

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність – 183 Технології захисту навколишнього середовища
Освітньо-професійна програма «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджую:
Завідувач кафедри цивільної інженерії,
технологій будівництва і захисту довкілля
д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
«_____» _____ 2026 р.

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему:

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД
НА ПТАХОФАБРИЦІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР»

Виконав здобувач вищої освіти
групи ТЗНСс-1-23

_____ Дмитро БЕРЕЗНІКОВ
(підпис)

Керівник

_____ Геннадій ГАПЧ
(підпис)

Дніпро 2026

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
 Спеціальність – 183 Технології захисту навколишнього середовища
 Освітньо-професійна програма «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджую:
 Завідувач кафедри цивільної інженерії,
 технологій будівництва і захисту довкілля
 д.т.н., професор _____ В. Є. Волкова
 « _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачі вищої освіти
Березнікову Дмитру Олександровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1) Тема роботи: «Удосконалення технології очистки стічних вод на птахофабриці товариства з обмеженою відповідальністю «Оріль-Лідер» затверджена наказом ректора від «13» березня 2026 р. №537.

2) Термін здачі закінченої роботи: «15» червня 2026 р.

3) Вихідні дані до роботи: технологічні параметри роботи обладнання та техніко-економічні показники господарської діяльності товариства з обмеженою відповідальністю «Оріль-Лідер».

4) Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Розділ 1. Сучасний стан та методи очищення стічних вод на підприємствах птахівництва; Розділ 2. Аналіз діяльності та екологічного стану птахофабрики «Оріль-Лідер»; Розділ 3. Проектно-технологічні рішення з удосконалення очистки стічних вод; Розділ 4. Еколого-економічне обґрунтування впровадження запроєктованих рішень; Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Вступ; Висновки; Список літератури.

5) Перелік графічного матеріалу: презентація кваліфікаційної роботи у програмному середовищі Microsoft PowerPoint.

Керівник роботи _____ (Геннадій ГАПЧ)
 (підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ (Дмитро БЕРЕЗНІКОВ)
 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Сучасний стан та методи очищення стічних вод на підприємствах птахівництва	березень 2026 р.	
2	Розділ 2. Аналіз діяльності та екологічного стану птахофабрики «Оріль-Лідер»	квітень 2026 р.	
3	Розділ 3. Проектно-технологічні рішення з удосконалення очистки стічних вод	травень 2026 р.	
4	Розділ 4. Еколого-економічне обґрунтування впровадження запроєктованих рішень	травень 2026 р.	
5	Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	червень 2026 р.	
6	Вступ, Висновки, Список літератури	червень 2026 р.	
7	Підготовка презентації, попередній захист кваліфікаційної роботи на кафедрі	червень 2026 р.	

Керівник роботи

_____ (Геннадій ГАПЧ)
(підпис)

Здобувач вищої освіти

_____ (Дмитро БЕРЕЗНІКОВ)
(підпис)

ЗМІСТ

Реферат	6
Вступ	8
Розділ 1. Сучасний стан та методи очищення стічних вод на підприємствах птахівництва	11
1.1. Джерела утворення, склад та екологічна небезпека стічних вод птахофабрик	11
1.2. Аналіз існуючих методів та світового досвіду очищення висококонцентрованих стічних вод агрохолдингів	16
1.3. Основи законодавчої політики у сфері управління стічними водами птахофабрик	20
1.4. Корпоративні стандарти та екологічна політика холдингу «Миронівський хлібопродукт» у сфері водокористування	23
Розділ 2. Аналіз діяльності та екологічного стану птахофабрики «Оріль-Лідер»	26
2.1. Загальна характеристика та розташування підприємства «Оріль-Лідер»	26
2.2. Оцінка існуючої системи водопостачання, водовідведення та очистки стічних вод на підприємстві	29
2.3. Екологічних проблеми та аналіз впливу неочищених стоків на річку Оріль та прилеглі до птахофабрики території	32
Розділ 3. Проектно-технологічні рішення з удосконалення очистки стічних вод	35
3.1. Обґрунтування вибору модернізованої технологічної схеми очищення стічних вод птахофабрики	35

3.2. Технологічний розрахунок основного обладнання запропонованої схеми очистки стічних вод	40
3.3. Опис роботи вдосконаленої технологічної схеми обладнання та утилізації утвореного осаду	45
Розділ 4. Еколого-економічне обґрунтування впровадження запроєктованих рішень	51
4.1. Розрахунок капітальних інвестицій та експлуатаційних витрат на обладнання	51
4.2. Розрахунок екологічного ефекту та відверненого збитку від забруднення водних ресурсів	55
Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	58
5.1. Аналіз умов праці на очисних спорудах ТОВ «Оріль-Лідер» ...	58
5.2. Розробка заходів з безпечної експлуатації запропонованого водоочисного обладнання	61
Висновки	66
Список літератури	68
Додатки.....	70

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 75 сторінок, 4 рисунка, 16 таблиць, 1 додаток, 15 джерел бібліографічного списку.

Об'єкт дослідження: процеси формування, водовідведення, глибокого біологічного очищення та інженерного контролю висококонцентрованих промислових стічних вод великих підприємств птахівничої галузі (на прикладі ПрАТ «Оріль-Лідер»).

Мета роботи: розробка та інженерно-технологічне обґрунтування модернізованої багатоступеневої схеми локальних очисних споруд (ЛОС) для забезпечення глибокого очищення висококонцентрованих стічних вод до нормативів оборотного водопостачання та мінімізації впливу на довкілля.

Методи дослідження: системний та порівняльно-екологічний аналіз, методи математичного й інженерного моделювання гідродинамічних та біохімічних процесів, розрахунково-аналітичні методи техніко-економічного моделювання.

Основні результати роботи:

- 1) Проведено екологічний аналіз діючої системи водовідведення ПрАТ «Оріль-Лідер» та виявлено, що скидання неочищених промислових стоків забійного цеху спричиняє критичне забруднення басейну річки Оріль із перевищенням ГДК по БСК₅ у 16,25 раза та по завислих речовинах у 6,2 раза.
- 2) Запроектовано та технологічно розраховано комплексну модернізовану схему ЛОС продуктивністю 1500 м³/добу. Схема включає механічний блок (усереднювач 375 м³), блок напірної флотації DAF-70 із дозуванням поліалюміній хлориду, анаеробний UASB-реактор (400 м³) та двозонний

денітрифікатор-нітрифікатор (750 м³) з інтегрованим мембранним біореактором (МБР).

- 3) Доведено, що впровадження ультрафільтраційних мембран з порами 0,04 мкм забезпечує повне затримання бактерій та завислих речовин (< 1 мг/л), дозволяючи на 100% повернути очищену воду в технічний оборот підприємства, реалізувавши концепцію нульового рідкого скиду.
- 4) Обґрунтовано технологію безвідхідної утилізації флотошламу та надлишкового мулу в метантенках із генерацією 960 м³/добу висококалорійного біогазу.
- 5) Розраховано економічну ефективність інженерних рішень: загальні капітальні інвестиції становлять 16,5 млн грн, а річні експлуатаційні витрати – 4,7 млн грн. Ліквідація скидів гарантує відвернений екологічний збиток басейну р. Оріль у розмірі 2,85 млн грн/рік. Чистий річний економічний ефект за рахунок рециркуляції води та генерації енергії складе 2,2 млн грн, що забезпечує термін окупності проєкту 7,5 років. Розроблено заходи з охорони.

Ключові слова: очищення стічних вод, птахофабрика, напірна флотація, анаеробний реактор, мембранний біореактор, екологічна безпека, нульовий скид, біогаз, циркулярна економіка.

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення екологічної безпеки та охорона водних ресурсів від антропогенного забруднення є одним із пріоритетних завдань сталого розвитку сучасної промисловості та аграрного сектору України. В умовах стрімкої інтенсифікації та концентрації виробництва в галузі птахівництва гостро постає проблема очищення значних обсягів висококонцентрованих стічних вод, що утворюються на етапах забою та глибокої переробки птиці. Такі стоки характеризуються критично високим вмістом органічних сполук, жирів, завислих речовин та біогенних елементів (азоту та фосфору), що робить їх надзвичайно небезпечними для природних екосистем у разі недостатнього або неефективного очищення.

Діяльність великих експортоорієнтованих підприємств, таких як ПрАТ «Оріль-Лідер», що входить до складу агрохолдингу «Миронівський хлібопродукт» (Група МХП), потребує безперервного вдосконалення природоохоронної інфраструктури відповідно до сучасних нормативно-правових вимог України та Директив Європейського Союзу. Оскільки традиційні очисні споруди часто не забезпечують стабільного видалення всього спектра специфічних забруднювачів, виникає нагальна потреба впровадження інноваційних багатобар'єрних інженерних рішень. Поєднання високоефективних механічних та фізико-хімічних методів із сучасними анаеробно-аеробними біологічними процесами та мембранними технологіями дозволяє не лише мінімізувати екологічні ризики для басейну річки Оріль, а й реалізувати принципи циркулярної економіки за рахунок рециркуляції очищеної води та генерації відновлюваної енергії. Оптимізація інженерно-технологічних систем очищення промислових стоків птахофабрики є важливим технічним завданням, що має суттєве екологічне, економічне та соціальне значення.

Мета дослідження: розробка та інженерно-технологічне обґрунтування модернізованої технологічної схеми локальних очисних споруд птахофабрики ПрАТ «Оріль-Лідер» для забезпечення глибокого очищення висококонцентрованих стічних вод до нормативів оборотного водопостачання, мінімізації негативного впливу на довкілля та інтеграції утворених осадів у біоенергетичний цикл підприємства.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати світовий досвід, сучасні методи та нормативно-правову базу у сфері поводження з висококонцентрованими стічними водами підприємств птахівництва.
2. Провести комплексний аналіз господарської діяльності та існуючої системи водопостачання й водовідведення ПрАТ «Оріль-Лідер», оцінити якісний склад стоків та їхній фактичний екологічний вплив на довкілля.
3. Обґрунтувати та виконати конструктивно-технологічний розрахунок основного обладнання модернізованої багатоступеневої схеми очисних споруд (включаючи блоки механічного передочищення, напірної флотації, анаеробної деструкції, нітри-денітрифікації та мембранного біореактора).
4. Розробити детальний опис функціонування вдосконаленого екологічного комплексу та запропонувати технологію безвідхідної утилізації утворених органічних осадів у метантенках біогазової станції.
5. Виконати еколого-економічну оцінку проєкту, розрахувавши необхідні капітальні інвестиції, річні експлуатаційні витрати, суму відверненого екологічного збитку та термін окупності впроваджуваних рішень.
6. Оцінити умови праці на об'єкті та розробити комплекс заходів із промислової безпеки, охорони праці та пожежо- та вибухо- безпеки при експлуатації запроєктованого водоочисного комплексу.

Об'єкт дослідження: процеси формування, водовідведення, глибокого біологічного очищення та інженерного контролю висококонцентрованих промислових стічних вод великих підприємств птахівничої галузі.

Предмет дослідження: технологічні та конструктивні параметри обладнання локальних очисних споруд, матеріально-енергетичні баланси процесів очищення, показники еколого-економічної ефективності та заходи з охорони праці при модернізації систем водовідведення ПрАТ «Оріль-Лідер».

Методи дослідження: системний та порівняльно-екологічний аналіз, методи математичного й інженерного моделювання гідродинамічних та біохімічних процесів очищення стоків, розрахунково-аналітичні методи оцінки інвестиційних проєктів та відверненого екологічного збитку.

Розділ 1. Сучасний стан та методи очищення стічних вод на підприємствах птахівництва

1.1. Джерела утворення, склад та екологічна небезпека стічних вод птахофабрик

Світове сільське господарство, зокрема сектор індустріального тваринництва та птахівництва, є одним із найпотужніших водокористувачів і, водночас, одним із головних джерел забруднення поверхневих та підземних вод. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), на агропромисловий комплекс припадає близько 70% світового водозабору прісної води. Зростання населення планети та підвищення рівня життя стимулюють експоненційне зростання попиту на м'ясо, що призводить до інтенсифікації виробництва на так званих концентрованих підприємствах з відгодівлі тварин.

Екологічні проблеми забруднення гідросфери навколо таких комплексів мають глобальний вимір. У всьому світі фіксується стійка тенденція до погіршення якості підземних горизонтів та поверхневих водойм, що розташовані у зонах впливу великих агрохолдингів. Основними чинниками впливу є міграція біогенних елементів (сполук нітрогену та фосфору), органічних речовин, патогенних мікроорганізмів, а також залишків ветеринарних препаратів (антибіотиків, стимуляторів росту) і важких металів, які використовуються у кормових добавках.

У глобальному масштабі надходження неочищених або недостатньо очищених стічних вод від тваринництва є головною причиною евтрофікації водойм – процесу надмірного насичення води біогенними речовинами, що викликає бурхливе «цвітіння» водоростей, дефіцит розчиненого кисню та масову загибель гідробіонтів. За оцінками Програми ООН з навколишнього

середовища, саме сільськогосподарські стоки формують понад 400 «мертвих зон» у прибережних акваторіях світового океану, загальна площа яких перевищує 245 000 км².

Птахофабрики є специфічним типом сільськогосподарських підприємств, де водокористування характеризується значною нерівномірністю та високим рівнем контамінації води в процесі технологічного циклу. Обсяг і склад стічних вод залежать від напрямку діяльності підприємства (виращування молодняку, утримання батьківського стада, виробництво яєць, виращування бройлерів на м'ясо) та наявності цехів глибокої переробки.

Загалом на сучасних птахокомбінатах стічні води формуються з таких основних джерел:

- 1) Виробничі (технологічні) стічні води: утворюються в процесі забою птиці, знекровлення, обшпарювання, зняття оперення, патрання, охолодження тушок та їх подальшої переробки. Це найбільш концентровані та екологічно небезпечні стоки.
- 2) Стічні води від миття та дезінфекції: формуються під час санітарної обробки виробничих приміщень, технологічного обладнання, тари.
- 3) Господарсько-побутові стічні води: утворюються від санітарно-побутових приміщень персоналу.
- 4) Поверхневі (дощові та талі) стічні води: змивають з твердого покриття залишки посліду, кормів та пилу.

Найбільшу екологічну загрозу становлять стічні води забійних цехів та цехів переробки м'яса. Питомі норми водоспоживання на 1 тону переробленої птиці становлять від 8 до 15 м³ води. Відповідно, потужна птахофабрика здатна генерувати від 1500 до 4000 м³ висококонцентрованих стічних вод на добу.

Фізико-хімічний склад стічних вод. Відмінною рисою стоків птахофабрик є екстремально високий вміст органічних речовин, які знаходяться у розчиненому, колоїдному та нерозчиненому (дисперсному) станах. До складу специфічних забруднювачів входять кров, жир, обрізки

тканин, вміст шлунково-кишкового тракту птиці, пір'я, пух, пісок та залишки кормів. Показники біохімічного споживання кисню (БСК₅) та хімічного споживання кисню (ХСК) у таких водах перевищують аналогічні показники міських господарсько-побутових стічних вод у 10-20 разів. Характеристика основних забруднюючих речовин та їх концентрації у порівнянні з гранично допустимими концентраціями (ГДК) наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Усереднені показники забруднення стічних вод забійних цехів птахофабрик

Показник (забруднююча речовина)	Одиниці виміру	Концентрація у стоках	ГДК для водойм	Кратність перевищення ГДК
Водневий показник (рН)	-	6,0 - 7,5	6,5 - 8,5	Норма
ХСК	мг О ₂ /дм ³	2500 - 8000	30,0	80 - 260 разів
БСК ₅	мг О ₂ /дм ³	1200 - 4500	3,0	400 - 1500 разів
Завислі речовини	мг/дм ³	800 - 3000	15,0	50 - 200 разів
Екстраговані речовини (жири)	мг/дм ³	300 - 1500	0,05	> 6000 разів
Азот амонійний (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	60 - 250	0,5	120 - 500 разів
Фосфати (PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	20 - 80	1,7	11 - 47 разів

Як видно з таблиці 1.1, стоки відрізняються катастрофічним перевищенням норм. Наявність значних концентрацій жирів суттєво ускладнює процеси подальшого очищення. Емульговані та вільні жири обволікають частинки суспензій, знижуючи швидкість їхнього осадження, а також блокують доступ кисню до клітин мікроорганізмів активного мулу на стадії біологічного очищення.

