

УДК 637.5(075.8):574.58

**Ощипок І. М.,**

*him1960@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5427-3376, Researcher ID: F-4641-2019,*

*д.т.н., проф., професор кафедри харчових технологій,*

*Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів*

## **ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД М'ЯСОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ ВІД ЗАБРУДНЮЮЧИХ НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ЧИННИКІВ**

**Анотація.** Розглянуто вплив на навколишнє середовище роботи боєнь, м'ясокомбінатів і утворених на них забруднюючих факторів, які слід очищувати на належному рівні. Показано основні серотипи, найчастіше прототрофні мікроорганізми, які не демонструють специфічних екологічних вимог для свого виживання та розмноження і мають патогенний потенціал. Тому підкреслено, що екологічні проблеми, пов'язані з роботою бойні, мають першочергові професійні ризики для здоров'я населення прилеглої області. Відображено класично розглядані збудники, пов'язані з роботою бойні; на першому місці ризику знаходяться бактерії роду *Mycobacterium*, відповідальні за туберкульоз, і різні серовари бруцел *melitensis*, відповідальні за бруцельоз. Розглянуто більшість утворюваних стоків органічних забруднень тваринного походження, що перебувають у стані різного фазового складу, неорганічні речовини стічних вод м'ясопереробних підприємств. Наведено порівняльну характеристику методів очищення стічних вод. Розглянуто основні вимоги для створення нових та реконструкції діючих очисних споруд. Показано технологічні схеми, які рекомендуються для використання в спорудах для очищення стічних вод на більшості діючих м'ясопереробних заводів, для забезпечення зрослих вимог до якості очищеної води. Наведено раціональні схеми очищення стічних вод підприємств, які дозволяють при мінімальних витратах забезпечити необхідний ступінь очищення стоків води до рівня, необхідного для скидання у водойми рибогосподарського значення. Розроблено рекомендації на основі раціональної схеми локальних очисних споруд м'ясокомбінатів і процеси очищення стічних вод різними методами. Показано: під час вибору методу очищення стічних вод потрібно зважати на те, що очищення є комплексним завданням і вимагає для свого вирішення комбінації різних способів для досягнення максимальної ефективності.

**Ключові слова:** навколишнє середовище, бойня, м'ясокомбінат, екологія, мікроорганізми, очисна споруда, вода.

**Oshchypok I. M.,**

*him1960@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5427-3376, Researcher ID: F-4641-2019,*

*Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Food Technologies,*

*Lviv University of Trade and Economics, Lviv*

## **MEAT PROCESSING ENTERPRISES WASTEWATER TREATMENT FROM ENVIRONMENTAL POLLUTION FACTORS**

**Abstract.** The impact on the environment of the operation of slaughterhouses, meat processing plants and the polluting factors generated by them, which should be treated at the appropriate level, is considered. The main serotypes are shown, most often, prototrophic microorganisms that do not demonstrate specific ecological requirements for their survival and reproduction and have pathogenic potential. Therefore, it is emphasized that environmental problems related to the work of the slaughterhouse have primary occupational risks for the health of the population of the surrounding region. The classically considered pathogens associated with slaughterhouse work are displayed, the bacteria of the genus *Mycobacterium*, responsible for tuberculosis, and various serovars of *Brucella melitensis*, responsible for brucellosis, are in the first place of risk. Most of the organic pollutants of animal origin, which are in a state of different phase composition, and inorganic substances of waste water of meat processing enterprises are spread out. Comparative characteristics of wastewater treatment methods are given. Considered basic requirements for the creation of new and reconstruction of existing treatment plants. Technological schemes are shown, which are recommended for use in wastewater treatment facilities at most operating meat processing plants, to ensure the increased requirements for the quality of purified water. Rational schemes for wastewater treatment of enterprises are

*given, which will allow, at minimal costs, to ensure the necessary degree of water drainage treatment to the level necessary for discharge into reservoirs for fishery. Recommendations have been developed based on a rational scheme of local treatment facilities of meat processing plants and wastewater treatment processes using various methods. It is shown that when choosing a method of wastewater treatment, it is necessary to take into account the fact that treatment is a complex task and requires a combination of different methods to achieve maximum efficiency.*

**Key words:** environment, slaughterhouse, meat processing plant, ecology, microorganisms, sewage treatment facility, water.

**JEL Classification:** L69, L70, L79, Q20, Q25, R30

**DOI:** 10.32782/2522-1221-2024-39-02

**Постановка проблеми.** Значний негативний вплив на навколишнє середовище перш за все можна віднести до роботи боень, під час якої необхідне значне водоспоживання: фактично використання великої кількості питної води для очищення утворених забруднюючих факторів. Обсяги споживання води при здійсненні технологічного процесу важко піддаються зменшенню, оскільки все виробництво м'яса передбачає використання питної води, а збереження цього ресурсу не може бути досягнуто ціною підвищеного ризику для споживачів.

