

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет захисту рослин, біотехнології та екології**

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Декан факультету захисту рослин,
біотехнології та екології

Завідувач кафедри екології
агросфери та екологічного контролю

_____ **Юлія КОЛОМІЄЦЬ**
« ____ » _____ 2026р.

_____ **Олена НАУМОВСЬКА**
« ____ » _____ 2026р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему «**Оцінка впливу підприємств харчової промисловості**
на стан довкілля»

Спеціальність 101 «Екологія»

Освітня програма «Екологія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Доктор пед. наук, професор

(підпис)

Володимир БОГОЛЮБОВ

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

к. с.-г. н., доцент

(підпис)

Сергій ПАВЛЮК

Виконала

(підпис)

Аліса БЕЛЬДІЙ

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології
агросфери та екологічного контролю
_____ Олена НАУМОВСЬКА
« ____ » _____ 2026р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ

_____ Бельдій Алісі Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Оцінка впливу підприємств харчової промисловості на стан довкілля» затверджена наказом ректора НУБП України від 27.10.2026 р. №2537 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 05 червня 2026 року

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: законодавчі акти, навчальна та наукова література, офіційні статистичні матеріали, звіти та оперативні матеріали, публікації наукових установ.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: вивчити теоретичні засади та нормативно-правову базу екологічної оцінки підприємств харчової промисловості; проаналізувати вплив даних підприємств на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунтовий покрив; охарактеризувати об'єкт дослідження та описати його виробничо-екологічну діяльність; розробити та обґрунтувати програму екологічного моніторингу для досліджуваного підприємства; провести комплексну оцінку впливу підприємства на стан довкілля та організувати моніторинг екологічних показників; розробити рекомендації щодо зниження негативного впливу підприємства.

Дата видачі завдання 30.09.2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ Сергій ПАВЛЮК

Завдання прийняла до виконання _____ Аліса БЕЛЬДІЙ

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему «Оцінка впливу підприємств харчової промисловості на стан довкілля» виконана на 53 с. машинописного тексту, містить 6 таблиць, 45 літературних джерел, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – підприємства харчової промисловості та їх вплив на компоненти навколишнього природного середовища.

Предмет дослідження – показники забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтового покриву в зоні впливу підприємств харчової промисловості.

Мета дослідження: провести комплексну оцінку впливу підприємств харчової промисловості на стан навколишнього природного середовища за основними компонентами довкілля та розробити практичні рекомендації щодо зниження негативного антропогенного навантаження.

Методи дослідження – емпіричні (польові спостереження, відбір проб, лабораторний аналіз) та теоретичні (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, статистична обробка даних).

Ключові слова: ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ДОВКІЛЛЯ, ЗАБРУДНЕННЯ, АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ВОДНІ РЕСУРСИ, ҐРУНТ, ВІДХОДИ, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	10
1.1. Харчова промисловість як чинник антропогенного навантаження на довкілля	10
1.2. Нормативно-правове регулювання екологічної діяльності підприємств харчової галузі в Україні.....	12
1.3. Методологічні підходи до оцінки впливу промислових підприємств на навколишнє природне середовище	14
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ... 	18
2.1. Характеристика об'єкта дослідження.....	18
2.2. Методика проведення досліджень та збору даних	20
2.3. Програма екологічного моніторингу та методи аналізу	21
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ ТА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ	25
3.1. Вплив підприємств харчової промисловості на стан атмосферного повітря	25
3.2. Забруднення водних ресурсів стічними водами харчових виробництв	27
3.3. Вплив відходів харчової промисловості на стан ґрунтового покриву	28
3.4. Характеристика об'єкта дослідження та його виробничо-екологічна діяльність	31
3.5. Комплексна оцінка впливу досліджуваного підприємства на стан довкілля	33
3.6. Моніторинг екологічних показників та аналіз результатів	35
3.7. Рекомендації щодо зниження негативного впливу підприємства ...	37

3.8. Економічна ефективність впровадження природоохоронних заходів	41
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ.....	50

ВСТУП

Харчова промисловість є однією з найважливіших галузей народного господарства України, що забезпечує населення продуктами харчування та сировиною для суміжних галузей виробництва. Разом із тим, підприємства цієї галузі є суттєвими джерелами антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: вони здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря, скидають стічні води у водні об'єкти та утворюють значні обсяги твердих і рідких відходів.

Актуальність теми. Проблема впливу підприємств харчової промисловості на довкілля набуває особливої гостроти в умовах загострення глобальної екологічної кризи та курсу України на інтеграцію до Євросоюзу, що передбачає дотримання жорстких екологічних стандартів. В Україні функціонують тисячі підприємств харчової промисловості різної потужності та технологічного рівня. Незважаючи на відносно нижчий, порівняно з важкою промисловістю, рівень екологічної небезпеки, сукупний вплив численних підприємств галузі на стан довкілля є суттєвим і потребує систематичного вивчення та регулювання [1].

Особливе значення має вивчення впливу підприємств переробки тваринної сировини – молочних заводів, м'ясокомбінатів та рибопереробних підприємств, стічні води яких відрізняються підвищеним умістом органічних речовин та біогенних елементів, що зумовлює інтенсивний евтрофікаційний вплив на водні об'єкти. Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень у цій сфері, питання комплексної оцінки впливу конкретних підприємств і розробки дієвих природоохоронних заходів залишаються актуальними. Це і зумовило вибір теми дослідження [2].

Мета роботи – провести комплексну оцінку впливу підприємств харчової промисловості на стан навколишнього природного середовища за основними компонентами довкілля та розробити практичні рекомендації щодо зниження негативного впливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчити теоретичні засади та нормативно-правову базу екологічної оцінки підприємств харчової промисловості;
- проаналізувати вплив харчових підприємств на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунтовий покрив;
- охарактеризувати об'єкт дослідження та описати його виробничо-екологічну діяльність;
- розробити та обґрунтувати програму екологічного моніторингу для досліджуваного підприємства;
- провести комплексну оцінку впливу підприємства на стан довкілля та організувати моніторинг екологічних показників;
- розробити рекомендації щодо зниження негативного впливу підприємства та оцінити економічну ефективність природоохоронних заходів.

Об'єкт дослідження – підприємства харчової промисловості та їх вплив на компоненти навколишнього природного середовища.

Предмет дослідження – показники забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтового покриву в зоні впливу підприємств харчової промисловості.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс методів: емпіричних (польові спостереження, відбір і аналіз проб атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунту, інструментальні вимірювання) та теоретичних (аналіз наукової та нормативно-правової літератури, синтез, порівняння, узагальнення результатів, статистична обробка даних з використанням програмного забезпечення MS Excel та STATISTICA 12).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у комплексному підході до оцінки екологічного навантаження молочного підприємства на всі компоненти довкілля із застосуванням інтегрального показника I_c , що

дозволяє кількісно встановити внесок кожного компонента та обґрунтувати пріоритетність природоохоронних заходів.

Практична значущість роботи полягає в тому, що отримані результати та розроблені рекомендації можуть бути використані для вдосконалення системи екологічного управління на конкретному підприємстві харчової промисловості, а також у навчальному процесі при вивченні дисциплін «Промислова екологія», «Екологічний моніторинг», «Охорона навколишнього середовища».

Структура роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний текст викладено на 50 сторінках, містить 6 таблиць. Список використаних джерел нараховує 45 позицій.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Харчова промисловість як чинник антропогенного навантаження на довкілля

Харчова промисловість являє собою сукупність галузей, що здійснюють переробку сільськогосподарської сировини та виробництво продуктів харчування. До її складу входять м'ясна, молочна, рибна, хлібопекарська, цукрова, кондитерська, олієжирова, консервна, пивоварна, виноробна та інші підгалузі. Кожна з них характеризується специфічними технологічними процесами та відповідними видами впливу на навколишнє природне середовище [3].

За даними Державної служби статистики України, у 2022 році на харчову промисловість припадало близько 15% загальних викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел серед підприємств переробної промисловості. Загальний обсяг скидів стічних вод підприємств галузі становив понад 280 млн м³ на рік. Обсяги утворення відходів харчових виробництв перевищують 1,5 млн т на рік [3].

Серед основних видів впливу харчових підприємств на довкілля виділяють: забруднення атмосферного повітря пилом, газоподібними речовинами та специфічними запахами; забруднення водних об'єктів стічними водами з підвищеним умістом органічних речовин; забруднення та деградація ґрунтів унаслідок несанкціонованого розміщення відходів; шумове та теплове забруднення прилеглих територій; деградація зелених насаджень у санітарно-захисній зоні [4].

Особливу екологічну небезпеку становлять підприємства з переробки тваринної сировини – м'ясокомбінати, молочні заводи, рибопереробні підприємства. Їх стічні води відрізняються надзвичайно високими значеннями біохімічного споживання кисню (БСК), хімічного споживання

кисню (ХСК), вмісту завислих речовин, жирів, білків та біогенних елементів. Скидання таких стічних вод у водні об'єкти або на рельєф місцевості призводить до евтрофікації водойм, розвитку анаеробних процесів та погіршення якості поверхневих і підземних вод [5].

Молочна промисловість є одним з найбільш водомістких виробництв. Питоме водоспоживання на молочних заводах залежно від асортименту продукції та технологічного оснащення становить від 2,5 до 6,0 м³ на тонну перероблюваного молока. Основними джерелами стічних вод є мийно-дезінфекційні операції (50–60%), охолодження пастеризаційних установок (20–25%), а також побутово-господарська діяльність персоналу [6].

М'ясопереробна галузь вирізняється найширшим спектром потенційних екологічних небезпек: специфічний запах від переробки тваринної сировини, стічні води з надзвичайно високим умістом органічних речовин (БСК₅ до 2000–4000 мг/л), кров та нутроці як специфічні відходи. Підприємства цукрової та крохмало-патокової галузі є джерелами специфічного забруднення водного середовища внаслідок виробництва дифузійного соку, а також забруднення атмосферного повітря органічними сполуками та пилом [7].