В Україні ситуація із забрудненням водних ресурсів досягла критичного рівня. За офіційними статистичними даними, щорічно у басейни річок України скидається близько 9,6 млрд м³ недостатньо очищених стічних вод. З них понад

48,5 тис. тон становлять шкідливі забруднюючі речовини другого та третього класів небезпеки. Хоча комунальні підприємства є головними забруднювачами, значна частка припадає саме на агропромисловий сектор, інтенсивність розвитку якого значно випереджає модернізацію очисних споруд.

Концентрація птахівництва у форматі мега-комплексів, які належать потужним агрохолдингам, створює безпрецедентне екологічне навантаження на локальні екосистеми. Україна входить до десятки світових лідерів з експорту м'яса птиці, і укрупнення виробництв призвело до виникнення величезних обсягів висококонцентрованих відходів. Статистика та орієнтовний розподіл скидів забруднюючих речовин від діяльності типових забійних цехів наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Орієнтовний розподіл органічного навантаження по етапах виробництва м'яса птиці (на 1 т готової продукції)

Технологічний етап	Питомі витрати води, м ³ /т	Частка БСК ₅ , % від загального	Вміст жирів, г/л
Забій та знекровлення	2,5	35%	0,4
Обшпарювання та зняття пір'я	3,0	15%	0,2
Патрання та охолодження	4,5	45%	1,2
Санітарне миття цехів	2,0	5%	0,1

Як підтверджують дані таблиці 1.2, лєвова частка органічного забруднення та жирів генерується саме на етапах патрання та охолодження тушок. Потрапляння таких вод у природні водойми викликає комплексну руйнівну дію на екосистеми: зниження рівня розчиненого кисню у водоймах, масову загибель риби та токсикологічні ризики для населення.

Яскравим прикладом впливу індустріального птахівництва на довкілля є діяльність підприємств потужних агрохолдингів, зокрема ПрАТ «МХП» («Миронівський хлібопродукт»). Одним із наймасштабніших підрозділів

холдингу є ПрАТ «Оріль-Лідер», розташоване у селі Єлизаветівка Дніпровського району Дніпропетровської області. Виробничі потужності підприємства та річний обсяг забою становить близько 39,8 мільйонів голів птиці. Така грандіозна інтенсивність виробництва генерує тисячі кубометрів висококонцентрованих стоків щоденно.

Цей регіон має складну гідрологічну структуру, а річка Оріль історично відзначалася високою якістю води. Проте, інтенсивне сільськогосподарське освоєння та діяльність об'єктів такого масштабу неминує призводити до виникнення конфліктів інтересів. Як зазначається у звіті комплексного екологічного аудиту території Єлизаветівської сільради, зафіксовані факти скидання небезпечних рідких відходів у річку Оріль та на рельєф місцевості викликали обґрунтоване обурення місцевої громади та масові звернення до екологічних комісій. Мешканці та експерти вимагали розробки комплексної Програми повної екологізації виробництва.

Скидання недостатньо очищених стічних вод або аварійні витoki висококонцентрованої органіки від ПрАТ «Оріль-Лідер» здатні кардинально змінити гідрохімічний режим річки, викликаючи замулення, зміну видового складу іхтіофауни та погіршення санітарно-епідеміологічної ситуації у рекреаційних зонах прилеглих населених пунктів.

Таким чином, впровадження ефективних інноваційних технологій очищення стічних вод на ПрАТ «Оріль-Лідер» є не просто вимогою екологічного законодавства чи корпоративної екологічної політики холдингу МХП, а критичною необхідністю для забезпечення сталого розвитку підприємства, збереження водного фонду басейну річки Оріль та усунення гострої соціально-екологічної напруги в регіоні.

1.2. Аналіз існуючих методів та світового досвіду очищення висококонцентрованих стічних вод агрохолдингів

Очищення висококонцентрованих стічних вод птахофабрик є складним багатостадійним процесом. Враховуючи специфічний склад стоків (високі концентрації БСК, ХСК, завислих речовин, жирів та біогенних елементів), світовий досвід свідчить про неефективність застосування одностадійних схем. Сучасні технології захисту навколишнього середовища передбачають комплексне поєднання механічних, фізико-хімічних та біологічних методів очищення з обов'язковою подальшою утилізацією утворених осадів.

Загальна ефективність роботи будь-якої очисної станції (E , %) розраховується за базовим рівнянням матеріального балансу забруднюючих речовин:

$$E = [(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}) / C_{\text{вх}}] \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

де $C_{\text{вх}}$ та $C_{\text{вих}}$ – концентрації забруднюючої речовини на вході та виході з очисної споруди відповідно, мг/дм³.

Механічне очищення є першим і обов'язковим етапом технологічної схеми. Його головна мета – вилучення крупнодисперсних домішок (пір'я, залишків внутрішніх органів, піску) та захист насосного і технологічного обладнання від механічних пошкоджень та засмічення.

На сучасних птахокомбінатах застосовують барабанні або шнекові решітки з прозором 1-3 мм. Після решіток стічні води надходять до пісколовок і жироловлівачів. Оскільки надходження стоків від забійних цехів має різко виражений нерівномірний характер (залпові скиди під час санітарного миття), ключовою спорудою механічного блоку є усереднювач.

Об'єм усереднювача (W_{yc}) розраховується на основі графіка припливу стічних вод і визначається за формулою:

$$W_{yc} = Q_{доб} \cdot K_n / 24 , \quad (1.2)$$

де $Q_{доб}$ – добова витрата стічних вод, м³/доб; K_n – коефіцієнт годинної нерівномірності (для птахофабрик зазвичай становить 1,5-2,5). Усереднювач обов'язково обладнується системою барботажу (подачі стисненого повітря) або механічними мішалками для запобігання осіданню суспензій та загниванню органіки.

Фізико-хімічні методи очищення (напірна флотація). Світова практика доводить, що класичне відстоювання не є ефективним для стоків м'ясопереробної промисловості через високий вміст емульгованих жирів та крові, густина яких близька до густини води. Найбільш ефективним і економічно виправданим методом є напірна флотація з попередньою реагентною обробкою.

Для дестабілізації колоїдних систем у стічну воду перед флотатором дозують коагулянти та флокулянти. Ефективність різних реагентів наведена у таблиці 1.3. Важливим розрахунковим параметром напірної флотації є водоповітряне відношення (відношення A/S), яке розраховується за формулою:

$$A/S = [1.3 \cdot s \cdot (f \cdot P - 1)] / C_{з.р.} , \quad (1.3)$$

де s – розчинність повітря у воді при даній температурі, мг/л; f – коефіцієнт розчинення повітря в сатураторі (0,5-0,8); P – абсолютний тиск у сатураторі, атм; $C_{з.р.}$ – початкова концентрація завислих речовин, мг/л. Для стоків птахофабрик оптимальне відношення A/S становить 0,03-0,06.

Таблиця 1.3. Порівняльна характеристика ефективності коагулянтів при флотації стоків птахофабрик

Тип коагулянту	Оптимальна доза, мг/дм ³	Ефективність зниження ХСК, %	Ефективність вилучення жирів, %
Сульфат алюмінію	150 - 250	40 - 55	70 - 85
Хлорид заліза	100 - 200	50 - 65	80 - 90
Поліалюміній хлорид	50 - 120	60 - 75	90 - 98

Біологічні методи очищення (анаеробні та аеробні процеси). Після фізико-хімічної стадії стічні води все ще містять високі концентрації розчиненої органіки, тому обов'язковим етапом є глибоке біологічне очищення. Світовий досвід експлуатації очисних споруд агрохолдингів демонструє повну відмову від відкритих лагун на користь закритих високоіндустріальних біореакторів.

Для стоків з ХСК вище 2000 мг/дм³ світовим стандартом є використання анаеробних реакторів. Основний параметр проєктування анаеробного реактора – органічне навантаження (L_{org} , кг ХСК / м³·доб), яке обчислюється як:

$$L_{org} = (Q \cdot C_{ХСК}) / (V_{реактора} \cdot 1000) , \quad (1.4)$$

Аналіз передового світового досвіду (США, країни ЄС) свідчить про перехід великих агрохолдингів до концепції нульового рідкого скиду. Ключовою технологією, що забезпечує такі показники, є мембранний біореактор. Він поєднує в собі традиційне біологічне очищення активним мулом із мембранною сепарацією.

Таблиця 1.4. Орієнтовна ефективність вилучення забруднень за стадіями очищення, %

Стадія очищення	ХСК	БСК ₅	Завислі речовини	Жири	Загальний азот
Механічна (решітки, жировловлювачі)	10 - 15	10 - 15	20 - 30	40 - 50	0 - 5
Фізико-хімічна (напірна флотація)	50 - 70	50 - 60	85 - 95	90 - 98	15 - 25
Біологічна (анаеробна + аеробна)	85 - 95	95 - 99	90 - 95	повністю	70 - 85

Таблиця 1.5. Порівняння традиційної схеми (з вторинними відстійниками) та технології мембранного біореактора

Критерій оцінки	Традиційна схема	Мембранний біореактор
Концентрація активного мулу, г/л	3 - 5	10 - 15 (висока інтенсивність)
Вік мулу, діб	10 - 15	20 - 40 (краще видалення азоту)
Якість очищеної води по завислих речовинах	10 - 20 мг/л	< 1 мг/л (відсутні мікроорганізми)
Площа забудови	Велика (потрібні масивні відстійники)	Компактна (на 30-50% менша)
Стійкість до залпових навантажень	Низька (ризик винесення мулу)	Абсолютна (мембрана є фізичним бар'єром)

Підсумовуючи світовий та передовий вітчизняний досвід, можна констатувати, що вдосконалення системи очищення стічних вод на підприємстві рівня ПрАТ «Оріль-Лідер» повинно базуватися на багатоступеневій схемі: глибока механічна очистка → фізико-хімічна обробка (напірна флотація) → двоступенева біологічна очистка (з процесами денітрифікації) або впровадження інноваційних рішень типу мембранних біореакторів.

1.3. Основи законодавчої політики у сфері управління стічними водами птахофабрик

Ефективне управління стічними водами підприємств птахівництва неможливе без жорсткої та дієвої законодавчої бази. Враховуючи високий рівень екологічної небезпеки висококонцентрованих органічних стоків, нормативно-правове регулювання спрямоване на запобігання евтрофікації поверхневих водойм та забрудненню підземних водоносних горизонтів. Оскільки Україна перебуває в активному процесі євроінтеграції та імплементації положень Угоди про асоціацію, особливого значення набуває аналіз європейського досвіду та його порівняння з національним законодавством.

Європейська політика у сфері охорони водних ресурсів базується на комплексному басейновому підході та принципі «забруднювач платить». Фундаментальним документом є Водна рамкова директива (2000/60/ЄС), яка встановлює загальні цілі досягнення «доброго екологічного стану» для всіх вод Європи. Однак для агропромислових об'єктів ключовими є специфічні галузеві директиви.

Директива про промислові викиди (IED 2010/75/ЄС) безпосередньо стосується великих птахофабрик. Згідно з нею, підприємства інтенсивного птахівництва (понад 40 000 місць для птиці) зобов'язані отримувати комплексний екологічний дозвіл. Головною вимогою цієї Директиви є обов'язкове впровадження найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ). Це означає, що підприємство не має права працювати, якщо його очисні споруди не відповідають передовим технологічним стандартам ЄС.

Нітратна директива (91/676/ЄЕС) суворо регламентує поводження з відходами тваринництва, захищаючи води від забруднення нітратами з сільськогосподарських джерел. Вона визначає «вразливі зони», де встановлюються жорсткі ліміти на використання органічних добрив (утворених в тому числі з осадів стічних вод) і скид біогенних елементів (азоту та фосфору).

В Україні головним законодавчим актом є Водний кодекс України. Відповідно до його положень, скидання стічних вод у водні об'єкти допускається лише за наявності дозволу на спеціальне водокористування. Підприємства розробляють нормативи Гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин, які затверджуються контролюючими органами.

Важливим кроком у реформуванні системи стало прийняття Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД). Цей закон зобов'язує підприємства птахівництва проходити публічну та експертну процедуру оцінки екологічних ризиків перед початком будівництва, розширення або реконструкції (що безпосередньо стосується ПрАТ «Оріль-Лідер»).

Порівняльна характеристика законодавчих підходів ЄС та України щодо управління стічними водами птахофабрик наведена в табл. 1.6.

Таблиця 1.6. Порівняльна характеристика законодавчих підходів ЄС та України щодо управління стічними водами птахофабрик

Критерій порівняння	Європейський Союз	Україна
Базовий підхід до дозволів	Комплексний інтегрований дозвіл, який охоплює воду, повітря, ґрунт та енергоефективність одночасно	Окремі дозволи на кожен вид впливу (спецводокористування, викиди в повітря, поводження з відходами)
Технологічні вимоги	Обов'язкове впровадження найкращих доступних технологій (НДТМ); нормативи прив'язані до технологій	Нормативи базуються на санітарно-гігієнічних вимогах (ГДК) водойми, незалежно від технологічних можливостей підприємства
Управління біогенними елементами	Жорстко регулюється Нітратною директивою; заборона скидів у вразливих зонах, контроль азоту і фосфору	Регулюється загальними нормативами ГДС; контроль часто ускладнений застарілою лабораторною базою інспекцій
Економічні механізми та штрафи	Штрафи можуть призвести до повної зупинки підприємства або вилучення ліцензії; розвинене екологічне страхування	Нарахування збитків за наднаднормативні скиди (часто ці суми менші за вартість будівництва нових очисних споруд)

Аналіз таблиці 1.6 свідчить, що українське екологічне законодавство наразі перебуває на етапі трансформації. Для великих експортоорієнтованих агрохолдингів, таких як «МХП» (до структури якого входить ТОВ «Оріль-Лідер»), дотримання лише національних нормативів вже є недостатнім. Щоб реалізовувати свою продукцію на європейських ринках та залучати міжнародні інвестиції, підприємство змушене добровільно орієнтуватися на Директиви ЄС та впроваджувати найкращі доступні технології у сфері очистки стічних вод. Саме цей фактор робить проєктну модернізацію водоочисних комплексів птахофабрики не лише екологічно, але й економічно та юридично обґрунтованою.

1.4. Корпоративні стандарти та екологічна політика холдингу «Миронівський хлібопродукт» у сфері водокористування

У сучасному індустріальному птахівництві успішна діяльність великих підприємств безпосередньо пов'язана з рівнем їхньої екологічної відповідальності та здатністю інтегрувати принципи сталого розвитку в щоденні операційні процеси. Найбільший агрохолдинг України у секторі птахівництва – «Миронівський хлібопродукт» (Група МХП) – позиціонує екологічну безпеку як один із ключових пріоритетів своєї довгострокової стратегії. Враховуючи високу водоемність забійних та переробних цехів, управління водними ресурсами та очищення стічних вод займають центральне місце в корпоративній екологічній політиці компанії.

