

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД М'ЯСОКОМБІНАТУ

Лариса Саблій¹, Вероніка Жукова², Людмила Єпішова³

^{1,2}Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, пр. Перемоги, 36, корпус 4

³КП «Харківводоканал», Харків, вул. Шевченка, 2

¹докт. техн. наук, професор, larisasabliy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4217-3535

²канд. техн. наук, доцент, verolis86@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8296-7519

³ludmila_yepishova@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-3368-9719

DOI:10.32347/2524-0021.2022.41.66-75

Анотація. Запропоновано вдосконалену технологію локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату для інтенсифікації очисних процесів та збільшення ефективності локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату за показниками: ХСК, СПАР, фосфати, азот амонійний, жири, та отримання очищеної води у відповідності до нормативних вимог при скиданні в міську каналізацію. Згідно із запропонованою технологією, виробничі стічні води після існуючих жироловлювачів і усереднювача за допомогою насоса подаються на реагентну флотацію з використанням лужного реагенту і коагулянту – сульфату алюмінію з одержанням в результаті коагуляції пластівців коагулянту, видаленням із води забруднюючих речовин і розділенням фаз у вигляді флотаційного шламу й осаду та очищеної води з показниками якості у відповідності до нормативних вимог. Утворений при очищенні стічних вод флотаційний шлам відводиться в збірник і вивозиться, а осади рекомендується зневоднювати на фільтр-пресі та вивозити. На підставі виконаних експериментальних досліджень встановлено, що при використанні сульфату алюмінію як коагулянту дозою 250-300 мг/дм³ при рН 7-7,5 ефекти очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату становлять за показниками: ХСК - 58-62%, ХСК очищеної стічної води – 460-670 мг/дм³; завислі речовини – 90-95%, вміст завислих речовин в очищеній воді – 10-23 мг/дм³; СПАР – 88%, вміст СПАР в очищеній воді – 0,43-0,08 мг/дм³; фосфати – 62-65%, вміст фосфатів в очищеній воді – 3,6-5,4 мг/дм³; азот амонійний – 40-42%, вміст азоту амонійного в очищеній воді – 15,3-17,0 мг/дм³. Розроблено вдосконалену технологію локального очищення виробничих стічних вод методами коагуляції і флотації, впровадження якої дозволить отримати високу якість очищеної води, показники якої відповідають нормативним вимогам до скиду стічних вод в систему водовідведення міста Харкова.

Ключові слова: виробничі стічні води, локальне очищення, м'ясокомбінат, реагентна флотація, коагулянт, сульфат алюмінію, сульфат заліза.

ВСТУП

В Україні на сьогодні є чимало промислових підприємств, які не мають власних очисних споруд для попереднього очищення виробничих стічних вод, скидають останні на міські очисні споруди, призводячи тим самим до низки негативних явищ, як-то зниження ефективності їх роботи

через зменшення швидкості процесів окиснення органічних речовин, ефектів очищення й глибини вилучення окремих забруднюючих речовин, зміни складу продуктів їх окиснення та ін. Проте є підприємства, що забезпечують локальну очистку стічних вод, але якість очищеної води залишається незадовільною у порівнянні з вимогами, які затверджені водока-

налами, при відведенні цих стічних вод у міські системи.

Прикладами промислових підприємств, які мають очисні споруди попереднього очищення виробничих стічних вод, є ТОВ «Салтівський м'ясокомбінат» і ПП «Ново-жанівський м'ясокомбінат» у м. Харків. Останнє підприємство спеціалізується на випуску ковбасних та м'ясних виробів. На підприємстві утворюються виробничі, господарсько-побутові й душові стічні води.

Витрата виробничих стічних вод на підприємстві становить 20 м³/добу. Для попереднього механічного очищення виробничих стічних вод підприємства від жирів на випусках з цехів встановлені жировловлювачі. Також жировловлювач встановлено і перед усереднювачем на локальних очисних спорудах. Після жировловлювача виробничі стічні води надходять в усереднювач для вирівнювання витрат і концентрацій забруднень. З усереднювача виробничі стічні води за допомогою насоса подають у флотажну установку. Після флотатора стічні води скидаються в каналізаційну мережу міста.

Господарсько-побутові й душові стічні води відводяться від будівель і цехів підприємства мережею каналізаційних трубопроводів, прокладених по території підприємства, в міський каналізаційний колектор.