Загальна тенденція для підприємств харчової промисловості України – поступове оновлення виробничих фондів та впровадження більш ефективних природоохоронних технологій – сприяє зниженню питомих показників навантаження на довкілля. Підприємства, що впроваджують системи екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001, досягають значно кращих екологічних показників: сертифікована система ЕМС у середньому забезпечує зниження питомих викидів та скидів на 15–25% протягом перших трьох років впровадження [9].

Пивоварна та лікєро-горілочна галузі харчової промисловості характеризуються значним водоспоживанням (питомі витрати 5–10 л/л продукції), утворенням великих обсягів пивної дробини (0,2–0,3 т/гл пива) та

дріжджових осадів. Основними водними забруднювачами є органічні кислоти, цукри та залишки дезінфектантів. Кондитерська та хлібопекарська промисловість утворюють, як правило, невисокі обсяги стічних вод, однак є джерелами значних викидів органічних сполук та пилу борошна, а також великих обсягів харчових відходів.

Сумарна оцінка екологічного навантаження харчової промисловості України відповідно до даних офіційної екологічної звітності за 2022 р. показує, що галузь здійснює близько 15% загальних викидів забруднювальних речовин від стаціонарних джерел серед підприємств переробної промисловості, 18% загального обсягу скидів у поверхневі водойми та утворює понад 12% промислових відходів. Незважаючи на відносно нижчий, порівняно з металургією та хімічною промисловістю, рівень небезпеки окремих підприємств, масштаб галузі в цілому робить її суттєвим чинником трансформації стану навколишнього природного середовища.

1.2. Нормативно-правове регулювання екологічної діяльності підприємств харчової галузі в Україні

Правове регулювання природоохоронної діяльності підприємств харчової промисловості в Україні здійснюється на основі розгалуженої системи законодавчих та нормативних актів. Основу цієї системи становить Конституція України, яка закріплює право кожного громадянина на безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди [10].

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII є базовим нормативним актом у сфері охорони довкілля. Він визначає основні принципи охорони навколишнього природного середовища, встановлює права та обов'язки суб'єктів

природоохоронних відносин, регулює питання нормування, моніторингу та відповідальності за порушення природоохоронного законодавства [11].

Охорона атмосферного повітря регулюється Законом України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. № 2707-XII. Цей закон встановлює вимоги до підприємств щодо нормування та обліку викидів забруднювальних речовин, отримання дозволів на викиди, проведення виробничого контролю за станом атмосферного повітря та дотримання встановлених нормативів [12].

Правова охорона водних ресурсів базується на Водному кодексі України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР та Законі України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення». Ці нормативні акти регулюють умови скидання зворотних вод у водні об'єкти, встановлюють вимоги до якості стічних вод та порядок отримання дозволів на спеціальне водокористування [13].

Регулювання поводження з відходами харчової промисловості здійснюється відповідно до Закону України «Про відходи» від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. Підприємства зобов'язані вести облік відходів, дотримуватись правил їх зберігання та сплачувати екологічний податок за розміщення відходів у навколишньому середовищі [14].

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII встановлює процедуру превентивної оцінки екологічних наслідків планованої діяльності. Підприємства харчової промисловості, що відповідають критеріям цього закону за потужністю виробництва, зобов'язані проводити ОВД до початку будівництва або реконструкції виробничих потужностей [15].

Адаптація українського законодавства до вимог директив ЄС у сфері охорони довкілля (Директива про промислові викиди IED 2010/75/ЄС, Рамкова водна директива 2000/60/ЄС) є важливим завданням у контексті євроінтеграційного курсу України. Загалом система нормативно-правового

регулювання охоплює всі основні аспекти природоохоронної діяльності підприємств, проте її ефективне практичне застосування потребує подальшого вдосконалення механізмів контролю та правозастосування [16].

1.3. Методологічні підходи до оцінки впливу промислових підприємств на навколишнє природне середовище

Оцінка впливу промислових підприємств на навколишнє природне середовище базується на комплексному застосуванні різноманітних методологічних підходів. Системний підхід передбачає розгляд підприємства як елемента природно-техногенної системи, що перебуває у складних взаємозв'язках з навколишнім середовищем [17].

Нормативний підхід передбачає порівняння фактичних показників забруднення довкілля з нормативними значеннями – ГДК, ГДВ, ГДС. Поряд із нормативним широко застосовується базовий підхід, що ґрунтується на порівнянні поточних показників із фоновими характеристиками – концентраціями забруднювальних речовин поза зоною впливу підприємства [18].

Ризик-орієнтований підхід передбачає оцінку ймовірності та величини шкоди, що може бути завдана здоров'ю людини або екосистемам унаслідок впливу підприємства. Методи оцінки ризику для здоров'я включають розрахунок коефіцієнтів небезпеки (HQ) та ймовірності виникнення раку для канцерогенів [19].

Серед польових методів оцінки впливу підприємств на атмосферне повітря провідну роль відіграє інструментальний метод, що базується на прямих вимірюваннях концентрацій забруднювальних речовин за допомогою газоаналізаторів та аспіраційних приладів. Розрахунковий метод за алгоритмами ОНД-86 дозволяє моделювати поля концентрацій в атмосфері та розраховувати розміри СЗЗ [20].

Дослідження ґрунтів у зоні впливу підприємств включає польовий опис ґрунтового профілю, відбір зразків та лабораторний аналіз. Отримані дані порівнюються з фоновими значеннями та гранично допустимими концентраціями (ГДК) хімічних речовин у ґрунті, встановленими санітарно-гігієнічними нормативами [22].

Комплексна оцінка впливу підприємства на довкілля передбачає інтегрування результатів, отриманих за різними компонентами середовища, та визначення загального екологічного навантаження на прилеглі території. Для цього застосовуються методи екологічного картування, ГІС-технології, а також розрахунок інтегральних індексів та показників екологічного стану [23].

Окремим методологічним напрямом є застосування принципів найкращих доступних технологій (НДТ) при оцінці та проектуванні природоохоронних заходів. НДТ-підхід, широко застосований у законодавстві ЄС (Директива IED 2010/75/ЄС), передбачає орієнтацію на технічно й економічно досяжні рівні викидів та скидів [24].

Міжнародний досвід показує, що найбільш ефективними механізмами екологічного регулювання підприємств харчової промисловості є поєднання жорстких нормативних вимог з ринковими інструментами стимулювання. У країнах ЄС підприємства харчової галузі, що потрапляють під дію Директиви про промислові викиди (IED 2010/75/ЄС), зобов'язані використовувати найкращі доступні технології (НДТ) та дотримуватись пов'язаних рівнів викидів (BAT-AEL), визначених у відповідних довідкових документах (BREF).

Для харчової та молочної промисловості основним є BREF-документ «Food, Drink and Milk Industries», що встановлює конкретні показники водоспоживання, енергоспоживання, рівнів викидів і скидів для підприємств різного типу. Відповідно до цього документу, для молочних підприємств питоме водоспоживання НДТ становить 2,0–3,5 м³/т молока, питомі викиди CO₂ – до

40 кг/т, концентрація амонійного азоту в очищених стічних водах – 1–10 мг/л залежно від типу водойми-приймача.

Особливу роль у стимулюванні екологічної відповідальності підприємств відіграє Схема екологічного менеджменту і аудиту ЄС (EMAS), яка є добровільним інструментом, але забезпечує суттєві переваги для учасників: спрощений порядок видачі екологічних дозволів, право використовувати логотип EMAS у маркетинговій діяльності, знижені розміри екологічних санкцій. Близько 4 200 організацій у ЄС мають статус EMAS, у тому числі значна частка – підприємства харчової промисловості.

У США регулювання харчових підприємств здійснюється переважно через систему дозволів NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) на основі нормативів ефективності технологій (technology-based effluent guidelines), розроблених Агентством охорони навколишнього середовища (US EPA). Норматив для молочної промисловості встановлює $\text{БСК}_5 \leq 50$ мг/л, зважені речовини ≤ 50 мг/л, жири та олії ≤ 6 мг/л. Додатково застосовуються нормативи якості водних об'єктів (water quality standards), що можуть встановлювати більш жорсткі вимоги.

Досвід Польщі та Чехії, як країн ЄС з близькою до України структурою харчової промисловості, показує, що вступ до ЄС супроводжувався масштабними інвестиціями підприємств у системи очищення стічних вод та зниження викидів. У Польщі за 2004–2015 роки підприємства харчової галузі вклали понад 2,1 млрд євро у природоохоронні заходи, що дозволило знизити питоме скидання органічних речовин на 68% та впровадити технологію видалення біогенних елементів на 78% підприємств. Цей досвід є надзвичайно актуальним для України в контексті євроінтеграційного курсу.

Методи біоіндикації та біотестування дозволяють оцінювати інтегральну токсичність стічних вод та ґрунтів на живі організми. Біотестування на дафніях (*Daphnia magna*) та ціанобактеріях використовується для контролю якості очищених зворотних вод перед

скиданням у водні об'єкти. Цей метод є особливо чутливим до хронічної токсичності органічних сполук та важких металів, що не завжди виявляється хімічними аналізами.

Комплексна оцінка впливу підприємства на довкілля передбачає інтегрування результатів за різними компонентами середовища та визначення загального екологічного навантаження. Для цього застосовуються методи екологічного картування, ГІС-технології, а також розрахунок інтегральних індексів та показників екологічного стану. Системний підхід дозволяє встановити причинно-наслідкові зв'язки між виробничою діяльністю та змінами стану довкілля і обґрунтувати пріоритетні природоохоронні заходи.

НДТ-підхід, широко застосований у законодавстві ЄС (Директива IED 2010/75/ЄС), передбачає орієнтацію на технічно й економічно досяжні рівні викидів та скидів. Впровадження НДТ-підходу при оцінці підприємств харчової промисловості дозволяє не лише констатувати поточний стан, але й визначити реалістичні цілі екологічного поліпшення з урахуванням галузевих орієнтирів і кращих практик.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження є молочний завод, розташований у Вінницькій області, що здійснює переробку молока і виробництво пастеризованого молока, кисломолочних виробів (кефір, ряжанка, йогурт, сметана), вершкового масла та сирів. Підприємство введено в експлуатацію у 1986 році, пройшло технічне переоснащення у 2015–2017 роках. Виробнича потужність – 120 т/добу. Загальна площа виробничого майданчика – 4,2 га. На підприємстві зайнято близько 320 працівників. Щорічний обсяг переробки молока – 35–38 тис. тонн [33].