Основою внутрішнього екологічного регулювання холдингу є офіційно затверджена Екологічна політика Групи МХП. Цей документ встановлює жорсткі зобов'язання щодо раціонального використання природних ресурсів, мінімізації негативного впливу на довкілля та впровадження систем екологічного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001:2015. Стратегічний інженерно-екологічний підхід холдингу полягає у переході від лінійної моделі водокористування до циклічної, що передбачає мінімізацію споживання свіжої артезіанської води за рахунок її повторного та оборотного використання після глибокого очищення.

Для оцінки ефективності систем оборотного водопостачання на виробничих майданчиках МХП використовується індекс рециркуляції води (I_{rec} , %), який розраховується за формулою матеріального балансу гідродинамічних потоків підприємства:

$$I_{rec} = [V_{зворот} / (V_{свіжа} + V_{зворот})] \cdot 100 \% , \quad (1.6)$$

де $V_{зворот}$ – об'єм стічних вод, які пройшли повний цикл очищення та були повторно спрямовані на технологічні потреби підприємства

(охолодження обладнання, миття території, первинне очищення тари тощо), $\text{м}^3/\text{доб}$; $V_{\text{свіжа}}$ – об’єм води, забраної з первинних джерел (артезіанських свердловин) для забезпечення основного виробничого циклу, $\text{м}^3/\text{доб}$. Корпоративний стандарт МХП спрямований на постійне підвищення цього індексу з метою наближення до концепції нульового рідкого скиду (Zero Liquid Discharge).

Управлінська вертикаль контролю за дотриманням корпоративних екологічних стандартів має чітку структуру. Загальний контроль за належним виконанням екологічної політики покладено на спеціалізований Департамент з методології та впровадження цілей сталого розвитку у технологічній сфері МХП. На рівні кожного окремого виробничого підрозділу (зокрема, ПрАТ «Оріль-Лідер») діють внутрішні екологічні та інженерні служби, які здійснюють цілодобовий моніторинг роботи природоохоронних споруд. Ключові екологічні індикатори ефективності та цільові показники у сфері водокористування холдингу наведені у таблиці 1.7.

Важливою рисою екологічної стратегії МХП є публічність та відкритість екологічних даних. Холдинг щорічно оприлюднює інтегровані звіти про результати своєї діяльності у сфері сталого розвитку на офіційному веб-сайті, забезпечуючи прозорість перед інвесторами, державними органами та громадськістю. Проте, як показує практичний аналіз діяльності окремих структурних підрозділів (зокрема, за даними комплексних аудитів територій розташування фабрик), стрімке нарощування виробничих потужностей вимагає безперервного вдосконалення та модернізації локальних очисних споруд (ЛОС). Таким чином, розробка та впровадження інноваційних інженерно-технологічних рішень для стабілізації та підвищення ефективності водоочисних комплексів птахофабрики ПрАТ «Оріль-Лідер» є прямим та необхідним кроком для реалізації корпоративної екологічної політики холдингу МХП у сфері захисту водного середовища.

Таблиця 1.7. Корпоративні екологічні індикатори та цільові показники водокористування в МХП

Екологічний індикатор	Нормативний орієнтир / Цільове значення	Метод інженерного контролю та моніторингу
Питоме водоспоживання	Скорочення споживання свіжої води на 15-20% на тонну готової продукції до 2030 року	Автоматизовані ультразвукові лічильники з передачею даних у реальному часі до єдиної системи контролю
Ефективність очищення ЛОС	Забезпечення стабільного зниження ХСК на 95-98%, БСК ₅ на 98-99% та жирів на 100%	Щоденний відбір проб акредитованими лабораторіями підприємства на кожному етапі очищення
Утилізація вторинних осадів	100%-ва конверсія утвореного флотошламу та надлишкового мулу в біогаз та біодобрива	Облік маси сирого та зневодненого осаду, контроль виходу метану в анаеробних метантенках
Мінімізація скиду у водойми	Повна відповідність скидів нормативам ГДС, недопущення залпових та аварійних витоків	Встановлення потокових датчиків контролю <i>pH</i> , температури та електропровідності на випускних колекторах

Розділ 2. Аналіз діяльності та екологічного стану птахофабрики «Оріль-Лідер»

2.1. Загальна характеристика та розташування підприємства «Оріль-Лідер»

Приватне акціонерне товариство «Оріль-Лідер» (рис. 2.1) є одним із найпотужніших та найсучасніших підприємств птахівничої галузі України. Воно входить до структури найбільшого вітчизняного агропромислового холдингу ПрАТ «Миронівський хлібопродукт» (Група МХП) і спеціалізується на випуску продукції під широко відомою торговою маркою «Наша ряба». Діяльність підприємства відіграє вагомий роль як у забезпеченні продовольчої безпеки держави, так і у формуванні експортного потенціалу країни на міжнародних ринках сільськогосподарської продукції.



Рисунок 2.1. Оглядова схема розташування об'єкту досліджень
(червоними прямокутниками показано розташування виробничих цехів)

Інфраструктура ПрАТ «Оріль-Лідер» становить собою складний багатокомпонентний виробничий комплекс із замкненим технологічним

циклом. До його складу входять відокремлені виробничі майданчики, призначені для вирощування птиці, та сучасний інкубаторій. Основні види господарської діяльності підприємства охоплюють вирощування курчат-бройлерів, розведення птиці, виробництво м'яса та субпродуктів (у тому числі переробку свійської птиці), а також вирощування зернових і технічних культур для забезпечення власної кормової бази.

Виробничі потужності підприємства характеризуються надзвичайно високою інтенсивністю. Згідно з даними екологічного аудиту, річні обсяги вирощування складають понад 30 мільйонів голів птиці, що дозволяє випускати більше ніж 55 тисяч тон курятини на рік. Середньодобова продуктивність птахофабрики становить 150-170 тон готового м'яса птиці. Готова продукція (свіжі тушки, відруби курей та харчові субпродукти) реалізується на внутрішньому ринку України та експортується до країн Європейського Союзу, зокрема до Німеччини, Польщі та Нідерландів. Для гарантування високої якості продукції підприємство сертифіковане за міжнародними стандартами системи управління якістю (ДСТУ ISO 9001:2009) та системи управління безпечністю харчових продуктів (ДСТУ ISO 22000:2007). Водночас, згідно з даними комплексного екологічного аудиту території, підприємство не має сертифікації за міжнародним екологічним стандартом ДСТУ ISO 14001, що свідчить про наявність прогалин у системі корпоративного екологічного менеджменту на локальному рівні.

Територіальне розташування підприємства має складну географічну та гідрологічну прив'язку. Юридична адреса ПрАТ «Оріль-Лідер» знаходиться у с. Єлизаветівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область. Фактичні виробничі майданчики та об'єкти поводження з відходами (зокрема, внутрішньогосподарський комплекс з виробництва біогазу) розташовані вздовж автодороги регіонального значення Кам'янське-Петриківка-Магдалинівка у межах Петриківської територіальної громади.

Господарська діяльність здійснюється на земельних ділянках, що перебувають у користуванні ПрАТ «Оріль-Лідер» на підставі договорів

оренди. Зокрема, ключові виробничі та очисні потужності займають земельні ділянки загальною площею понад 175 гектарів.

Важливим фактором екологічної безпеки є розташування об'єкта відносно житлової забудови. Відповідно до матеріалів Оцінки впливу на довкілля (ОВД), нормативна санітарно-захисна зона (СЗЗ) для окремих виробничих підрозділів підприємства становить від 50 до 500 метрів. Найближча житлова забудова розташована у с. Єлизаветівка у північно-східному напрямку на відстані всього 860 метрів, у північному напрямку – 1300 метрів, у північно-західному – 1320 метрів.

Зважаючи на колосальні обсяги утворення біологічних та технологічних відходів, невід'ємною частиною інфраструктури підприємства є внутрішньогосподарський комплекс з виробництва біогазу, збудований у 2013 році. Згідно з проектними даними, після планової реконструкції загальна проектна потужність цього комплексу з оброблення біовідходів становитиме 414 712 тон на рік (або близько 1136 тон на добу) з урахуванням безперервної цілорічної роботи. Як сировина використовуються курячий послід, гній ВРХ, відходи інкубації, протермінована харчова продукція, флотаційні шлами та виробничі стоки. Режим роботи підприємства безперервний: цілодобово, у дві зміни (по 12 годин), 365 днів на рік. Водопостачання для забезпечення виробничих і санітарних потреб здійснюється з п'яти основних та однієї резервної артезіанських свердловин.

Отже, аналіз загальної характеристики ПрАТ «Оріль-Лідер» дозволяє зробити висновок, що підприємство є об'єктом підвищеної екологічної небезпеки. Величезні обсяги водоспоживання, інтенсивність забійних процесів та безпосередня близькість до селітебної зони й гідрологічних об'єктів вимагають бездоганної роботи систем водовідведення та очистки стічних вод. Саме стан водоочисних комплексів підприємства та їхній вплив на довкілля є ключовим предметом подальшого дослідження.

2.2. Оцінка існуючої системи водопостачання, водовідведення та очистки стічних вод на підприємстві

Для забезпечення безперебійного виконання технологічних процесів, а також задоволення питних і господарсько-побутових потреб персоналу, ПрАТ «Оріль-Лідер» використовує підземні водні ресурси. Сучасний стан системи водопостачання підприємства характеризується високим рівнем автономності. Забір підземних вод здійснюється з артезіанських горизонтів через власну розгалужену мережу свердловин, яка включає 5 основних та 1 резервну свердловину.

Існуюча система водовідведення на підприємстві розділена за функціональним призначенням на три автономні мережі: господарсько-побутову, поверхнево-дощову та виробничо-технологічну. Транспортування та первинне акумулювання господарсько-побутових стічних вод на території комплексу здійснюється за допомогою локальних підземних резервуарів. Наразі функціонує 7 існуючих септиків об'ємом 3 м³ кожен, а також передбачено будівництво 1 проектного септика аналогічної ємності. Загальний розрахований обсяг стоків, які щорічно відводяться в дані септичні споруди, становить 4955,3 м³/рік. З метою унеможливлення потрапляння шкідливих речовин у навколишнє середовище, накопичені господарсько-побутові стічні води систематично вивозяться автоцистернами на централізовані очисні споруди ПрАТ «Оріль-Лідер», розташовані безпосередньо в межах промислового майданчика птахофабрики. Кінцева утилізація та скидання стічних вод підприємства у міську каналізаційну мережу здійснюється після їхнього повного попереднього очищення на локальних очисних спорудах (ЛОС).

Поверхневий стік (дощові, талі та поливно-мийні води) з території промислового майданчика збирається системою спеціалізованих дощоприймачів та мережею дощової каналізації відводиться до штучної акумуляційної водойми-

випаровувача об'ємом 672 м³. Загальний річний обсяг утворення поверхневих вод на підприємстві складає 7328,6 м³/рік. Згідно з проектною документацією ОВД, сам внутрішньогосподарський біогазовий комплекс функціонує за замкненим технологічним циклом, що теоретично виключає утворення нових рідких промислових скидів у поверхневі водні об'єкти.

Для визначення ступеня токсичності та екологічної небезпеки акредитованими фахівцями було проведено відбір проб рідини. Порівняльний аналіз якісного складу відібраних зразків здійснювався відносно жорстких санітарно-гігієнічних та екологічних нормативів охорони поверхневих вод рибогосподарського та культурно-побутового призначення. Результати інструментально-лабораторних вимірювань представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Фізико-хімічні показники та якісний склад стічних вод забійного цеху ПрАТ «Оріль-Лідер»

Забруднююча речовина (показник)	ГДК, мг/л	Концентрація у пробі, мг/л	Максимальна кратність перевищення, раз
Завислі речовини	25,0	155,0	6,20
Біохімічне споживання кисню (БСК ₅)	4,0	65,0	16,25
Хімічне споживання кисню (ХСК)	30,0	90,0	3,00
Залізо загальне	0,3	0,5	1,67
Нафтопродукти	0,3	0,35	1,17
Марганець	0,1	0,1	-
Ортофосфати	3,5	5,85	1,67

Для детальної інженерно-екологічної оцінки маси забруднюючих речовин, що безперешкодно надходять у навколишнє середовище внаслідок

незадовільної роботи внутрішньомайданникових мереж водовідведення, використовується класичне рівняння розрахунку масового добового навантаження (M_i , кг/добу):

$$M_i = Q_{доб} \cdot C_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де $Q_{доб}$ – фактична добова витрата стічних вод, що скидаються через трубу забійного цеху, м³/добу; C_i – концентрація i -ї забруднюючої речовини, визначена лабораторним шляхом, мг/л.

Детальний аналіз даних, наведених у таблиці 2.1, вказує на незадовільний стан локальних інженерно-екологічних систем захисту гідросфери забійного комплексу птахофабрики. Концентрація біохімічного споживання кисню (БСК₅), що відображає ступінь забруднення води легкоокислюваними органічними речовинами біогенного походження (білкові сполуки крові, залишки м'ясних тканин, жирові емульсії), перевищує гранично допустимі концентрації у 16,25 раза та залишається екстремально високою. Хімічне споживання кисню (ХСК), яке характеризує сумарний вміст усіх органічних домішок, перевищує норматив у 3,0 раза. Вміст завислих дисперсних частинок сягає 155,0 мг/л, що у 6,2 раза вище за ГДК, провокуючи інтенсивні процеси замулення рельєфу та утворення стійких донних відкладень. Перевищення норм також зафіксовано за вмістом загального заліза (1,67 ГДК), нафтопродуктів (1,16 ГДК) та ортофосфатів (1,67 ГДК), що свідчить про високу хімічну агресивність та комплексну токсичність несанкціонованого скиду.

Скидання неочищених промислових стоків на відкритий рельєф місцевості та в яри є порушенням вимог Водного кодексу України та Закону України «Про водовідведення та очищення стічних вод». За відсутності штучної гідроізоляції ложа яру, високотоксична рідка фаза безперешкодно інфільтрується крізь верхні шари ґрунту. Враховуючи, що гідрогеологічна

обстановка у районі с. Єлизаветівка оцінюється фахівцями як несприятлива щодо захищеності ґрунтових вод через недостатню потужність суглинків у зоні аерації (менше 30 м) та практичну відсутність глин, існує пряма загроза масштабного забруднення першого від поверхні водоносного горизонту. Це формує серйозні ризики довгострокового хімічного та бактеріологічного отруєння джерел децентралізованого питного водопостачання (шахтних колодязів та мілководних побутових свердловин) місцевого населення, що вимагає негайної інженерної модернізації технологічної схеми очистки виробничих стічних вод забійного комплексу ПрАТ «Оріль-Лідер».

2.3. Екологічні проблеми та аналіз впливу неочищених стоків на річку Оріль та прилеглі до птахофабрики території

Інтенсивний розвиток промислового птахівництва та супутніх потужностей з переробки відходів супроводжується значними ризиками для стабільності гідрологічних та наземних екосистем. Особливу гостроту ця проблема набуває у басейні річки Оріль, яка історично вважалася однією з найчистіших річок України та Європи, відзначаючись унікальним хімічним складом води та багатим біорізноманіттям. Річка Оріль має довжину 329 км, площу басейну 9800 км² та середній стік близько 13,2 м³/с. Гідрологічний режим річки вже зазнавав суттєвих антропогенних трансформацій у минулому: у 1967 році було споруджено штучне річище довжиною 61 км, що змістило точку її впадіння в Дніпро на 41 км нижче за течією, а будівництво траси каналу Дніпро-Донбас у 1970-1981 роках змінило загальну довжину річища до 370 км. Додаткове сучасне техногенне навантаження на цей вразливий водний об'єкт створює загрозу незворотної деградації його екологічного стану.