Загальною характерною особливістю стічних вод підприємств м'ясної промисловості є висока концентрація жирів у межах 200-1500 мг/л, значна частина яких (до 150-500 мг/л) міститься у вигляді надзвичайно стабільних емульсій та колоїдних розчинів. Крім того, стокові води цих підприємств є основним джерелом фосфору, який значною мірою сприяє евтрофікації водойм, погіршуючи екологічну обстановку в окремих регіонах нашої країни.

Органічна природа стоків означає, що погано оброблена очисними спорудами вода погіршить навколишнє середовище і може порушити збалансований його стан. Органіка, яка виділяється, є джерелом поживних речовин, які будуть дестабілізувати екологічні біоценозні системи, сприяючи зростанню популяції сапрофітних видів, які колонізуватимуть середовище та домінуватимуть над іншими видами, що призведе до зменшення біорізноманіття відповідної екосистеми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стічні води дуже різноманітні за власною структурою, а таким чином і за своїми властивостями. Знання складу стічних вод і характеру присутніх домішок є основним критерієм, який дозволяє правильно віддати перевагу прийому їх очищення і скласти оптимальну технологічну схему очисних споруд.

Забруднення, що містяться у стічних водах, можуть бути класифіковані за різними озна-

ками, дуже важливими з яких є їх походження та фазово-дисперсний стан.

Стічні води перед скиданням у водоймища повинні бути очищені на очисних спорудах. Для цього потрібно знати склад стічних вод та їх рівень якості.

За генезою забруднення поділяють на: мінеральні, органічні, біологічні та бактеріальні. Органічні забруднення трапляються рослинного та тваринного походження. До забруднення рослинного походження відносяться залишки овочів, фруктів, злаків, паперу тощо. Головним хімічним компонентом такого виду забруднень є вуглець. До забруднень тваринного походження належать фізіологічні виділення людей і тварин, залишки м'язових та жирових тканин тварин, клейові речовини. Вони характеризуються великим вмістом азоту.

Органічні забруднення за хімічним складом поділяють на безазотисті, що містять вуглець, водень і кисень, і азотовмісні. Основу безазотистих органічних домішок господарсько-побутових стічних вод становлять вуглеводи та жири. З вуглеводів у стічних водах дуже рідко спостерігаються моносахариди – глюкоза, лактоза (молочний цукор) та дисахарид – сахароза. Компонентами господарсько-побутових стічних вод також є такі полісахариди, як целюлоза і крохмаль, що, на відміну від звичайних вуглеводів, не розчиняються у воді. У стічних водах целюлоза знаходиться у зваженому стані, становлячи важливу частину твердої фази. Органічні забруднення стічних вод виступають комфортним середовищем для формування різних мікроорганізмів і бактерій, що становлять так зване біологічне та бактеріальне забруднення стічних вод та зумовлюють їх епідемічну небезпеку. Розрізняють: сапрофітні мікроби (безпечні) (дуже прості, водорості, личинки комах, дріжджі, плісняві грибки); хвороботворні мікроби (збудники черевного тифу, паратифу, дизентерії).

Мікробіологія стічних вод боєнь стала предметом вивчення з кінця шістдесятих – початку сімдесятих років минулого століття. Наскільки нам відомо, було проведено лише одне велике дослідження в Франції. Його виконала команда LECLERC та OGER [9] протягом 1973 року, на двох бойнях, відбираючи проби щотижня або раз на два тижні.

Дослідженню процесів сталого розвитку територій присвятили наукові праці такі іноземні та вітчизняні вчені: Ф. Джовані [5], А. Оніші [6], Р. Блінк [7], Г. Кларк [8], М. Долішній [2], З. Герасимчук І. М. Вахович [3], В. Я. Шевчук [4].

