup>2</sup>/л. Такі висококонцентровані розчини поступають періодично з кратністю скиду один раз за зміну, при цьому змішування їх з основним потоком призводить до порушень роботи очисних станцій, а також до втрати цінних компонентів, що містяться у цих розчинах [6, 7].

**Мета роботи** полягає у моніторингу забруднених стічних вод молокопереробних підприємств, їх впливу на довкілля та методів очищення.

**Експериментальні дослідження.** Склад стічних вод молокопереробних підприємств залежить від властивостей, технологічного процесу та асортименту продукції.

Виробничі стічні води характеризуються такими середніми показниками:

ХСК -----	1500 мг/л,
БСК -----	1200 мг/л,
Завислі речовини -----	320 мг/л,
Нітроген загальний -----	50 мгN/л,
Флюор -----	до 15 мг/л,
Жири-----	до 100 мг/л,
Хлориди -----	150 мг/л,
Температура-----	до 33 °С
pH-----	6,2–7,4

Обстеження багатьох молокозаводів, що були проведені під час погодинного відбору проб, виявило: ХСК стічних вод молокозаводів, які мають цехи з виробництва сиру та твердих жирів, становить 4000–10000 мгО<sup>2</sup>/л; вміст завислих речовин – до 1000 мг/л і більше, вміст жирів – 250 – 390 мг/л.

Показники забруднень стічних вод наведено у табл. 1.

*Таблиця 1*

**Показники забруднень стічних вод молокопереробних заводів**

Походження стічної води	Показники забруднень		
	БСК, мг/л	ХСК, мг/л	Співвідношення БСК:ХСК
Київський ГМЗ №3	2200	2700	0,815
Козятинський молокозавод	2600	3310	0,785
Броварський молокозавод	2620	3320	0,789
Середнє	2473	3110	0,796

Високі концентрації легкоокислюваних органічних речовин у стічних водах молокопереробних заводів призводять до різкого зниження розчиненого кисню у водоймах. Крім того, характерною ознакою цих вод є низьке значення рН внаслідок утворення кислотних сполук під час біохімічного розкладу. Надходження у водні об'єкти значних кількостей завислих речовин білкового походження призводить до різкого накопичення донних відкладів, для яких характерними є процеси гниття.

Найбільшою загрозою для водних об'єктів є стічні води виробництв казеїну та твердих сирів, що характеризуються високими показниками ХСК та БСК. Їх характеристика подана у табл. 2.

Таблиця 2

**Характеристика стічних вод молоко -, масло - та сироробних заводів**

Завислі речовини мг/л	БСК повн., мг/л	ХСК, мг/л	Нафто-продукти, мг/л	Нітроген амонійний, мг/л	Флюор, мг/л	Хлориди, мг/л	Примітка
350	1200	1400	10	60	8	150	Жири до 100
600	2400	3000	10	90	16	200	Жири до 100

Оцінити рівень забруднення стічних вод молокопереробних підприємств можна методом потенціометричного аналізу, який дає змогу якісно та кількісно встановити вміст кожного інгредієнта.

Свіжі виробничі стоки молокопереробних підприємств мають білий або жовтуватий колір. Реакція їх лужна. Оскільки в стічних водах містяться білкові речовини, вуглеводи і жири, вони швидко піддаються загниванню і закисанню. Настає зброджування молочного цукру у молочну кислоту, що призводить до осадження казеїну та інших протеїнових речовин. Загнивання останніх супроводжується виділенням дуже неприємного запаху, рН стічних вод при цьому знижується до 4,5. Виробничі стічні води молочних заводів, крім вищеперерахованих забруднень, містять хімічні сполуки, що застосовуються для миття емкостей, апаратури та підлог (детергенти). Стічні води підприємств молочної промисловості у разі скидання їх у водойми без попереднього очищення мають шкідливий вплив на воду останніх. В результаті біохімічного окиснення органічні сполуки, що містяться у стічних водах, з водою поглинають велику кількість кисню, внаслідок чого фауна і флора водойм можуть загинути [8]. Органічні речовини, що потрапляють у водойми зі стічними водами молокопереробної промисловості, викликають процеси гниття, у результаті чого різко зменшується вміст кисню у воді, що викликає так звані замори – масову загибель риб та інших тварин. Забруднення природних вод призводить до порушення якості питної води, викликає різні захворювання, завдає естетичного збитку, тобто населення не може використовувати водойми у рекреаційних цілях [8].