Натурні обстеження прилеглих до ПрАТ «Оріль-Лідер» територій та берегової лінії виявили факти систематичного несанкціонованого скидання рідких відходів виробництва та біогазової установки безпосередньо у русло річки Оріль. На крутих схилах берега зафіксовано глибокі канавоутворення та промоїни, що утворилися внаслідок зливу стоків через гнучкі шланги з причіпних автомобільних цистерн. Хімічний аналіз води, відібраної у контрольних створах вище та нижче місць несанкціонованого скиду, підтвердив суттєве погіршення санітарно-гігієнічних та гідрохімічних показників порівняно з нормативними вимогами, що відображено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Результати гідрохімічного аналізу води в р. Оріль у зоні впливу скидів птахофабрики

Показник (забруднююча речовина)	ГДК, мг/л	Значення вище точки скиду (в частках ГДК)	Значення нижче точки скиду (в частках ГДК)
Біохімічне споживання кисню (БСК ₅)	4,0	7,00 ГДК	8,00 ГДК
Хімічне споживання кисню (ХСК)	30,0	1,87 ГДК	1,97 ГДК
Сухий залишок (загальна мінералізація)	1000,0	1,38 ГДК (1379,1 мг/л)	1,38 ГДК (1379,1 мг/л)
Сульфати	500,0	0,98 ГДК	0,99 ГДК
Залізо загальне	0,3	-	0,97 ГДК (0,29 мг/л)
Сума натрію і калію	-	1,10 ГДК	1,14 ГДК

Для прогнозування концентрації забруднюючих речовин у річковому потоці після скиду стічних вод та оцінки самоочисної здатності русла використовується класичне інженерне рівняння гідрохімічного змішування:

$$C_{зміш} = (Q \cdot C_{рік} + \gamma \cdot q \cdot C_{ст}) / (Q + \gamma \cdot q) , \quad (2.2)$$

де Q – витрата води в річці вище місця випуску, м³/с; q – витрата стічних вод, що надходять у водойму, м³/с; $C_{рік}$ та $C_{ст}$ – концентрації аналізованої речовини у річковій воді та стоках відповідно, мг/л; γ – коефіцієнт змішування, який залежить від гідродинамічних параметрів русла та віддаленості створу.

Аналіз даних (таблиця 2.2) свідчить про катастрофічний рівень органічного забруднення річки Оріль. Показник БСК₅ перевищує норму в 7 разів вище за течією та зростає до 8 разів нижче точки скиду, що безпосередньо підтверджує постійне надходження концентрованих органічних речовин тваринного походження. Наявність надлишкової органіки супроводжується небезпечними бактеріологічними змінами. Індекс лактозопозитивної кишкової паличка (ЛКП) як вище, так і нижче місць скиду становить понад 240 000 КУО/л, що у 48 разів перевищує граничний санітарний норматив. Це створює пряму загрозу спалахів гострих кишкових інфекцій у населення при використанні річки в рекреаційних цілях. Загальна мінералізація потоку (сухий залишок) стабільно становить 1379,1 мг/л (1,38 ГДК), а вміст сульфатів балансує на критичній межі (0,98-0,99 ГДК), свідчаючи про втрату річкою статусу «абсолютно чистої».

Розділ 3. Проектно-технологічні рішення з удосконалення очистки стічних вод

3.1. Обґрунтування вибору модернізованої технологічної схеми очищення стічних вод птахофабрики

Результати аналізу сучасного стану та екологічного моніторингу виробничої діяльності ПрАТ «Оріль-Лідер», наведені у другому розділі, виявили суттєві недоліки в існуючій інженерній інфраструктурі водовідведення. Скидання висококонцентрованих, гарячих і жировмісних стоків забійного цеху безпосередньо на відкритий рельєф місцевості та зафіксовані факти систематичного забруднення басейну річки Оріль свідчать про критичну невідповідність діючих очисних комплексів сучасним вимогам природоохоронного законодавства. У зв'язку з цим, у межах спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища», виникає нагальна інженерна необхідність розробки та обґрунтування комплексної модернізованої технологічної схеми локальних очисних споруд (ЛОС).

Нова технологічна схема повинна базуватися на багатобар'єрному інженерному підході, забезпечуючи послідовне, стабільне та глибоке видалення специфічних забруднювачів м'ясопереробної та птахівничої галузі. Основними критеріями вибору модернізованої схеми є: максимальна інтенсифікація процесів вилучення емульгованих жирів та зважених частинок, глибока деструкція розчиненої органіки (ХСК, БСК₅), повне видалення біогенних елементів (сполук азоту та фосфору) для запобігання евтрофікації річки Оріль, а також технологічна інтеграція з принципами циркулярної економіки холдингу МХП шляхом утилізації утворених осадів з отриманням відновлюваної енергії.

Блок механічного очищення та усереднення потоку. Первинний ступінь схеми модернізується шляхом заміни застарілих статичних решіток на автоматизовані високоефективні барабанні решітки з розміром прозорів 1,0-1,5 мм. Це дозволить на початковому етапі повністю затримати пух, пір'я та крупні органічні включення, захищаючи насосні агрегати від абразивного зносу та забивання. Наступним обов'язковим елементом є встановлення аерованої пісколовки-жироловки. Подача під тиском стисненого повітря (барботаж) інтенсифікує процес спливання вільних жирів та гідрофобних колоїдів на поверхню дзеркала води, де вони вилучаються скребковими механізмами, тоді як мінеральні домішки (пісок) осідають на дно. Оскільки забійний цех працює нерівномірно, а під час санітарного миття обладнання відбуваються залпові скиди гарячої води з ПАР, у схему інтегрується масивний закритий усереднювач. Він обладнується системою пневматичного перемішування для вирівнювання коливань витрат і концентрацій забруднень, а також сорочкою охолодження (або теплообмінником) для стабілізації температури стоків до оптимальних 30-35°C перед біологічною стадією.

Блок фізико-хімічного очищення (реагентна напірна флотація). Оскільки значна частина жирів і білків у стоках птахофабрик знаходиться в стійкому емульгованому та колоїдному станах, класичне гравітаційне відстоювання є неефективним. Проєктом обґрунтовано впровадження високошвидкісної установки напірної флотації з попередньою хімічною підготовкою. Перед флотатором у потік дозується сучасний високоефективний коагулянт – поліалюміній хлорид, який дестабілізує колоїдне забарвлення та частки жиру, утворюючи первинні мікропластівці. Для укрупнення цих пластівців у флок-камеру вводиться високомолекулярний аніонний флокулянт на основі поліакриламід. Насичена мікробульбашками повітря вода під тиском 5-6 атм подається у флотатор, де повітряні бульбашки підхоплюють сформовані флокули і виносять їх на поверхню, формуючи щільний флотошлам. Ефективність вилучення жирів на цій стадії сягає 95-98%, а

завислих речовин – до 90%, що є критично важливим, оскільки залишковий вміст жирів вище 50 мг/л здатний заблокувати пори активованого мулу на наступних біологічних етапах.

Перший ступінь біологічного очищення (анаеробний реактор). Зважаючи на екстремально високі початкові значення ХСК і БСК₅ стічних вод птахофабрики, пряме аеробне очищення є економічно недоцільним через колосальні витрати електроенергії на аерацію та утворення величезної маси надлишкового мулу. Проектом пропонується впровадження анаеробного реактора з висхідним потоком та шаром зваженого мулу. У реакторі стічні води проходять знизу вгору крізь щільний шар гранульованого анаеробного мулу. Концентрована органіка піддається метановому бродінню високоспецифічними бактеріями. Це забезпечує зниження органічного навантаження по ХСК на 75-85% без споживання зовнішньої енергії. Утворений біогаз із високим вмістом метану (понад 65%) відводиться через трифазні сепаратори у верхній частині реактора і спрямовується на існуючий внутрішньогосподарський біогазовий комплекс ПрАТ «Оріль-Лідер» для генерації електричної та теплової енергії, що повністю відповідає стратегії сталого розвитку МХП.

Другий ступінь біологічного очищення (аеротенки з нітри- та денітрифікацією). Після анаеробної стадії стічна вода містить значні концентрації залізничного амонійного азоту та фосфатів, які вивільнилися при розпаді білків, а також залишкове органічне навантаження. Для їхнього глибокого вилучення обґрунтовано застосування технології аеробного очищення з активованим мулом у режимі денітрифікації-нітрифікації. Конструктивно споруда являє собою двозонний аеротенк. У першій, аноксичній зоні (денітрифікаторі) за відсутності розчиненого кисню, але за наявності нітратів, які повертаються рециклом із кінця аеробної зони, бактерії-денітрифікатори відновлюють нітрати до вільного газоподібного азоту, який

безпечно виділяється в атмосферу. Як джерело вуглецю використовується залишковий БСК стоків. У другій, аеробній зоні (нітрифікаторі) за умов інтенсивної мікропузирчастої аерації (концентрація розчиненого кисню не менше 2-3 мг/л) автотрофні бактерії окиснюють амонійний азот спочатку до нітритів, а потім до нітратів. Для глибокого видалення розчинених ортофосфатів у кінець аеробної зони передбачено дозоване введення розчину сульфату заліза або коагулянту для утворення нерозчинних фосфатів заліза, які випадають в осад.

Блок розділення та глибокого доочищення (мембранний біореактор). Замість класичних і громіздких вторинних відстійники, де існує високий ризик винесення мулу при залпових навантаженнях, обґрунтовано використання інноваційної технології мембранного біореактора. Мембранні модулі ультрафільтрації з розміром пор 0,04 мкм занурюються безпосередньо в аеробну зону або окремий резервуар. Фільтрація очищеної води крізь ультрафільтраційні мембрани під дією легкого вакууму забезпечує абсолютний фізичний бар'єр для всіх суспензій, пластівців мулу, а також для 100% патогенних мікроорганізмів (бактерій кишкової паличка, сальмонел тощо). Якість очищеного пермеату за завислими речовинами становить менше 1 мг/л, а за БСК₅ – менше 3 мг/л, що повністю задовольняє найжорсткіші рибогосподарські нормативи та дозволяє реалізувати концепцію оборотного технічного водопостачання підприємства, виключаючи будь-який скид у річку Оріль.

Для наочного порівняння технологічних переваг пропонованих інженерних рішень у таблиці 3.1 наведено порівняльний аналіз базової та модернізованої схем очищення стоків.

Таблиця 3.1. Інженерно-технологічне порівняння існуючої та модернізованої схем очищення стічних вод

Параметр порівняння	Існуюча технологічна схема птахофабрики	Пропонована модернізована схема (проект)
Механічний етап та усереднення	Гравітаційні жироловки низької ефективності, відсутність стабільного термічного та гідравлічного усереднення	Автоматичні барабанні решітки (1 мм), аерована піско-жироловка, закритий усереднювач із сорочкою охолодження стоків
Фізико-хімічна обробка	Відсутня або працює в нерегулярному режимі без автоматичного дозування реагентів	Високошвидкісна напірна флотація з автоматизованим дозуванням коагулянту (поліалюміній хлорид) та аніонного флокулянту
Біологічна деструкція органіки	Одноступенева аеробна очистка, перевантажена за жирами та ХСК, високе енергоспоживання	Двоступенева біологічна очистка: 1 ступінь – анаеробний реактор (видалення 80% ХСК з генерацією біогазу); 2 ступінь – аеротенк
Видалення азоту та фосфору	Низька ефективність через відсутність виділених аноксичних зон денітрифікації та реагентного осадження фосфатів	Глибоке видалення: внутрішній нітратний рецикл в аноксичну зону денітрифікації, осадження фосфатів солями заліза
Розділення мулової суміші	Класичні вторинні відстійники з постійним ризиком винесення пластівців мулу в річку Оріль	Мембранний біореактор на базі ультрафільтраційних мембран. 100% затримання біомаси та бактерій
Екологічний результат проекту	Скид недоочищеної води на рельєф (яри) та в р. Оріль із перевищенням БСК та інших показників	Повне очищення стоків до нормативів оборотного водопостачання. Ліквідація випусків, повний екологічний захист басейну р. Оріль.

Таким чином, запропонована модернізована технологічна схема локальних очисних споруд є науково обґрунтованою, екологічно ефективною та інженерно збалансованою для умов ПрАТ «Оріль-Лідер». Вона дозволяє повністю ліквідувати виявлені під час екологічного аудиту джерела забруднення навколишнього середовища, трансформувати флотошлам в енергетичний ресурс та гарантувати сталий розвиток підприємства у бездоганній гармонії з прилеглими територіальними громадами.

3.2. Технологічний розрахунок основного обладнання запропонованої схеми очистки стічних вод

Для реалізації запропонованих проектно-технологічних рішень модернізації локальних очисних споруд (ЛОС) ПрАТ «Оріль-Лідер» виконано технологічний розрахунок основного апаратурного оформлення. Вихідними даними для проектування є фактичні обсяги утворення стічних вод забійного комплексу птахофабрики, визначені у другому розділі. Розрахункова добова витрата стічних вод становить $Q_{\text{доб}} = 1500 \text{ м}^3/\text{добу}$. Режим роботи очисних споруд прийнято безперервний, 24 години на добу. Відповідно, середньогодинна витрата стічних вод обчислюється як:

$$Q_{\text{год.сер}} = Q_{\text{доб}} / 24 = 1500 / 24 = 62,5 \text{ м}^3/\text{год} , \quad (3.1)$$

Враховуючи коефіцієнт годинної нерівномірності припливу стоків з м'ясопереробного цеху $K_n = 2,0$, максимальна годинна витрата становить $Q_{\text{год.макс}}^{\text{год}} = 62,5 \cdot 2,0 = 125,0 \text{ м}^3/\text{год}$ ($0,0347 \text{ м}^3/\text{с}$).

Усереднювач призначений для нівелювання коливань гідравлічного навантаження та концентрацій забруднюючих речовин. Корисний об'єм

резервуара-усереднювача розраховується за часом перебування стоків, який для підприємств птахівництва приймається в межах 6 годин через високу нерівномірність залпових скидів:

$$V_{yc} = Q_{год.сер} \cdot t_{yc} = 62,5 \cdot 6 = 375,0 \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

Приймаємо до встановлення заглиблений залізобетонний резервуар прямокутного типу з робочою глибиною $H_{роб} = 4,0$ м. Необхідна площа дзеркала води становить:

$$S_{yc} = V_{yc} / H_{роб} = 375,0 / 4,0 = 93,75 \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

Геометричні розміри усереднювача становлять: ширина $B = 6,0$ м, довжина $L = 16,0$ м. Загальна висота резервуара з урахуванням будівельного запасу висоти борта (0,5 м) становить $H_{заг} = 4,5$ м. Для запобігання осадженню завислих речовин та загниванню органіки передбачено систему барботажу стисненим повітрям із питомою витратою повітря $q_{пов} = 2,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Загальна витрата повітря на перемішування становить: $Q_{пов} = 93,75 \cdot 2,0 = 187,5 \text{ м}^3/\text{год}$.