Виробничі стічні води м'ясокомбінатів містять різноманітні забруднюючі речовини, які переходять в стічні води в процесі виробництва ковбасних і м'ясних виробів після миття обладнання, робочих приміщень: жир, завислі речовини (дрібні рештки м'яса, сала тощо), органічні речовини (за показниками ХСК і БСК₅), синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), фосфати, азот амонійний та ін. забруднюючі речовини. Для миття поверхонь ємностей, обладнання використовують мийні засоби, в склад яких входять поверхнево-активні речовини. Фосфати потрапляють у стічні води з мийних засобів і з м'ясопродуктів. Жири містяться у значній кількості у виробничих стічних водах внаслідок використання у виробництві сала та жирного м'яса.

Для видалення із стічних вод фосфатів можуть використовуватись фізико-хімічні методи: магнітна сепарація; хімічне осадження; сорбція активованим вугіллям; іонний обмін; електрохімічні методи, наприклад, електрокоагуляція, та біологічні методи в анаеробних і аеробних умовах з використанням фосфоруакумулятивних мікроорганізмів (ФАМ) [1-10].

Для очищення стічних вод м'ясокомбінатів від жирів здебільшого використовують наступні фізико-хімічні методи: коагуляція; флокуляція; напірна флотація; сорбція; озонування; електричні; мембранні методи тощо [11-20].

МЕТА І МЕТОДИ

Метою роботи було дослідити показники складу виробничих стічних вод м'ясокомбінату до і після попереднього очищення на локальних очисних спорудах, запропонувати і дослідити шляхи інтенсифікації флотажного очищення за рахунок використання методу коагуляції та розробити вдосконалену технологію попереднього очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату.

Для дослідження складу на етапах очищення виробничих стічних вод були відібрані проби на вході в усереднювач, після усереднювача і після флотатора, в лабораторії кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського було виконано хімічний аналіз за рядом показників з використанням стандартних методик аналізу стічних вод. Фото склянок з пробями стічної води на вході в усереднювач, після усереднювача і після флотатора (в двох випадках) наведено на рис. 1 і 2. Результати аналізів проб стічних вод наведено в таблиці 1.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Порівнюючи отримані значення показників стічної води після флотатора з нормативними при скиданні в міську систему водовідведення, можна відмітити, що за показниками рН і завислі речовини стічні води відповідають нормативним вимогам.



Рис. 1. Фото проб стічної води (варіант 1):
1 – на вході в усереднювач; 2 – після усереднювача; 3 – після флотатора

Fig. 1. Photo of wastewater samples (option 1):
1 – at the input to the averager; 2 – after the averager; 3 – after the floater

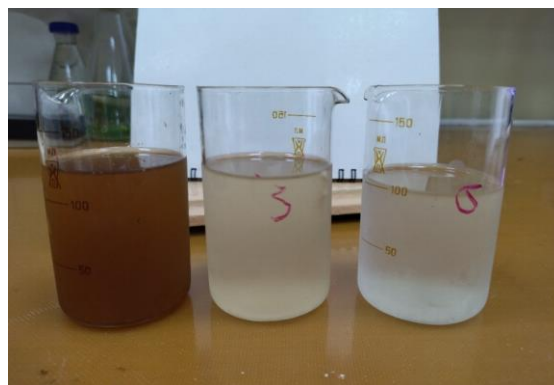


Рис. 2. Фото проб стічної води (варіант 2):
4 – на вході в усереднювач; 5 – після усереднювача; 6 – після флотатора

Fig. 2. Photo of wastewater samples (option 2): 4 – at the input to the averager; 5 – after the averager; 6 – after the floater

Табл. 1. Результати аналізу проб стічних вод виробничих стічних вод м'ясокомбінату
Table 1. The results of the analysis of wastewater samples from the industrial wastewater of the meat processing plant

N	Показник	На вході в усереднювач	Після усереднювача	Після флотатора	Норма скиду в МСВ*
1	pH	9,52-11,7	6,62-6,75	6,51-6,71	6,5-9,0
2	Завислі речовини, мг/дм ³	232-614	200-230	114-142	300
3	Прокалені завислі речовини, мг/дм ³	74-190	62-74	35-44	-
4	Сухий залишок, мг/дм ³	1480-4720	710-1140	265-615	-
5	Прокалений залишок, мг/дм ³	460-1460	220-350	82-190	-
6	ХСК, мг/дм ³	2000-6400	1200-1600	400-800	750
7	СПАР, мг/дм ³	0,7-3,6	0,67-3,59	0,55-3,15	0,5
8	Фосфати, мг/дм ³	10,3-14,3	10,2-14,2	9,9-13,9	6
9	Азот амонійний, мг/дм ³	28,1-32,2	26,3-28,4	24,4-25,1	18
10	Жири, мг/дм ³	12,7-18,6	12,5-18,5	9,4-15,2	6

Примітка: * – допустимі величини показників якості для стічних вод споживачів, які надходять для очищення, згідно Правил приймання стічних вод споживачів в каналізаційну мережу м. Харків, затверджених рішенням № 321 сесії Міської ради м. Харків від 08.09.2010 р. із змінами і доповненнями, діючими на сьогоднішній день. МСВ – міська система водовідведення.

