

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря
Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



Г.Г. Трохименко
“06” 06. 2026 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
на тему: **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ
ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ВІДПОВІДНО ДО МІЖНАРОДНИХ
СТАНДАРТІВ РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТА ЯКОСТІ
АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ GAFTA ТА FOSFA**

Виконав: студент 4281 групи



Табакар А.А.

(підпис)

Керівник роботи: доцент кафедри
екології та та ПТ, к.т.н, доцент



Ремешевська І. В.

(підпис)

Консультант роботи: старший
викладач кафедри екології та ПТ



Гурець Н.В.

(підпис)

Миколаїв – 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища».
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми

І.В.Ремешевська
“30” 03.2026року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Табакарю Анатолію Анатолійовичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Екологічна безпека при транспортуванні зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів регулювання перевезення та якості аграрної продукції GAFTA та FOSFA
Керівник роботи канд. техн наук, доцент Ремешевська І. В.
Затверджені наказом ректора No 287уч від «22» 04 2026 року
2. Термін подання роботи: 06. 06. 2026 р
3. Вихідні дані по роботі: літературні та наукові джерела інформації, законодавча база України, статистичні данні
4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Розділ 1. Теоретико-екологічні основи безпечного транспортування зернових вантажів Розділ 2. Міжнародні стандарти GAFTA TA FOSFA у системі контролю якості та безпеки аграрних вантажів. Розділ 3. Оцінка та кількісний аналіз екологічних ризиків при транспортуванні зернових вантажів. Розділ 4. Перспективи підвищення екологічної безпеки та ефективності транспортування зернових вантажів. Розділ 5. Охорона праці під час транспортування та перевантаження зернових вантажів.
5. Перелік презентаційних матеріалів Структурно-логічна схема роботи, Характеристика основних зернових культур як об'єктів транспортування, Основні фізико-механічні властивості зернових вантажів та їх вплив на транспортування, Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки перевезення зерна, Структура і основні функції Міжнародної асоціації торгівлі зерном та кормами, Вимоги стандартів Міжнародної асоціації торгівлі зерном та кормами до зернових вантажів, Технічні та екологічні вимоги FOSFA до транспортування вантажів, Порівняльна характеристика міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA у сфері контролю якості та безпеки аграрних вантажів, Екологічна оцінка перевезення зернових вантажів, Зведена характеристика екологічних ризиків та показників впливу при транспортуванні зернових вантажів, Перспективні напрями розвитку екологічно безпечної логістики зернових вантажів в Україні, Висновки.

Розділ	Прізвище, ініціали та посадаконсультанта	завдання видав	завдання прийняв
P5	Маринець О. М.		

2.1.1. Дата видачі завдання 30.03.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
P1	Теоретико-екологічні основи безпечного транспортування зернових вантажів	06.06.2026	
P2	Міжнародні стандарти GAFTA TA FOSFA у системі контролю якості та безпеки аграрних вантажів	06.06.2026	
P3	Оцінка та кількісний аналіз екологічних ризиків при транспортуванні зернових вантажів	06.06.2026	
P4	Перспективи підвищення екологічної безпеки та ефективності транспортування зернових вантажів	06.06.2026	
P5	Охорона праці під час транспортування та перевантаження зернових вантажів	06.06.2026	

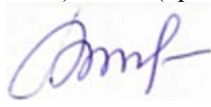
Студент


(підпис)

А. А. Табакар

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



І. В. Ремешевська

(підпис) (прізвище та ініціали)

Консультант роботи



Н.В. Гурець

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на бакалаврську роботу за темою «Екологічна безпека при транспортуванні зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів регулювання перевезення та якості аграрної продукції GAFTA та FOSFA»

Табакар А.А.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» з технологій захисту довкілля – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – Миколаїв. – 2026.

Випускна кваліфікаційна робота присвячена дослідженню екологічної безпеки при транспортуванні зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA, аналізу екологічних ризиків у логістичних процесах, а також розробці заходів щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності перевезення аграрної продукції.

У першому розділі роботи розглянуто теоретико-екологічні основи безпечного транспортування зернових вантажів, охарактеризовано їх фізико-механічні властивості, особливості перевезення сипучих вантажів, визначено основні джерела екологічної небезпеки (пилові викиди, втрати зерна, забруднення довкілля), проаналізовано вплив транспортних операцій на атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та екосистеми, а також нормативно-правове регулювання з урахуванням вимог GAFTA, FOSFA, IMO та ISO.

У другому розділі проаналізовано організаційні засади та діяльність міжнародних асоціацій GAFTA і FOSFA, їх контрактні механізми, правила контролю якості та безпеки зернових вантажів, вимоги до транспортування, очищення ємностей, сертифікації та інспекції, а також проведено порівняльну характеристику стандартів GAFTA та FOSFA у контексті забезпечення екологічної безпеки аграрної логістики.

Третій розділ присвячено оцінці та кількісному аналізу екологічних ризиків при транспортуванні зерна: ідентифіковано основні небезпеки, проведено розрахунок пилових викидів, впливу на компоненти довкілля, проаналізовано аварійні ситуації та визначено інтегральний рівень екологічного ризику.

У четвертому розділі розроблено перспективи підвищення екологічної безпеки транспортування зернових вантажів, запропоновано шляхи адаптації стандартів GAFTA та FOSFA в Україні, впровадження сучасних технологій моніторингу, а також удосконалення системи екологічного менеджменту та розвитку сталої аграрної логістики.

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці під час транспортування і перевантаження зернових вантажів

За результатами дослідження проведено комплексну оцінку екологічних ризиків транспортування зернових вантажів, обґрунтовано пріоритетні напрями мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та запропоновано практичні рекомендації щодо адаптації міжнародних стандартів GAFTA і FOSFA для підвищення екологічної безпеки української аграрної логістики.

Ключові слова: екологічна безпека, зернові вантажі, транспортування аграрної продукції, стандарти GAFTA, стандарти FOSFA, екологічні ризики, оцінка ризиків, морські перевезення зерна, екологічний контроль.

ANNOTATION

for the Bachelor's Qualification Thesis entitled « Environmental safety during the transportation of grain cargo in accordance with international standards for regulating the transportation and quality of agricultural products GAFTA and FOSFA»
Tabakar A.

Qualification thesis for obtaining the Bachelor's in Environmental Protection Technology – Admiral Makarov National University of Shipbuilding. – Mykolaiv. – 2026.

The final qualification work is devoted to the study of environmental safety in the transportation of grain cargo in accordance with the international standards GAFTA and FOSFA, the analysis of environmental risks in logistics processes, as well as the development of measures to improve environmental safety and the efficiency of transportation of agricultural products.

The first section of the work considers the theoretical and ecological foundations of safe transportation of grain cargo, characterizes their physical and mechanical properties, features of transportation of bulk cargo, identifies the main sources of environmental hazards (dust emissions, grain losses, environmental pollution), analyzes the impact of transport operations on atmospheric air, water resources, soils and ecosystems, as well as regulatory and legal regulation taking into account the requirements of GAFTA, FOSFA, IMO and ISO.

The second section analyzes the organizational principles and activities of the international associations GAFTA and FOSFA, their contractual mechanisms, rules for quality control and safety of grain cargo, requirements for transportation, cleaning of containers, certification and inspection, and also provides a comparative characteristic of GAFTA and FOSFA standards in the context of ensuring the environmental safety of agricultural logistics.

The third section is devoted to the assessment and quantitative analysis of environmental risks in grain transportation: the main hazards are identified, dust emissions, cargo losses, and impact on environmental components are calculated, emergency situations (self-heating, dust fire hazard, spillage) are analyzed, and the integrated level of environmental risk is determined.

The fourth section develops prospects for improving the environmental safety of grain transportation, proposes ways to adapt GAFTA and FOSFA standards in Ukraine, introduce modern monitoring technologies, and improve the environmental management system and develop sustainable agricultural logistics.

The fifth section considers the issue of labor protection during the transportation and reloading of grain cargo.

Based on the results of the study, a comprehensive assessment of the environmental risks of grain cargo transportation was conducted, priority areas for minimizing the negative impact on the environment were substantiated, and practical recommendations were proposed for adapting international GAFTA and FOSFA standards to increase the environmental safety of Ukrainian agricultural logistics.