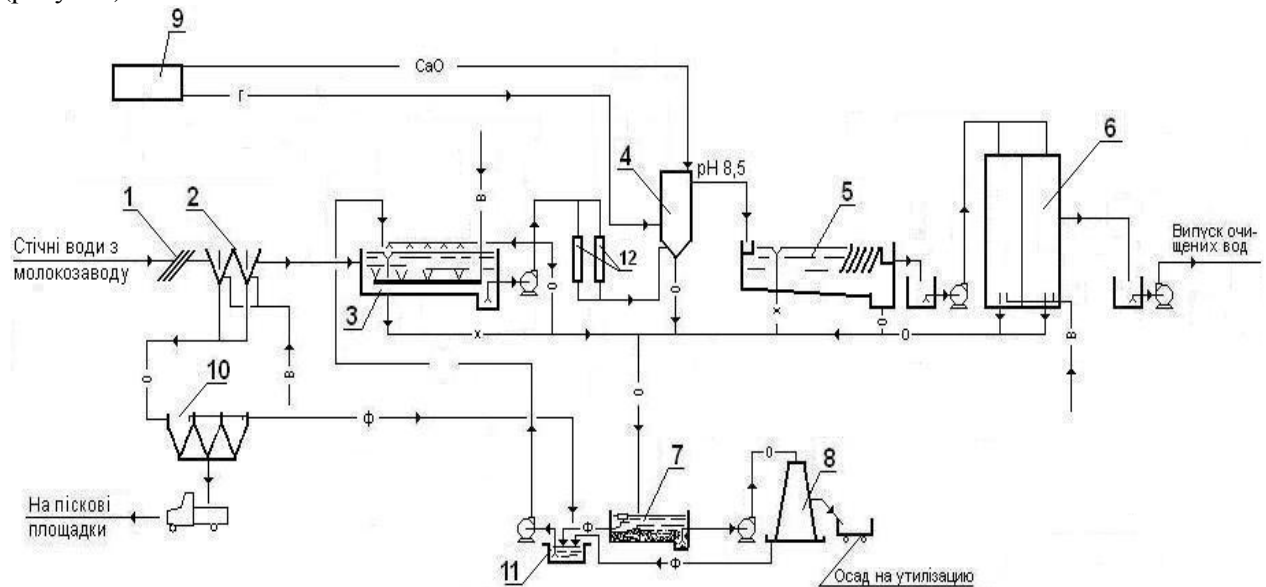
Існуючі хімічні та фізико-хімічні методи очищення забрудненої води (хлорування, озонування, осмос тощо), що полягають в активній хімічній дії або фізичному впливі на воду, дають змогу видалити з неї забруднювальні речовини, погіршуючи при цьому фізико-хімічні властивості води та порушуючи природний баланс розчинених у ній солей.

До того ж у природі існують безпечні можливості очищення води з вирівнюванням у ній сольового балансу під час проходження води через наземні та підземні горизонти мінералів, що мають великі адсорбційні властивості щодо антропогенних токсичних речовин (глини, алюмосилікати, цеоліти тощо). Такі природні мінерали-адсорбенти під час очищення стічних та забруднених природних вод на стадії відстоювання не тільки дають можливість позбавитись небезпечних антропогенних забруднювальних домішок адсорбції, а й хімічних реактивів, щоб покращити структуру та мінералізацію води.

Загальновідомий інтерес світової науки до адсорбційних властивостей клиноптилолітів. Проте адсорбційні властивості цеолітів карпатського регіону та можливості їх практичного використання досліджено ще недостатньо, особливо під час очищення води у промислових масштабах [7].

Отже, сокирницький клиноптилоліт можна використовувати в якості дешевого адсорбційного матеріалу вже на перших стадіях очищення, зокрема і при відстоюванні. Застосування клиноптилоліту у комбінації з хлоруванням, озонуванням, контактною коагуляцією значно підвищує їх ефективність [7].

Запропоновано технологічну схему очищення стічних вод молокопереробного підприємства (рисунок).



*Технологічна схема очищення стічних вод молокопереробного підприємства:*

- 1 – решітки; 2 – пісковловлювачі; 3 – накопичувач-усереднювач; 4 – змішувач;*
- 5 – відстійник; 6 – фільтри; 7 – мулоущільнювач; 8 – фільтр-прес;*
- 9 – реагентне господарство; 10 – бункери для піску; 11 – ємкість для фільтрату;*
- (стічні води); – о – (осад); – х – (речовини, що впливають);*
- ф – (декантат); – τ – (сорбент); – β – (стиснене повітря)*