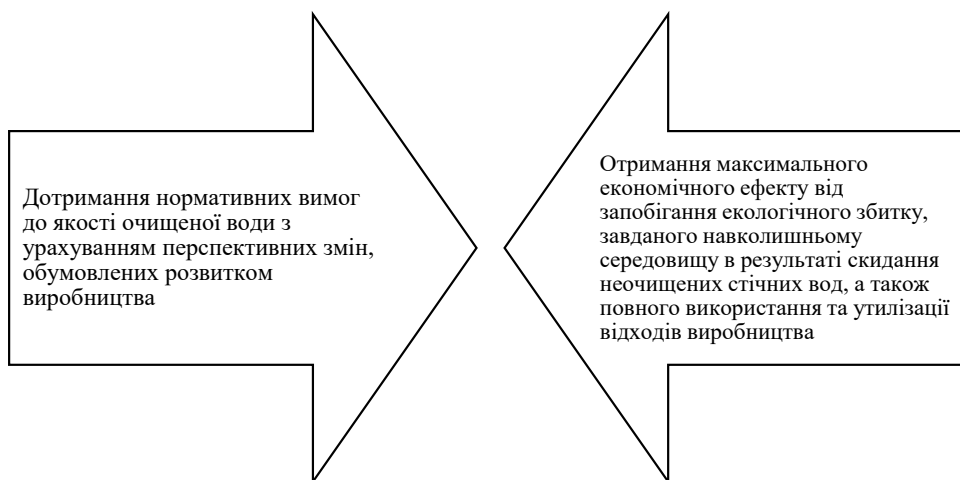
**Постановка завдання.** Традиційні технологічні схеми та очисні апарати для очищення стічних вод більшості діючих м'ясопереробних заводів до теперішнього часу морально і фізично застаріли і не забезпечують зрослі вимоги до якості очищеної води. Тому розробка раціональної схеми очищення стічних вод, із урахуванням утворюваних забруднюючих чинників підприємств, дозволить при мінімальних витратах забезпечити необхідний ступінь очищення та є актуальним завданням. Проєкти очисних споруд для боєнь, м'ясопереробних підприємств на сьогодні повинні мати можливість забезпечення високої якості очищення стічних вод до вимог водоканалів та високих нормативів, до очищених стоків для викиду у водойми рибогосподарського значення.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основні вимоги при створенні нових та реконструкції старих очисних споруд повинні зводитися до наступного (рис. 1).

У цьому негативному процесі евтрофікації беруть участь виділення азоту і фосфору [10]: коли водна екосистема зазнає значного збільшення надходжень азоту та фосфору, профіль фітопланктону, який міститься в ній, буде пригніченим. Якщо в навколишньому середовищі створяться умови, які допускать високу температуру, багато світла (тепличні умови) при наявності слабкої течії, зростатиме переважно обмежена кількість видів фітопланктону, який отримає значну перевагу, і це призведе до вибуху їх популяції та значної колонізації поверхневого середовища водойми. Така рослинна біомаса перешкоджатиме водним рослинам в доступі до світла і спричинить їх загибель. З іншого боку, наявне нічне дихання фітопланктону в аномально високих кількостях буде споживати весь доступний розчинений кисень і призведе до загибелі багатьох видів гідробіонту.

Нарешті, загибель водоростей передбачатиме наявність значної кількості загинлого гідропланктону на дні водойми, позбавляючи риб і водних безхребетних їхнього природного середовища проживання. Евтрофікація спричиняє значну кількість харчового забруднення, якщо розглядати проблему з точки зору сприймаючого навколишнього середовища.

У всіх проведених дослідженнях [9, 11] домінує одне: сальмонели часто виявляють попередньо на необроблених або оброблених біологічно стічних водах. Присутні серотипи найчастіше прототрофні, які означають, що вони не пред'являють екологічних вимог для свого виживання та розмноження та мають патогенний потенціал. Основні серотипи представлені у табл. 1.



**Рис. 1. Основні вимоги при створенні нових та реконструкції старих очисних споруд**

## Дослідження щодо бактеріологічного навантаження на бойнях

Таксони	Джерело	Місце виявлення
Аеромонас ( <i>Aeromonas hydrophila</i> (лат.) гетеротрофна грамнегативна паличкоподібна бактерія, яка живе в основному в районах із теплим кліматом. Її можна знайти як у прісній, так і в солоній воді. Виживає як в аеробному, так і в анаеробному середовищі і може розкласти желатин та гемоглобін.	Птиця: фекалії, тушки, прохолодна вода, все з бойні	Туреччина
Сальмонела ( <i>Typhimurium</i> >69%)	Свині: стоки бійня, мазок на тушка	Німеччина
Золотистий стафілокок & <i>hyicus hyicus</i> , Сальмонела	Свині: стоки бійня	Бельгія
<i>Enterobacteriaceae</i> , мікрокок, Коринебактерія	Птиця: ємкості ошпарювання	Південна Африка
Сальмонела, ієрсинія, <i>Pseudomonas</i>	Стоки та вода Забійних цехів свиней і багатовид	Франція
Сальмонела	Попередньо очищені стоки багатовидова бійня	Шотландія
Кампілобактер ентеритид	Попередньо очищені стоки багатовидова бійня	Об'єднане Королівство
Сальмонела	Стічні води бойні свині, свійська птиця, великої рогатої худоби	Франція
Сальмонела	Стоки з бойні з або без біологічного очищення	Австралія
Сальмонела	Стоки бойні свиней, худоби та птиці	Данія

Спостерігаються патогени *Salmonella Typhimurium* і *Enteritidis*, які спричиняють діарейні синдроми та, в контексті їжі, токсикоінфекції в громадському харчуванні. Твердження щодо впливу стічних вод боєнь безпосередньо на здоров'я населення залишається досить розпливчастим, при тому, що потенційний ризик існує навіть через наявність сальмонел.