Проте, за показниками: ХСК, СПАР, фосфати, азот амонійний, жири, отримані для проб стічних вод значення перевищують нормативні показники. Тому, для доведення зазначених показників до вимог потрібно було дослідити інтенсифікацію флотаційного очищення із застосуванням

реагентної обробки стічних вод, наприклад, введенням коагулянту.

Отже, для збільшення ефективності локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату від органічних сполук, завислих речовин, фосфатів, жирів та інших забруднень, які можуть потрапляти у виробничі стічні води в результаті

технологічних процесів виробництва ковбас та м'ясних виробів було запропоновано використання перед флотацією реагентної обробки стічних вод введенням коагулянту на основі солей алюмінію.

Метою досліджень було встановлення ефективності очищення виробничих стічних вод при використанні фізико-хімічних методів: обробка реагентами, коагуляція, флотація; визначення оптимальних доз реагентів, оптимальної величини рН, технологічних параметрів процесів очищення для забезпечення найбільших ефектів очищення за концентрацією органічних речовин, визначеною за показником ХСК, за концентрацією завислих речовин, фосфа-



Рис. 3. Фото проб стічних вод: зліва – до коагуляції; справа – після коагуляції сульфатом алюмінію дозою 250 мг/дм³
Fig. 3. Photo of wastewater samples: on the left – before coagulation; on the right – after coagulation with aluminum sulfate in a dose 250 mg/dm³

Ефект очищення стічних вод від амонійного азоту – 40-42%, концентрація амонійного азоту в очищеній воді – 17-15,3 мг/дм³ за початкової 28,4 і 26,3 мг/дм³, норма становить 18 мг/дм³. Ефект очищення стічних вод від фосфатів – 62-65%, концентрація фосфатів в очищеній воді – 5,4-3,6 мг/дм³ за початкової 14,2 і 10,2 мг/дм³, норма становить 6 мг/дм³.

В результаті проведених досліджень було запропоновано вдосконалену технологію локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату, яка передбачає використання фізико-хімічних мето-

дів. Для дослідження процесу коагуляції стічної води використовували сульфат алюмінію.

Було проведено дослідження на пробах стічних вод після усереднювача. Для підлужування було використано 5%-й розчин NaOH дозою 2,5-3 мл/дм³, що забезпечувало підвищення рН до 7. Доза коагулянту Al₂(SO₄)₃ рекомендується в межах 250-300 мг/дм³, рН 7-7,5. Ефект очищення стічних вод від органічних речовин за ХСК становить 58-62% (рис. 3, 4), концентрація органічних речовин за ХСК в очищеній стічній воді – 670-460 мг/дм³ за початкової 1600 і 1200 мг/дм³, норма становить 750 мг/дм³.



Рис. 4. Фото відфільтрованих проб стічних вод: зліва – до коагуляції; справа – після коагуляції сульфатом алюмінію дозою 250 мг/дм³
Fig. 4. Photo of filtered samples of wastewater: on the left - before coagulation; on the right - after coagulation with aluminum sulfate at a dose of 250 mg/dm³

дів для локального очищення виробничих стічних вод. Технологія може бути рекомендована для використання на підприємстві. Схема технології наведена на рис. 5.

Очисні споруди для локального очищення стічних вод, які установлені на підприємстві – жироловки на випусках з цехів по виробництву м'ясної та ковбасної продукції, жироловка на загальному потоці виробничих стічних вод, усереднювач для вирівнювання витрат і концентрацій забруднень та флотатор.