Оскільки після усереднювача стічні води подаються на очищення рівномірно, розрахунок флотатора проводиться за середньогодинною витратою $Q_{год.сер} = 62,5 \text{ м}^3/\text{год}$. Необхідна площа робочої зони флотації визначається на основі оптимального гідравлічного навантаження на дзеркало води, яке для жировмісних стоків птахофабрик становить $6,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$:

$$F_{\phi} = Q_{год.сер} / q_R = 62,5 / 6,0 = 10,42 \text{ м}^2, \quad (3.4)$$

Приймаємо до впровадження високошвидкісну флотаційну установку типу DAF-70 із корисною площею дзеркала води $11,0 \text{ м}^2$. Добова витрата сухої речовини коагулянту поліалюміній хлориду (РАС) при оптимальній дозі $D_{коаг} = 80 \text{ мг/л}$, обчислюється як:

$$G_{\text{коаг}} = Q_{\text{доб}} \cdot D_{\text{коаг}} \cdot 10^{-3} = 1500 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 120,0 \text{ кг/добу}, \quad (3.5)$$

Добова витрата органічного флокулянту при дозі $D_{\text{флок}} = 3,0$ мг/л становить: $G_{\text{флок}} = 1500 \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} = 4,5$ кг/добу.

Реагентна напірна флотація забезпечує вилучення 60% початкового ХСК. Таким чином, концентрація ХСК на вході в анаеробний реактор знижується з 4000 мг/л до $C_{\text{вх}} = 4000 \cdot (1 - 0,60) = 1600$ мг/л (1,6 кг ХСК/м³). Загальне добове масове навантаження по ХСК складає:

$$M_{\text{ХСК}} = 1500 \cdot 1,6 = 2400 \text{ кг ХСК/добу}$$

Розрахунок корисного об'єму анаеробного біореактора здійснюється за нормативним питомим об'ємним органічним навантаженням ($L_{\text{орг}} = 6,0$ кг ХСК/(м³·добу)):

$$V_{\text{реактора}} = M_{\text{ХСК}} / L_{\text{орг}} = 2400 / 6,0 = 400,0 \text{ м}^3, \quad (3.6)$$

Приймаємо висоту вертикального реактора $H_{\text{реак}} = 6,0$ м. Тоді площа його поперечного перерізу дорівнює: $S_{\text{реак}} = 400,0 / 6,0 = 66,67$ м². Перевіряємо швидкість висхідного потоку рідини, яка за нормами для стабільної роботи шару гранульованого мулу повинна бути в межах 0,5-1,5 м/год:

$$v = Q_{\text{сеп}}^{200} / S_{\text{реак}} = 62,5 / 66,67 = 0,94 \text{ м/год}, \quad (3.7)$$

Отримане значення (0,94 м/год) відповідає нормативному діапазону. Розрахунковий вихід біогазу при деструкції 80% анаеробної органіки та питомому виході метану 0,50 м³/кг видаленого ХСК становить:

$$V_{\text{бг}} = 2400 \cdot 0,80 \cdot 0,50 = 960 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Після реактора концентрація ХСК знижується до $1600 \cdot (1 - 0,80) = 320$ мг/л, а концентрація БСК₅ становить близько 150 мг/л. Для глибокого видалення органіки та процесів нітри-денітрифікації необхідний загальний гідравлічний час перебування стоків в аеротенку приймається 12 годин. Загальний об'єм споруди становить:

$$V_{aep} = Q_{cep}^{zod} \cdot t_{HRT} = 62,5 \cdot 12 = 750,0 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

Відповідно до інженерних стандартів проектування систем біологічного видалення азоту, об'єм споруди розподіляється у співвідношенні: 30% – аноксична зона денітрифікатора, 70% – аеробна зона нітрифікатора з мембранними модулями. Об'єм денітрифікатора становить:

$$V_{ден} = 750,0 \cdot 0,3 = 225,0 \text{ м}^3$$

Об'єм нітрифікатора становить:

$$V_{ніт} = 750,0 \cdot 0,7 = 525,0 \text{ м}^3.$$

При робочій глибині аеротенку $H = 4,5$ м та загальній ширині $B = 8,0$ м, загальна довжина споруди становить:

$$L = 750,0 / (4,5 \cdot 8,0) = 20,83 \text{ м}$$

Приймаємо конструктивно 21,0 м. Довжина зони денітрифікації дорівнює 6,3 м, довжина зони нітрифікації – 14,7 м.

Результати інженерно-технологічних розрахунків параметрів та габаритних розмірів усього основного запропонованого обладнання

модернізованої технологічної схеми очисних споруд ТОВ «Оріль-Лідер» зведено у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Зведені конструктивно-технологічні характеристики запропонованого основного обладнання ЛОС

Назва споруди (апарату)	Кількість одиниць, шт.	Розрахункові (корисні) параметри	Основні габаритні та технологічні параметри
Закритий усереднювач	1 (залізобетон)	375,0 м ³	Розміри: 16,0×6,0×4,5 м. Система барботажу повітря (187,5 м ³ /год).
Флотаційна установка	1 (нержавіюча сталь)	площа дзеркала 11,0 м ²	Витрата РАС – 120 кг/добу, флокулянту – 4,5 кг/добу. Тиск сатурації – 5,5 атм.
Анаеробний реактор	1 (вертикальний циліндр)	400,0 м ³	Висота – 6,0 м, діаметр – 9,2 м, швидкість потоку – 0,94 м/год, вихід біогазу – 960 м ³ /добу.
Двоступінний аеротенк (нітрифікатор)	1 (двосекційний залізобетон)	750,0 м ³ (загальний)	Розміри: 21,0×8,0×4,5 м. Зона денітрифікації – 225 м ³ , зона нітрифікації – 525 м ³ .
Модуль мембранної фільтрації	4 блоки (ультраф-ція)	розміщені в зоні нітрифікації	Розмір пор мембран – 0,04 мкм. Загальна площа мембран забезпечує пермеат 62,5 м ³ /год.

Проведені інженерні розрахунки підтверджують технологічну збалансованість та високу надійність запропонованого комплексу споруд. Обладнання розраховане з урахуванням специфіки стічних вод птахофабрики, а отримані геометричні та гідродинамічні параметри апаратів забезпечують

стабільне очищення стічних вод ТОВ «Оріль-Лідер» за будь-яких експлуатаційних режимів виробництва.

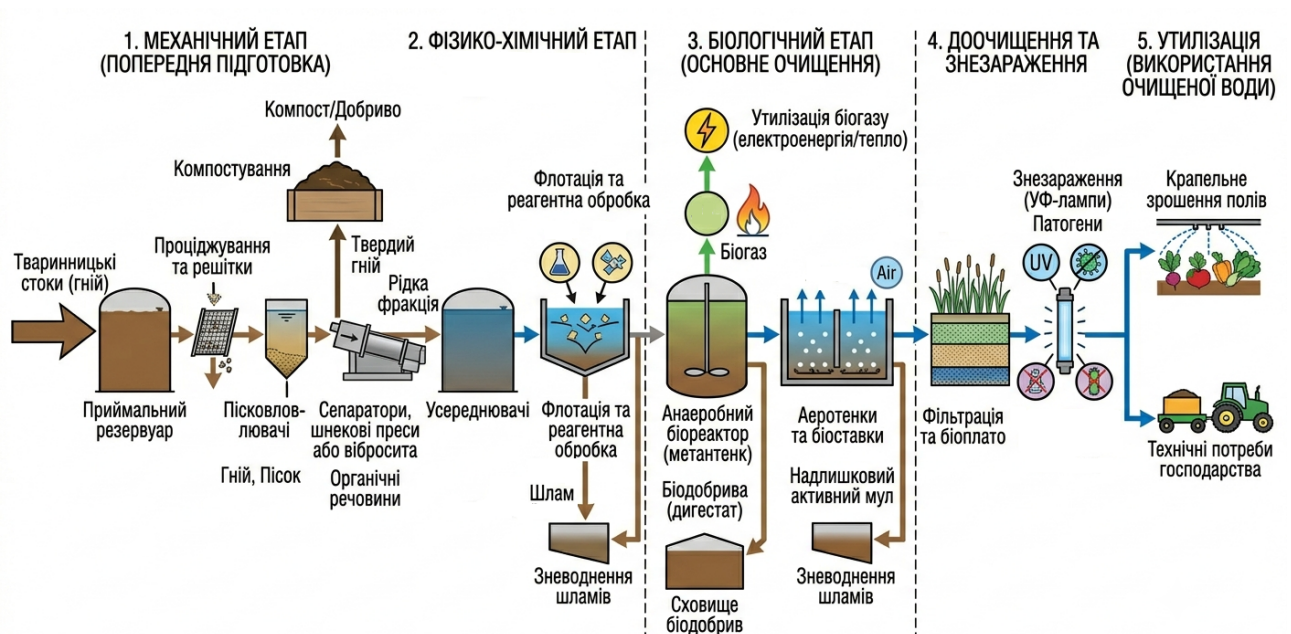


Рисунок 3.1. Технологічна схема комплексної переробки стоків птахофабрики

3.3. Опис роботи вдосконаленої технологічної схеми обладнання та утилізації утвореного осаду

Розроблена у межах даного дипломного проєкту модернізована технологічна схема локальних очисних споруд (ЛОС) ПрАТ «Оріль-Лідер» є комплексною автоматизованою системою інженерно-екологічного захисту гідросфери. Функціонування схеми базується на послідовному проходженні стічними водами п'яти основних технологічних бар'єрів: механічного передочищення, фізико-хімічної флотації, анаеробної висококонцентрованої деструкції, аеробної нітри-денітрифікації та ультрафільтраційної мембранної сепарації. Повний цикл руху рідини та утилізації органічного шламу організовано відповідно до вимог циркулярної економіки та екологічних стандартів холдингу МХП.

Рух стічних вод забійного комплексу по технологічній лінії. Висококонцентровані стічні води від цеху забою та глибокої переробки птиці з початковою витратою 1500 м³/добу самопливною мережею виробничої каналізації надходять до приймальної камери блоку механічного очищення. Спочатку стоки проходять крізь механізовану барабанну решітку, де затримуються крупні дисперсні включення (пух, пір'я, залишки м'ясних тканин, елементи підстилки та корми). Затримані відходи автоматично зчищаються шнековим приводом у герметичний контейнер і спрямовуються на утилізацію.

Звільнена від великих домішок вода спрямовується в аеровану піско-жироловку. Завдяки роботі системи дрібнобульбашкової аерації, мінеральні частинки (переважно пісок) швидко осідають у нижній конус споруди, звідки періодично відкачуються гідроелеватором на піскові майданчики. Водночас, дрібні краплі вільних жирів, обволікаючись повітряними бульбашками, втрачають питому вагу і швидко спливають на поверхню дзеркала води, утворюючи стійку жирову плівку. Цей жировий шар механічно видаляється скребковим транспортером у збірний резервуар жирошламу.

Після первинного грубого очищення стоки надходять у закритий залізобетонний усереднювач об'ємом 375 м³. Тут завдяки безперервному пневматичному барботажу стисненим повітрям відбувається вирівнювання залпових годинних коливань витрат і концентрацій забруднюючих речовин (передусім БСК та ХСК). Окрім гідравлічного усереднення, у резервуарі здійснюється стабілізація температурного режиму за допомогою інтегрованого теплообмінника, який знижує температуру гарячих мийних вод до оптимальних 32-4°C, необхідних для запобігання термічного шоку мікроорганізмів на наступних етапах біологічного очищення.

З усереднювача стоки насосною станцією з регульованим електроприводом рівномірно (з витратою 62,5 м³/год) подаються у трубний змішувач-флокулятор установки напірної флоатації DAF-70. У потік послідовно вприскується 10%-й робочий розчин коагулянту поліалюміній хлориду (РАС) у кількості 120 кг/добу (в перерахунку на суху речовину) та 0,1%-й розчин

аніонного флокулянту (4,5 кг/добу). У трубному лабіринті відбувається швидка коагуляція та укрупнення емульгованих жирів та колоїдних білкових сполук крові у міцні пластівці (флокули). Хімічно підготовлена суміш надходить у флотаційну камеру, куди одночасно через сатураційну систему під тиском 5,5 атм подається рециркуляційна вода, перенасичена розчиненим повітрям. При різкому падінні тиску у камері виділяються мільйони мікробульбашок повітря діаметром до 40 мкм, які миттєво прилипають до сформованих флокул і виносять їх на поверхню, утворюючи густий шар флотошлему. Очищена від жирів (на 98%) та завислих речовин (на 90%) вода відводиться з нижньої зони флотатора, а флотошлам згрібається автоматичним скребком у шлам-накопичувач.

Фізико-хімічно очищена стічна вода із залишковим ХСК 1600 мг/л подається у нижню частину анаеробного реактора об'ємом 400 м³. Рідина висхідним рівномірним потоком зі швидкістю 0,94 м/год проходить крізь товщу гранульованого анаеробного мулу. Консорціум закритих метаногенних мікроорганізмів здійснює глибоку деструкцію розчиненої органіки, руйнуючи 80% ХСК. Процес супроводжується інтенсивним виділенням біогазу, який піднімається вгору, вловлюється вбудованими трифазними сепараторами і під власним тиском відводиться через газовий колектор на компресорну станцію.

Анаеробно очищені стоки самопливом переливаються у двосекційний залізобетонний аеротенк загальним об'ємом 750 м³ для глибокого видалення сполук азоту та фосфору. Спочатку вода потрапляє в аноксичну зону денітрифікатора (об'єм 225 м³), яка обладнана зануреними низькошвидкісними мішалками для підтримання мулу в зваженому стані без доступу розчиненого кисню. Сюди ж за допомогою насосів повертається потужний нітратний рецикл (у триразовому об'ємі від припливу стоків) з кінця аеробної зони. Факультативні анаероби активованого мулу відновлюють нітрати до вільного азоту, який виділяється в атмосферу. Зони денітрифікації вода перетікає в аеробну зону нітрифікатора (об'єм 525 м³), де через систему придонних дискових аераторів подається кисень повітря. Тут автотрофні

нітрифікатори окиснюють амонійний азот до нітратів. Для видалення розчинених фосфатів в аеробну зону дозується розчин сульфату заліза, що призводить до зв'язування фосфору в нерозчинний осад фосфату заліза, який стає частиною біомаси.

Кінцеве розділення мулової суміші здійснюється у зануреному модулі мембранного біореактора, інтегрованого безпосередньо в аеробну зону. Під дією легкого вакууму, що створюється пермеатними насосами, абсолютно чиста вода просочується крізь пори ультрафільтраційних мембран (діаметр пор 0,04 мкм). Усі пластівці активованого мулу, мінеральні мікрочастинки, а також 100% бактеріальної флори (включаючи кишкову паличку та сальмонели) повністю затримуються на поверхні мембран. Очищений пермеат з концентрацією БСК₅ менше 3 мг/л та завислих речовин менше 1 мг/л спрямовується в акумуляційний резервуар чистої технічної води і повністю повертається на підприємство для повторного використання на контурах оборотного технічного водопостачання (миття доріг, первинне обмивання оборотного транспорту тощо), забезпечуючи виконання корпоративної екологічної мети МХП щодо переходу до нульового рідкого скиду та ліквідації випусків у річку Оріль.

Технологія утилізації утвореного осаду. Модернізована інженерна схема вирішує проблему утилізації відходів очищення за принципами безвідхідного виробництва. У процесі роботи ЛОС утворюється три основні види шламів: сирий жировий осад з жироловки, концентрований реагентний флотошлам з установки DAF (сумарна маса близько 18,5 тон/добу з вологістю 92-94%) та надлишковий активований мул з блоку аеротенків (близько 6,0 тон/добу з вологістю 98%).