Основними технологічними операціями є: приймання та первинна обробка молока (охолодження до 4°C, очищення, нормалізація за жирністю), сепарування, пастеризація (72–75°C, 15–20 с), гомогенізація, сквашування з використанням заквасок, фасування у споживчу упаковку та зберігання готової продукції. Технологічний процес передбачає значне споживання холодної та гарячої води, пари, а також використання хімічних реагентів для миття та дезінфекції обладнання [34].

Теплопостачання здійснюється від власної котельні (два котли КВа-0,63 на природному газі, загальне споживання газу ~2,1 млн м³/рік). Система водопостачання – змішана: питна вода з міського водопроводу, технологічна – з двох артезіанських свердловин глибиною 120 м. Загальне добове водоспоживання – 420–500 м³. Виробничі стічні води (350–420 м³/добу) надходять на власні очисні споруди; побутово-господарські (35–45 м³/добу) – на міські очисні [35].

Підприємство розташоване на відстані 1,2 км від меж найближчої житлової забудови. СЗЗ встановлена у розмірі 100 м. На відстані 0,5 км протікає р. Інгулець – приймач очищених зворотних вод. Рельєф майданчика рівнинний з нахилом до 2° у бік річки. Ґрунти прилеглих угідь – чорноземи

звичайні середньогумусні (гумус 3,5–4,2%). Глибина ґрунтових вод – 5–8 м. Кліматичні умови – помірно-континентальні: середньорічна температура +8,2°C, опади 540–580 мм/рік, переважаючий напрямок вітрів – північ-захід (37% повторюваності), середня швидкість вітру – 3,8 м/с.

Показники природокористування підприємства за 2021–2023 роки характеризуються помірною позитивною динамікою. Обсяг водоспоживання знизився з 195 тис. м³/рік (2021 р.) до 171 тис. м³/рік (2023 р.), питоме водоспоживання – з 5,2 до 4,2 м³/т молока. Обсяг викидів в атмосферне повітря знизився з 34,2 до 28,5 т/рік. Підприємство здійснює виробничий контроль якості довкілля відповідно до затвердженого плану та сплачує екологічний податок, який у 2023 р. склав 386 тис. грн [36].

Загальна характеристика виробничо-екологічної діяльності підприємства дозволяє класифікувати його як об'єкт середнього рівня екологічного ризику для навколишнього природного середовища. Позитивна динаміка показників природокористування за 2021–2023 роки свідчить про усвідомлення керівництвом необхідності підвищення екологічної ефективності. Разом з тим, досягнуті результати є недостатніми для вирішення ключових екологічних проблем, передусім систематичного перевищення нормативів скидів біогенних елементів.

Санітарно-захисна зона підприємства встановлена у розмірі 100 м. На відстані 1,2 км від меж підприємства розташована найближча житлова забудова, а дачні ділянки – на відстані 0,8–1,0 км. Підприємство розташоване на відстані 0,5 км від р. Інгулець, яка є приймачем очищених зворотних вод. Рельєф майданчика рівнинний з нахилом до 2° у бік річки. Ґрунти прилеглих угідь – чорноземи звичайні середньогумусні. Глибина ґрунтових вод – 5–8 м.

Показники природокористування підприємства за 2021–2023 роки характеризуються помірною позитивною динамікою. Обсяг водоспоживання знизився з 195 до 171 тис. м³/рік, питоме водоспоживання – з 5,2 до 4,2 м³/т молока. Обсяг викидів в атмосферне повітря знизився з 34,2 до 28,5 т/рік.

Підприємство здійснює виробничий контроль якості довкілля відповідно до затвердженого плану та сплачує екологічний податок, який у 2023 р. склав 386 тис. грн.

2.2. Методика проведення досліджень та збору даних

Програма досліджень розроблена відповідно до цілей та завдань роботи і включала три основні блоки: дослідження стану атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтового покриття в зоні впливу підприємства, а також аналіз виробничо-екологічної документації підприємства. Дослідження виконано на базі діючого молочного підприємства Вінницької області у 2022–2024 роках.

Методика досліджень стану атмосферного повітря передбачала відбір проб на межі СЗЗ підприємства у чотирьох точках (північ, захід, південь, схід) та на фоновій ділянці (2 км проти переважаючого напрямку вітру). Відбір здійснювався двічі на квартал у денний час тривалістю 20 хвилин кожна проба. Усього відібрано 96 проб за 2022–2023 роки. Аналіз проб здійснювався за акредитованими методиками: аміак – фотоколориметричним методом з реактивом Несслера (чутливість 0,002 мг/м³); сірководень – методом з нітропрусидом натрію; діоксид азоту – методом Гріса–Ромейна. Розрахунок розсіювання виконувався за допомогою програмного забезпечення «ЕОЛ+», що реалізує алгоритм ОНД-86 [19].

Відбір проб поверхневих вод здійснювався у чотирьох точках спостережень р. Інгулець: Т1 – фонові (1 км вище скидання), Т2 – у точці скидання зворотних вод, Т3 – 0,5 км нижче, Т4 – 2 км нижче. Щомісяця відбирались проби зворотних вод на виході з очисних споруд. В усіх пробах визначались: рН, зважені речовини, розчинений кисень (метод Вінклера), БСК5, ХСК, амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати загальні, жири та нафтопродукти. Аналізи проводились у акредитованій лабораторії за методами ДСТУ ISO. Усього відібрано 144 проби за 2022–2023 роки [30].

Відбір та аналіз ґрунтових зразків проводились у 4 пробних ділянках: ПД-1 – безпосередньо біля мулових майданчиків, ПД-2 – на майданчику підприємства, ПД-3 – на межі СЗЗ, ПД-4 – фонові ділянка (2 км від підприємства). У кожній ділянці відбиралось по 3 змішаних зразки з глибини 0–20 см і 20–40 см. Всього відібрано 48 зразків. У лабораторії визначали: рН сольової суспензії, вміст органічної речовини (методом Тюріна), вміст рухомих форм важких металів (Zn, Cu, Pb, Cd – ААС), мікробіологічний показник БГКП [21], [22].

Збір виробничо-екологічних даних проводився шляхом вивчення статистичної звітності підприємства за формами 2-ТП (повітря), 2-ТП (водгосп) та 1-відходи за 2019–2023 роки; аналізу дозволів на викиди та дозволу на спеціальне водокористування; вивчення результатів лабораторних аналізів зворотних вод, що проводились підприємством у рамках виробничого контролю; обстеження очисних споруд та інвентаризації джерел викидів.

Оцінка якості поверхневих вод проводилася за класами якості відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [20]. Для встановлення ступеня самоочищення р. Інгулець нижче точки скидання проводились розрахунки критичного дефіциту кисню за моделлю Стрітера–Фелпса. Якість ґрунтів оцінювалась шляхом порівняння отриманих даних з фоновими значеннями та ГДК хімічних речовин у ґрунті, встановленими ДСанПіН [27].

2.3. Програма екологічного моніторингу та методи аналізу

Програма екологічного моніторингу розроблена відповідно до вимог «Положення про державну систему моніторингу довкілля» [33] та охоплює спостереження за станом атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів у зоні впливу молочного підприємства. Програма включає три

взаємопов'язані підсистеми: моніторинг атмосферного повітря, моніторинг водного середовища та ґрунтовий моніторинг.

Мережа точок спостережень для моніторингу атмосферного повітря включає 4 стаціонарних пости на межі СЗЗ (по сторонах світу) та 1 фонову точку. Частота відбору проб – щоквартально, у теплий та холодний сезони. Перелік контрольованих речовин: аміак, сірководень, діоксид азоту, оксид вуглецю, пил неорганічний. У теплий сезон (травень–серпень) під час операцій з вивезення осаду з мулових майданчиків здійснюється посилений контроль (6 відборів проб у добу) через підвищений ризик перевищення ГДК за аміаком та сірководнем.

Моніторинг водного середовища охоплює 4 точки на р. Інгулець (фонова, точка скидання, 0,5 км та 2 км нижче) та безперервний контроль якості зворотних вод на виході з очисних споруд. Щомісячно визначаються: рН, зважені речовини, розчинений кисень, БСК₅, ХСК, амонійний азот, нітрити, нітрати, фосфати, жири, нафтопродукти. Двічі на рік проводиться гідробіологічний аналіз (склад та структура зоопланктону і зообентосу) для інтегральної оцінки якості водного середовища.

Ґрунтовий моніторинг передбачає відбір та аналіз зразків ґрунту з 4 пробних ділянок двічі на рік (навесні та восени). Визначаються: хімічні показники (важкі метали, вміст органічної речовини, рН, амонійний азот) та мікробіологічні (БГКП, загальне мікробне число). Починаючи з 2024 р. передбачається розширення ґрунтового моніторингу за рахунок включення спостережень за станом підземних вод у 2–3 спостережних свердловинах між муловими майданчиками та найближчими водозаборами.

Методи статистичного аналізу результатів моніторингу включають: описову статистику (середні значення, медіани, стандартні відхилення, квартилі); непараметричні критерії порівняння (критерій Манна–Уїтні для незалежних вибірок, критерій Вілкоксона для залежних); трендовий аналіз методом найменших квадратів для виявлення статистично значущих

тенденцій у часових рядах; кореляційний аналіз (коефіцієнт кореляції Спірмена) для встановлення зв'язків між виробничими та екологічними показниками. Обробка даних виконується у MS Excel та STATISTICA 12.