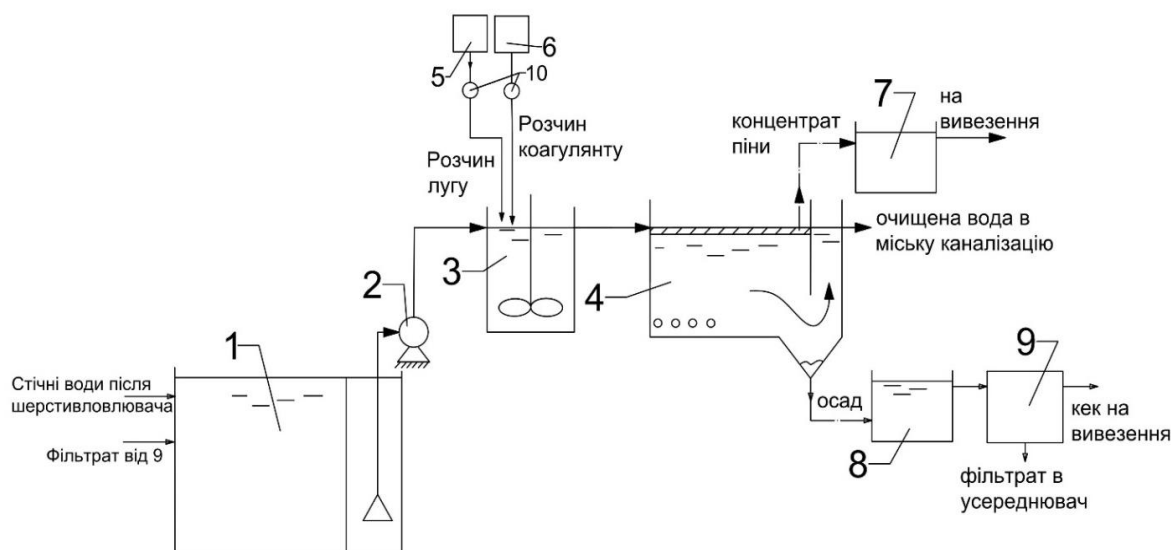


Рис. 5. Схема вдосконаленої технології локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату: 1 – усереднювач; 2 – насос; 3 – камера пластівцеутворення; 4 – флотатор; 5 – розчинний бак для приготування розчину луѓу; 6 – розчинний бак для приготування розчину коагулянту; 7 – збірник флотаційного шламу; 8 – збірник осаду; 9 – фільтр-прес; 10 – насос-дозатор

Fig. 5. Scheme of the improved technology of local treatment of industrial wastewater of the meat processing plant: 1 – averager; 2 – pump; 3 – flaking chamber; 4 – floater; 5 – soluble tank for preparation of lye solution; 6 – soluble tank for preparing coagulant solution; 7 – collection of flotation sludge; 8 – sediment collector; 9 – filter press; 10 – dosing pump

Для інтенсифікації очисних процесів та збільшення ефективності локального очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату за показниками: ХСК, СПАР, фосфати, азот амонійний, жири, та отримання очищеної води у відповідності до нормативних вимог при скиданні в міську каналізацію запропоновано вдосконалену технологію локального очищення виробничих стічних вод, наведену на рис. 5. Згідно із запропонованою технологією, виробничі стічні води після існуючих жировловлювачів і усереднювача за допомогою насоса подаються на реагентну флотацію з використанням лужного реагенту і коагулянту – сульфату алюмінію з одержанням в результаті коагуляції пластівців коагулянту, видаленням із води забруднюючих речовин і розділенням фаз у вигляді флотаційного шламу й осаду та очищеної води з показниками якості у відповідності до нормативних вимог, що дає можливість її відведення у міську каналізаційну мережу. Утворений при

очищенні стічних вод флотаційний шлам відводиться в збірник і вивозиться, а осади рекомендується зневоднювати на фільтр-пресі та вивозити.

Стічні води підприємства забруднені різними речовинами, які визначаються за показниками: рН, завислих речовин, ХСК, амонійного азоту, фосфатів, СПАР, жирів та ін. Великий вміст жирів у виробничих стічних водах вимагає використання жироловок на цехових випусках (існуючі) і на загальному потоці виробничих стічних вод (існуючий). Концентрації забруднень у виробничих стічних водах підприємства, які надходять у каналізаційну мережу, характеризуються значними коливаннями в часі, що пов'язано із технологічним режимом виготовлення продукції. Нерівномірність характерна і для витрат стічних вод, які надходять в каналізаційну мережу від виробничих процесів. Для забезпечення надходження в каналізаційну мережу середньої концентрації забруднюючих речовин, які містяться у вироб-

ничих стічних водах, середньої величини рН на початковому етапі попереднього локального очищення виробничих стічних вод використовується існуючий усереднювач, в якому створюються такі умови, за яких на виході з усереднювача стічні води матимуть середні концентрації забруднюючих речовин. Для забезпечення подачі у флотатор усередненої витрати стічних вод на виході з усереднювача встановлено насос (2).