Кілька критеріїв дозволяють обговорювати цей вплив. Бойня – підприємство, виробництво якого має особливу характеристику: вона становить фактичне місце забою худоби різних видів і перш за все є місцем тісного контакту між значною кількістю тварин і персоналу бойні з значними ризиками ушкоджень і захворювань. Тому екологічні проблеми, пов'язані з роботою бойні, мають першочергові професійні ризики для здоров'я населення прилеглої регіону. Класично розглядаються збудники, пов'язані з роботою бойні; на першому місці ризику знаходяться бактерії роду *Mycobacterium*, відповідальні за туберкульоз, і різні серовари бруцел *melitensis*, відповідальні за бруцельоз [11]. Однак ці дві хвороби підлягають обов'язковій і безперервній колективній профілактиці понад тридцять років, і їх поширеність стала настільки низькою, що

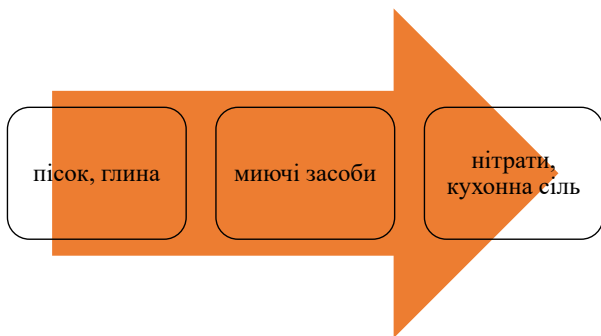
пов'язані з ними ризики професійних захворювань дуже низькі. При тому з'явилися або були виявлені нові ризики, відомі науковому співтовариству як Ку-лихоманка, зоонозна ензоотія, присутня переважно на південному сході Франції та на Корсиці завдяки *Coxiella burnetii*. Епідеміологія цих хвороб вивчена дуже погано і поки що немає обов'язкової профілактики. *Mycobacterium paratuberculosis*, бактерії, відповідальні за паратуберкульоз великої рогатої худоби, дуже поширене захворювання французьких стад, може становити новий зооноз, оскільки бактерія може сприяти розвитку Хвороби Крона у людей, яка є дуже сильним хронічним запальним ентеритом.

На сьогодні найбільш обговорюваною темою є ризики передачі інфекції під час професійної діяльності збудника губкоподібної енцефалопатії великої рогатої худоби. Нині відсутня інформація про професійну її передачу [11]. Невідомо, як інфікуюча доза та в який спосіб може потрапити (одноразово або частками) і заразити людину. Зараження пероральним шляхом залежить від врахування таких параметрів, як тривалість періоду інкубації у великої рогатої худоби, епідеміології у тварин, які дотепер є предметом для вивчення і, безсумнівно, будуть зрозумілі-

шими завдяки використанню тестів на бойнях. При цьому гіпотези щодо способу забруднення приводять до визначення повного стандартного захисту персоналу: залежно від робочого місця використання рукавичок, окулярів і маски на рот паралельно з удосконаленням способів обробки туш великої рогатої худоби – нервова система великої рогатої худоби на даний момент повністю вилучена з розгляду через запобіжні заходи, які на сьогодні є достатніми.

Розглянемо виробничі ділянки м'ясокомбінатів із найбільшими забруднюючими чинниками. Процес роботи будь-якого м'ясопереробного підприємства будується на двох основних етапах – передзабійного утримання та забою худоби з переробкою отриманих туш на м'ясо та м'ясопродукти, що виготовляються із застосуванням різних технологій. Тому вода, що застосовується в цих технологічних процесах, насичується забруднювальними речовинами в основному різного фазового, а також хімічного складу. Крім того, всі характерні для м'ясопереробної промисловості домішки стічної води мають різну концентрацію у локальних стоках певної стадії виробництва. Специфічність виробничого процесу, характерного кожній його стадії переробки, визначає і схему очищення цих локальних стоків.

Що стосується неорганічних речовин, до стічних вод м'ясопереробних виробництв надходять в основному представлені на рис. 2.



**Рис. 2. Неорганічні речовини стічних вод м'ясопереробних підприємств**

Всі ці домішки мають різний фазовий склад, що визначається найчастіше їх дисперсністю, і можуть бути присутніми як емульсії, суспензії, колоїдні та молекулярні розчини. При тому кожна фаза стоків включає як органічні, так і неорганічні забруднюючі речовини.