Keywords: environmental safety, grain cargo, transportation of agricultural products, GAFTA standards, FOSFA standards, environmental risks, risk assessment, maritime grain transportation, environmental control.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	11
1.1. Зернові вантажі як об'єкт транспортної логістики.....	11
1.2. Екологічні аспекти транспортування зернових вантажів.....	14
1.3. Вплив транспортних операцій із зерном на компоненти довкілля.....	15
1.4. Організаційно-екологічні вимоги до логістики аграрних вантажів....	17
1.5. Нормативно-правові та міжнародні підходи до екологічної безпеки перевезень зерна.....	18
РОЗДІЛ 2. МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ GAFTA ТА FOSFA У СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ АГРАРНИХ ВАНТАЖІВ.....	21
2.1. Організаційні засади діяльності GAFTA.....	21
2.2. Контрактні механізми та правила GAFTA щодо перевезення зернових вантажів.....	23
2.3. Система контролю якості зерна відповідно до стандартів GAFTA.....	25
2.4. Діяльність FOSFA у сфері міжнародних аграрних перевезень.....	26
2.5. Технічні та екологічні вимоги FOSFA до транспортування вантажів..	28
2.6. Порівняльна характеристика стандартів GAFTA та FOSFA.....	30
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ТА КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	34
3.1. Ідентифікація та класифікація екологічних небезпек при перевезенні зерна.....	34
3.2. Кількісна оцінка впливу пилових викидів і втрат зерна на довкілля...	35
3.3. Розрахунок екологічного навантаження транспортних процесів.....	37
3.4. Аналіз аварійних ситуацій та їх екологічних наслідків.....	38
3.5. Розрахунок рівня екологічного ризику та заходи його мінімізації.....	40
РОЗДІЛ 4. ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	44
4.1. Адаптація міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA до української транспортної системи.....	44
4.2. Використання сучасних технологій моніторингу якості та безпечності зерна.....	45

4.3. Заходи щодо зменшення негативного впливу транспортування зерна на довкілля.....	47
4.4. Удосконалення системи екологічного контролю транспортних процесів.....	48
4.5. Перспективи розвитку екологічно безпечної логістики аграрних вантажів в Україні.....	49
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	54
5.1. Загальна характеристика умов праці під час транспортування зернових вантажів.....	54
5.2. небезпечні та шкідливі виробничі фактори.....	55
5.3. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час транспортування зернових вантажів.....	56
5.4. Засоби індивідуального та колективного захисту працівників	57
5.5. Електробезпека на підприємствах зернової логістики.....	58
5.6. Пожежна та вибухова безпека.....	59
5.7. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	60
5.8. Дії персоналу при аварійних ситуаціях.....	60
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору України супроводжується постійним зростанням обсягів виробництва та експорту зернових культур. Україна є одним із провідних світових експортерів пшениці, кукурудзи, ячменю та інших зернових культур, що зумовлює високу роль транспортно-логістичної системи у забезпеченні ефективного функціонування агропромислового комплексу. Водночас процес транспортування зернових вантажів супроводжується значними екологічними ризиками, які можуть негативно впливати на стан атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів та природних екосистем. У зв'язку з цим питання забезпечення екологічної безпеки при перевезенні зернових вантажів набуває особливої актуальності.

Транспортування зерна включає комплекс логістичних операцій, пов'язаних із навантаженням, розвантаженням, перевантаженням, зберіганням і доставкою продукції різними видами транспорту. Під час виконання таких операцій утворюються пилові викиди, виникають втрати зернової продукції, можливі аварійні висипання вантажів, забруднення транспортної інфраструктури та прилеглих територій. Крім того, значний вплив на довкілля здійснюють транспортні викиди від автомобільного, залізничного та морського транспорту. Недотримання вимог екологічної безпеки може призводити до деградації природних ресурсів, погіршення санітарно-гігієнічного стану територій та підвищення рівня екологічної небезпеки [17; 20; 33].

Особливого значення у сфері міжнародної торгівлі зерновими вантажами набувають міжнародні стандарти регулювання перевезень і контролю якості аграрної продукції. Провідну роль у цьому процесі відіграють міжнародні організації GAFTA (The Grain and Feed Trade Association) та FOSFA (Federation of Oils, Seeds and Fats Associations). Стандарти GAFTA регламентують порядок укладання контрактів, вимоги до транспортування зерна, процедури інспекції та сертифікації вантажів, а також механізми

врегулювання міжнародних торговельних спорів [5; 23]. Водночас стандарти FOSFA встановлюють вимоги щодо безпечності транспортних ємностей, контролю попередніх вантажів, очищення резервуарів та забезпечення екологічної безпеки під час перевезення аграрної продукції [4].

Важливе значення у забезпеченні екологічної безпеки транспортних процесів мають також міжнародні екологічні стандарти та конвенції. Зокрема, стандарти ISO 14001 визначають вимоги до систем екологічного менеджменту та спрямовані на мінімізацію негативного впливу господарської діяльності на навколишнє середовище [9]. Міжнародна морська організація ІМО та Кодекс IMDG регламентують безпечне морське транспортування вантажів, запобігання забрудненню морського середовища та ліквідацію наслідків аварійних ситуацій [8].

Для України проблема екологічної безпеки аграрної логістики є особливо актуальною в умовах інтеграції до європейського економічного простору та необхідності гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами. Впровадження сучасних екологічних підходів до організації транспортних процесів дозволяє підвищити якість зернової продукції, зменшити втрати вантажів, мінімізувати негативний вплив на довкілля та підвищити конкурентоспроможність української аграрної продукції на світовому ринку [30; 34].

Теоретичні та практичні аспекти екологічної безпеки транспортних процесів досліджувалися у працях вітчизняних та зарубіжних науковців, серед яких: Г. О. Білявський, В. П. Кучерявий, А. К. Запольський, М. С. Мальований, О. В. Бондаренко, І. В. Григоренко, Т. Kramberger, А. Bernatik, D. Hagstrum та інші [1; 7; 11; 18; 20; 31; 33]. Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, питання комплексної оцінки екологічних ризиків транспортування зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA потребують подальшого вивчення.

Метою бакалаврської роботи є дослідження екологічної безпеки при транспортуванні зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів

регулювання перевезення та якості аграрної продукції GAFTA та FOSFA, а також розроблення заходів щодо мінімізації негативного впливу транспортних процесів на довкілля.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати теоретичні основи екологічної безпеки транспортування зернових вантажів;
- дослідити міжнародні стандарти GAFTA та FOSFA у сфері аграрної логістики;
- визначити основні екологічні ризики під час перевезення зернової продукції;
- провести оцінку впливу транспортних процесів на компоненти довкілля;
- виконати розрахунок рівня екологічного ризику;
- обґрунтувати шляхи підвищення екологічної безпеки та ефективності транспортування зернових вантажів.

Об'єктом дослідження є процес транспортування зернових вантажів у системі міжнародної аграрної логістики.

Предметом дослідження є екологічні ризики та механізми забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні зернових вантажів відповідно до міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA.

У роботі використано такі методи дослідження: аналіз і узагальнення наукової літератури, системний аналіз, методи екологічної оцінки ризиків, порівняльний аналіз міжнародних стандартів, статистичні та розрахункові методи оцінювання екологічного навантаження транспортних процесів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованих заходів для вдосконалення системи екологічного контролю транспортних процесів, підвищення безпечності перевезень зернових вантажів та зниження негативного впливу аграрної логістики на навколишнє природне середовище.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИКО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

1.1. Зернові вантажі як об'єкт транспортної логістики

Зернові вантажі є одним із ключових видів аграрної продукції у міжнародній торгівлі та займають важливе місце у структурі світових транспортних перевезень. Україна належить до провідних експортерів зернових культур (рис.1.1), що обумовлює актуальність дослідження екологічної безпеки транспортування зерна відповідно до міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA [5; 23].