Присутність у виробничих стічних водах підприємства на виході з усереднювача завислих речовин, органічних речовин у дрібнодисперсному, емульгованому, колоїдному та розчиненому станах, фосфатів, амонійного азоту, жирів створюють передумови для використання фізико-хімічних методів для очищення таких стічних вод з утворенням поверхні поділу фаз та виведенням компонентів системи з розчину у вигляді осаду та пінного шламу. Для очищення стічних вод рекомендується використовувати в якості лужного реагенту – NaOH, розчин якого подається у стічну воду в камеру пластівцеутворення на 15-20 хв. перебування за допомогою насоса-дозатора з розчинного бака для приготування розчину лугу. Для збільшення ефективності видалення забруднюючих речовин із стічних вод рекомендується застосовувати реагентну обробку стічних вод за допомогою коагулянту – солі алюмінію $Al_2(SO_4)_3$, який утворює у воді пластівці гідроксиду $Al(OH)_3$, на розвинутій поверхні яких адсорбуються із води завислі частинки, колоїдні і розчинені органічні речовини, жири, які можуть міститись у стічних водах, таким чином утворюються агрегати, які в процесі флотації прикріплюються до мікробульбашок повітря, формують флококомплекси, що виносяться на поверхню води і утворюють шар флотаційного шламу. По мірі руху флококомплексів до поверхні води вони укрупнюються, за рахунок присутності у стічних водах синтетичних поверхнево-активних речовин – СПАР, збільшується флотованість цих комплексів. Таким чином, в результаті флотації

флококомплексів на поверхні рідини утворюється шар флотаційного шламу. Вода, що захоплюється такими агрегатами, стікає вниз, за рахунок чого вологість шламу знижується. Фосфати, які містяться у воді, взаємодіють з катіонами алюмінію, утворюючи фосфати алюмінію, які є нерозчинними сполуками, здатні разом із флококомплексами видалятися із води у флотошлам. Відповідно до технології, представленої на рис. 5, розчин коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ подається в камеру пластівцеутворення з перемішуванням за допомогою механічної мішалки з швидкістю обертання 0,3-0,55 м/с. Камера пластівцеутворення може бути зблокована з флотатором (влаштована на вході стічної води в камеру флотації з переливом стічної води через перегородку між камерою пластівцеутворення і флотатором). З камери пластівцеутворення стічна вода з пластівцями гідроксиду алюмінію надходить у флотатор.

У флотаторі відбувається розділення фаз – виділення флотаційного шламу на поверхні рідини, осадження нерозчинних частинок в осад, що призводить до очищення стічних вод. Для подачі повітря у воду можна використовувати трубчасті аератори з пористою поверхнею для утворення у стічній воді дрібних бульбашок повітря. Трубчасті аератори укладаються на дно флотатора. Насичення стічної води повітрям за допомогою флотації через дрібнопористі матеріали дозволяє при простій конструкції флотатора забезпечити менші витрати електроенергії на процес ніж при використанні напірної флотації, метод не потребує установації насосів, імпелерів для здійснення флотації. Витрату повітря потрібно визначати за інтенсивністю аерації $15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ для забезпечення флотації забруднюючих речовин. Тривалість флотації рекомендується приймати 60 хв. Трубчасті аератори влаштувати поблизу дна флотатора на відстані 100 мм від дна перпендикулярно руху води – 2 аератори. Пластівці коагулянту утворюють з бульбашками повітря флококомплекси, на поверхні яких адсорбуються поверхнево-

активні речовини, що виділяються з розчину на поверхні бульбашок та флотуються, утворюючи пінний шлам. Пластівці коагулянту також адсорбують завислі речовини, розчинені органічні речовини, жири. Іони металів взаємодіють з фосфатами та утворюють нерозчинні сполуки, які теж адсорбуються на поверхні пластівців коагулянту. Таким чином, утворюються флококомплекси, які завдяки бульбашкам повітря і СПАР спливають на поверхню води і формують флотаційний шлам на поверхні води у флотаторі. Для покращення процесу коагуляції, укрупнення пластівців коагулянту, пришвидшення процесу їх утворення і відокремлення від води можна використовувати флокулянт, наприклад, поліакриламід ПАА дозою 3-5 мг/дм³.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі виконаних на кафедрі біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського експериментальних досліджень встановлено:

– склад і основні показники забруднень виробничих стічних вод м'ясокомбінату: завислі речовини – 232-614 мг/дм³; ХСК – 2000-6400 мг/дм³; СПАР – 0,7-3,6 мг/дм³; фосфати – 10,3-14,3 мг/дм³; азот амонійний – 28,1-32,2 мг/дм³; жири – 12,7-18,6 мг/дм³, та встановлено їх перевищення норм скиду в систему водовідведення міста Харкова;