Бойні та інтегровані м'ясні підприємства є різними типами підприємств харчової промисловості з системами очищення стічних вод. Тому кількість споживаної води і кількість стічних

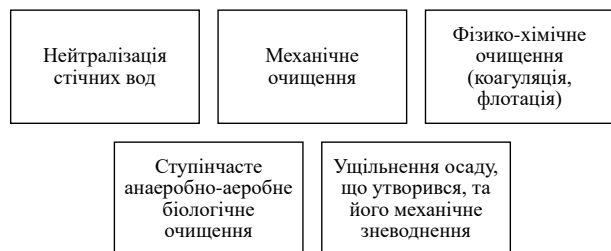
вод, що утворюються на бойнях і м'ясних підприємствах, можуть відрізнятися. Утворювана кількість стічних вод варіюється в залежності від кількості забитих тварин, їх виду (дрібна або велика рогата худоба), від маси тварини, технології, що використовується на виробництві, повторності використання стічних вод у процесі роботи, від того, що кров, яка утворюється в результаті забою, збирається чи ні, незалежно від того, чи змішується вміст внутрішніх органів зі стічними водами.

Обговоримо переваги та недоліки основних методів очищення стічних вод м'ясопереробних підприємств.

Виділимо дві основні групи забруднюючих речовин: нерозчинні та розчинні. У першому варіанті очищення проводиться механічно, а в другому – фізико-хімічно та біологічно. Розглянемо обидва варіанти (табл. 2).

Стоки м'ясопереробних виробництв містять багато органіки, неорганічних та мінеральних домішок. Розрізняють два способи видалення засмічень: каналізаційний та вивізний. Очисні споруди м'ясопереробних підприємств використовують механічну, фізико-хімічну та біологічну очистку, встановлену на каналізаційних стоках м'ясокомбінатів. Щоб позбутися шкідливих мікроорганізмів, проводять знезараження, у першу чергу в цеху забою, оскільки там багато забруднень після промивання й обробки туш. Стоки для механічного очищення надходять із каналізаційної системи. Щоб не розкладався жир, на етапі біологічної очистки передбачені механізовані ґратки, на них затримуються великі та дрібні частинки. Також встановлюються пісковловлювачі, завдяки яким очищається пісок.

При використанні очищення стоків механічним та фізико-хімічним методами важливо задіювати на м'ясопереробних підприємствах анаеробно-аеробне біологічне очищення. Така схема передбачає очищення стоків до норм, які висуваються водоканалами (рис. 3).



**Рис. 3. Схема очищення стоків до норм водоканалів**

Порівняльна характеристика методів очищення стічних вод

Метод	Переваги	Недоліки
Механічний	Низькі експлуатаційні витрати Хороший ступінь очищення від механічних домішок Дозволяє зменшити абразивне зношування обладнання	Забирає тільки нерозчинні механічні домішки
Хімічний	Простота експлуатації Можливість виділення дорогих компонентів Знешкодження кислих та лужних стоків, а також токсичних домішок та важких металів	Велика витрата реагентів Додаткове забруднення стоків реагентами Вимагає доочищення перед повторним використанням або скиданням у водойму Потрібно коригувати зміни параметрів стоків
Фізико-хімічний	Велика різноманітність способів очищення Можливість видаляти нерозчинені та деякі розчинені домішки, переводячи останні в нерозчинений або пов'язаний стан	Велика витрата реагентів У разі застосування сорбентів або іонообмінних смол – їх висока вартість. Громіздкість обладнання
Електрохімічний	Дозволяють видаляти розчинені домішки. Можливість вилучення металів із концентрованих стоків	Великі витрати електроенергії Не ефективний при низьких концентраціях Не досягає вимог ГДК Використання дорогих електродів
Біологічний	Високий ступінь очищення від органічних домішок Простота виконання обладнання Низькі експлуатаційні витрати	Лише від органічних забруднень Потрібне попереднє очищення від отрутохімікатів та кислот
Зворотний осмос	Очищення до ГДК Повернення очищеної води назад у виробництво Можливість очищення від розчинених солей, у тому числі солей важких металів	Великі витрати на електроенергію Складність із утилізацією концентрованих стоків, одержуваних у процесі очищення. Дефіцитність та дорожнеча мембран Відсутність селективності Чутливість мембран до зміни параметрів стоків Необхідність додаткового очищення від мастил та ПАР
Термічний	Очищення до ГДК Можливість організації замкнутого циклу без скидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище Можливість використання солей назад у виробництво	Висока енергоємність Високі капітальні витрати

Проектування локальних очисних споруд м'ясних виробництв – задача, яка вирішується індивідуально для кожного підприємства (бойня, м'ясоперероблявальне підприємство, забійний цех тощо). Очисні засоби в цілому повинні відповідати заданим параметрам: екологічним, економічним та енергоефективності. Це означає, що баланс мінімізації та інвестицій у новий проект не обмежений.

При скиданні очищених стоків виробництва у водойму рибогосподарського значення така схема доповнюється аеробним щаблем, вузлами доочищення та ультрафіолетової дезінфек-

ції. Завдяки цьому стічні води піддаються більш ретельному біологічному очищенню. Вилучення фосфору забезпечується у блоках доочищення з попереднім автоматичним дозуванням реагентів. Після цього очищені та знезаражені стоки можуть повторно використовуватись як технічна вода.