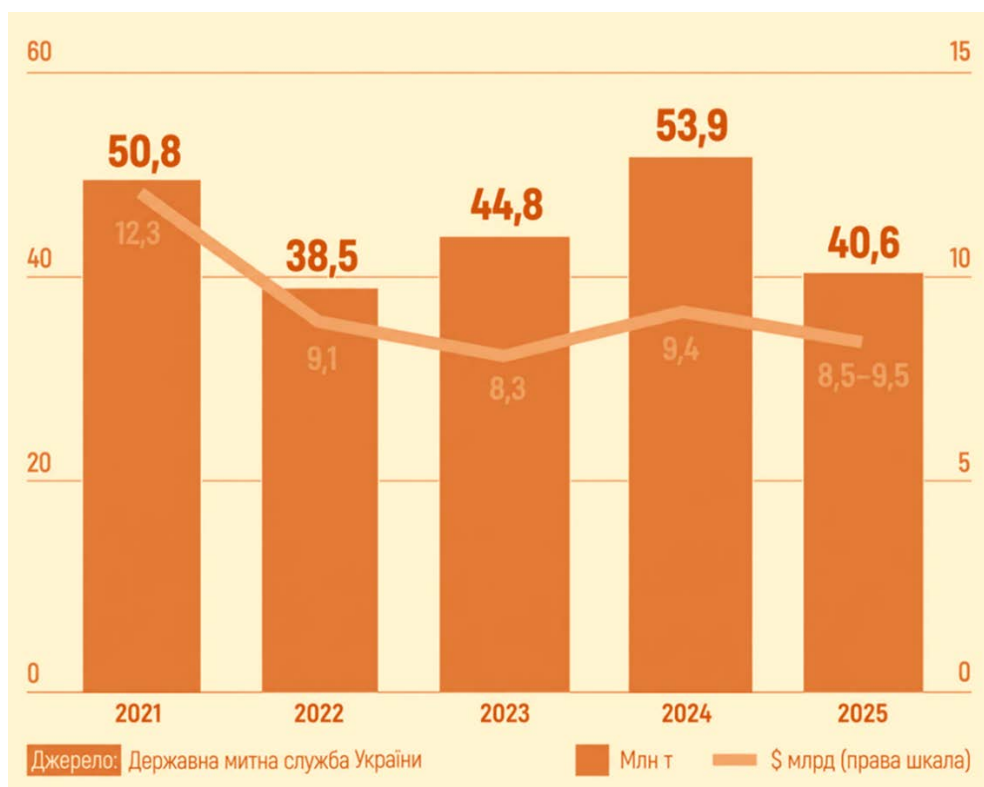


Рисунок 1.1. Експорт зерна Україною у 2021-2025 роках

До основних зернових культур, що є об'єктами міжнародної торгівлі, належать пшениця, кукурудза, ячмінь, жито, овес, сорго та рис (Табл. 1.1.). Вони використовуються як продовольча сировина, кормова база для тваринництва та сировина для промислової переробки [3]. У міжнародній логістиці зернові вантажі класифікують за видом культури, рівнем вологості,

ступенем засміченості, призначенням продукції, умовами зберігання і транспортування.

Таблиця 1.1. Характеристика основних зернових культур як об'єктів транспортування

Зернова культура	Основне призначення	Особливості вантажу	Вимоги до транспортування
Пшениця 	Продовольче та кормове використання	Сипучий вантаж, чутливий до вологи, схильний до самозігрівання	Захист від опадів, вентиляція, контроль вологості
Кукурудза 	Кормова та харчова продукція, біоетанол	Висока гігроскопічність, значний об'єм перевезень	Герметичність кузовів, контроль температури
Ячмінь 	Кормова база, пивоварна промисловість	Середня сипучість, чутливість до підвищеної вологості	Сухі транспортні засоби, контроль чистоти
Жито 	Харчова та кормова продукція	Відносно стійке до перевезення, але схильне до зволоження	Захист від атмосферних опадів
Овес 	Кормова та харчова продукція	Низька насипна маса, підвищена чутливість до механічних пошкоджень	Дбайливе навантаження та розвантаження
Сорго 	Кормове та технічне використання	Добра сипучість, відносна стійкість до перевезення	Контроль вологості та санітарного стану транспорту
Рис	Харчова продукція	Високі вимоги до якості та вологості	Герметичність, чистота транспортних засобів, захист від забруднення

				
---	--	--	--	--

Зернові вантажі мають специфічні фізико-механічні властивості, які безпосередньо впливають на умови їх перевезення (Табл. 1.2). До таких властивостей належать сипучість, гігроскопічність, схильність до самозігрівання, пиловиділення та біологічна активність [18; 28]. Важливим фактором є також насипна маса зерна, кут природного укосу та рівень вологості, що визначають безпечність навантажувально-розвантажувальних операцій.

Таблиця 1.2. Основні фізико-механічні властивості зернових вантажів та їх вплив на транспортування

Властивість	Характеристика	Вплив на процес транспортування
Сипучість	Здатність зерна вільно переміщуватись під дією сили тяжіння	Полегшує навантаження та розвантаження
Гігроскопічність	Здатність поглинати вологу з повітря	Потребує контролю вологості під час перевезення
Самозігрівання	Підвищення температури зернової маси внаслідок біологічних процесів	Може призвести до псування вантажу
Пиловиділення	Утворення дрібнодисперсного пилу під час переміщення зерна	Спричиняє забруднення атмосферного повітря
Біологічна активність	Наявність процесів дихання та розвитку мікроорганізмів	Потребує вентиляції та контролю температури
Насипна маса	Маса одиниці об'єму зерна	Впливає на завантаження транспортних засобів
Кут природного укосу	Кут нахилу поверхні насипаного зерна	Визначає умови зберігання та безпечного перевезення

Особливістю транспортування зернових вантажів є необхідність забезпечення стабільних умов мікроклімату. Підвищення температури або вологості може призводити до розвитку грибкових мікроорганізмів, утворення мікотоксинів та втрати якості продукції [7]. За даними FAO, неправильне зберігання зерна здатне спричиняти значні економічні втрати та екологічні ризики [3].

Під час транспортування зернових вантажів застосовуються автомобільний, залізничний, морський та річковий транспорт. Найбільш поширеними є морські перевезення зерна через портові термінали, оскільки вони забезпечують транспортування великих обсягів продукції на значні відстані [16]. Разом із тим саме морські перевезення характеризуються підвищеним рівнем екологічних ризиків.

Важливе значення має дотримання вимог до умов зберігання та транспортування зернової продукції. Транспортні засоби повинні бути герметичними, сухими, очищеними від залишків попередніх вантажів та шкідливих речовин [5]. Недотримання санітарних вимог може спричинити погіршення якості зерна та забруднення довкілля.

Таким чином, зернові вантажі є складним об'єктом транспортної логістики, що потребує дотримання спеціальних технологічних, санітарних та екологічних вимог для забезпечення безпечного транспортування та збереження якості продукції.

1.2. Екологічні аспекти транспортування зернових вантажів

Транспортування зернових вантажів супроводжується низкою екологічних ризиків, які можуть негативно впливати на навколишнє природне середовище та здоров'я населення. Основними джерелами екологічної небезпеки є пилові викиди, втрати зерна, забруднення водних ресурсів, викиди транспортних засобів та утворення відходів [20].

Однією з найпоширеніших проблем є утворення зернового пилу під час навантаження, перевантаження та транспортування вантажів. Пилові частинки

потрапляють у атмосферне повітря та можуть поширюватися на значні відстані, забруднюючи прилеглі території [33]. Крім того, зерновий пил є вибухонебезпечним та здатний створювати ризики виникнення пожеж у складських приміщеннях і транспортних терміналах [22].

Втрати зерна під час транспортування також становлять суттєву екологічну проблему. Частина продукції висипається під час перевантажувальних операцій або через негерметичність транспортних засобів. Органічні залишки накопичуються на територіях портів, залізничних станцій та автомобільних шляхів, що сприяє розвитку мікроорганізмів, шкідників та гризунів [7].

Значний негативний вплив на довкілля мають викиди транспортних засобів. Автомобільний транспорт є джерелом оксидів азоту, вуглецю, сірки та дрібнодисперсного пилу [6]. У процесі морських перевезень додатково виникає ризик забруднення портових акваторій паливно-мастильними матеріалами та залишками вантажів [19].

Окремою екологічною проблемою є формування вторинних відходів у логістичних процесах. До них належать:

- залишки зерна;
- пилові відходи;
- пакувальні матеріали;
- стічні води після очищення транспортних ємностей;
- відходи технічного обслуговування транспорту.

Неналежне поводження з такими відходами може призводити до забруднення ґрунтів та водних ресурсів [21].

Таким чином, екологічні аспекти транспортування зернових вантажів мають комплексний характер і потребують впровадження систем екологічного контролю, сучасних технологій пилопригнічення та заходів щодо мінімізації втрат продукції.

1.3. Вплив транспортних операцій із зерном на компоненти довкілля

Транспортні операції із зерновими вантажами впливають практично на всі компоненти навколишнього середовища: атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та біологічні екосистеми [17].

Найбільш помітним є вплив на атмосферне повітря. У процесі перевантаження зерна утворюється значна кількість пилових викидів, що містять органічні частинки, спори грибків та дрібнодисперсний пил [20]. Такі викиди погіршують якість повітря, сприяють виникненню алергічних захворювань і негативно впливають на стан екосистем.

Транспортні засоби також є джерелом забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння палива. Основними забруднювачами є:

- оксиди азоту;
- діоксид сірки;
- чадний газ;
- тверді частинки;
- парникові гази [6].

Забруднення поверхневих і підземних вод виникає внаслідок потрапляння залишків зерна, пилу, паливно-мастильних матеріалів та стічних вод із транспортної інфраструктури [19]. Особливо небезпечними є забруднення портових акваторій, де концентрація транспортних операцій є найбільшою.