Стічні води поступають на стадію механічного очищення від грубодисперсних домішок розміром до  $1 \cdot 10^{-3}$  мм за допомогою решіток **1**. Далі очищення відбувається у пісковловлювачах **2**. Для збільшення ефективності роботи пісковловлювачів пісок видаляють пневмотранспортом стисненим повітрям (**2-1**). Стічна вода, що містить молочну кислоту, емульгований жир, білки тощо, подається у флотатор **3**. Піна, яка містить флотоконцентрат, виводиться з системи у мулоущільнювач **7**. Далі стічні води потрапляють в електрокоагулятор з алюмінієвими електродами **11**. Після коагуляції стічна вода потрапляє у змішувач **4**, який виконує адсорбційну функцію. У ньому відбувається змішування стічної води, активованого вугілля та кальцію оксиду в динамічних умовах. Цей апарат працює за принципом гідроциклону. Осад виводиться у мулоущільнювач **7**, а очищена вода надходить у відстійник **5**, в якому відбувається розділення твердої фази у вигляді флотату та утворення осаду, які також утилізуються у мулоущільнювачі **7**. Вода, очищена від органічних домішок, подається в адсорбер неперервної дії з цеолітовим завантаженням **6**. У цьому апараті відбувається остаточне очищення від неорганічних речовин – іонів  $H^+$  та  $Ca^{2+}$ . Для регенерації сорбенту подають розчин NaOH у напрямку, протилежному до подачі стічної води. Очищена стічна вода подається у замкнений цикл водопостачання, збираючись у збірнику очищеної води **12**, або скидається в каналізацію. Утилізація осаду проводиться у мулоущільнювачі **7**, в якому відбувається утворення фільтрату (**5-1**), що подається у флотатор **3**, де здійснюється основний цикл очищення стічних вод підприємства. Осад подається у фільтр-прес **8**. Після двох років перегнивання осад може використовуватися як органічні добрива. Фільтрат поступає на початковий етап схеми очищення, а ущільнений осад подають на утилізацію.

**Висновок.** Встановлений вміст забруднювальних компонентів стічних вод молокопереробних підприємств та їх вплив на навколишнє середовище. Запропоновано метод адсорбційного очищення стічних вод за допомогою клиноптилоліту.

1. Савицька В. Актуальні проблеми розвитку ринку молока і молочних продуктів // *Економіка АПК*. – 2002. – № 11. – С. 102–138. 2. Шифрин С.М. *Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности* / С.М. Шифрин, Г.В. Иванов, Б.Г. Мишунов, Ю.А. Феофанов – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 272 с. 3. Романська Н.М. *Використання вторинної молочної сировини* / Н.М. Романська., В.С. Калмиш. – К.: Техніка, 1973. – 172 с. 4. Запольський А.К. *Водопостачання, водовідведення та якість води: підруч* / А.К. Запольський. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с. 5. Храпцов А.Г. *Молочная сыворотка* / А.Г. Храпцов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с. 6. Залашко М.В. *Микробный синтез на молочной сыворотке* / М.В. Залашко, Л.С. Залашко. – Минск: Наука и техника, 1976. – 274 с. 7. Анцыпович Н.С. *Охрана природы на предприятиях мясной и молочной промышленности*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 286 с. 8. Лоренц В.И. *Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности*. – К., 1972. – 188 с.

УДК 66.047

І.О. Гузьова, Г.В. Кебало, Х.А. Крамар  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної інженерії

## КІНЕТИКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ФОСФОГІПСУ

© Гузьова І.О., Кебало Г.В., Крамар Х.А., 2014

**Вирішено проблеми утилізації та використання фосфогіпсу. Обрано найоптимальніший та економічно обґрунтований метод сушіння фосфогіпсу, а саме: фільтраційний метод сушіння. Проведені експериментальні дослідження з кінетики сушіння фосфогіпсу.**

**Ключові слова:** фосфогіпс, кінетика, сушіння, тепловий агент.

**This article is devoted to solving problems of disposal and use of phosphogypsum. Chosen as the most optimal and economically feasible method of drying phosphogypsum, namely filtration drying method. Experimental study on drying kinetics of phosphogypsum.**

**Key words:** phosphogypsum, kinetics, drying, thermal agent.

Виробництво і застосування фосфорних добрив продукує значні обсяги відвалів фосфогіпсу – твердих відходів, до складу яких зараховано важкі метали, такі як кадмій та свинець. Основну масу фосфогіпсу, що утворюється, сьогодні скидають у відвали. Транспортування фосфогіпсу у відвали і його збереження пов’язані з великими капітальними й експлуатаційними витратами, що сягають від 40 % від вартості спорудження й експлуатації основного виробництва, і ускладнюють роботу заводів [3].

Незважаючи на гідроізоляцію днищ відвалів, тривалий термін зберігання твердих відходів виробництва, зокрема фосфогіпсу, призводить до проникнення токсичних речовин у ґрунт і їх фільтрацію, формуючи з часом ареали забруднень.

Сьогодні фактично відсутні методи прогнозування можливих забруднень навколишнього середовища та моделювання процесів міграції подібних елементів важких металів у ґрунтах.