Усі утворені органічні осади з відповідних шлам-накопичувачів піддаються попередньому гравітаційному згущенню в ущільнювачах мулу для зниження вологості та зменшення загального гідравлічного об'єму відходів. Згущений осад з сумарною вологістю 90-92% насосами високого тиску перекачується безпосередньо на існуючий і планований до реконструкції

внутрішньогосподарський комплекс з виробництва біогазу ПрАТ «Оріль-Лідер» (потужністю 414 712 тон відходів на рік).

У метантенках біогазового комплексу ущільнені осади ЛОС змішуються з курячим послідом та піддаються термофільному анаеробному зброджуванню при температурі 52-55°C. Високий вміст жирів та білків у флотаційному шламі виступає потужним інтенсифікатором бродіння, забезпечуючи високий питомий вихід біогазу (понад 550 м³/т сухої речовини). Газ, отриманий з реактора ЛОС (960 м³/добу) та метантенків біогазової станції, спалюється на когенераційних газопоршневих установках для виробництва «зеленої» електричної та теплової енергії на потреби птахофабрики. Зброджений беззапахний ефлюент (дигестат) проходить механічне розділення на сепараторах: тверда фракція висушується і використовується як високоякісне органічне добриво на орендованих сільськогосподарських угіддях, а рідка фракція (фугат) повертається на початок очисних споруд ЛОС. Таким чином, модернізований екологічний комплекс повністю виключає накопичення відходів на рельєфі місцевості чи полях держрезерву, реалізуючи повністю замкнений енергоефективний та сировинний цикл.

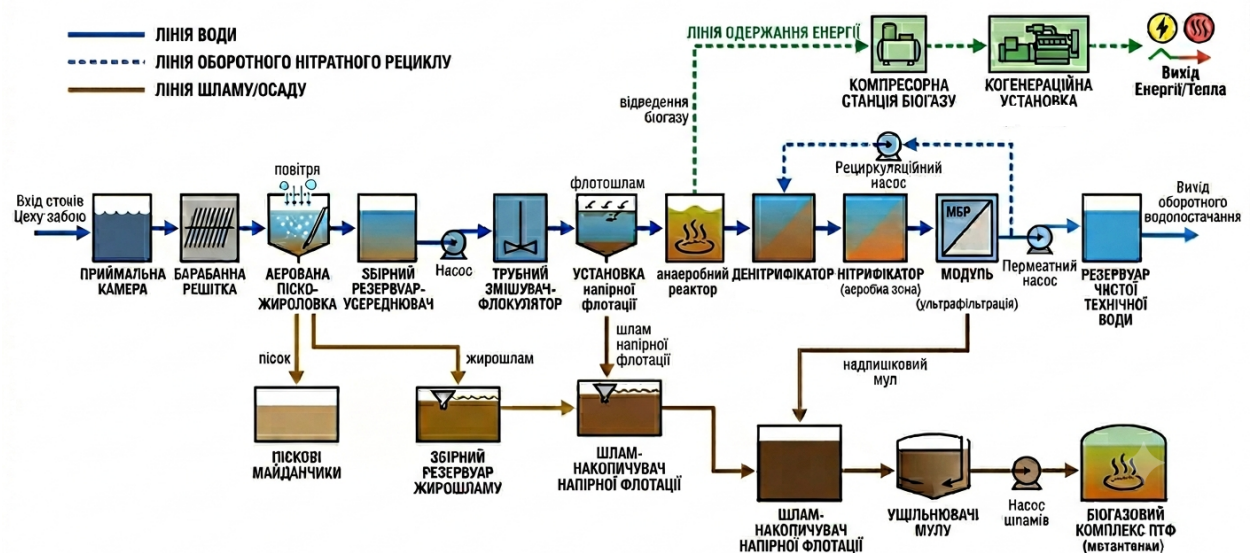


Рисунок. 3.2. Удосконалення технологічної схеми очищення стічних вод та утилізації осаду

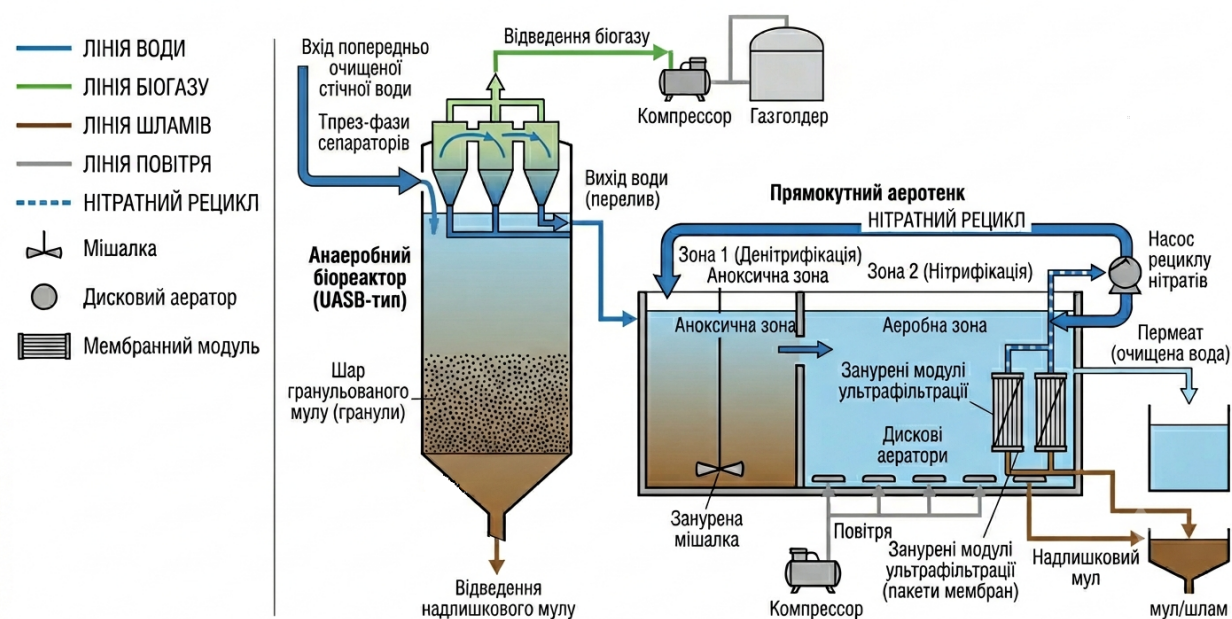


Рисунок 3.3. Схема блоку біологічного очищення стічних вод птахофабрики

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОЄКТОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1. Розрахунок капітальних інвестицій та експлуатаційних витрат на обладнання

Будь-який проєкт модернізації природоохоронної інфраструктури на промислових підприємствах потребує глибокого інженерно-економічного аналізу. Впровадження передових технологій захисту навколишнього середовища, таких як анаеробні реактори та мембранні біореактори, дозволяє не лише ліквідувати негативний вплив на гідросферу, але й забезпечити прямий економічний ефект за рахунок рециркуляції технічної води та генерації біогазу. Метою даного розділу є визначення обсягу капітальних інвестицій ($K_{\text{заг}}$) та річних експлуатаційних витрат ($C_{\text{заг}}$) для обґрунтування строку окупності проєкту.

Сума загальних капітальних вкладень у модернізацію локальних очисних споруд (ЛОС) ПрАТ «Оріль-Лідер» охоплює витрати на придбання основного технологічного обладнання, розрахованого у третьому розділі, а також витрати на будівельно-монтажні роботи, автоматизацію, проєктування та пусконаладження. Загальний обсяг капітальних інвестицій розраховується за формулою:

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{обл}} + K_{\text{буд}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{ини}} , \quad (4.1)$$

де $K_{\text{обл}}$ – балансова вартість всього комплексу технологічного обладнання та арматури, грн; $K_{\text{буд}}$ – витрати на будівельні роботи (підготовка залізобетонних резервуарів, фундаментів), грн; $K_{\text{монт}}$ – вартість монтажних та

пусконаладжувальних робіт, грн; $K_{\text{інш}}$ – інші супутні витрати, включаючи розробку проєктно-кошторисної документації та проходження експертиз ОВД, грн.

Кошторисна специфікація та капітальні витрати на реалізацію інженерних рішень зведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Капітальні інвестиції на модернізацію технологічної схеми ЛОС ПрАТ «Оріль-Лідер»

№ п/п	Найменування етапу витрат / типу обладнання	Кількість, шт.	Вартість, грн
1	Автоматизовані барабанні решітки та аерована піско-жироловка	1 компл.	1 200 000
2	Високошвидкісна флотаційна установка DAF-70	1	2 500 000
3	Анаеробний UASB-реактор (400 м ³) із трифазними сепараторами	1	3 800 000
4	Реконструкція аеротенку та інтеграція 4 блоків мембран	1 компл.	4 500 000
5	Помпові агрегати, запірно-регулююча арматура та повітрودувки	1 компл.	1 500 000
6	Система автоматизації ЛОС, контрольно-вимірювальна апаратура та програмні комплекси	1 компл.	1 000 000
Всього вартість обладнання ($K_{\text{обл}}$)			14 500 000
7	Будівельно-монтажні та гідроізоляційні роботи ($K_{\text{буд}} + K_{\text{монт}}$)	10% від $K_{\text{обл}}$	1 450 000
8	Проєктно-вишукувальні роботи, експертиза та пусконаладження ($K_{\text{інш}}$)	-	550 000
Загальні капітальні інвестиції ($K_{\text{заг}}$)			16 500 000

Згідно з розрахунками таблиці 4.1, сумарна інвестиційна вартість реалізації екологічного проєкту становить 16 500 000 грн. Найбільш витратними статтями є блоки біологічного очищення, що зумовлено високою технологічністю апаратів та імпортною складовою ультрафільтраційних мембранних елементів.

Експлуатаційні витрати характеризують щорічні поточні грошові кошти, необхідні для стабільного функціонування модернізованого комплексу очисних споруд. До структури $C_{\text{заг}}$ входять витрати на споживану електроенергію, хімічні реагенти (коагулянт, флокулянт, солі заліза), амортизаційні відрахування на відновлення основних фондів, витрати на поточний ремонт обладнання та загальновиробничі витрати. Сумарні річні експлуатаційні витрати розраховуються за рівнянням:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{ел}} + C_{\text{реаг}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{ов}}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{ел}}$ – витрати на електричну енергію для приводів насосів та повітродувов, грн/рік; $C_{\text{реаг}}$ – річна вартість реагентної обробки стоків, грн/рік; $C_{\text{ам}}$ – амортизаційні відрахування, які за нормами для промислового обладнання приймаються в розмірі 5% від загального, грн/рік; $C_{\text{рем}}$ – фонд проведення планово-попереджувальних ремонтів та сервісного обслуговування (2% від вартості обладнання), грн/рік; $C_{\text{ов}}$ – загальновиробничі та інші непередбачені поточні витрати, грн/рік.

Розрахунок подальших витрат на електроенергію проводимо у відповідності до прийнятого тарифу 8,0 грн/кВт·год та річному споживанні 180 000 кВт·год. Елементи щорічних поточних витрат деталізовано та представлено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Річні експлуатаційні витрати ($C_{\text{заг}}$) на обслуговування модернізованих ЛОС

№ з/п	Стаття поточних експлуатаційних витрат	Методика розрахунку / норматив	Сума, грн/рік
1	Електрична енергія ($C_{\text{ел}}$)	180 000 кВт·год/рік $\times$ 8,0 грн	1 440 000
2	Хімічні реагенти та матеріали ($C_{\text{реаг}}$)	РАС коагулянт, флокулянт та солі заліза	2 000 000
3	Амортизаційні відрахування ($C_{\text{ам}}$)	5% від суми обладнання (16,5 млн)	825 000
4	Поточний ремонт та обслуговування ($C_{\text{рем}}$)	2% від балансової вартості обладнання	290 000
5	Загальновиробничі та інші витрати ($C_{\text{інш}}$)	непередбачені поточні витрати	145 000
Загальні річні експлуатаційні витрати ($C_{\text{заг}}$)			4 700 000

Аналіз структури таблиці 4.2 вказує, що щорічне утримання модернізованого комплексу ЛОС складатиме 4 700 000 грн. Левову частку експлуатаційних витрат формує реагентне господарство (42,5%), що обумовлено необхідністю постійного дозування високоефективних коагулянтів для зв'язування жирів і фосфатів, а також витрати на електроенергію (30,6%) для забезпечення безперервної дрібнобульбашкової аерації та подолання трансмембранного тиску в модулях.

4.2. Розрахунок екологічного ефекту та відверненого збитку від забруднення водних ресурсів (вплив на річку Оріль)

Еколого-економічна оцінка природоохоронних проєктів передбачає обов'язане визначення відверненого екологічного збитку, що наноситься природним комплексам внаслідок скидання неочищених промислових стоків. Для умов ПрАТ «Оріль-Лідер» ліквідація несанкційованих випусків на рельєф місцевості (яри) та припинення потенційного забруднення басейну річки Оріль дозволяє трансформувати екологічну ефективність інженерних рішень у реальний грошовий еквівалент. Окрім відвернення екологічних штрафів, модернізована схема ЛОС формує прямий прибуток за рахунок повернення ультрафільтраційного пермеату в оборотний цикл фабрики та утилізації осадів у біогаз, що дозволяє забезпечити окупність капітальних вкладень у запланований термін.

Економічний збиток від забруднення водних ресурсів відображає витрати суспільства на ліквідацію наслідків хімічного та бактеріологічного отруєння водойм. Розрахунок річного відверненого збитку проводиться за методикою оцінки збитків від забруднення водних об'єктів шляхом порівняння маси скиду забруднюючих речовин до і після впровадження проєкту за формулою:

$$Z_{відв} = \sum [(M_{існ}^i - M_{проект}^i) \cdot N \cdot K_{ек}], \quad (4.3)$$

де $M_{існ}^i$ та $M_{проект}^i$ – річна маса скиду i -ї забруднюючої речовини до і після модернізації ЛОС відповідно, тон/рік; N – базова ставка збитку за одну тонну умовного забруднювача, грн/т; $K_{ек}$ – коефіцієнт екологічної цінності та ситуаційної значущості водного басейну (для басейну річки Оріль та Дніпровського регіону приймаємо $K_{ек} = 1,25$). Річний обсяг стічних вод забійного комплексу становить 547 500 м³/рік (1500 м³/добу · 365 діб). Динаміка

скорочення скидів забруднюючих речовин та відповідний відвернений збиток представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Розрахунок маси скорочення скидів та річного відверненого збитку водним ресурсам

Забруднююча речовина	Маса до модернізації, т/рік	Маса після модернізації, т/рік	Скорочення маси скиду, т/рік	Відвернений збиток, грн/рік
Завислі речовини	84,86	0,54	84,32	421 600
Органічні речовини (за БСК ₅)	35,59	1,64	33,95	1 018 500
Хімічне споживання кисню (ХСК)	49,27	8,21	41,06	615 900
Ортофосфати / фосфати	3,20	0,27	2,93	439 500
Важкі метали (залізо, марганець)	0,33	0,02	0,31	354 500
Разом відвернений екологічний збиток (З _{відв})				2 850 000

Як підтверджують розрахунки таблиці 4.3, повна ліквідація скидів та глибоке доочищення стоків дозволяють щорічно упереджувати нанесення екологічних збитків басейну річки Оріль та ґрунтам на суму 2 850 000 грн. Ця сума становить пряму статтю екологічної економії підприємства, оскільки виключає нарахування штрафних санкцій та судових позовів з боку Державної екологічної інспекції.