Негативний вплив на ґрунти пов'язаний із накопиченням органічних залишків, забрудненням нафтопродуктами та хімічними речовинами [32]. У місцях інтенсивного перевантаження зернових вантажів може спостерігатися погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

Суттєвим фактором є також шумове навантаження від транспортної техніки та портового обладнання. Постійний шум негативно впливає на стан природних екосистем і може призводити до порушення життєдіяльності тварин [17].

Окрему небезпеку становлять біологічні ризики, пов'язані з поширенням шкідників, бактерій та грибкових мікроорганізмів. У зернових

вантажах можуть розвиватися комахи-шкідники та плісняві гриби, які здатні поширюватися через транспортні маршрути [7].

Отже, транспортні операції із зерновими вантажами характеризуються багатокомпонентним впливом на довкілля та потребують застосування сучасних природоохоронних заходів.

1.4. Організаційно-екологічні вимоги до логістики аграрних вантажів

Екологічна безпечність логістики аграрних вантажів є важливою складовою системи управління транспортними процесами. Вона передбачає дотримання комплексу санітарних, технічних та природоохоронних вимог [21].

Однією з ключових вимог є екологічна безпечність транспортних маршрутів. Маршрути перевезення зернових вантажів повинні мінімізувати негативний вплив на населені пункти, природоохоронні території та водні об'єкти [15].

Важливе значення мають санітарно-гігієнічні вимоги до транспортних засобів. Відповідно до міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA транспортні ємності повинні бути:

- сухими;
- чистими;
- герметичними;
- без сторонніх запахів;
- очищеними від залишків попередніх вантажів [4; 5].

Особлива увага приділяється очищенню транспортних ємностей, вагонів та суднових трюмів. Недостатнє очищення може призводити до забруднення зерна токсичними речовинами, шкідниками та мікроорганізмами [23].

Контроль технічного стану транспортного обладнання є необхідною умовою екологічної безпеки. Несправність систем герметизації, вентиляції або

перевантажувального обладнання може спричиняти втрати зерна та забруднення довкілля [24].

У сучасній аграрній логістиці важливу роль відіграє екологічний моніторинг. Він включає:

- контроль рівня пилових викидів;
- моніторинг стану атмосферного повітря;
- оцінку рівня шуму;
- контроль стану водних ресурсів;
- перевірку санітарного стану транспортної інфраструктури [29].

Таким чином, організаційно-екологічні вимоги до логістики зернових вантажів спрямовані на забезпечення безпечного транспортування продукції та мінімізацію негативного впливу на довкілля.

1.5. Нормативно-правові та міжнародні підходи до екологічної безпеки перевезень зерна

Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки перевезень зернових вантажів (Рис.2.1.) базується на міжнародних стандартах, екологічних конвенціях та національному законодавстві [26].

Одну з провідних ролей у міжнародній торгівлі зерном відіграє Інспекція кормових та зернових вантажів (GAFTA). Організація розробляє міжнародні контракти, правила інспекції, процедури сертифікації та стандарти контролю якості зернових вантажів [23]. Вимоги GAFTA регламентують:

- порядок перевезення зерна;
- правила відбору проб;
- оцінку якості продукції;
- процедури арбітражу;
- вимоги до транспортної документації.

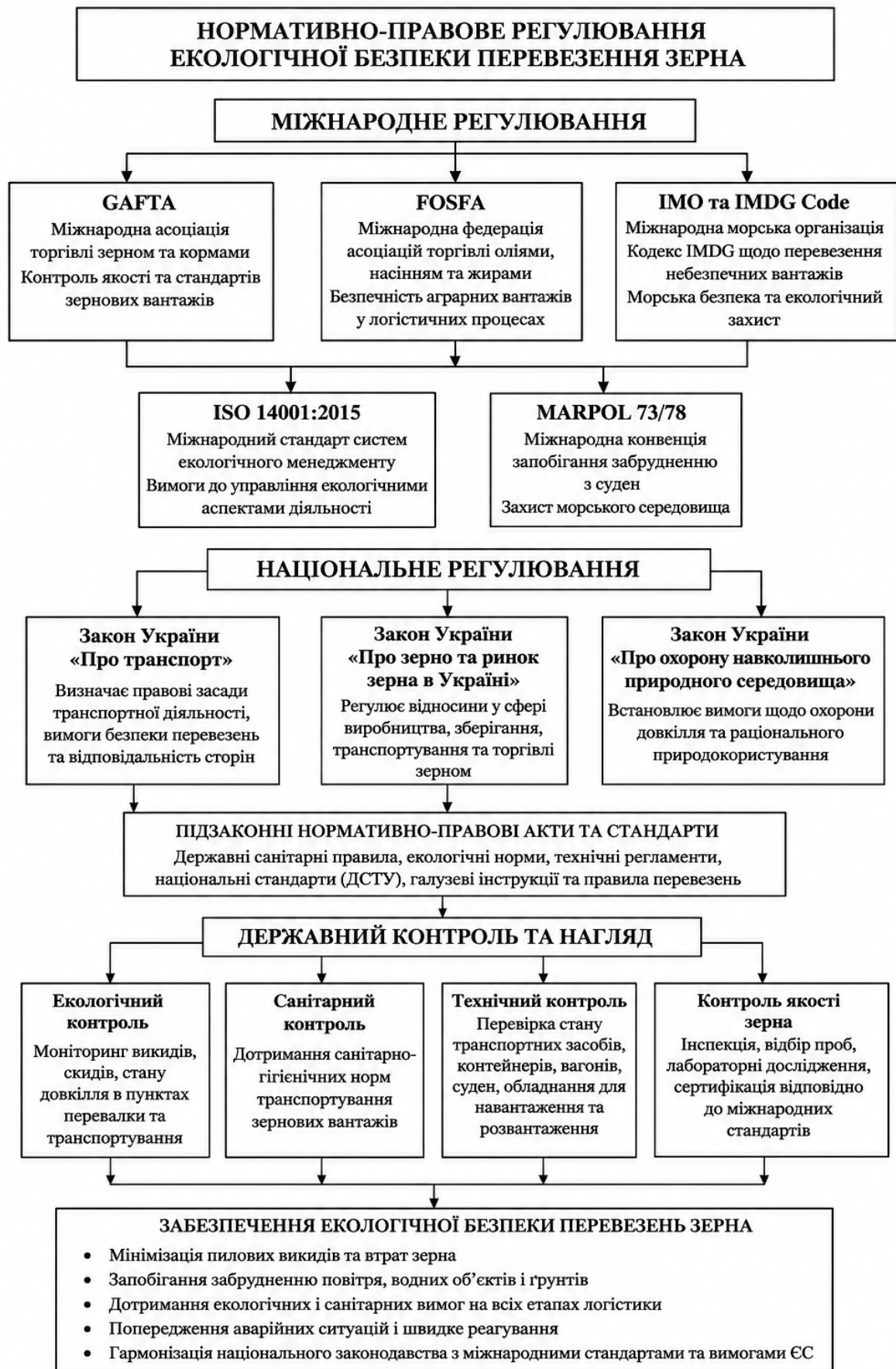


Рисунок 2.1. Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки при перевезенні зернових вантажів

Важливе значення у міжнародній аграрній логістиці мають також стандарти Федерації асоціацій торгівлі оліями, насінням та жирами (FOSFA), які регулюють безпечне транспортування аграрної продукції та встановлюють вимоги до очищення транспортних ємностей, контролю попередніх вантажів і санітарного стану транспортної інфраструктури [4].

Міжнародна морська організація International Maritime Organization розробила IMDG Code — міжнародний кодекс морського перевезення небезпечних вантажів [8]. Його положення застосовуються під час перевезення аграрної продукції морським транспортом і спрямовані на запобігання аваріям та забрудненню морського середовища.

Важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки відіграють стандарти ISO серії 14000, зокрема ISO 14001 [9]. Впровадження систем екологічного менеджменту дозволяє транспортним підприємствам контролювати екологічні аспекти діяльності та знижувати негативний вплив на довкілля.

На національному рівні питання екологічної безпеки регулюються Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» [26], Законом України «Про транспорт» [27] та Законом України «Про зерно та ринок зерна в Україні» [25].

У процесі євроінтеграції Україна здійснює гармонізацію національного законодавства з міжнародними екологічними стандартами та вимогами Європейського Союзу [30]. Це сприяє підвищенню рівня екологічної безпеки аграрних перевезень і конкурентоспроможності української логістичної системи.

Отже, міжнародні стандарти GAFTA, FOSFA, IMO та ISO формують основу сучасної системи екологічної безпеки транспортування зернових вантажів та забезпечують належний рівень контролю якості аграрної продукції.

РОЗДІЛ 2.

МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ GAFTA ТА FOSFA У СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ АГРАРНИХ ВАНТАЖІВ

2.1. Організаційні засади діяльності GAFTA

Міжнародна асоціація торгівлі зерном та кормами є однією з провідних міжнародних організацій, що здійснює регулювання світової торгівлі зерновими культурами, кормами та аграрною продукцією [5]. Діяльність асоціації спрямована на стандартизацію торговельних процедур, забезпечення якості продукції та мінімізацію ризиків під час міжнародних перевезень.

GAFTA була заснована у 1878 році у Великій Британії як організація, що об'єднувала учасників міжнародної торгівлі зерном. Початково її діяльність була пов'язана із врегулюванням торговельних спорів між продавцями та покупцями зернової продукції. У процесі розвитку міжнародної торгівлі функції асоціації суттєво розширилися, а стандарти GAFTA стали загальновизнаними у світовій аграрній логістиці [23].

Сучасна структура GAFTA включає (Рис 2.1.) міжнародний арбітражний комітет, систему сертифікації інспекторів, підрозділи з контролю якості, комітети з розроблення контрактів, освітні та тренінгові центри [5].

Основними функціями асоціації є:

- розроблення міжнародних торговельних контрактів;
- стандартизація процедур перевезення зерна;
- регулювання питань сертифікації;
- організація міжнародного арбітражу;
- контроль якості аграрної продукції [23].

Важливе місце у діяльності GAFTA займає система міжнародного арбітражу. У міжнародній торгівлі зерном часто виникають спори щодо якості продукції, термінів поставки, умов транспортування та виконання контрактних зобов'язань. GAFTA розробила ефективну систему арбітражного

врегулювання спорів, рішення якої визнаються більшістю міжнародних торговельних компаній [5].



Рисунок 2.1. Структура та основні функції міжнародної асоціації торгівлі зерном та кормами.

Міжнародні стандарти GAFTA є основою для функціонування сучасної системи контролю якості зернових вантажів. Вони забезпечують єдині правила для всіх учасників ринку та сприяють підвищенню безпечності міжнародних перевезень аграрної продукції [34].

Таким чином, GAFTA відіграє ключову роль у міжнародній системі регулювання зернової торгівлі, забезпечуючи стандартизацію транспортних процесів, контроль якості продукції та правове врегулювання міжнародних торговельних відносин.

2.2. Контрактні механізми та правила GAFTA щодо перевезення зернових вантажів

Контрактна система GAFTA є одним із найважливіших інструментів регулювання міжнародної торгівлі зерновими вантажами (Рис. 2.2). Стандартизовані контракти асоціації визначають права та обов'язки сторін, умови перевезення, порядок інспекції продукції та відповідальність учасників логістичного процесу [5].



Рисунок 2.2. Вимоги стандартів Міжнародної асоціації торгівлі зерном та кормами.

Серед найбільш поширених видів контрактів GAFTA виділяють:

- контракти FOB (Free on Board);
- контракти CIF (Cost, Insurance and Freight);
- контракти на морське транспортування;
- контракти на поставку кормових культур;
- контракти на перевезення зернових партій [23].

Контракти GAFTA містять чіткі вимоги до умов транспортування зерна.

Особлива увага приділяється:

- герметичності транспортних засобів;
- чистоті трюмів і вагонів;
- захисту вантажу від зволоження;
- дотриманню температурних режимів;
- недопущенню змішування різних партій зерна [3].

Важливим елементом системи GAFTA є документальне забезпечення перевезень. До основної документації належать:

- коносаменти;
- сертифікати якості;
- сертифікати походження;
- фітосанітарні сертифікати;
- інспекційні акти;
- сертифікати вагового контролю [5].

Порядок інспекції вантажів регламентується міжнародними правилами GAFTA та передбачає проведення незалежного контролю якості продукції на всіх етапах транспортування [23]. Інспекційні компанії здійснюють:

- відбір проб;
- лабораторний аналіз;
- перевірку транспортних ємностей;
- контроль умов зберігання вантажів.

Особливе значення має система відповідальності сторін під час перевезення зерна. Перевізник несе відповідальність за:

- технічний стан транспорту;
- забезпечення безпечних умов перевезення;
- збереження якості продукції;
- запобігання втратам вантажу [27].

У свою чергу, відправник зобов'язаний забезпечити відповідність зерна встановленим вимогам якості та надати повний пакет супровідної документації.

Отже, контрактні механізми GAFTA формують комплексну систему міжнародного регулювання перевезень зернових вантажів і забезпечують належний рівень контролю якості продукції.

2.3. Система контролю якості зерна відповідно до стандартів GAFTA

Система контролю якості зерна за стандартами GAFTA спрямована на забезпечення безпечності аграрної продукції та мінімізацію ризиків під час міжнародних перевезень [23].

Одним із найважливіших елементів контролю є правильний відбір проб зернової продукції. Відбір проб здійснюється відповідно до міжнародних методик і повинен забезпечувати репрезентативність досліджуваної партії [5].

Проби відбираються:

- під час навантаження;
- у процесі перевезення;
- під час розвантаження;
- у складських приміщеннях.

Основними показниками якості зерна є:

- вологість;
- засміченість;
- натура зерна;
- вміст пошкоджених зерен;
- зараженість шкідниками;
- наявність токсичних речовин [3].

Особлива увага приділяється контролю зараження зерна шкідниками та мікотоксинами. Підвищена вологість і порушення умов зберігання створюють

сприятливі умови для розвитку грибків роду *Aspergillus* та *Fusarium*, які продукують небезпечні токсини [7].

Міжнародні стандарти GAFTA передбачають проведення суперінтендантського контролю. Суперінтенданти здійснюють:

- перевірку стану транспортних ємностей;
- контроль умов навантаження;
- перевірку вагових показників;
- моніторинг стану вантажу під час перевезення [23].

Важливим етапом є лабораторний аналіз зернових вантажів. Для дослідження використовуються сучасні фізико-хімічні та мікробіологічні методи аналізу [12]. Лабораторні випробування дозволяють визначати:

- рівень токсичності;
- вміст шкідливих домішок;
- зараженість мікроорганізмами;
- відповідність продукції міжнародним стандартам.

Після проведення інспекції та лабораторних досліджень оформлюються сертифікати якості, які підтверджують безпечність продукції та її відповідність контрактним вимогам [5].

Таким чином, система контролю якості GAFTA забезпечує міжнародний рівень безпечності зернових вантажів та є важливим елементом екологічної і продовольчої безпеки.

2.4. Діяльність міжнародної федерації асоціацій торгівлі оліями, насінням та жирами (Federation of Oils, Seeds and Fats Associations (FOSFA)) у сфері міжнародних аграрних перевезень

Міжнародна федерація асоціацій торгівлі оліями, насінням та жирами, здійснює регулювання міжнародної торгівлі аграрною продукцією та встановлює стандарти безпечного транспортування вантажів [4].

Організація була створена у XX столітті з метою стандартизації міжнародної торгівлі олійними культурами та рослинними оліями. З часом діяльність FOSFA охопила також питання екологічної безпеки, санітарного контролю та технічного регулювання транспортних процесів [4].

Основними напрямками діяльності FOSFA є:

- розроблення міжнародних контрактів;
- встановлення технічних вимог до перевезень;
- контроль якості аграрної продукції;
- регулювання процедур очищення ємностей;
- визначення допустимих попередніх вантажів [4].

Важливе значення мають вимоги FOSFA до безпеки вантажів.

Транспортні резервуари та суднові трюми повинні бути:

- герметичними;
- очищеними;
- сухими;
- без сторонніх запахів;
- придатними для перевезення харчових вантажів.

Особливу увагу FOSFA приділяє контролю попередніх вантажів. Деякі речовини можуть залишати токсичні залишки у транспортних ємностях та створювати ризик хімічного забруднення аграрної продукції [4]. Саме тому організація визначає перелік допустимих та заборонених попередніх вантажів.

Стандарти FOSFA мають важливе значення для забезпечення екологічної безпеки логістики. Вони спрямовані на:

- запобігання забрудненню довкілля;
- зниження ризику аварій;
- мінімізацію втрат продукції;
- підвищення рівня санітарної безпеки перевезень [33].

Таким чином, діяльність FOSFA забезпечує міжнародний контроль якості та екологічної безпеки аграрних перевезень.

2.5. Технічні та екологічні вимоги FOSFA до транспортування вантажів

Технічні та екологічні вимоги FOSFA (Рис. 2.3.) спрямовані на забезпечення безпечного транспортування аграрної продукції та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище [4].

Однією з головних вимог є відповідність транспортних ємностей санітарним нормам. Судна, резервуари та транспортні контейнери повинні проходити ретельне очищення перед завантаженням продукції [4].