– при використанні сульфату алюмінію як коагулянту дозою 250-300 мг/дм³ при рН 7-7,5 ефекти очищення виробничих стічних вод м'ясокомбінату становлять за показниками: ХСК – 58-62%, ХСК очищеної стічної води – 460-670 мг/дм³; завислі речовини – 90-95%, вміст завислих речовин в очищеній воді – 10-23 мг/дм³; СПАР – 88%, вміст СПАР в очищеній воді – 0,43-0,08 мг/дм³; фосфати – 62-65%, вміст фосфатів в очищеній воді – 3,6-5,4 мг/дм³; азот амонійний – 40-42%, вміст азоту амонійного в очищеній воді – 15,3-17,0 мг/дм³.

Розроблена вдосконалена технологія локального очищення виробничих стічних

вод методами коагуляції і флотації, використання якої дозволить отримати високу якість очищеної води, показники якої відповідають нормативним вимогам до скиду стічних вод в систему водовідведення міста Харкова.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Preisner M., Smol M.** Investigating phosphorus loads removed by chemical and biological methods in municipal wastewater treatment plants in Poland // *Journal of Environmental Management*, 2022, 322. 116058. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116058>
2. **Ji Y., Riddle B., Wang Y., Price D.** Fate and Removal of Phosphorus in a Municipal Wastewater Treatment Plant // *World Environmental and Water Resources Congress*, 2020. 250-257. <https://doi.org/10.1061/9780784482988.024>
3. **Vikneswara A. S., Radin Mohamed R. M. S., Al-Gheethi A. A. S., Mohd Kassim A. H., Othman N.** Removal of Nutrients from Meat Processing Wastewater Through the Phycoremediation Process. / Radin Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Mohd Kassim, A. (eds) *Management of Greywater in Developing Countries*. Water Science and Technology Library, 2019, 87. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90269-2_13
4. **Latiffi N. A. A., Mohamed R. M. S. R., Al-Gheethi A., Tajuddin R. M., Al-Shaibani M. M., Vo D.-V. N., Rupani P. F.** Nutrients elimination from meat processing wastewater using *Scenedesmus* sp.; optimizations; artificial neural network and kinetics models // *Environmental Technology & Innovation*, 2022 26, 102535. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102535>
5. **Mutua D. N., Mwaniki Njagi E. N.** Biological Treatment of Meat Processing Wastewater Using Lab-Scale Anaerobic-Aerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactors Operated in Series // *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 2016 7(4). <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000362>
6. **Gasiunas V.** Efficiency of ferric sulphate for removal of phosphorus from meat processing wastewater // *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development*, 2015. <https://doi.org/10.15544/rd.2015.077>
7. **Jachimowicz P., Cydzik-Kwiatkowska A., Szklarz P.** Effect of Aeration Mode on Microbial Structure and Efficiency of Treatment of TSS-Rich Wastewater from Meat Processing // *Applied*

- Sciences, 2020, 10(21), 7414. <https://doi.org/10.3390/app10217414>.
8. **Bustillo-Lecompte C., Mehrvar M., Quiñones-Bolaños E.** Slaughterhouse Wastewater Characterization and Treatment: An Economic and Public Health Necessity of the Meat Processing Industry in Ontario, Canada // *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2016, 04(04), 175–186. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.44021>
9. **Ng M., Dalhatou S., Wilson J., Kamdem B. P., Temitope M. B., Paumo H. K., Djelal H., Assadi A. A., Nguyen-Tri P., Kane A.** Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques: A Review // *Processes*, 2022, 10(7), 1300. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
10. **Amuda O. S., Alade A.** Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater // *Desalination*, 2006, 196(1–3), 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.039>
11. **Lee S.-H., Iamchaturapatr J., Polprasert C., Ahn K.-H.** Application of chemical precipitation for piggery wastewater treatment // *Water Science and Technology*, 2004, 49(5–6), 381–388. <https://doi.org/10.2166/wst.2004.0778>
12. **Aguilar M. I., Sáez J., Lloréns M., Soler A., Ortuño J. F.** Microscopic observation of particle reduction in slaughterhouse wastewater by coagulation–flocculation using ferric sulphate as coagulant and different coagulant aids // *Water Research*, 2003, 37(9), 2233–2241. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00525-0](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00525-0)
13. **Угляр Ю. М., Борщизин І. Д., Хром'як У. В.** Electroflotocoagulation wastewater treatment of LLC «Kolomyia meat-processing plant» // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, 2(10(68)), 30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.22986>
14. **Liu J. C., Lien C. S.** Pretreatment of bakery wastewater by coagulation-flocculation and dissolved air flotation // *Water Science and Technology*, 2001, 43(8), 131–137. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0482>
15. **Zhukova V., Sabliy L., Lagod G.** Biotechnology of the food industry wastewater treatment from nitrogen compounds // *Proceedings of ECOpole*, 2011, 5(1), 133–138
16. **Sabliy L., Zhukova V.** Efficient treatment of industrial wastewater using immobilized microorganisms / *Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring.* – Monografie / Edited by Beata Kowalska, Dariusz Kowalski. – Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. – Lublin. 2022, pp. 248-262.
17. **Sabliy L., Zhukova V., Yepishova L.** Cleaning of soapstocks of oil and fat industry enterprises by physico-chemical methods // *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 2022, 39, 53–60. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.39.53-60>
18. **Blyashyna M., Zukova V., Sabliy L.** Processes of biological wastewater treatment for nitrogen, phosphorus removal by immobilized microorganisms // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, 2(10)/92, 30-37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127058>
19. **Kimura A., Kubo M.** Fats and Oils-Containing Wastewater Treatment with Fats and Oils-Degrading Microorganisms // *Oleoscience*, 2006, 6(10), 501-506. <https://doi.org/10.5650/oleoscience.6.501>
20. **Michalev T., Markovska I., Yaneva Stanka.** Wastewater treatment with natural zeolite of the clinoptilolite type // *5th Science Conference of Ruse University, Bulgaria*, 2016, pp.390-394