Технологічна схема локальної очищувальної системи (ЛОС) очищення стоків м'ясопереробних виробництв показана на рис. 4.

Найбільш ефективне очищення стічних вод підприємств із переробки м'яса досягається багатостадійними методами. Кількість стадій і методи очищення можуть змінюватися, проте завжди

присутні стадія механічного очищення та один або кілька фізико-хімічних методів (наприклад, реагентна обробка стічних вод та напірна флоатація). Якщо вимоги до води, що очищається, суворі, додатково застосовують біологічні методи доочищення та знезараження очищеної води.

Нерівномірність стічних вод за об'ємною витратою та складом компонентів викликає необхідність усереднення потоків стічної води. Станція усереднення необхідна для вирівнювання концентрації та витрати стоків, розрахункова потужність – дванадцятигодинна витрата стічної води. Розрахунок продуктивності очисних споруд м'ясопереробного підприємства на стадії механічного очищення проводиться з розрахунку максимально можливих обсягів стоку (пікового скидання, що вимірюється в літрах за секунду), а для наступних стадій – виходячи зі середньодобових об'ємних витрат. Запаси потужності закладені на стадії розрахункового проектування, а також передбачені автоматичні системи контролю, які дозволяють забезпечити стабільну роботу очисних споруд цілодобово, день за днем.

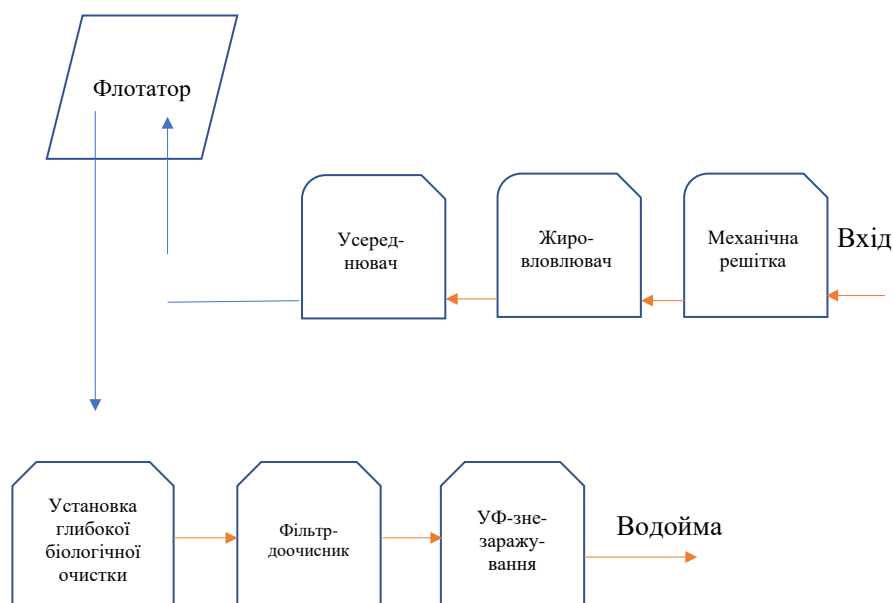
Технологія очищення стічних вод враховує особливості їх забруднень та використання як основного методу очищення фізико-хімічного способу очищення. Для надійного усереднення стічних вод і недопущення осадження зважених речовин в усереднювачі передбачене постійне перемішування стічної води з допомогою байпасної лінії насоса подачі на очищення. Рівномірна подача стоків на попередню очистку з усередню-

вача відбувається за допомогою занурювальних насосів змішувача. Камера змішування розділена на дві частини: у першій – відбувається змішування з лугом та коагулянтном, у другій частині – з флокулянтном.

У процесі механічної очистки зі стічних вод досить легко видаляються частинки розміром 10 мкм і більше; дрібнодисперсні та колоїдні частинки в результаті механічного очищення практично не видаляються. Таким чином, стічні води після споруд механічного очищення є агрегативно стійкою системою. Для очищення таких стоків застосовують методи коагуляції та флокуляції. Агрегативна стійкість при цьому порушується, утворюються більші агрегатні частинки, які видаляються зі стічних вод немеханічними методами.

Процес коагуляції – це злипання частинок колоїдної системи при їх зіткненні в процесі теплового руху, перемішування або спрямованого переміщення у зовнішньому силовому полі. В результаті коагуляції утворюються реагенти – більші (вторинні) частинки, що складаються з скупчення дрібніших (первинних).

Процес очищення методом флоатації полягає в утворенні комплексів частинки – бульбашки, спливання цих комплексів і видаленні пінного шару, що утворився, з поверхні оброблюваної води. Прилипання частки, що знаходиться в рідині, можливе тоді, коли спостерігається незмочування або погане змочування частинки рідиною. Велике значення при флоатації мають розмір, кількість



**Рис. 4. Схема ЛОС м'ясопереробного підприємства**

і рівномірність розподілу повітряних бульбашок у стічній воді, що обробляється.