Контроль санітарного стану резервуарів включає:

- візуальний огляд;
- перевірку герметичності;
- аналіз залишків попередніх вантажів;
- оцінку наявності сторонніх запахів;
- перевірку вологості ємностей.

Особливе значення має система контролю попередніх вантажів. FOSFA визначає перелік речовин, після яких перевезення харчової продукції заборонене через ризик токсичного забруднення [4]. До небезпечних попередніх вантажів належать:

- хімічні реагенти;
- токсичні рідини;
- нафтопродукти;
- деякі види промислових відходів.

Для запобігання забрудненню аграрної продукції застосовуються:

- системи герметизації;
- контроль температури;
- вентиляційні системи;
- моніторинг вологості;
- системи очищення транспортних ємностей [24].

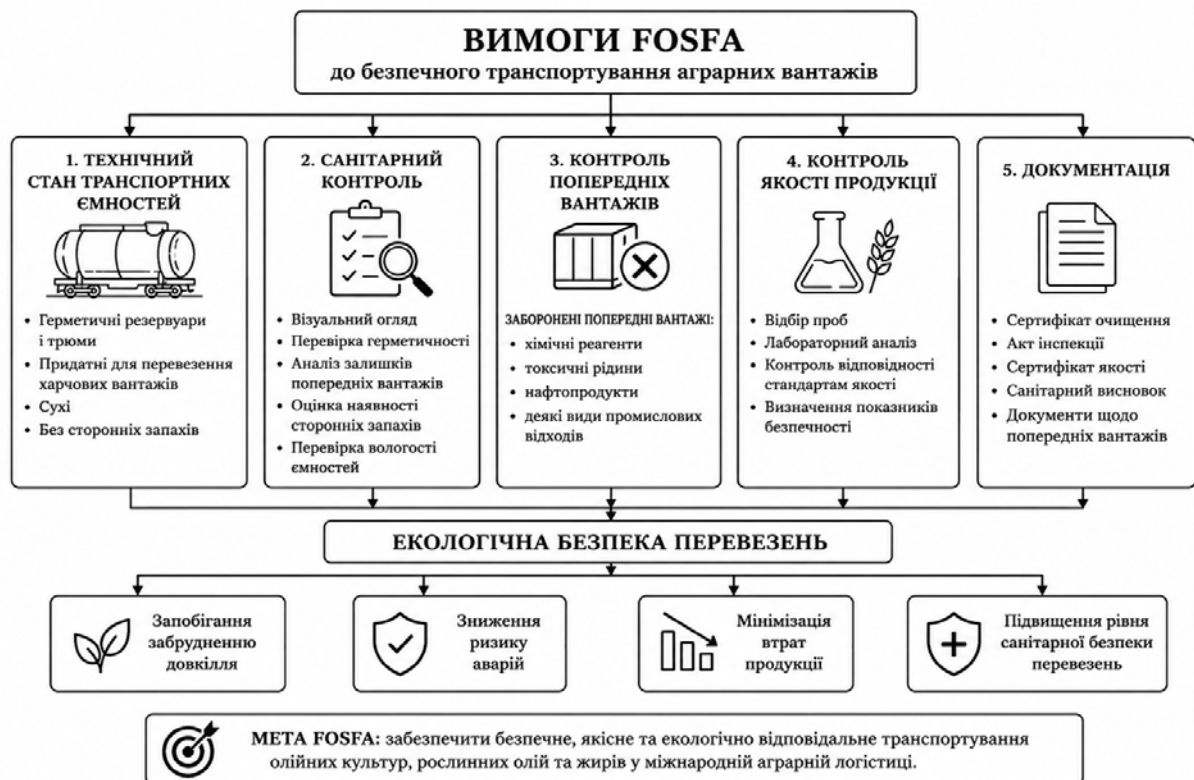


Рис. 2.3. Технічні та екологічні вимоги FOSFA до транспортування вантажів

Важливу роль відіграє документальне підтвердження якості та безпечності вантажів. Перевізники повинні мати:

- сертифікати очищення;
- акти інспекції;
- сертифікати якості;
- санітарні висновки;
- документи щодо попередніх вантажів [4].

Таким чином, технічні та екологічні вимоги FOSFA забезпечують високий рівень безпечності міжнародних аграрних перевезень та мінімізують ризики забруднення довкілля.

2.6. Порівняльна характеристика стандартів GAFTA та FOSFA

Стандарти GAFTA та FOSFA є основними міжнародними системами регулювання аграрних перевезень [5], однак вони мають певні відмінності у сфері застосування та підходах до контролю якості продукції (Таблиця 2.1.).

Спільними принципами обох організацій є:

- міжнародна стандартизація контрактів;
- контроль якості продукції;
- незалежна інспекція вантажів;
- забезпечення безпечності перевезень;
- арбітражне врегулювання спорів.

Водночас існують і суттєві відмінності. GAFTA спеціалізується переважно на торгівлі зерновими культурами та кормами, тоді як FOSFA регулює перевезення олійних культур, рослинних олій і жирів [4; 5].

У системі GAFTA основна увага приділяється:

- контролю якості зерна;
- вологості продукції;
- зараженню шкідниками;
- визначенню мікотоксинів;
- дотриманню фітосанітарних вимог [23].

Стандарти FOSFA більше орієнтовані на:

- санітарний стан резервуарів;
- контроль попередніх вантажів;
- герметичність транспортних ємностей;
- безпечність наливних вантажів;
- запобігання хімічному забрудненню [4].

Відмінності спостерігаються також у процедурах сертифікації та інспекції. GAFTA широко використовує лабораторний контроль зернової продукції, тоді як FOSFA приділяє особливу увагу технічному контролю транспортної інфраструктури [5].

Для українських перевізників стандарти GAFTA та FOSFA мають стратегічне значення, оскільки:

- забезпечують доступ до міжнародних ринків;
- підвищують конкурентоспроможність продукції;
- сприяють гармонізації логістичних процесів;
- забезпечують екологічну безпеку перевезень [30].

Порівняльна характеристика міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA у сфері контролю якості та безпеки аграрних вантажів представлена в таблиці 2.1.

Отже, стандарти GAFTA та FOSFA формують сучасну міжнародну систему контролю якості та безпечності аграрних вантажів і є необхідною умовою ефективного функціонування міжнародної аграрної логістики.

Таблиця 2.1. Порівняльна характеристика міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA у сфері контролю якості та безпеки аграрних вантажів

Критерій порівняння	GAFTA	FOSFA
Повна назва організації	Grain and Feed Trade Association	Federation of Oils, Seeds and Fats Associations
Основна сфера діяльності	Міжнародна торгівля зерном і кормами	Міжнародна торгівля оліями, насінням та жирами
Основний вид вантажів	Зернові культури, комбікорми, кормова сировина	Олійні культури, рослинні олії, жири
Рік заснування	1878 р.	1968 р.
Головна мета діяльності	Регулювання міжнародної торгівлі зерном та контроль якості продукції	Стандартизація перевезення та контролю якості олійних вантажів
Основні функції	Розроблення контрактів, арбітраж, сертифікація, контроль якості	Розроблення контрактів, технічних вимог і правил безпечного транспортування
Сфера міжнародного застосування	Зернові термінали, елеватори, судноплавні компанії, експортери зерна	Танкерні перевезення, наливні вантажі, портова логістика
Основний об'єкт контролю	Якість зерна та кормів	Безпечність рослинних олій та олійних вантажів
Вимоги до транспортних засобів	Чистота, сухість, герметичність вагонів і трюмів	Герметичність резервуарів, санітарний стан танків і трубопроводів
Контроль попередніх вантажів	Менш жорсткий контроль	Один із ключових елементів системи безпеки
Вимоги до очищення ємностей	Очищення вагонів, контейнерів, суднових трюмів	Обов'язкова санітарна обробка резервуарів і танків
Основні показники якості	Вологість, засміченість, натура зерна, зараження шкідниками	Чистота олій, відсутність токсичних домішок, запахів і залишків
Методи інспекції	Відбір проб, лабораторний аналіз, суперінтендантський контроль	Інспекція резервуарів, перевірка попередніх вантажів, аналіз продукції

Лабораторний контроль	Широко застосовується для зерна та кормів	Використовується для визначення хімічної безпечності олій
Контроль мікотоксинів	Один із головних напрямів контролю	Контроль здійснюється переважно щодо хімічних забруднювачів
Система сертифікації	Сертифікати якості, фітосанітарні сертифікати, вагові сертифікати	Сертифікати очищення, сертифікати попередніх вантажів, сертифікати безпечності
Арбітражне регулювання	Розвинена міжнародна система арбітражу	Спеціалізований арбітраж у сфері олійної продукції
Екологічна спрямованість	Запобігання пиловим викидам та втратам зерна	Запобігання розливам, витокам та хімічному забрудненню
Основні екологічні ризики	Пилове забруднення, висипання зерна, біологічне зараження	Розливи олій, забруднення водного середовища, токсичні залишки
Вимоги до моніторингу	Контроль вологості, температури та санітарного стану зерна	Контроль герметичності, температури та чистоти резервуарів
Документальне забезпечення	Коносаменти, GAFTA-сертифікати, фітосанітарні документи	FOSFA-сертифікати, акти очищення, технічні висновки
Значення для українських перевізників	Забезпечення доступу до міжнародного ринку зерна	Забезпечення експорту олійних культур і рослинних олій
Вплив на екологічну безпеку	Зниження ризику забруднення повітря та ґрунтів	Зниження ризику забруднення водних ресурсів і морського середовища
Практичне значення для логістики	Стандартизація зернових перевезень	Підвищення безпечності наливних аграрних вантажів
Роль у міжнародній торгівлі	Формування єдиних правил зернової торгівлі	Регулювання світового ринку олій та жирів

РОЗДІЛ 3.