Повний грошовий ефект від модернізації складається не лише з екологічного збитку, а й включає два додаткових потужних інженерно-

економічних чинники. По-перше, завдяки впровадженню модулів, очищена технічна вода повністю повертається на потреби фабрики, що знижує витрати на забір підземної артезіанської води та плату за скид у міську мережу. Грошовий ефект від рециркуляції води складає $\Delta C_{\text{вода}} = 1\,650\,000$ грн/рік. По-друге, використання отриманого в реакторі біогазу ($960 \text{ м}^3/\text{добу}$) для когенерації заміщує покупну електроенергію, формуючи енергетичний ефект у розмірі $\Delta C_{\text{енерг}} = 2\,400\,000$ грн/рік. Сумарний річний прибуток становить:

$$P_{\text{заг}} = Y_{\text{відв}} + \Delta C_{\text{вода}} + \Delta C_{\text{енерг}} = 2850000 + 1650000 + 2400000 = 6900000 \text{ грн/рік}$$

Чистий щорічний економічний ефект обчислюється як різниця між сумарним річним прибутком та річними експлуатаційними витратами:

$$CF = P_{\text{заг}} - C_{\text{заг}} = 6\,900\,000 - 4\,700\,000 = 2\,200\,000 \text{ грн/рік}$$

Простий інвестиційний строк окупності запроєктованих технологічних рішень модернізації ЛОС визначається як відношення загальних капітальних інвестицій до чистого річного ефекту:

$$T_{\text{ок}} = 16\,500\,000 / 2\,200\,000 = 7,5 \text{ років}$$

Отримане значення простого строку окупності (7,5 років), що свідчить про високу доцільність проекту.

Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Аналіз умов праці на очисних спорудах ТОВ «Оріль-Лідер»

Забезпечення здорових та безпечних умов праці є невід’ємною складовою ефективного функціонування будь-якого промислового об’єкта, зокрема комплексу локальних очисних споруд (ЛОС) птахофабрики. Специфіка роботи персоналу на очисних спорудах птахофабрики та біогазовому комплексі пов’язана з постійним контактом із висококонцентрованими органічними відходами, хімічними реагентами, електрообладнанням високої потужності та вибухонебезпечними газами. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов’язаний створити на робочому місці умови, що відповідають вимогам нормативно-правових актів, а також забезпечити дотримання стандартів щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Усі фактори, що впливають на операторів ЛОС, машиністів насосних установок та слюсарів-ремонтників, поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні небезпечні та шкідливі фактори. До цієї групи належать фактори, джерелом яких є робота механічного та енергетичного обладнання:

- рухомі частини обладнання та механізми: скребкові механізми піско-жироловки, шнеки автоматичних решіток, відкриті вали перемішувальних пристроїв в усереднювачі та денітрифікаторі. Існує ризик захоплення одягу або травмування кінцівок при порушенні правил експлуатації.
- підвищений рівень шуму та вібрації: джерелом акустичного забруднення є робота промислових повітродувок (компресорів) для аерації аеротенків, пермеатних вакуумних насосів, а також газопоршневих когенераційних установок. Тривалий вплив шуму (понад 80 дБА) може призвести до

професійної приглухуватості та розладів нервової системи.

- небезпека ураження електричним струмом: усе насосне, компресорне та автоматизоване обладнання (шафи управління КВПіА) живиться від промислової мережі (380 В / 220 В). Враховуючи високу вологість середовища на ЛОС, ризик пробою ізоляції та ураження струмом значно зростає.
- мікрокліматичні умови: робота на відкритих майданчиках (огляд резервуарів, відбір проб) супроводжується впливом атмосферних опадів, перепадів температур та інсоляції. У закритих приміщеннях (насосні станції, цех механічного зневоднення) можлива підвищена вологість (понад 85%) та недостатня вентиляція.

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори. На очисних спорудах птахофабрики хімічний фактор є одним із найкритичніших через процеси біологічної деструкції та використання реагентів:

- токсичні гази біологічного походження: у процесі анаеробного бродіння в UASB-реакторі та в зонах накопичення сирого осаду виділяються небезпечні гази: сірководень (H_2S), аміак (NH_3) та метан (CH_4). Сірководень є високотоксичним газом нервово-паралітичної дії, здатним викликати миттєве отруєння при високих концентраціях. Метан, хоча і не є безпосередньо токсичним, є задущливим газом (витісняє кисень) і утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям (від 5% до 15% за об'ємом).
- хімічні реагенти: обслуговування установки напірної флотації та блоку реагентного видалення фосфору передбачає роботу з поліалюміній хлоридом (РАС), поліакриламідом (флокулянт) та сульфатом заліза ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Ці речовини при контакті зі шкірою та слизовими оболонками можуть викликати хімічні опіки, подразнення або алергічні реакції. Крім того, для періодичної промивки ультрафільтраційних мембран використовується гіпохлорит натрію (сильний окисник та подразник) і розчини кислот.

Біологічні фактори. Стічні води забійного цеху є резервуаром для масового розмноження патогенної та умовно-патогенної мікрофлори. Індекс лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) у стоках ПрАТ «Оріль-Лідер» сягає понад 2,2 млн КУО/л. Персонал ЛОС (особливо при відборі проб води, очищенні решіток та обслуговуванні мембранних модулів) має прямий ризик інфікування бактеріями групи кишкових інфекцій (зокрема сальмонельозом), гельмінтами та вірусами через мікротравми шкіри або вдихання біологічного аерозолі поблизу аеротенків.

Психофізіологічні фактори. До цієї групи належать фізичні перевантаження (ручне піднімання важких засувов, перенесення мішків із реагентами) та нервово-психічні навантаження, пов'язані з високою відповідальністю операторів за безперебійну роботу екологічно небезпечного об'єкта, монотонністю праці при спостереженні за моніторами систем, а також роботою в нічні зміни (оскільки очисні споруди працюють цілодобово).

Зведена оцінка параметрів робочої зони та відповідність їх гранично допустимим концентраціям (ГДК) і гранично допустимим рівням (ГДР) наведено у таблиці 5.1.

Проведений аналіз умов праці свідчить, що експлуатація модернізованих очисних споруд належить до робіт із підвищеною небезпекою. Наявність комплексу хімічних, біологічних та фізичних шкідливих факторів вимагає обов'язкової розробки та суворого дотримання інженерно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів із техніки безпеки, які будуть розглянуті у наступному підрозділі.

Таблиця 5.1. Аналіз основних шкідливих факторів виробничого середовища на локальних очисних спорудах птахофабрики

№ з/п	Виробничий фактор	Джерело небезпеки	Норматив (ГДК / ГДР)	Можливі наслідки впливу
1	Шум	Компресорна станція, насоси, когенераційні установки	80 дБА	Зниження гостроти слуху, втома
2	Сірководень (H_2S) у повітрі робочої зони	Будівлі механічної очистки, відкриті лотки мулоушільнювачів	10,0 мг/м ³	Гостре отруєння, параліч дихання
3	Аміак (NH_3)	Відкриті поверхні аеротенків, зони дегідратації осаду	20,0 мг/м ³	Подразнення очей та дихальних шляхів
4	Хлор / гіпохлорит натрію	Вузол хімічної промивки мембран MBR	1,0 мг/м ³	Хімічні опіки дихальних шляхів
5	Освітленість (у приміщеннях)	Загальне робоче освітлення пультових та цехів	не менше 200 лк	Зниження зору, підвищений травматизм

5.2. Розробка заходів з безпечної експлуатації запропонованого водоочисного обладнання

Впровадження високотехнологічного модернізованого комплексу локальних очисних споруд (ЛОС) на ПрАТ «Оріль-Лідер» вимагає розробки та суворого дотримання системи інженерно-технічних та організаційних заходів

для забезпечення його безпечної експлуатації. Багатоступенева схема очищення, яка поєднує механічні апарати, установку напірної флотації DAF-70, анаеробний реактор, аеротенки-нітрифікатори та занурені модулі мембранного біореактора, характеризується високим рівнем автоматизації, але водночас створює зони підвищеної виробничої небезпеки. Безпечна експлуатація запроєктованого обладнання регламентується вимогами НПАОП 41.0-1.01-03 «Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів» та іншими галузевими стандартами охорони праці України.

Техніка безпеки при експлуатації блоку механічного очищення та усереднювача. Автоматизовані барабанні решітки та скребкові механізми аерованої піско-жироловки становлять механічну небезпеку через наявність відкритих рухомих частин. Усі приводи, шнеки та ланцюгові передачі повинні бути закриті суцільними або сітчастими захисними кожухами, зблокованими з системою електроживлення. Технічне обслуговування, очищення або ремонт решіток дозволяється проводити лише після повної зупинки двигунів та вивішування на пускових пристроях попереджувальних плакатів «Не вмикати! Працюють люди». Оскільки закритий усереднювач об'ємом 375 м³ є заглибленою спорудою, де через барботаж та високу температуру стоків забійного цеху (32-34°C) можливе накопичення сірководню та метану, його внутрішній простір належить до замкнених просторів з підвищеною небезпекою. Спуск персоналу в резервуар усереднювача без попереднього повного спорожнення, тривалого вентильовання та проведення інструментального аналізу повітряного середовища на вміст кисню (не менше 20%) і токсичних газів суворо заборонено. Наземна частина усереднювача повинна мати суцільне металеве огородження заввишки не менше 1,2 м із бортовою половою 0,15 м для запобігання падінню працівників.

Заходи безпеки у реагентному господарстві та на установці напірної флотації (DAF-70). Обслуговування фізико-хімічного блоку пов'язане з процесами приготування та дозування водних розчинів коагулянту

поліалюміній хлориду (РАС), аніонного флокулянту та сульфату заліза ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), а також гіпохлориду натрію та кислот для хімічної регенерації мембран. Приміщення реагентного цеху обов'язково обладнується автономною припливно-витяжною вентиляцією з кратністю повітрообміну не менше 12. Усі процеси розвантаження, транспортування та завантаження сухих реагентів мають бути максимально механізовані для мінімізації пилоутворення. Працівники, які виконують переливання концентрованих кислот або лугів, зобов'язані використовувати ЗІЗ: захисні герметичні окуляри, гумові фартухи, закрите спецвзуття та хімічно стійкі рукавиці. У безпосередній близькості від вузлів дозування та сатуратора установки DAF-70 встановлюються аварійні фонтанчики та душі для негайного змивання хімічних речовин у разі їх потрапляння на шкіру або в очі персоналу. Оскільки сатуратор установки DAF-70 працює під високим тиском повітря (5,5 атм), він підлягає реєстрації як судина, що працює під тиском, і повинен бути оснащений сертифікованим манометром, двома запобіжними пружинними клапанами та проходити регулярні гідравлічні випробування.

Вибухо- та пожежобезпека при експлуатації анаеробного реактора. Запроектований анаеробний реактор об'ємом 400 м^3 генерує до $960 \text{ м}^3/\text{добу}$ висококонцентрованого біогазу з вмістом метану понад 65%, що зумовлює віднесення зони його розташування та компресорної станції до вибухонебезпечної зони класу 1 (згідно з НПАОП 40.1-1.32-01). Для унеможливлення виникнення джерел запалювання все електрообладнання, датчики КВПіА, потокові аналізатори та освітлювальна арматура в радіусі 10 метрів від реактора повинні мати вибухозахищене виконання. Корпус вертикального циліндричного реактора та металеві трубопроводи біогазу підлягають обов'язковому заземленню для відведення статичної електрики та захисту від блискавки. На випускних газових колекторах реактора перед подачею газу на когенераційні установки обов'язково встановлюються автоматичні вогнеперегороджувачі (гасники полум'я) та гідравлічні затвори, що виключає ризик потрапляння полум'я всередину споруди. Приміщення компресорної та

зони навколо трифазних сепараторів обладнуються стаціонарними автоматичними сигналізаторами довибухових концентрацій метану, заблокованими з аварійною вентиляцією та системою відсікання подачі газу.

Безпека праці при обслуговуванні аеротенків та мембранних модулів. Експлуатація двозонного аеротенку загальним об'ємом 750 м³ та глибиною 4,5 м пов'язана з ризиком падіння працівників у воду та отруєння біологічними аерозолями. Периметр відкритих залізобетонних резервуарів нітрифікатора та денітрифікатора повинен мати міцне металеве огороження заввишки 1,2 м, а вздовж містків обслуговування через кожні 50 метрів розміщуються рятувальні круги та канати. Обслуговування занурених ультрафільтраційних модулів, розмір пор яких (0,04 мкм) забезпечує повне затримання бактерій, вимагає суворого дотримання правил особистої гігієни та промислової санітарії для запобігання біологічному зараженню. Персонал ЛОС забезпечується сертифікованим спецодягом та засобами індивідуального захисту, перелік яких наведено у таблиці 5.2.

Електробезпека та автоматизація. Для запобігання враженню електричним струмом у вологому середовищі локальних споруд усе силове обладнання (електродвигуни насосів, повітродувки, засувки з електроприводом) підлягає зануленню та заземленню за допомогою контуру з опором розтікання струму не більше 4 Ом. Електроживлення переносних світильників та ручного інструменту при роботах всередині споруд повинно здійснюватися від безпечної напруги 12 В. Модернізація ЛОС передбачає повну автоматизацію на базі нових контролерів. Впровадження автоматичних блокувань та інтерлоків (наприклад, автоматичне відключення подачі стоків при переповненні усереднювача або зупинка пермеатних насосів при перевищенні трансмембранного тиску) зводить до мінімуму необхідність безпосереднього контакту людини з небезпечними зонами, значно підвищуючи загальний рівень промислової безпеки праці на підприємстві.

Таблиця 5.2. Нормативи забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) персоналу ЛОС птахофабрики

Професія (посада)	Найменування спеціального одягу, взуття та засобу індивідуального захисту	Термін носіння (використання), місяців
Оператор очисних споруд (ЛОС)	Костюм бавовняний з водовідштовхувальним просоченням, чоботи гумові із захисним підноском, рукавиці комбіновані, жилет сигнальний, респіратор газопилозахисний (при реагентній обробці)	12 (костюм), 12 (чоботи), черговий (респіратор)
Слюсар-ремонтник екологічного обладнання	Костюм для захисту від механічних пошкоджень, черевики шкіряні з металевим носком, каска захисна, окуляри закриті герметичні, рукавиці нітрилові	12 (костюм), 12 (черевики), до зносу (каска)
Лаборант хіміко-бактеріологічного аналізу	Халат лабораторний бавовняний, тапочки шкіряні на несковзній підошві, окуляри захисні, рукавички медичні латексні, екран захисний для обличчя	12 (халат), 12 (тапочки), чергові (рукавички)

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено завдання щодо удосконалення технології очистки стічних вод на птахофабриці «Оріль-Лідер» (підприємство у структурі агрохолдингу МХП) шляхом розробки комплексної модернізованої схеми локальних очисних споруд (ЛОС). За результатами проведених досліджень, технологічних розрахунків та еколого-економічного обґрунтування зроблено такі висновки:

1. Встановлено, що висококонцентровані стічні води забійних цехів птахофабрик є одним із головних джерел забруднення гідросфери, що викликає евтрофікацію водойм через екстремально високий вміст розчиненої органіки, жирів та біогенних елементів. Сучасні європейські нормативи та корпоративна політика холдингу МХП вимагають переходу до передових технологій очищення з метою досягнення замкненого циклу водокористування (нульового рідкого скиду).
2. Аналіз існуючої системи водовідведення птахофабрики «Оріль-Лідер» (із розрахунковою добовою витратою стоків $1500 \text{ м}^3/\text{добу}$) виявив певну невідповідність діючих очисних комплексів нормативним вимогам. Скидання недостатньо очищених стоків на рельєф та у річку Оріль призводить до значних перевищень ГДК: БСК₅ – у 16,25 раза, завислих речовин - у 6,2 раза, що спричиняє катастрофічний рівень органічного та бактеріологічного забруднення басейну річки.
3. Розроблено та розраховано багатобар'єрну технологічну схему локальних очисних споруд, що забезпечує глибоке видалення специфічних забруднювачів м'ясопереробної галузі.
 - *Механічний блок:* включає барабанні решітки (прозір 1 мм), аеровану піско-жироловку та закритий усереднювач об'ємом 375 м^3 для нівелювання залпових скидів.