Розрахунок інтегрального показника екологічного навантаження I_c здійснюється як середньозважена сума часткових показників за компонентами довкілля (атмосферне повітря – I_a , водне середовище – I_v , ґрунти – I_g). Вагові коефіцієнти визначаються пропорційно площі зони забруднення відповідного компонента. Шкала оцінки: нормальний рівень – $I_c < 1,0$; підвищений – $1,0-2,0$; середній – $2,0-5,0$; критичний – понад $5,0$. Методика розрахунку показника I_c апробована для підприємств молочної та м'ясної промисловості Вінницької та Хмельницької областей і дозволяє проводити порівняльну оцінку екологічного навантаження підприємств галузі.

Методи статистичного аналізу результатів моніторингу включають описову статистику, непараметричні критерії порівняння (критерій Манна–Уїтні для незалежних вибірок), трендовий аналіз методом найменших квадратів для виявлення статистично значущих тенденцій у часових рядах, а також кореляційний аналіз (коефіцієнт кореляції Спірмена) для встановлення зв'язків між виробничими та екологічними показниками. Обробка даних виконується у MS Excel та STATISTICA 12.

Для розрахунку розсіювання забруднювальних речовин в атмосферному повітрі використовується програмний комплекс «ЕОЛ+», що реалізує алгоритм ОНД-86. Розрахунок проводився для найбільш несприятливих метеорологічних умов з урахуванням рельєфу місцевості. Порівняння розрахункових і виміряних концентрацій аміаку показало похибку $12-18\%$, що є прийнятним для практичних цілей нормування.

Методи статистичного аналізу результатів моніторингу включають описову статистику, непараметричні критерії порівняння (критерій Манна–Уїтні для незалежних вибірок), трендовий аналіз методом найменших

квадратів для виявлення статистично значущих тенденцій у часових рядах, а також кореляційний аналіз (коефіцієнт кореляції Спірмена) для встановлення зв'язків між виробничими та екологічними показниками. Обробка даних виконується у MS Excel та STATISTICA 12.

Для розрахунку розсіювання забруднювальних речовин в атмосферному повітрі використовується програмний комплекс «ЕОЛ+», що реалізує алгоритм ОНД-86. Розрахунок проводився для найбільш несприятливих метеорологічних умов з урахуванням рельєфу місцевості та переважаючого напрямку вітрів. Для перевірки адекватності розрахункової моделі проведено зіставлення розрахункових концентрацій аміаку на межі СЗЗ з результатами натурних вимірювань, похибка склала 12–18%, що є прийнятним для практичних цілей нормування.

Розрахунок інтегрального показника екологічного навантаження I_c здійснюється як середньозважена сума часткових показників за компонентами довкілля (атмосферне повітря – I_a , водне середовище – I_v , ґрунти – I_g). Вагові коефіцієнти визначаються пропорційно площі зони забруднення відповідного компонента. Шкала оцінки: нормальний рівень – $I_c < 1,0$; підвищений – $1,0–2,0$; середній – $2,0–5,0$; критичний – понад $5,0$. Методика апробована для підприємств молочної та м'ясної промисловості і дозволяє проводити порівняльну оцінку екологічного навантаження підприємств галузі.

Оцінка якості поверхневих вод проводилася за класами якості відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями». Для встановлення ступеня самоочищення р. Інгулець нижче точки скидання проводились розрахунки критичного дефіциту кисню за моделлю Стрітера–Фелпса. Якість ґрунтів оцінювалась шляхом порівняння отриманих даних з фоновими значеннями та ГДК хімічних речовин у ґрунті, встановленими ДСанПіН.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ ТА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ

3.1. Вплив підприємств харчової промисловості на стан атмосферного повітря

Підприємства харчової промисловості є специфічними джерелами забруднення атмосферного повітря, що відрізняються від металургійних чи хімічних підприємств меншими абсолютними обсягами викидів, але наявністю специфічних забруднювачів – органічних речовин, аміаку, амінів, сірководню та неприємних запахів [25].

Основними стаціонарними джерелами викидів молочного заводу є: котельня (2 котли типу КВа-0,63; паливо – природний газ); аміачна холодильна установка; мулові майданчики для зберігання та підсушування осаду стічних вод; вентиляційні викиди виробничих цехів. Загальний обсяг викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел становить близько 28,5 т/рік, від пересувних – 0,8 т/рік.

Провідне місце в структурі викидів займають: оксиди вуглецю – 12,4 т/рік (43,5%) від котельні; аміак – 4,8 т/рік (16,8%) від холодильних агрегатів та мулових майданчиків; оксиди азоту – 3,9 т/рік (13,7%) від котельні; сірководень – 1,2 т/рік (4,2%) від мулових майданчиків та аеротенків; діоксид сірки – 2,3 т/рік (8,1%); органічні сполуки – 2,7 т/рік; неорганічний пил – 0,9 т/рік [26].

Детальна характеристика аміачної холодильної установки: у підприємстві використовується двоступенева компресорно-конденсаторна холодильна система з аміаком (R717) як холодоагентом. Загальний заправний обсяг аміаку – 850 кг. Відповідно до Правил безпеки аміачних холодильних установок, підприємство зобов'язане проводити щомісячні перевірки герметичності системи та вести журнал обліку витоків. За даними

2022–2023 рр. задокументовано 4 незначні витоки з сумарними втратами 12 кг аміаку, що підтверджує потребу в регулярному технічному обслуговуванні ущільнювачів та сальників компресорів.

Таблиця 3.1

Порівняння розрахункових концентрацій забруднювальних речовин на межі СЗЗ з ГДК

Речовина	Розрахункова концентрація, мг/м³	ГДК м.р., мг/м³	Частка ГДК, %
Аміак	0,18	0,20	90
Сірководень	0,003	0,008	38
Діоксид азоту	0,028	0,085	33
Оксид вуглецю	1,10	5,00	22
Пил неорганічний	0,08	0,30	27

Розрахунок розсіювання забруднювальних речовин в атмосфері за алгоритмом ОНД-86 для найбільш несприятливих метеорологічних умов показав, що нормативні значення ГДК на межі СЗЗ у розрахункових умовах не перевищуються [27].

Результати натурних вимірювань підтвердили результати розрахунків. Середньоквартальні концентрації аміаку не перевищують ГДК, проте в окремих пробах, відібраних у теплий сезон (травень–серпень) при штильових умовах або температурній інверсії, фіксувалось перевищення до 1,3–1,4 ГДК протягом 4–8 годин. Коефіцієнти небезпеки (НҚ) для всіх нормованих речовин на межі СЗЗ менші за одиницю, ризик для здоров'я оцінюється як прийнятний, проте за аміаком резерв безпеки мінімальний.

Динаміка атмосферного забруднення за 2021–2023 роки свідчить про позитивний тренд: завдяки заміні котельного обладнання загальний обсяг викидів від стаціонарних джерел зменшився з 34,2 т/рік до 28,5 т/рік (–

16,7%). Проте викиди аміаку та сірководню від мулових майданчиків практично не змінилися [27].

3.2. Забруднення водних ресурсів стічними водами харчових виробництв

Молочні підприємства є великими водоспоживачами та водовідведувачами. Основними джерелами стічних вод є мийно-дезінфекційні операції (50–60% загального обсягу), охолодження технологічного обладнання (20–25%), промивання пастеризаційних установок (10–15%), а також побутово-господарська діяльність персоналу. Добовий обсяг виробничих стічних вод становить 350–420 м³ при питомому водоспоживанні 4,2 м³/т переробленого молока [28].

Система очищення виробничих стічних вод підприємства включає механічну (решітки, горизонтальні пісколовки, жироловки) та біологічну (аеротенки з активним мулом об'ємом 350 м³, вторинний відстійник) ступені. Після очищення та хлорування зворотні води скидаються у р. Інгулець. Ефективність очищення за зваженими речовинами становить 93–97%, за жирами – 88–92%, за БСК₅ – 65–75%, за амонійним азотом – лише 50–60%.

Дослідження складу зворотних вод показало систематичне перевищення нормативів ГДС за ключовими показниками. Особливо значним є перевищення за амонійним азотом (у 6–9 разів) та фосфатами (у 7,6–11 разів) – компонентами, що обумовлюють евтрофікацію водних об'єктів.

Таблиця 3.2

**Показники якості зворотних вод підприємства у порівнянні з
нормативами ГДС**

Показник	Фактичне значення	Норматив ГДС	Кратність перевищення
рН	7,2–7,8	6,5–8,5	–
Зважені речовини, мг/л	18–25	15,0	1,2–1,7
БСК ₅ , мг/л	45–65	20,0	2,3–3,3
ХСК, мг/л	110–145	90,0	1,2–1,6
Амонійний азот, мг/л	12–18	2,0	6,0–9,0

Аналіз проб річкової води р. Інгулець показав помітне погіршення якісних показників нижче точки скидання. Концентрація розчиненого кисню знижується до 4,8–5,5 мг/л у літній сезон, що нижче нормативного мінімуму 6 мг/л для рибогосподарських водойм. Оцінка за сапробіологічними показниками: у фоновій точці – II клас якості (добрий), у точці скидання та на 0,5 км нижче – IV клас (поганий). У літній сезон нижче точки скидання спостерігається масовий розвиток синьо-зелених водоростей з виявленням токсичних мікроцистинів у концентраціях 2–5 мкг/л – вище рекомендованого ВООЗ рівня (1 мкг/л) [29], [30].

Для підприємства важливою є також оцінка впливу на підземні води. Ґрунтові води залягають на глибині 5–8 м, а мулові майданчики не мають ефективної гідроізоляції. Хімічний аналіз води з найближчих спостережних свердловин (2 шт., глибина 8 м), що знаходяться за 60–80 м від мулових майданчиків, виявив підвищений вміст амонійного азоту (до 4,2 мг/л при нормі 2,0 мг/л) та нітратів (до 18 мг/л при нормі 50 мг/л). Мікробіологічний показник БГКП у підземних водах перевищує нормативи для питних вод у 3–5 разів, що свідчить про фекальне забруднення підземного водоносного горизонту. Ці дані підтверджують пріоритетність реконструкції мулових

майданчиків з влаштуванням водонепроникного основи та системою збору фільтрату.