ОЦІНКА ТА КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

3.1. Ідентифікація та класифікація екологічних небезпек при перевезенні зерна

Транспортування зернових вантажів супроводжується значною кількістю екологічних ризиків, які можуть негативно впливати на атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та природні екосистеми [20]. Основними джерелами небезпеки є транспортні операції (табл. 3.1.), пов'язані з навантаженням, перевантаженням, зберіганням і перевезенням зерна.

До основних екологічних ризиків належать:

- утворення пилових викидів;
- втрати зерна під час транспортування;
- забруднення транспортної інфраструктури;
- аварійні висипання вантажів;
- викиди забруднюючих речовин транспортом [17].

Особливу небезпеку становлять технологічні порушення під час логістичних операцій. Несправність перевантажувального обладнання, недостатня герметизація транспортних засобів та порушення умов зберігання можуть призводити до значних втрат зернової продукції [24].

Важливим фактором екологічного ризику є зерновий пил, який утворюється під час:

- завантаження зерна;
- роботи транспортерів;
- очищення вагонів;
- перевантаження у портах [19].

Пилові частинки негативно впливають на якість атмосферного повітря, а також можуть бути причиною пожеж і вибухів [22].

Таблиця 3.1. Основні показники екологічного впливу транспортних операцій із зерном

Показник	Одиниця виміру	Джерело утворення	Екологічний вплив
Пилові викиди	мг/м ³	Перевантаження зерна	Забруднення повітря
Викиди СО ₂	т/рік	Робота транспорту	Парниковий ефект
Втрати зерна	т/рік	Транспортні операції	Засмічення територій
Рівень шуму	дБ	Транспортні вузли	Негативний вплив на екосистеми
Органічні залишки	кг	Перевантаження та зберігання	Розвиток мікроорганізмів
Площа забруднення	м ²	Аварійні висипання	Деградація ґрунтів
Вміст органічних домішок у воді	мг/л	Потрапляння зерна у водойми	Погіршення якості води
Температура зернової маси	°С	Самозігрівання	Псування продукції
Рівень вологості зерна	%	Порушення умов зберігання	Ризик розвитку грибків
Концентрація мікотоксинів	мг/кг	Ураження зерна грибами	Небезпека для здоров'я

Суттєве значення має людський фактор. Недостатня кваліфікація персоналу, порушення техніки безпеки та недотримання екологічних вимог значно підвищують імовірність виникнення аварійних ситуацій [1].

Таким чином, ідентифікація екологічних небезпек є необхідною умовою ефективного управління ризиками при транспортуванні зернових вантажів.

3.2. Кількісна оцінка впливу пилових викидів і втрат зерна на довкілля

Однією з найбільших екологічних проблем при транспортуванні зернових вантажів є утворення пилових викидів. Найбільша кількість пилу утворюється під час перевантаження зерна у портах та на елеваторах [24].

Для оцінки обсягів пилових викидів використовується формула:

$$M_{\pi}=Q \times K$$

де:

$M_{\text{п}}$ — маса пилових викидів, т;

Q — обсяг перевантаженого зерна, т;

K — коефіцієнт пилоутворення.

Припустимо, що протягом доби через зерновий термінал перевантажується 12 000 т зерна, а коефіцієнт пилоутворення становить 0,0015.

Тоді:

$$M_{\text{п}} = 12000 \times 0.0015 = 18 \text{ т}$$

Отже, добовий обсяг пилових викидів становить 18 т.

Крім пилових викидів, значну небезпеку становлять втрати зерна під час транспортування. Розрахунок втрат виконується за формулою:

$$W = Q \times P$$

де:

W — втрати зерна, т;

Q — загальний обсяг вантажу, т;

P — відсоток втрат.

При транспортуванні 25 000 т зерна за середнього рівня втрат 0,4 %:

$$W = 25000 \times 0.004 = 100 \text{ т}$$

Таким чином, втрати зерна становлять 100 т.

Втрати зерна призводять до:

- забруднення територій;
- накопичення органічних залишків;
- розвитку патогенних мікроорганізмів;
- поширення шкідників [7].

Особливо небезпечним є потрапляння зернових залишків у водні об'єкти, що може викликати:

- зниження вмісту кисню у воді;
- розвиток процесів гниття;
- погіршення стану водних екосистем [13].

3.3. Розрахунок екологічного навантаження транспортних процесів

Транспортні процеси супроводжуються викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Основними джерелами забруднення є:

- автомобільний транспорт;
- тепловози;
- суднові двигуни;
- перевантажувальна техніка [32].

Для оцінки обсягів транспортних викидів застосовується формула:

$$E = F \times EF$$

де:

E — обсяг викидів, кг;

F — обсяг використаного палива, л;

EF — коефіцієнт викидів.

При використанні 18 000 л дизельного палива та коефіцієнті викидів 2,68 кг/л:

$$E = 18000 \times 2.68 = 48240 \text{ кг}$$

Отже, обсяг викидів CO_2 становить 48,24 т.

Суттєвий негативний вплив транспортна логістика здійснює на ґрунти.

Висипання зерна та витіки паливно-мастильних матеріалів призводять до:

- деградації ґрунтового покриву;
- накопичення органічних залишків;
- зміни мікробіологічного складу ґрунтів [18].

Негативний вплив транспортних операцій поширюється також на біорізноманіття. Поширення зернових залишків уздовж транспортних маршрутів сприяє:

- розвитку інвазивних видів;
- поширенню шкідників;
- порушенню природних екосистем [13].

Комплексна оцінка екологічного навантаження свідчить, що найбільший вплив на довкілля мають:

- портові логістичні вузли;
- зернові термінали;
- великі транспортні коридори [30].

3.4. Аналіз аварійних ситуацій та їх екологічних наслідків

Під час транспортування зернових вантажів можуть виникати різноманітні аварійні ситуації, які становлять загрозу для довкілля та безпеки транспортних процесів [16].

Одними з найбільш поширених є аварії при навантаженні та розвантаженні зерна. Основними причинами таких аварій є:

- несправність обладнання;
- перевищення допустимого навантаження;
- порушення технології перевантаження [24].

Серйозною проблемою є самозігрівання зерна. Підвищення температури зернової маси призводить до:

- псування продукції;
- розвитку грибків;
- утворення токсичних речовин [7].

Особливу небезпеку становить зерновий пил, який є вибухонебезпечним. За певної концентрації пилу в повітрі та наявності джерела займання можливе виникнення вибуху [22].

Аварійні висипання зерна можуть спричиняти:

- забруднення транспортної інфраструктури;
- засмічення водостоків;
- вторинне пилове забруднення [20].

Для оцінки масштабу аварійних наслідків використовується показник площі забруднення:

$$S=M/(H \times \rho)$$

де:

S — площа забруднення, м²;

M — маса висипаного зерна, кг;

H — середня товщина шару, м;

ρ — густина зерна, кг/м³.

При аварійному висипанні 4500 кг зерна, товщині шару 0,03 м та густині 750 кг/м³:

$$S=4500/0,03 \times 750=200 \text{ м}^2$$

Таким чином, площа забруднення становить 200 м².

3.5. Розрахунок рівня екологічного ризику та заходи його мінімізації

Для оцінки рівня екологічного ризику використовується інтегральний показник ризику:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \times C_i$$

де:

R — інтегральний екологічний ризик;

P_i — ймовірність виникнення аварійної ситуації;

C_i — величина екологічних наслідків;

n — кількість можливих небезпечних подій.