REFERENCES

1. **Preisner, M., & Smol, M. (2022).** Investigating phosphorus loads removed by chemical and biological methods in municipal wastewater treatment plants in Poland. *Journal of Environmental Management*, 322. 116058. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116058>
2. **Ji, Y., Riddle, B., Wang, Y., & Price, D. (2020).** Fate and Removal of Phosphorus in a Municipal Wastewater Treatment Plant. *World Environmental and Water Resources Congress*, 250-257. <https://doi.org/10.1061/9780784482988.024>
3. **Vikneswara, A. S., Radin, Mohamed, R. M. S., Al-Gheethi, A. A. S., Mohd Kassim, A. H., & Othman, N. (2019).** Removal of Nutrients from Meat Processing Wastewater Through the Phycoremediation Process. In: Radin Mohamed, R., Al-Gheethi, A., Mohd Kassim, A. (eds) *Management of Greywater in Developing Countries. Water Science and Technology Library*, 87. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90269-2_13
4. **Latiffi, N. A. A., Mohamed, R. M. S. R., Al-Gheethi, A., Tajuddin, R. M., Al-Shaibani, M. M., Vo, D.-V. N., & Rupani, P. F. (2022).** Nutrients elimination from meat processing wastewater using *Scenedesmus* sp.; optimizations; artificial neural network and kinetics models. *Environmental Technology & Innovation*, 26, 102535. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102535>