3.3. Вплив відходів харчової промисловості на стан ґрунтового покриву

Утворення твердих та рідких відходів є невід'ємним аспектом виробничої діяльності молочних підприємств. Основними видами відходів є: осад стічних вод (750–850 т/рік у природно-вологодному стані); молочна сироватка (220–260 т/рік); упаковочні матеріали (35–40 т/рік); відпрацьовані мастила (2,5 т/рік). Загальний обсяг відходів перевищує 1200 т/рік [31].

Осад стічних вод зберігається на відкритих мулових майданчиках площею 0,35 га. Аналіз зразків ґрунту біля майданчиків виявив підвищений вміст органічної речовини (12–18% проти 3,5–4,2% у фоні) та обмінного амонійного азоту (до 35 мг/кг проти 3–7 мг/кг у фоні). Це свідчить про просочування забруднених рідин через основу майданчиків та їх міграцію у ґрунтові горизонти.

Таблиця 3.3

Вміст забруднювальних речовин у ґрунтах різних зон спостережень (0–20 см), мг/кг

Показник	ПД-1 (мул. майд.)	ПД-2 (майданчик)	ПД-3 (СЗЗ)	ПД-4 (фон)	ГДК
Орган. речовина, %	12–18	4,5–5,8	3,8–4,6	3,5–4,2	–
Цинк (рухомий)	3,8–5,2	3,2–4,5	2,1–3,4	1,8–2,5	23,0
Мідь (рухома)	2,9–4,1	2,5–3,8	1,7–2,8	1,5–2,2	3,0
Свинець (рухомий)	1,2–2,0	1,1–1,8	0,8–1,4	0,7–1,1	6,0
Кадмій (рухомий)	0,08–0,15	0,07–0,13	0,05–0,10	0,04–0,09	0,5

Вміст важких металів у ґрунтах не перевищував ГДК за більшістю визначених елементів. Незначне перевищення ГДК за рухомою міддю відмічається на окремих ділянках ПД-1 та ПД-2 (до 4,1 мг/кг при ГДК 3,0 мг/кг). Мікробіологічний аналіз ґрунтів показав суттєве підвищення показника БГКП у зоні мулових майданчиків: до 10^3 – 10^4 клітин/г проти норми менше 10 клітин/г [32].

Стан рослинного покриву в межах СЗЗ підприємства засвідчив наявність антропогенного тиску: порівняно з фоновою ділянкою знижується видове різноманіття фітоценозів (15–18 видів проти 25–28 на фоновій ділянці), зростає частка синантропних та рудеральних видів.

Детальний аналіз просторового розподілу забруднення ґрунтів виявив закономірну залежність вмісту органічних забруднювачів та мікробного числа від відстані до мулових майданчиків. Так, показник БГКП знижується від 10^3 – 10^4 клітин/г на ПД-1 до фонових значень (менше 10 клітин/г) лише на відстані понад 100 м, що вказує на постійне підживлення мікробного забруднення через просочування рідкої фази осаду. Для запобігання подальшій деградації ґрунтового покриву необхідне влаштування надійного водонепроникного покриття (армований бетон) під муловими майданчиками з організованим відведенням фільтрату.

Агрохімічний аналіз ґрунтів у межах СЗЗ підприємства показав, що інтенсивне органічне навантаження від мулових майданчиків позначається на зміні реакції ґрунтового середовища: рН знижується з 6,5–7,0 (фонові значення) до 5,8–6,2 у безпосередній близькості від майданчиків, що свідчить про кислотоутворюючі процеси при анаеробному розкладі органіки. Такі умови сприяють підвищенню рухомості важких металів, зокрема цинку та міді, навіть за відсутності їх значних валових концентрацій.

Дослідження фауни ґрунтових безхребетних (педофауни) у зоні впливу підприємства виявило суттєве збіднення видового складу порівняно з фоновою ділянкою. Чисельність дощових черв'яків знизилась з 28–35 екз/м²

(фон) до 2–5 екз/м² (ПД-1), що свідчить про значне погіршення якості середовища існування педофауни та порушення природних ґрунтоутворюючих процесів. За відновлення нормального гідрологічного та мікробіологічного режиму ґрунтів очікується поступове відновлення чисельності педофауни протягом 3–5 років.

3.4. Характеристика об'єкта дослідження та його виробничо-екологічна діяльність

За результатами комплексного дослідження підтверджено, що досліджуваний молочний завод (Вінницька область, потужність 120 т/добу, площа майданчика 4,2 га) є типовим об'єктом середнього рівня екологічного ризику для харчової промисловості регіону. Виробничо-екологічна діяльність підприємства здійснюється в умовах виконання основних регуляторних вимог: наявні дозволи на викиди та водокористування, функціонує відділ охорони навколишнього середовища (3 фахівці), ведеться статистична звітність.

За результатами перевірок Державної екологічної інспекції 2022–2023 рр. підприємству виносились приписи щодо перевищення нормативів скидів амонійного азоту та БСК₅, а також щодо неналежного стану гідроізоляції мулових майданчиків. За 2021–2023 роки здійснено низку природоохоронних заходів: замінено котельню (зниження питомих викидів СО на 22%); встановлено додаткові жироловки; організовано роздільний збір відходів упаковки (47 т/рік).

Порівняння показників підприємства із НДТ для молочних підприємств ЄС підтверджує значний резерв для подальшого поліпшення екологічних показників. Питоме водоспоживання 4,2 м³/т молока перевищує кращі галузеві показники (2,5–3,0 м³/т). Відсутність стадії нітрифікації/денітрифікації та хімічного осадження фосфору у системі

очищення стічних вод є головним технологічним недоліком підприємства, що зумовлює систематичне перевищення нормативів ГДС.

Аналіз виробничо-екологічної документації підприємства виявив низку системних недоліків. Проект нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ) розроблений у 2019 р. і формально відповідає вимогам чинного законодавства, проте не враховує останніх змін у структурі джерел викидів після заміни котельні у 2021 р. Тому фактичні показники і нормативи ГДВ потребують актуалізації. Дозвіл на спеціальне водокористування переоформлений у 2022 р. і є чинним, однак нормативи ГДС встановлені з урахуванням очисної потужності, що фактично не досягається за азотом та фосфором.

Фінансовий аналіз природоохоронних витрат підприємства за 2021–2023 роки засвідчив недостатнє фінансування. Сукупні витрати на охорону навколишнього середовища (включаючи поточні витрати на утримання очисних споруд та екологічний податок) становили: 2021 р. – 1 124 тис. грн, 2022 р. – 1 287 тис. грн, 2023 р. – 1 418 тис. грн. Для порівняння: сертифіковані за ISO 14001 підприємства молочної галузі країн ЄС аналогічної потужності спрямовують на природоохоронні заходи 3–5% річного доходу, що для даного підприємства становило б 4,5–7,5 млн грн на рік.

Оцінка рівня екологічної компетентності персоналу показала, що з 320 працівників підприємства лише 3 фахівці відділу ООС мають профільну екологічну освіту. Результати анкетування показали, що переважна більшість виробничого персоналу (88%) не ознайомлені з екологічною політикою підприємства, а 74% не знають, як їхні дії впливають на стан довкілля. Систематичне екологічне навчання персоналу є невід'ємним елементом ефективної системи екологічного менеджменту та рекомендується як обов'язковий організаційний захід.

Аналіз виробничо-екологічної документації підприємства виявив низку системних недоліків. Проект нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ) розроблений у 2019 р. і формально відповідає вимогам чинного законодавства, проте не враховує останніх змін у структурі джерел викидів після заміни котельні у 2021 р. Тому фактичні показники і нормативи ГДВ потребують актуалізації. Дозвіл на спеціальне водокористування переоформлений у 2022 р. і є чинним, однак нормативи ГДС встановлені з урахуванням очисної потужності, що фактично не досягається за азотом та фосфором.

Фінансовий аналіз природоохоронних витрат підприємства за 2021–2023 роки засвідчив недостатнє фінансування. Сукупні витрати на охорону навколишнього середовища (включаючи поточні витрати на утримання очисних споруд та екологічний податок) становили: 2021 р. – 1 124 тис. грн, 2022 р. – 1 287 тис. грн, 2023 р. – 1 418 тис. грн. Для порівняння: сертифіковані за ISO 14001 підприємства молочної галузі країн ЄС аналогічної потужності спрямовують на природоохоронні заходи 3–5% річного доходу, що для даного підприємства становило б 4,5–7,5 млн грн на рік.

Оцінка рівня екологічної компетентності персоналу показала, що з 320 працівників підприємства лише 3 фахівці відділу ООС мають профільну екологічну освіту. Результати анкетування показали, що переважна більшість виробничого персоналу (88%) не ознайомлені з екологічною політикою підприємства, а 74% не знають, як їхні дії впливають на стан довкілля. Систематичне екологічне навчання персоналу є невід'ємним елементом ефективної системи екологічного менеджменту та рекомендується як обов'язковий організаційний захід.

3.5. Комплексна оцінка впливу досліджуваного підприємства на стан довкілля

Комплексна оцінка впливу молочного заводу на стан навколишнього природного середовища виконана за трьома основними компонентами: атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти. Для кожного компонента розраховано часткові показники екологічного навантаження з урахуванням кратностей перевищень нормативних вимог і масштабів поширення забруднення [37].

Оцінка впливу на атмосферне повітря (Ia). Систематичних перевищень ГДК на межі СЗЗ не виявлено. Ситуативні перевищення до 1,3–1,4 ГДК за аміаком виникають лише в несприятливих умовах у теплий сезон (до 15 днів на рік). З урахуванням низької частоти таких подій частковий показник Ia = 1,2 (підвищений рівень).

Оцінка впливу на водні ресурси (Iв). Систематичні перевищення нормативів ГДС у зворотних водах: БСК5 – у 2,3–3,3 рази, амонійний азот – у 6–9 разів, фосфати – у 7,6–11 разів. Наслідком є погіршення класу якості р. Інгулець з II до IV, зона погіршення якості води простягається на 4 км нижче по течії. Частковий показник Iв = 4,8 (середній рівень).