Цей метод відрізняється простотою апаратурного оформлення процесу відносно малими витратами енергії. Повітря до флотаційної камери подається за допомогою сучасного флотаційного елемента – кавітатора. Флотошлам, що утворився на поверхні флотатора, згрібається скребком у лоток і збірну ємність із подальшим видаленням на зневоднення та утилізацію.

Осад із флотатора скидається на стабілізацію в стабілізатор із наступним механічним зневодненням. Механічне зневоднення дозволяє отримати осад із найнижчою вологістю.

Попередньо очищена вода направляється на біологічну очистку в анаеробну та аеробну зони очищення, з доочищенням на фільтрах. Очищення в анаеробних умовах є першою стадією при біологічному очищенні розглядуваних стічних вод із виробництва. Метою даного процесу є вилучення зі стічної води важкоокислюваних і вуглецевих забруднень під дією анаеробних бактерій. Анаеробні бактерії – бактерії, здатні існувати і розвиватися в безкисневому середовищі. Необхідний кисень вони можуть отримувати з кисневмісних органічних сполук, наприклад вуглеводів, або з мінеральних солей – нітратів, сульфатів тощо, відновлюючи перші до нітритів або аміаку, а другі – до сірководню (сульфідів металів). На стадії аеробного очищення в стічній воді не містяться ні кисень, ні нітриди, значна кількість осілого анаеробного мулу з вторинних відстійників повертається в біореактор, де перемішується занурювальними утворювачами потоку, які необхідні для підтримання у зваженому стані анаеробної мулової суміші. Пройшовши анаеробне очищення, стічна вода надходить у аеробну зону, де під дією аеробних мікроорганізмів відбувається процес сорбції забруднень активним мулом із наступним внутрішньоклітинним окисненням аеробними мікроорганізмами. Анаеробні мікроорганізми використовують забруднення як джерело вуглеводного живлення, внаслідок окислення органічних речовин утворюється вода, вуглекислий газ та приріст мікроорганізмів внаслідок розмноження в активному мулі.

Перед скиданням у природне водоймище очищені стічні води піддають знезараженню. Найчастіше для цього використовують сполуки, що містять хлор, які випаровуються в міру відведення стоків по каналу. Недолік хлорної дезінфекції води – токсичність залишкових сполук; позбавлені такого недоліку методи озонної та ультрафіолетової дезінфекції.

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** Під час вибору методу очищення стічних вод потрібно зважати на те, що очищення є комплексним завданням і потребує для свого вирішення комбінації різних способів для досягнення максимальної ефективності. Для вилучення зі стічних вод гетерогенних грубодисперсних домішок використовують переважно фізичні методи: процеси проціджування, відстоювання, фільтрування та гідроциклони. Для попереднього видалення грубодисперсних забруднень (0,20...0,25 мм) застосовують пісковловлювачі, а подальше освітлення води відбувається у відстійниках, освітлювачах, гідроциклонах. В освітлювачах одночасно з відстоюванням відбувається фільтрування води через шар завислих частинок. Вилучення зі стічних вод домішок колоїдних частин ступеня дисперсності розміром  $10^{-8}$ - $10^{-9}$  м здійснюють за допомогою фізичних та фізико-хімічних методів. Домішками колоїдного ступеня дисперсності можуть бути високомолекулярні сполуки, поверхнево-активні речовини, емульсії, піни, віруси та інші мікроорганізми. Суть коагуляції полягає в злипанні колоїдно-дисперсних частинок та прогресуючому укрупненні частинок із зменшенням їхнього загального числа в об'ємі води при додаванні коагулянту. Як коагулянти найчастіше використовують сульфат алюмінію, сульфат і хлорид та гідроксихлориди заліза. Під час розчинення коагулянтів у воді відбувається їх гідроліз і утворюються малорозчинні гідроксиди. Вони виділяються з води, утворюючи колоїдні частинки, що під впливом електролітів води коагулюють і випадають в осад разом із колоїдами, що забруднюють воду. Осад відстоюють й освітлену стічну воду фільтрують. Процес флотації відбувається у специфічній взаємодії зважених речовин і нерозчинних домішок із бульбашками тонко диспергованого у воді повітря. На поверхні води утворюється шар шламу з речовиною, яку видаляють. Флотацію використовують для очищення стічних вод від твердих завислих частинок, нафтопродуктів, мастил, жирів, поверхнево-активних речовин. Для підвищення видалення колоїдних або розчинених забруднень води застосовують реагентну флотацію з додаванням розчинів коагулянтів. Ефективність видалення забруднень у процесі флотації досягає 90–98 % при часі перебування води у флотаційних установках 20–30 хв. Загальна перевага флотації перед відстоюванням полягає в отриманні шламу з вологістю в 2–10 разів меншою, ніж при відстоюванні.