5. **Mutua, D. N., & Mwaniki Njagi, E. N. (2016).** Biological Treatment of Meat Processing Wastewater Using Lab-Scale Anaerobic-Aerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactors Operated in Series. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 7(4). <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000362>
6. **Gasiunas, V. (2015).** Efficiency of ferric sulphate for removal of phosphorus from meat processing wastewater. *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development*. <https://doi.org/10.15544/rd.2015.077>.
7. **Jachimowicz, P., Cydzik-Kwiatkowska, A., & Szklarz, P. (2020).** Effect of Aeration Mode on Microbial Structure and Efficiency of Treatment of TSS-Rich Wastewater from Meat Processing. *Applied Sciences*, 10(21), 7414. <https://doi.org/10.3390/app10217414>.
8. **Bustillo-Lecompte, C., Mehrvar, M., & Quiñones-Bolaños, E. (2016).** Slaughterhouse Wastewater Characterization and Treatment: An Economic and Public Health Necessity of the Meat Processing Industry in Ontario, Canada. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 04(04), 175–186. <https://doi.org/10.4236/gep.2016.44021>
9. **Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., Djelal, H., Assadi A. A., Nguyen-Tri, P., & Kane, A. (2022).** Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques: A Review. *Processes*, 10(7), 1300. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
10. **Amuda, O. S., & Alade, A. (2006).** Coagulation/ flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. *Desalination*, 196(1–3), 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.039>
11. **Lee, S.-H., Iamchaturapatr, J., Polprasert, C., & Ahn, K.-H. (2004).** Application of chemical precipitation for piggery wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 49(5–6), 381–388. <https://doi.org/10.2166/wst.2004.0778>
12. **Aguilar, M. I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. F. (2003).** Microscopic observation of particle reduction in slaughterhouse wastewater by coagulation–flocculation using ferric sulphate as coagulant and different coagulant aids. *Water Research*, 37(9), 2233–2241. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00525-0](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00525-0)
13. **Uglyar, Yu. M., Borshchshyn, I. D., & Khromyak, U. V. (2014).** Electroflotocoagulation wastewater treatment of LLC «Kolomyia meat-processing plant». *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/10(68), 30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.22986>
14. **Liu, J. C., & Lien, C. S. (2001).** Pretreatment of bakery wastewater by coagulation-flocculation and dissolved air flotation. *Water Science and Technology*, 43(8), 131–137. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0482>
15. **Zhukova, V., Sabliy, L., & Lagod, G. (2011).** Biotechnology of the food industry wastewater treatment from nitrogen compounds. *Proceedings of ECOpole*, 5(1), 133–138. Retrieved from http://tchie.uni.opole.pl/PECO11_1/EN/ZhukovaSabliy_PECO11_1.pdf
16. **Sabliy, L., & Zhukova, V. (2022).** Efficient treatment of industrial wastewater using immobilized microorganisms. In: *Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring*. Monografie. Edited by Beata Kowalska, Dariusz Kowalski. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin.. 248-262.
17. **Sabliy, L., Zhukova, V., & Yepishova, L. (2022).** Cleaning of soapstocks of oil and fat industry enterprises by physico-chemical methods. *Problems of Water Supply, Sewerage and Hydraulic*, 39, 53–60. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.39.53-60>
18. **Blyashyna, M., Zukova, V., & Sabliy, L. (2018).** Processes of biological wastewater treatment for nitrogen, phosphorus removal by immobilized microorganisms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10)/92, 30-37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127058>
19. **Kimura, A., & Kubo, M. (2006).** Fats and Oils-Containing Wastewater Treatment with Fats and Oils-Degrading Microorganisms. *Oleoscience*, 6(10), 501-506. <https://doi.org/10.5650/oleoscience.6.501>
20. **Michalev, T., Markovska, I., & Yaneva, S. (2016).** Wastewater treatment with natural zeolite of the clinoptilolite type. *5th Science Conference of Ruse University, Bulgaria*, 390-394. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/322211364_WASTEWATER_TREATMENT_WITH_NATURAL_ZEOLITE_OF_THE_CLINOPTILOLITE_TYPE

Improvement of the technology of local wastewater treatment of the meat plant

Larysa Sabliy, Veronika Zhukova, Lyudmyla Yepishova

Abstract. An improved technology for the local treatment of industrial wastewater of a meat processing plant is proposed for the intensification of cleaning processes and an increase in the efficiency of local treatment of industrial wastewater of a meat processing plant according to the indicators: HSC, SPAR, phosphates, ammonium nitrogen, fats, and obtaining purified water in accordance with regulatory requirements at discharge into the city sewer. According to the proposed technology, industrial wastewater after the existing grease trap and concentrator is pumped to reactive flotation using an alkaline reagent and coagulant - aluminum sulfate, with the production of coagulant flakes as a result of coagulation, removal of pollutants from water and separation of phases in the form of flotation sludge and sediment and purified water with quality indicators in accordance with regulatory requirements. The flotation sludge formed during wastewater treatment is diverted to a collector and taken away, and the sediments are recommended to be dewatered on a filter press and taken away. On the basis of the performed experimental studies, it was established that when aluminum sulfate is used as a coagulant at a dose of 250-300 mg/dm³ at a pH of 7-7.5, the effects of cleaning industrial wastewater of a meat processing plant are: water - 460-670 mg/dm³; suspended substances - 90-95%, the content of suspended substances in purified water - 10-23 mg/dm³; SPAR - 88%, SPAR content in purified water - 0.43-0.08 mg/dm³; phosphates - 62-65%, phosphate content in purified water - 3.6-5.4 mg/dm³; ammonium nitrogen - 40-42%, ammonium nitrogen content in purified water - 15.3-17.0 mg/dm³. An improved technology for local treatment of industrial wastewater using coagulation and flotation methods has been developed, the implementation of which will allow obtaining high-quality purified water, the indicators of which meet the regulatory requirements for the discharge of wastewater into the drainage system of the city of Kharkiv.

Key words: industrial wastewater, local treatment, meat processing plant, reagent flotation, coagulant, aluminum sulfate, iron sulfate.

Стаття надійшла до редакції 01.11.2022