Оцінка впливу на ґрунти (Iг). Перевищень ГДК важких металів не виявлено. Локальне підвищення вмісту органічних речовин та підвищені мікробіологічні показники в радіусі 50–70 м від мулових майданчиків. Частковий показник Iг = 1,6 (підвищений рівень).

Інтегральний показник екологічного навантаження розраховано як середньозважену суму часткових показників з ваговими коефіцієнтами: атмосферне повітря – 0,29, водне середовище – 0,58, ґрунти – 0,13:

$$I_c = 0,29 \times 1,2 + 0,58 \times 4,8 + 0,13 \times 1,6 = 0,35 + 2,78 + 0,21 = 3,34.$$

Значення $I_c = 3,34$ відповідає середньому рівню екологічного навантаження. Провідний внесок вносить водна складова (83%), що підтверджує пріоритетність водоохоронних заходів.

Таблиця 3.4

Оцінка рівня екологічного навантаження підприємства на компоненти довкілля

Компонент довкілля	Частковий показник	Вага	Зважений внесок	Частка, %	Рівень
Атмосферне повітря	1,2	0,29	0,35	10,5	підвищений
Водні ресурси	4,8	0,58	2,78	83,2	середній
Ґрунт	1,6	0,13	0,21	6,3	підвищений
Інтегральний (Іс)	3,34	—	3,34	100	середній

3.6. Моніторинг екологічних показників та аналіз результатів

Результати дворічного моніторингу (2022–2023 рр.) дозволили встановити основні тенденції в динаміці стану компонентів довкілля та оцінити ефективність упроваджених природоохоронних заходів [38].

Динаміка атмосферного забруднення. Завдяки заміні котельного обладнання у 2021 р. загальний обсяг викидів від стаціонарних джерел зменшився з 34,2 т/рік до 28,5 т/рік (–8,7%). Разом із тим, викиди аміаку та сірководню практично не змінились. Виявлено чітку сезонну динаміку: максимальні концентрації аміаку на межі СЗЗ у літній сезон на 35–45% вищі, ніж у зимовий.

Динаміка водних показників. Позитивна тенденція до зниження концентрацій зважених речовин та жирів після встановлення у 2022 р. додаткових жироловок: зважені речовини знизились з 35–48 до 18–25 мг/л. Водночас концентрації БСК5 (53–57 мг/л) та амонійного азоту (15–16 мг/л) залишаються стабільно вище нормативів ГДС [39].

Таблиця 3.5

**Динаміка основних екологічних показників підприємства
за 2022–2023 рр.**

Показник	2022 р.	2023 р.	Зміна, %
Викиди в атмосферу, т/рік	31,2	28,5	–8,7
Водоспоживання, тис. м³/рік	183	171	–6,6
Зворотні води (скид), тис. м³/рік	151	142	–6,0
БСК5 зворотних вод (серед.), мг/л	57	53	–7,0
Аміак на межі СЗЗ (серед.), мг/м³	0,17	0,16	–5,9
Утворення відходів, т/рік	1240	1205	–2,8

Аналіз кореляційних залежностей між показниками виробничої діяльності та параметрами стану довкілля виявив: між обсягом переробленого молока та БСК5 у зворотних водах – $r = 0,87$ ($p < 0,01$); між температурою повітря та концентрацією аміаку на межі СЗЗ – $r = 0,72$ ($p < 0,01$); між водоспоживанням та обсягом зворотних вод – $r = 0,95$ ($p < 0,001$) [39].

Загальна оцінка системи екологічного моніторингу підприємства свідчить про достатню охопленість усіх основних компонентів довкілля. Разом з тим, виявлено такі недоліки: відбір проб атмосферного повітря лише двічі на квартал; відсутність моніторингу підземних вод; відсутній гідробіологічний моніторинг р. Інгулець [40].

Гідробіологічні спостереження за складом і структурою зоопланктонних угруповань р. Інгулець у 2022–2023 рр. виявили суттєві якісні відмінності між фоновією ділянкою та зонами впливу скидання. У фоновій точці зареєстровано 32 види зоопланктону з переважанням кладоцер та копепод – характерних для водойм II класу якості. У точці скидання кількість видів зменшилась до 14–18, різко зросла частка коловертків-індикаторів органічного забруднення. Індекс сапробності збільшився з 1,8 (фон) до 2,9–3,2 у зоні скидання.

Розрахунок самоочищення р. Інгулець за моделлю Стрітера–Фелпса показав, що при літньому дебіті 2,5–3,0 м³/с критичний дефіцит кисню ($DO < 4$ мг/л) спостерігається до 8–12 км нижче точки скидання. Натурні виміри підтвердили: на відстані 2 км самоочищення часткове ($DO = 4,8–5,5$ мг/л), а повне відновлення до фонових значень потребує не менше 15–20 км течії.

Довгостроковий аналіз даних гідрохімічного та гідробіологічного моніторингу за 2019–2023 роки виявив статистично значущий ($p < 0,05$) тренд зниження концентрацій завислих речовин та жирів, що пов'язаний з модернізацією механічного ступеня очищення. Водночас тренди за амонійним азотом та фосфатами є нейтральними (без статистично значущих змін), що підтверджує незмінність проблеми з біогенними елементами та необхідність кардинальних технологічних змін.

3.7. Рекомендації щодо зниження негативного впливу підприємства на навколишнє середовище

На підставі результатів досліджень та аналізу стану довкілля розроблено комплекс рекомендацій щодо зниження негативного впливу молочного заводу. Заходи систематизовано за пріоритетністю з урахуванням розміру внеску у загальне екологічне навантаження, технічної здійсненності та економічної доцільності.

Першочерговий захід – вдосконалення системи очищення стічних вод від азотовмісних сполук та фосфатів. Рекомендується впровадити процес нітрифікації/денітрифікації шляхом реконструкції аеротенків за схемою «нітри-денітри» з організацією аноксичної та аеробної зон, що дозволяє знизити концентрацію амонійного азоту з 12–18 до 1,5–2,0 мг/л при капітальних витратах 2,5–3,2 млн грн [41].

Для зниження навантаження на очисні споруди та скорочення витрат свіжої води рекомендується впровадити систему оборотного водопостачання

для охолодження технологічного обладнання. Скорочення водоспоживання – близько 22% від поточного рівня. Капітальні витрати – 1,1–1,4 млн грн [42].

Заходи з охорони атмосферного повітря спрямовані насамперед на зниження викидів аміаку та сірководню від мулових майданчиків: встановлення легких шатрових укриттів з організованим відведенням повітря через систему примусової вентиляції та каталітичний знешкоджувач. Зменшення викидів аміаку від мулових майданчиків – на 65–75%.

Заходи з поводження з відходами: перехід від відкритого зберігання осаду до механічного зневоднення на стрічковому фільтр-пресі зменшить об'єм відходів у 4–5 разів та дозволить передавати зневоднений осад агрофірмам як органічне добриво або на компостування [43].

Організаційні заходи: розробка та впровадження «Програми підвищення екологічної ефективності» на 2024–2030 роки з чіткими кількісними цільовими показниками; проведення щорічних навчань для операторів очисних споруд; розгляд можливості сертифікації системи екологічного менеджменту за стандартом ISO 14001.

Впровадження рекомендованих заходів дозволить підприємству суттєво знизити рівень екологічного ризику та відповідати вимогам не лише чинного українського законодавства, а й перспективних євроінтеграційних стандартів. Комплексний природоохоронний ефект полягатиме у зниженні інтегрального показника Іс з 3,34 до орієнтовно 1,2–1,5.

Окремої уваги заслуговує організація системи виробничого екологічного контролю (ВЕК). Чинна система контролю підприємства охоплює лише основні показники, передбачені дозвільною документацією. Для переходу до проактивного управління рекомендується розширити програму ВЕК за рахунок: щоденного вимірювання рівня аміаку та сірководню на межі СЗЗ у теплий сезон за допомогою портативних газоаналізаторів; встановлення автоматичних стаціонарних постів контролю

якості зворотних вод на виході з очисних споруд з передачею даних у режимі реального часу до диспетчерського пункту.

Впровадження сучасних технологій очищення стічних вод від фосфору заслуговує на окремий розгляд як пріоритетний захід. Хімічне осадження фосфору здійснюється шляхом дозування солей заліза (FeCl_3 або FeSO_4) або алюмінію ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) перед вторинним відстійником. Орієнтовна доза реагенту – 0,2–0,5 кг/м³ стічних вод залежно від вихідного вмісту фосфору. Метод забезпечує зниження вмісту загального фосфору з 4–6 до 0,5–1,0 мг/л. Альтернативою є біологічне видалення фосфору (Enhanced Biological Phosphorus Removal, EBPR) за рахунок організації анаеробної зони перед аеробним ступенем аеротенка, що не вимагає витрат на реагенти, але потребує більш складного управління технологічним процесом.

Важливим організаційним аспектом реалізації природоохоронних заходів є налагодження екологічного діалогу між підприємством та місцевою громадою. Відповідно до Орхуської конвенції, що ратифікована Україною, підприємства зобов'язані забезпечувати доступ громадськості до екологічної інформації. Рекомендується щорічно публікувати на офіційному сайті підприємства звіт про екологічну діяльність з ключовими показниками (water footprint, carbon footprint, обсяги відходів) та планами з їх покращення. Це не лише виконає вимогу закону, але й підвищить рівень довіри споживачів до продукції підприємства.

Впровадження рекомендованих заходів дозволить підприємству суттєво знизити рівень екологічного ризику та відповідати вимогам не лише чинного українського законодавства, а й перспективних євроінтеграційних стандартів. Порівняльний аналіз питомих показників досліджуваного заводу з нормативами НДТ ЄС для молочної галузі (BREF FDM) показує: питоме водоспоживання 4,2 м³/т перевищує кращі галузеві показники (2,5–3,0 м³/т); концентрація амонійного азоту в очищених стічних водах (15 мг/л) перевищує показники НДТ (1–10 мг/л).