- *Фізико-хімічний блок*: напірна флотація (DAF-70) з дозуванням поліалюміній хлориду (120 кг/добу), що забезпечує вилучення 98% жирів та зниження ХСК на 60%.
 - *Біологічний блок*: двоступенева система. Перший ступінь – анаеробний реактор (400 м³), що руйнує 80% ХСК та генерує 960 м³/добу біогазу. Другий ступінь – двозонний аеротенк (750 м³) з нітри-денітрифікацією та мембранним біореактором (МБР) на базі ультрафільтраційних мембран з порами 0,04 мкм. Впровадження МБР дозволяє отримувати пермеат найвищої якості (БСК₅ < 3 мг/л, завислі речовини < 1 мг/л) і на 100% повертати очищену технічну воду у виробничий цикл фабрики.
4. Еколого-економічна ефективність: загальні капітальні інвестиції у реалізацію екологічного проєкту становлять 16,5 млн грн, річні експлуатаційні витрати – 4,7 млн грн. Проєкт дозволяє упередити нанесення екологічного збитку басейну р. Оріль на суму 2,85 млн грн щорічно. Економія від рециркуляції води (1,65 млн грн/рік) та використання згенерованого біогазу (2,4 млн грн/рік) формує чистий щорічний економічний ефект у розмірі 2,2 млн грн, що гарантує окупність капіталовкладень за 7,5 років.
5. Охорона праці та безпека: модернізовані ЛОС належать до робіт із підвищеною небезпекою через наявність вибухонебезпечного біогазу (вміст метану понад 65%, наявність сірководню) та застосування хімічних реагентів. Для гарантування безпеки персоналу обґрунтовано впровадження вибухозахищеного обладнання, стаціонарних автоматичних сигналізаторів метану, систем автоматичного блокування технологічних процесів, припливно-витяжної вентиляції реагентного цеху та забезпечення працівників відповідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

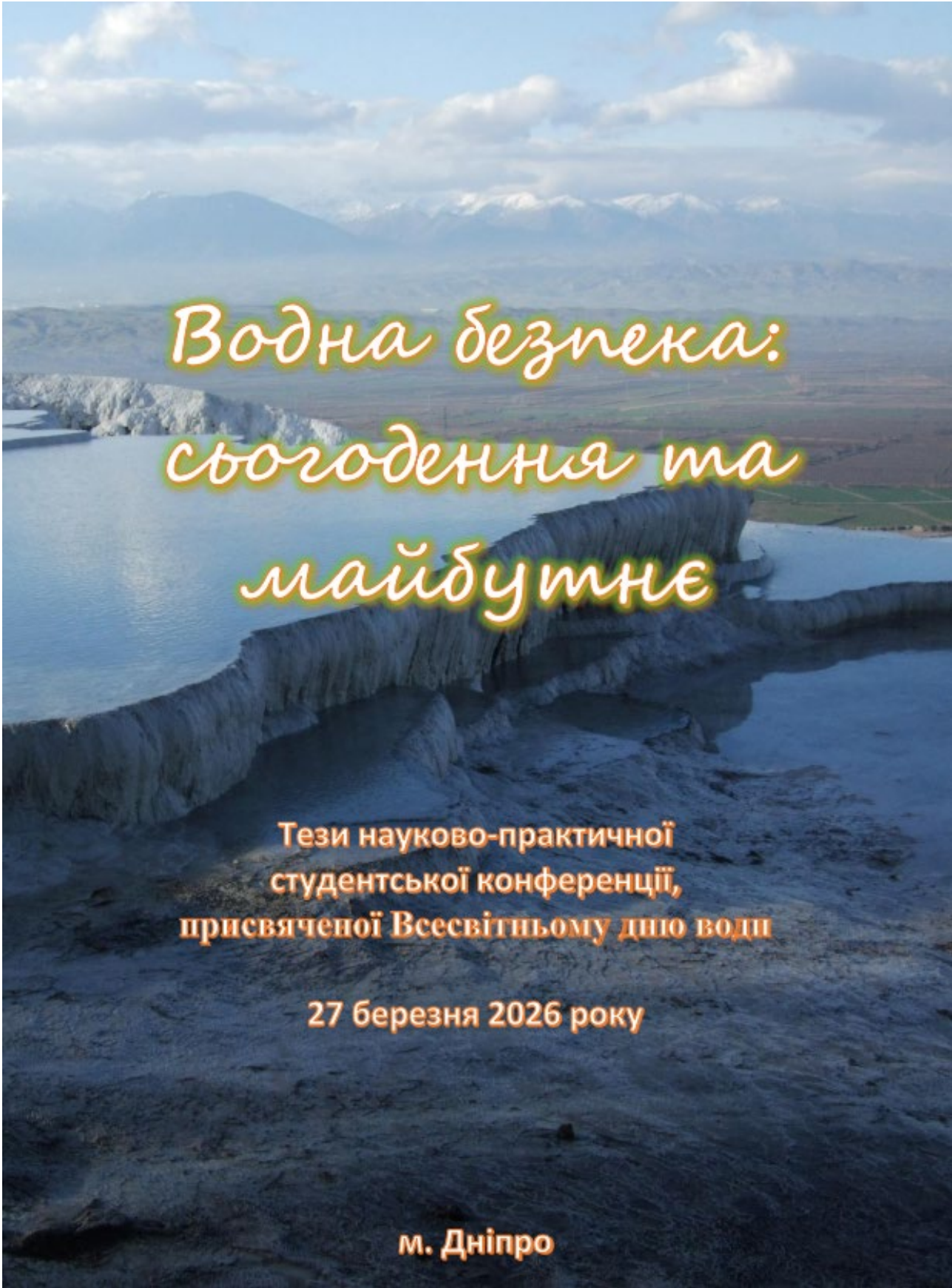
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Makhlay, K., Tseitlin, M., & Raiko, V. (2019). Очищення стічних вод забійного цеху птахофабрики коагуляцією. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях*, (10(1335), 101–108. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.10.13>
2. Odnorih, Z. S., Vasyliuk, O. R., Rubai, O. I., & Beresiuk, D. O. (2019). Модернізація технологічної лінії очищення стічних вод птахофабрики. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(3), 95-98. <https://doi.org/10.15421/40290320>
3. Айрапетян Т. С. Технологія очистки стічних вод : конспект лекцій. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 120 с.
4. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / Ін-т технічної теплофізики НАН України; за ред. Г. Гелетути. – Київ: Академперіодика, 2022. – 373 с. ISBN 978-966-360-464-0
5. Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради про відходи та скасування деяких директив від 19 листопада 2008 року. *Офіційний вісник Європейського Союзу*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
6. Екологічна політика ПрАТ «Миронівський хлібопродукт»: корпоративний документ. № ПЛ-316/02.12.25 UA <https://mhp.com.ua/>
7. Екологія та сталий розвиток МХП: нефінансовий звіт. ПрАТ «МХП».
8. Звіт про комплексний екологічний аудит території Єлизаветівської сільської ради Дніпровського району Дніпропетровської області в зоні впливу виробничих потужностей ПрАТ «Оріль-Лідер» / за наук. керівн. Г. Г. Шматкова. Дніпро, 2016. 39 с.

9. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) діяльності ПрАТ «Оріль-Лідер»: звіт. с. Єлизаветівка : ПрАТ «Оріль-Лідер», 06.03.2026 р.
10. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
11. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану: Закон України від 21.10.2021 № 1820-IX. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20>
12. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
13. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>
14. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20>
15. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT): ДСТУ ISO 45001:2019. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 41 с.

ДОДАТКИ

Тези доповіді конференції



Водна безпека: сьогодення та майбутнє

Тези науково-практичної
студентської конференції,
присвяченої Всесвітньому дню води

27 березня 2026 року

м. Дніпро

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**РЕГІОНАЛЬНИЙ ОФІС ВОДНИХ РЕСУРСІВ У
ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**



**Факультет водогосподарської інженерії
та екології**

**Кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту
довкілля**



Водна безпека: сьогоднішня та майбутня

**Тези науково-практичної студентської конференції,
присвяченої Всесвітньому дню води
27 березня 2026 року**

м. Дніпро, 2026

ЗМІСТ

Ананьєва Т. В., Онищенко А. С. Ефективність роботи очисних споруд системи водовідведення міста Павлоград.....	5
Якименко Є.В., Михалевич С.С., Грицан Ю.І., Непошивайленко Н.О. Еколого-гідрохімічна оцінка стану меліоративної системи міста Кам'янське.....	7
Гапін Г.В., Коваленко В.В., Нечай Д.О. Водно-балансовий моніторинг ставка засобами дистанційного зондування Землі.....	9
Доценко В.І., Запорожченко В.Ю. Просторово-часова оцінка якості води за вмістом хлору в системі каналу Дніпро-Донбас.....	11
Коваленко В.В., Запорожченко В.Ю., Жура С.В. Дослідження зневоднення ставків в басейні балки Вербова притоки Янчура.....	13
Коваленко В.В., Рудаков Л.М., Сміюха Д.С. Аналіз гідрологічного режиму ставка за використання даних ДЗЗ.....	15
Магазінов Б.А., Кацевич В.В., Ткачук А.В. Якість підземних вод сільських територій Криворізького залізничного басейну: оцінка та екологічні ризики.....	17
Мігура В.О., Яковенко В.М. Використання засобів дистанційного зондування Землі для дослідження екологічних наслідків руйнації Каховської ГЕС.....	19
Твердохліб А.В., Яковенко В.М. Екологічний стан території колишнього Каховського водосховища.....	21
Шпак Н.Ю. Екологічно безпечне водокористування та водовідведення для селища Кушугум.....	23
Nazarenko M.M., Izhboldin O.O. Rational use of water sources in cultivation of modern winter wheat varieties.....	25
Булейко А.А. Визначення гідро-екологічних показників та збереження водних ресурсів України.....	27
Пікареня Д.С., Орлінська О.В. Використання води при ручній розробці корисних копалин.....	29
Пікінер Л.Ю. Стратегія нульового забруднення водних об'єктів для Слобожанської ОТГ.....	31
Середа В.В. Раціональне використання та збереження водних ресурсів: законодавче регулювання, технологічні рішення та управлінські виклики.....	33
TKACHUK Andriy, TKACHUK Polina. Artificial intelligence in environmental monitoring during war.....	36
Макаров А.В., Макарова Т.К. Сучасні методи контролю за станом будівельних конструкцій гідротехнічних споруд.....	39
Гапін Г.В., Березніков Д.О., Дмитрієв І.В. Технологічні інновації ПРАТ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР» у контексті сталого розвитку.....	41

УДК 504.064 + 631.147

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ПРАТ «ОРІЛЬ-ЛІДЕР» У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Гапіч Г.В., к.т.н., доцент,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
hapich.h.v@dsau.dp.ua,

Березніков Д.О., здобувач вищої освіти,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

Дмитрієв І.В., здобувач вищої освіти,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

В умовах повномасштабної війни та глобальних кризових ситуацій питання забезпечення продовольчої та екологічної безпеки України набуло критично важливого значення. Безперебійне функціонування агропромислового комплексу, потужних господарств і холдингів, таких як ПрАТ «Оріль-Лідер» (підрозділ МХП), є запорукою продовольчої стабільності держави. Проте сучасні виклики вимагають не просто виробництва сільськогосподарської продукції, а й формування стійких, автономних систем, що здатні мінімізувати техногенне навантаження на компоненти довкілля та забезпечувати енергетичну незалежність навіть у періоди дефіциту ресурсів. Екологізація виробництва сьогодні – це не лише вимога та імплементація законодавства європейського рівня, а й стратегічний інструмент виживання та розвитку національної економіки України.

ПрАТ «Оріль-Лідер» є одним із найбільших підприємств галузі птахівництва в Україні. Підприємство розташоване у Дніпровському районі Дніпропетровської області. Виробничий цикл охоплює всі технологічні етапи від формування кормової бази і вирощування птиці до переробки відходів. Головною екологічною інновацією підприємства стала інтеграція внутрішньогосподарського комплексу з виробництва біогазу, потужність якого дозволяє обробляти понад 100 тон органічних відходів (курячий послід, силос) на добу. Впровадження та реалізація такого рішення перетворило екологічний виклик підприємства на енергетичний ресурс, що дозволило компанії стати активним учасником Всеукраїнських проєктів з відновлювальної енергетики (*EKOtransformation та інші*) та впроваджувати кращі доступні технології для захисту атмосферного повітря і водних ресурсів регіону.

Для мінімізації впливу на довкілля підприємство використовує багаторівневу систему моніторингу. Очистка стічних вод базується на суворому дотриманні нормативів гранично допустимих скидів (ГДС). Компанія інвестує у сучасне лабораторне обладнання, що дозволяє контролювати якість води за широким переліком показників, включаючи специфічні забруднювачі. У сфері захисту атмосфери впроваджено технології пилогазоочистки, що дозволяють утримувати концентрації аміаку, сірководню та діоксиду азоту в межах санітарних норм, що

підтверджується регулярними комплексними екологічними аудитами та відкритими звітами підприємства з ОВД.

Стратегія декарбонізації ПрАТ «Оріль-Лідер» реалізується через заміщення викопного палива відновлюваними джерелами. Підприємство впроваджує системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. Використання теплової енергії біогазового комплексу дозволило замінити понад 555 тис. м³ природного газу за аналогічний період, суттєво зменшуючи викиди CO₂ в атмосферу. Станом на сьогодні продуктивність внутрішньогосподарського комплексу наступна:

- виробництво біогазу – 69421 м³/добу;
- виробництво біометану – 35000 м³/добу;
- виробництво теплової енергії – 23,35 МВт/добу;
- виробництво електроенергії – 5,69 МВт/год.

Технологічне рішення з експлуатації біогазового комплексу дозволяє здійснювати глибоку переробку відходів за міжнародними стандартами. Ключовим продуктом цієї біотехнології є дигестат – вискоєфективне органічне добриво. Загальна схема технологічного циклу роботи установки наведена на рис. 1.



Рис. 1. Технологічний цикл поводження з відходами ПрАТ «Оріль-Лідер»
(частково створено методом візуалізації даних за допомогою штучного інтелекту моделі Gemini 3 Flash)

Впровадження сучасних біотехнологій дозволяє повністю замикати цикл обігу речовин, повертаючи поживні елементи в ґрунти та підвищуючи їхню родючість без використання надмірної кількості мінеральних добрив. Такий підхід не лише знижує витрати, а й запобігає забрудненню підземних вод сполуками азоту. Таким чином, досвід ПрАТ «Оріль-Лідер» доводить, що навіть у складних умовах воєнного стану та економічних криз, ставка на екологічні інновації та декарбонізацію забезпечує подвійний ефект: зміцнення продовольчої безпеки держави та збереження навколишнього середовища.