Всі можливості розповсюдження збудників інфекції зі стоками боєнь ще невідомі. Проте



досвід виробників на основі оцінки отриманих із них стоків та періодичні проблеми сальмонельозу в стадах, які випасаються на відповідних ділянках, є індикатором передачі захворювання. Масштабного епідеміологічного дослідження, доступного для підтвердження даного твердження, наразі немає. Що стосується розповсюдження пріону шляхом водного вектору, на сьогоднішній день це супроводжується лише одними переконаннями.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Наказ Мінекономрозвитку України від 23.10.2014 № 1257. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 26 с.
2. Долішній М. І. Сучасні проблеми соціально-економічного розвитку регіонів : монографія. Дніпропетровськ : ІМА-прес, 2010. 436 с.
3. Герасимчук З. В., Вахович І. М. Організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії розвитку регіону. Луцьк : ЛДТУ, 2002. 248 с.
4. Шевчук В. Я., Сахаєв В. Г. Сталий розвиток і економіка природо відтворення : монографія. Київ : Геопринт, 2004. 214 с.
5. Jovane F., Yoshikawa H. The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 2008. Volume 57, Is. 2. P. 641-659.
6. Onishi A. Futures of global interdependence (FUGI) global modeling system: Integrated global model for sustainable development. *Journal of Policy Modeling*. 2005. Volume 27, Is. 1, February. P. 101-135.
7. Clark G. Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities. *Journal of Cleaner Production*. 2007. Volume 15, Is. 6. P. 492-498.
8. Jegatheesan V., Liow J. L., Shu L., Kim S. H., Visvanathan C. The need for global coordination in sustainable development. *Journal of Cleaner Production*. 2009. Volume 17, Is. 7, May. P. 637-643.
9. Leclerc H., Oger C. Les eaux usées des abattoirs et leur importance épidémiologique. *Rev. Epidém., Méd. Soc. Et Santé Publ.*, 1975, 23, 7-8, 429-444.
10. Ramade F. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ediscience International. Paris, 1998. 786 p.
11. Le Bâcle C., Balty I., Leprince A. Risque de transmission de l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine aux travailleurs de la filière viande de boucherie. Documents pour le médecin du travail, 4e trimestre 2000, 84, 1-20.
12. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Документ z0452-10, чинний, поточна

редакція – Редакція від 22.03.2022. *Законодавство України. Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

#### REFERENCES:

1. DSTU 7525:2014 Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia iakosti. Nakaz Minekonomrozvytku Ukrainy vid 23.10.2014 № 1257 (2014), Minekonomrozvytku Ukrainy, Kyiv, 26 s.
2. Dolishnij, M. I. (2010) Suchasni problemy sotsial'no-ekonomichnoho rozvytku rehioniv : monohrafiia, IMA-pres, Dnipropetrovs'k, 436 s.
3. Herasymchuk, Z. V., Vakhovych, I. M. (2002) Orhanizatsijno-ekonomichnyj mekhanizm formuvannia ta realizatsii stratehii rozvytku rehionu, LDTU, Luts'k, 248 s.
4. Shevchuk, V. Ya., Sakhaiev, V. H. (2004) Stalyj rozvytok i ekonomika pryrodo vidtvorennia : monohrafiia, Heoprynt, Kyiv, 214 s.
5. Jovane F., Yoshikawa H. (2008) The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, Volume 57, Is. 2, p. 641-659.
6. Onishi A. (2005) Futures of global interdependence (FUGI) global modeling system: Integrated global model for sustainable development, *Journal of Policy Modeling*, Volume 27, Is. 1, February, p. 101-135.
7. Clark G. (2007) Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities, *Journal of Cleaner Production*, Volume 15, Is. 6, p. 492-498.
8. Jegatheesan V., Liow, J. L., Shu L., Kim, S. H., Visvanathan C. (2009) The need for global coordination in sustainable development, *Journal of Cleaner Production*, Volume 17, Is. 7, May, p. 637-643.
9. Leclerc H., Oger C. (1975) Les eaux usées des abattoirs et leur importance épidémiologique, *Rev. Epidém., Méd. Soc. Et Santé Publ.*, 23, 7-8, 429-444.
10. Ramade F. (1998) Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ediscience International. Paris, 786 p.
11. Le Bâcle C., Balty I., Leprince A. Risque de transmission de l'agent de l'encéphalopathie spongiforme bovine aux travailleurs de la filière viande de boucherie. Documents pour le médecin du travail, 4e trimestre 2000, 84, 1-20.
12. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoï dlia spozhyvannia liudynoiu» (DSanPiN 2.2.4-171-10). Dokument z0452-10, chynnyj, potochna redaktsiia – Redaktsiia vid 22.03.2022. *Zakonodavstvo Ukrainy. Verkhovna Rada Ukrainy*, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

*Стаття надійшла до редакції  
11 серпня 2024 року*