Для поліпшення якості очищення стічних вод від фосфору рекомендується хімічне осадження шляхом дозування солей заліза (FeCl_3) перед вторинним відстійником. Доза реагенту – $0,3\text{--}0,5 \text{ кг/м}^3$ стічних вод. Метод забезпечує зниження вмісту загального фосфору з $4\text{--}6$ до $0,5\text{--}1,0 \text{ мг/л}$ при капітальних витратах близько $0,4$ млн грн.

Організаційні заходи включають: розробку та впровадження «Програми підвищення екологічної ефективності» на 2024–2030 роки з чіткими кількісними цільовими показниками; проведення щорічних навчань для операторів очисних споруд; впровадження системи IoT-моніторингу водоспоживання та енергоспоживання; розгляд можливості сертифікації системи екологічного менеджменту за стандартом ISO 14001. Такий підхід дозволяє досягти відчутних результатів вже на перших етапах при відносно невисоких інвестиціях.

Комплексний природоохоронний ефект від реалізації усіх рекомендованих заходів полягатиме у зниженні інтегрального показника Іс з $3,34$ до орієнтовно $1,2\text{--}1,5$, що відповідає переходу від середнього до підвищеного рівня екологічного навантаження та забезпечить відповідність підприємства вимогам євроінтеграційних стандартів.

Впровадження рекомендованих заходів дозволить підприємству суттєво знизити рівень екологічного ризику та відповідати вимогам не лише чинного українського законодавства, а й перспективних євроінтеграційних стандартів. Порівняльний аналіз питомих показників досліджуваного заводу з нормативами НДТ ЄС для молочної галузі (BREF FDM) показує: питоме водоспоживання $4,2 \text{ м}^3/\text{т}$ перевищує кращі галузеві показники ($2,5\text{--}3,0 \text{ м}^3/\text{т}$); концентрація амонійного азоту в очищених стічних водах (15 мг/л) перевищує показники НДТ ($1\text{--}10 \text{ мг/л}$).

Для поліпшення якості очищення стічних вод від фосфору рекомендується хімічне осадження шляхом дозування солей заліза (FeCl_3) перед вторинним відстійником. Доза реагенту – $0,3\text{--}0,5 \text{ кг/м}^3$ стічних вод.

Метод забезпечує зниження вмісту загального фосфору з 4–6 до 0,5–1,0 мг/л при капітальних витратах близько 0,4 млн грн.

Організаційні заходи включають: розробку та впровадження «Програми підвищення екологічної ефективності» на 2024–2030 роки з чіткими кількісними цільовими показниками; проведення щорічних навчань для операторів очисних споруд; впровадження системи IoT-моніторингу водоспоживання та енергоспоживання; розгляд можливості сертифікації системи екологічного менеджменту за стандартом ISO 14001. Такий підхід дозволяє досягти відчутних результатів вже на перших етапах при відносно невисоких інвестиціях.

Комплексний природоохоронний ефект від реалізації усіх рекомендованих заходів полягатиме у зниженні інтегрального показника Іс з 3,34 до орієнтовно 1,2–1,5, що відповідає переходу від середнього до підвищеного рівня екологічного навантаження та забезпечить відповідність підприємства вимогам євроінтеграційних стандартів.

3.8. Економічна ефективність впровадження природоохоронних заходів

Оцінка економічної ефективності природоохоронних заходів проведена для чотирьох пріоритетних напрямів: вдосконалення очищення стічних вод, скорочення водоспоживання, реконструкція мулових майданчиків та механічне зневоднення осаду. Ставки екологічного податку прийнято відповідно до Податкового кодексу України, чинного станом на 2024 рік.

Захід 1. Нітрифікація/денітрифікація стічних вод. Капітальні витрати – 2,80 млн грн. Поточні витрати – 420 тис. грн/рік. Економічний ефект від зниження платежів за понадлімітне скидання – 680–780 тис. грн/рік. Термін окупності – 7,8–10,8 років.

Захід 2. Система оборотного водопостачання. КВ – 1,20 млн грн. Сукупний ефект – 205–240 тис. грн/рік. Термін окупності – 7,7–10,0 років.

Захід 3. Реконструкція мулових майданчиків. КВ – 980 тис. грн. Ефект – 180–220 тис. грн/рік. Термін окупності – 6,8–9,3 роки.

Захід 4. Механічне зневоднення осаду стічних вод на фільтр-пресі. КВ – 350 тис. грн. Ефект – 130–160 тис. грн/рік. Термін окупності – 3,1–4,3 роки [44].

Таблиця 3.6

Техніко-економічні показники запропонованих природоохоронних заходів

Захід	КВ, млн грн	ПВ, тис. грн/рік	Ефект, тис. грн/рік	Прибуток, тис. грн/рік	ТО, років
Нітрифікація / денітрифікація	2,80	420	680–780	260–360	7,8–10,8
Оборотне водопостачання	1,20	85	205–240	120–155	7,7–10,0
Реконстр. майданчиків	0,98	75	180–220	105–145	6,8–9,3
Зневоднення осаду	0,35	48	130–160	82–112	3,1–4,3
Разом	5,33	628	1195–1400	567–772	7,0–9,5

Загальний щорічний економічний ефект від реалізації усього комплексу природоохоронних заходів становитиме 1195–1400 тис. грн при сукупних капіталовкладеннях 5,33 млн грн. Середній термін окупності – 7,0–9,5 років. Враховуючи щорічне зростання ставок екологічного податку (в середньому на 15–20% на рік) та тарифів на водопостачання, реальний термін окупності може бути на 1,5–2,5 роки коротшим від розрахункового [45].

Пріоритетність впровадження заходів за комплексним критерієм: 1) механічне зневоднення осаду (ТО = 3,1–4,3 роки); 2) система оборотного

водопостачання; 3) реконструкція мулових майданчиків; 4) нітрифікація/денітрифікація (найбільший екологічний ефект, але найвищі КВ). Такий поетапний підхід дозволяє досягти відчутних результатів вже на перших етапах при відносно невисоких інвестиціях.

Пріоритетність впровадження заходів за комплексним критерієм (екологічний ефект / термін окупності): 1) механічне зневоднення осаду (ТО = 3,1–4,3 роки); 2) система оборотного водопостачання (ТО = 7,7–10,0 років); 3) реконструкція мулових майданчиків (ТО = 6,8–9,3 роки); 4) нітрифікація/денітрифікація (найбільший екологічний ефект, але найвищі капіталовкладення, ТО = 7,8–10,8 років). Такий поетапний підхід дозволяє розподілити інвестиційне навантаження на підприємство.

Пріоритетність впровадження заходів за комплексним критерієм (екологічний ефект / термін окупності): 1) механічне зневоднення осаду (ТО = 3,1–4,3 роки); 2) система оборотного водопостачання (ТО = 7,7–10,0 років); 3) реконструкція мулових майданчиків (ТО = 6,8–9,3 роки); 4) нітрифікація/денітрифікація (найбільший екологічний ефект, але найвищі капіталовкладення, ТО = 7,8–10,8 років). Такий поетапний підхід дозволяє розподілити інвестиційне навантаження на підприємство.

Важливою складовою економічного обґрунтування є врахування щорічного зростання ставок екологічного податку (в середньому на 15–20% на рік у відповідності до прогнозованої динаміки) та тарифів на водопостачання. При таких темпах зростання реальний термін окупності заходів може бути на 1,5–2,5 роки коротшим від розрахункового. Фінансовий аналіз природоохоронних витрат підприємства за 2021–2023 роки засвідчив, що сукупні витрати на охорону навколишнього середовища становили 1 124–1 418 тис. грн/рік, що є недостатнім для вирішення ключових екологічних проблем підприємства.

Для залучення коштів на реалізацію природоохоронних заходів рекомендується використовувати інструменти державної підтримки: кредити

Державного екологічного фонду під знижені відсотки; гранти від міжнародних фондів (ЄБРР, GEF, програми ЄС з технічної допомоги); механізми зеленого фінансування (ESG-кредити від комерційних банків). Реалізація природоохоронної програми в рамках ESG-стратегії підвищить інвестиційну привабливість підприємства та відкриє доступ до ринків збуту країн ЄС.

ВИСНОВКИ

1. Харчова промисловість є значним чинником антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Специфіка впливу визначається типом виробництва: найбільш небезпечними є підприємства переробки тваринної сировини, стічні води яких містять надвисокий уміст органічних речовин та біогенних елементів.

2. Нормативно-правова база регулювання екологічної діяльності підприємств харчової промисловості включає Конституцію України, Закони «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», Водний кодекс, Закони «Про відходи» та «Про оцінку впливу на довкілля». Система регулювання охоплює всі основні аспекти природоохоронної діяльності підприємств, проте потребує вдосконалення механізмів контролю та правозастосування.

3. Об'єктом дослідження є молочний завод Вінницької області потужністю 120 т/добу. Програма досліджень включала польові спостереження, відбір та лабораторний аналіз 96 проб атмосферного повітря, 144 проб поверхневих вод, 48 зразків ґрунту, а також розрахунок розсіювання забруднювальних речовин в атмосфері за програмою «ЕОЛ+» та оцінку інтегрального показника Іс.

4. Аналіз впливу на атмосферне повітря показав, що систематичних перевищень ГДК на межі СЗЗ не виявлено. Коефіцієнти небезпеки (НҚ) для всіх речовин менші за одиницю; ризик для здоров'я населення оцінюється як прийнятний.

5. Найбільш суттєвий вплив підприємство здійснює на водні ресурси. Зворотні води систематично перевищують нормативи ГДС: за БСК5 – у 2,3–3,3 рази, за амонійним азотом – у 6-9 разів, за фосфатами – у 7,6-11 разів. Наслідком є погіршення якості р. Інгулець нижче точки скидання.

6. Вплив підприємства на ґрунтовий покрив є локальним і проявляється переважно в зоні мулових майданчиків: підвищений вміст органічних

речовин та мікробіологічних показників (БГКП до 10^3 - 10^4 клітин/г при нормі <10 клітин/г). Перевищень ГДК важких металів у ґрунтах не виявлено.

7. Комплексна оцінка показала, що інтегральний показник екологічного навантаження підприємства $I_c = 3,34$ відповідає середньому рівню. За результатами дворічного моніторингу (2022–2023 рр.) зафіксовано слабку позитивну динаміку більшості показників (зниження на 3-9%), яка є недостатньою для приведення якості довкілля до нормативних вимог.

8. Загальний щорічний економічний ефект від впровадження природоохоронних заходів оцінюється у 1195–1400 тис. грн при сукупних капіталовкладеннях 5,33 млн грн та поточних витратах 628 тис. грн/рік. Середній термін окупності – 7,0–9,5 років. Після реалізації заходів інтегральний показник I_c знизиться з 3,34 до 1,2–1,5.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Булигін С. Ю., Чорний С. Г. Основи екології та охорони природи : навч. посіб. Харків : ХНАУ, 2018. 302 с.
2. Гарматюк О. О., Яковишина Т. Ф. Промислова екологія : навч. посіб. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2017. 268 с.
3. Державна служба статистики України. Довкілля України : статистичний збірник. Київ : Держстат, 2023. 216 с.
4. Єресько О. В. Екологічна оцінка підприємств переробної промисловості. Екологія і природокористування. 2019. Вип. 22. С. 87–96.
5. Зубченко А. В., Тимченко В. К. Харчова хімія та технологія : підручник. Харків : ХДУХТ, 2020. 518 с.
6. Іванова Т. В. Вплив цукрових заводів на стан ґрунтів та водних об'єктів Поділля. Агроекологічний журнал. 2021. № 2. С. 44–52.
7. Коваленко О. О. Ресурсоефективне виробництво в харчовій промисловості: екологічні аспекти. Харчова промисловість. 2020. № 28. С. 12–19.
8. Клименко М. О., Прищепя А. М. Моніторинг довкілля : підручник. Рівне : НУВГП, 2016. 360 с.
9. Мельник Л. Г., Тарасенко С. В. Основи екології. Суми : ВВП «Мрія-1», 2020. 392 с.
10. Конституція України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
11. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
12. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. № 2707-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>

13. Водний кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
14. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
15. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
16. Некос В. Ю. Основи загальної екології та неоекології : підручник. Харків : ХНУ, 2017. 452 с.
17. Осипова О. М., Коваль П. В. Методологія екологічних досліджень : навч. посіб. Одеса : ОДЕКУ, 2020. 186 с.
18. ДСТУ 3591-97. Охорона навколишнього природного середовища. Атмосфера. Відбір проб атмосферного повітря. Київ : Держстандарт, 1997. 24 с.
19. ОНД-86. Методика розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств. Ленінград : Гідрометеоіздат, 1987. 94 с.
20. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ, 1998. 28 с.
21. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Київ : Держстандарт, 2004. 12 с.
22. Перебийніс В. І. Екологічне картування та ГІС-технології в охороні довкілля. Полтава : ПДАА, 2018. 196 с.
23. Андрієнко Т. П., Звягінцева А. В. Системи очищення стічних вод молочних підприємств : монографія. Харків : ХДУХТ, 2016. 224 с.
24. Власов А. В. Водопостачання та водовідведення підприємств харчової промисловості. Київ : Аграрна наука, 2015. 318 с.

25. Галатенко Н. А. Технологія молока і молочних продуктів : підручник. Вид. 2-ге. Київ : Аграрна освіта, 2021. 514 с.
26. Ковтун В. А., Луценко С. О. Очищення стічних вод молокопереробних підприємств: сучасні підходи. Екологічні науки. 2022. № 3 (42). С. 128–135.
27. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки. Київ : МОЗ України, 1999. 34 с.
28. Третьяков О. С., Гаврилюк О. С. Моніторинг навколишнього природного середовища : навч. посіб. Київ : НАУ, 2019. 248 с.
29. Методичні вказівки щодо організації санітарно-захисних зон і загальні положення. Київ : МОЗ України, 2010. 58 с.
30. ДСТУ ISO 5667-3:2018. Якість води. Відбирання проб. Настанова щодо збереження проб та поводження з ними. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 44 с.
31. ДСанПіН 2.2.5.029-2022. Санітарні правила з гігієни ґрунту населених місць. Київ : МОЗ України, 2022. 24 с.
32. Програмний комплекс «ЕОЛ+»: методичний посібник. Харків : ХНАМГ, 2017. 86 с.
33. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30.03.1998 р. № 391. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
34. Клименко Л. П. Техноекологія : навч. посіб. Миколаїв : ЧДУ, 2016. 344 с.
35. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 40 с.

36. Гринченко О. О. Статистична обробка результатів екологічного моніторингу. Харків : ХНЕУ, 2019. 128 с.
37. Яремчук Н. В. Специфіка забруднення атмосферного повітря молокопереробними підприємствами. Вісник НУБіП України. 2020. Вип. 315. С. 54–62.
38. Науково-технічний звіт: Розробка нормативів ГДВ підприємств харчової промисловості. Київ : НТУЗТ, 2021. 96 с.
39. Петренко А. О. Дослідження забруднення атмосферного повітря поблизу аграрних підприємств. Агроекологія. 2022. № 1 (13). С. 31–39.
40. Пахаренко В. О., Якімець Т. М. Нормування якості стічних вод молочних підприємств. Продовольча індустрія АПК. 2018. № 3. С. 27–32.
41. Солодовник О. О. Ефективність різних технологій очищення стічних вод молочних заводів. Наукові праці НУХТ. 2021. Т. 27. № 4. С. 76–85.
42. Герасименко О. В., Стецюк М. А. Евтрофікація малих річок під впливом агропромислових підприємств. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. № 1 (64). С. 43–52.
43. Дем'яненко Н. О. Впровадження системи екологічного менеджменту на підприємствах харчової промисловості. Екологічний вісник. 2021. № 5. С. 22–27.
44. Коробченко О. А. Нормування в галузі охорони навколишнього природного середовища : навч. посіб. Київ : КНУ, 2019. 248 с.
45. Бабієнко В. В., Прокопенко В. Л. Економіко-екологічна ефективність природоохоронних заходів : навч. посіб. Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2019. 214 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Перелік основних організованих джерел викидів забруднювальних речовин досліджуваного підприємства

Таблиця А.1

Характеристика організованих джерел викидів молочного заводу (за результатами інвентаризації 2023 р.)

№	Найменування джерела	Висота труби/відкр., м	Основні речовини	Обсяг викидів, т/рік
1	Котельня, труба 1 (котел КВа-0,63)	20	CO, NO ₂ , SO ₂	8,3
2	Котельня, труба 2 (котел КВа-0,63)	20	CO, NO ₂ , SO ₂	4,1
3	Аміачна холодильна установка	5 (орг.)	NH ₃	3,2
4	Мулові майданчики	відкр.	NH ₃ , H ₂ S	2,8
5	Вентиляція виробничих цехів	6–8 (орг.)	NH ₃ , орган.	1,5
6	Вторинний відстійник, аеротенки	відкр.	H ₂ S, NH ₃	1,0
7	Автостоянка та автодороги	відкр.	CO, NO ₂ , C _n H _m	0,8
8	Склади сипучої сировини	відкр.	Пил нетокс.	0,5

Додаток Б

Результати лабораторних аналізів зворотних вод підприємства за 2022–2023 рр.

Таблиця Б.1

Показники якості зворотних вод на виході з очисних споруд

Показник	Од. вим.	2022 р.	2023 р.	Норматив ГДС	Кратн. перевищ. (2023 р.)
рН	–	7,4	7,3	6,5–8,5	–
Зважені речовини	мг/л	38	21	15,0	1,4
Розчинений О ₂	мг/л	5,8	6,1	≥ 6,0	–
Амонійний азот	мг/л	16	15	2,0	7,5
Фосфати (за Р)	мг/л	4,6	4,4	0,5	8,8

Додаток В

Результати лабораторних досліджень ґрунтів на території підприємства

Таблиця В.1

Вміст важких металів у ґрунтах залежно від відстані від мулових майданчиків (за результатами досліджень 2023 р.)

Відстань, м	Свинець загальний, мг/кг	Хром (Cr), мг/кг	Нікель (Ni), мг/кг
0–50	0,28	0,04	0,02
50–100	0,35	0,05	0,02
100–200	0,41	0,06	0,03
200–300	0,38	0,05	0,02
ГДК	6,0	6,0	4,0

Примітка: всі визначені концентрації важких металів значно нижчі за нормативні гранично допустимі концентрації (ГДК). Перевищень ГДК за жодним з досліджуваних металів не виявлено, що свідчить про відсутність техногенного забруднення важкими металами в зоні впливу підприємства.

Рівень свинцю в приповерхневому шарі (0–50 см) значно зростає у напрямку до мулових майданчиків і досягає максимального значення 0,41 мг/кг у зоні 100–200 м від майданчиків, що є наслідком фільтрації гнойового фільтрату з мулових майданчиків. На відстань понад 200 м вміст свинцю практично відповідає фоновим значенням для цієї зони Вінницької області.

Додаток Г

Зведена характеристика очисних споруджень досліджуваного підприємства

Очисні споруди молочного заводу введені в експлуатацію у 1994 р. та потребують модернізації. Біологічне очищення здійснюється в двох аеротенках об'ємом по 800 м³.

Таблиця Г.1
Технічна характеристика очисних споруджень

Показник	Аеротенка	Аеротенка	Норма
Об'єм, м ³	800	800	≥500
Хвилинність аерації, год/добу	18–20	18–20	≥16
Ефективність видалення БСК ₅ , %	78	76	≥80
Ефективність видалення амонійного азоту, %	55	53	≥85
Ефективність видалення фосфатів, %	48	47	≥90
Вік споруджень, років	29	29	≤20

Ефективність видалення амонійного азоту (53–55%) і фосфатів (47–48%) нижча за нормативи. Вік аеротенків (29 р.) перевищує рекомендований строк служби.

Отже, очисні споруди потребують модернізації з впровадженням нітрифікації/денітрифікації.