Розрахункові показники екологічного ризику при транспортуванні зернових вантажів представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Розрахункові показники екологічного ризику при транспортуванні зернових вантажів

Вид небезпеки	Ймовірність виникнення P	Масштаб наслідків C	Інтегральний ризик $R=P \times C$	Категорія ризику
Пилові викиди	0,45	35	15,75	Високий
Втрати зерна	0,30	28	8,40	Помірний
Аварійне висипання вантажу	0,18	42	7,56	Помірний
Самозігрівання зерна	0,22	40	8,80	Високий
Пожежа або вибух пилу	0,08	85	6,80	Високий
Забруднення водних ресурсів	0,12	50	6,00	Помірний
Викиди автотранспорту	0,35	25	8,75	Високий
Поширення шкідників	0,20	30	6,00	Помірний

Сумарний ризик:

$$R = 15,75 + 8,40 + 7,56 + 8,80 + 6,80 + 6,00 + 8,75 + 6,00 = 68,06$$

Отже, інтегральний показник екологічного ризику становить 73,06.

Для оцінки рівня ризику використовується така шкала:

Значення ризику	Рівень небезпеки
0–10	Низький
10–30	Помірний
30–80	Високий
>80	Критичний

Таким чином, отримане значення відповідає високому рівню екологічного ризику. Зведена характеристика екологічних ризиків та показників впливу при транспортуванні зернових вантажів наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Зведена характеристика екологічних ризиків та показників впливу при транспортуванні зернових вантажів

№	Джерело екологічної небезпеки	Основні причини виникнення	Компонент довкілля, що зазнає впливу	Основні екологічні наслідки	Показники оцінювання	Орієнтовний рівень ризику	Нормативно-регуляторна база
1	Пилові викиди під час навантаження та розвантаження зернових вантажів	Робота транспортерів, пересипання зерна, недостатня герметизація обладнання	Атмосферне повітря	Погіршення якості повітря, підвищення концентрації пилу, ризик вибуху	Концентрація пилу, мг/м ³ ; маса викидів, т/рік	Високий	GAFTA, ISO 14001, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
2	Втрати зерна під час перевезення	Пошкодження кузовів, вагонів, контейнерів	Ґрунти, транспортна інфраструктура	Засмічення територій, розвиток патогенних мікроорганізмів	Обсяг втрат, кг або т	Середній	Закон України «Про транспорт», GAFTA
3	Викиди автотранспорту та тепловозів	Спалювання дизельного палива	Атмосферне повітря	Викиди CO ₂ , NO _x , SO ₂ , сажі	Обсяг викидів, кг/рік	Високий	ISO 14001, IMO

4	Забруднення водних ресурсів	Потрапляння зернових залишків у водойми, злив стічних вод	Поверхневі та підземні води	Зниження вмісту кисню, евтрофікація	Вміст органічних речовин у воді	Середній	MARPOL 73/78, Водний кодекс України
5	Самозігрівання зерна	Підвищена вологість, порушення вентиляції	Атмосферне повітря, зернові склади	Псування продукції, утворення токсинів	Температура зернової маси	Високий	GAFTA, санітарні правила
6	Поширення шкідників та мікроорганізмів	Порушення санітарних умов зберігання	Біорізноманіття, зернові склади	Розвиток патогенної мікрофлори	Кількість заражених партій	Середній	FOSFA, GAFTA
7	Пожежо- та вибухонебезпека зернового пилу	Накопичення пилу, іскроутворення	Атмосфера, виробничі об'єкти	Вибухи, пожежі, вторинне забруднення	Концентрація пилу у повітрі	Критичний	IMO IMDG Code
8	Аварійні висипання зерна	ДТП, пошкодження тари або вагонів	Ґрунти, водні об'єкти	Локальне забруднення територій	Площа забруднення, м ²	Високий	Закон України «Про транспорт»
9	Шумове навантаження транспортних вузлів	Робота перевантажувальної техніки та транспорту	Екосистеми, населення	Порушення екологічної рівноваги	Рівень шуму, дБ	Середній	Державні санітарні норми
10	Забруднення транспортної інфраструктури	Накопичення органічних залишків	Ґрунти, каналізаційні системи	Вторинне пилове забруднення	Обсяг відходів, кг	Середній	ISO 14001
11	Недотримання екологічних вимог персоналом	Людський фактор, низька кваліфікація	Усі компоненти довкілля	Підвищення аварійності	Кількість порушень	Високий	Закон України «Про охорону праці»
12	Неефективний екологічний контроль	Відсутність моніторингу	Усі компоненти довкілля	Зростання рівня забруднення	Частота перевірок	Середній	ISO 14001, екологічне законодавство України

Для мінімізації ризиків необхідно:

- впроваджувати системи пилопригнічення;
- використовувати герметичне транспортне обладнання;
- здійснювати екологічний моніторинг;
- проводити регулярний технічний контроль;
- впроваджувати стандарти GAFTA, FOSFA та ISO 14001 [4;

5; 9].

Важливе значення має використання сучасних цифрових систем контролю логістичних процесів та автоматизованого моніторингу стану вантажів [12].

Таким чином, кількісна оцінка екологічних ризиків дозволяє визначити найбільш небезпечні фактори транспортування зернових вантажів та розробити ефективні природоохоронні заходи щодо забезпечення екологічної безпеки аграрної логістики.

РОЗДІЛ 4.

ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

4.1. Адаптація міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA до української транспортної системи

У сучасних умовах розвитку міжнародної торгівлі важливим напрямом удосконалення аграрної логістики України є адаптація міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA до національної транспортної системи. Це дозволяє забезпечити конкурентоспроможність української продукції на світовому ринку та підвищити рівень екологічної безпеки перевезень.

Одним із ключових напрямів є гармонізація національного законодавства з міжнародними вимогами Європейського Союзу та міжнародних торговельних асоціацій. Закони України «Про транспорт», «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про зерно та ринок зерна в Україні» поступово адаптуються до міжнародних норм щодо безпечності аграрних перевезень.

Важливу роль відіграє впровадження міжнародних процедур контролю якості зернових вантажів. Стандарти GAFTA передбачають:

- незалежний інспекційний контроль;
- проведення лабораторного аналізу;
- сертифікацію продукції;
- перевірку транспортних ємностей.

У системі FOSFA особлива увага приділяється:

- санітарному стану транспортних резервуарів;
- контролю попередніх вантажів;
- очищенню ємностей;
- запобіганню хімічному забрудненню продукції.

Перспективним напрямом є удосконалення системи сертифікації вантажів відповідно до міжнародних вимог. Використання єдиних міжнародних сертифікатів дозволяє:

- спростити митні процедури;
- зменшити кількість торговельних спорів;
- підвищити рівень довіри до української продукції.

Значна увага повинна приділятися підвищенню екологічної відповідальності перевізників. Транспортні підприємства мають впроваджувати системи екологічного менеджменту, проводити екологічний моніторинг та забезпечувати технічну справність транспортного обладнання.

Інтеграція України до європейського логістичного простору передбачає розвиток сучасної транспортної інфраструктури, цифровізацію логістичних процесів та впровадження міжнародних екологічних стандартів.

Таким чином, адаптація стандартів GAFTA та FOSFA є необхідною умовою підвищення екологічної безпеки та ефективності транспортування зернових вантажів в Україні.

4.2. Використання сучасних технологій моніторингу якості та безпечності зерна

Сучасний розвиток транспортної логістики неможливий без використання автоматизованих систем моніторингу якості та безпечності зернових вантажів. Використання цифрових технологій дозволяє підвищити ефективність контролю транспортних процесів і мінімізувати екологічні ризики [12].

Одним із найважливіших напрямів є впровадження автоматизованих систем контролю стану вантажів. Такі системи забезпечують:

- безперервний моніторинг температури;
- контроль вологості;
- визначення рівня засміченості;
- фіксацію порушень умов транспортування.

Суттєве значення має цифровізація логістичних процесів. Використання електронного документообігу, автоматизованих платформ управління вантажами та систем онлайн-моніторингу сприяє:

- скороченню часу логістичних операцій;
- підвищенню прозорості перевезень;
- зменшенню ризику втрати продукції.

Широко застосовуються системи GPS-моніторингу, які дозволяють:

- контролювати транспортні маршрути;
- відстежувати місцезнаходження вантажів;
- аналізувати тривалість перевезень;
- оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Для забезпечення якості зернових вантажів використовуються спеціальні датчики температури та вологості. Підвищення вологості або температури може спричинити розвиток грибків і утворення мікотоксинів. Своєчасне виявлення таких змін дозволяє запобігти псуванню продукції.

Перспективним напрямом є впровадження інформаційних систем простежуваності аграрної продукції на основі блокчейн-технологій. Такі системи забезпечують:

- контроль руху продукції;
- збереження інформації про якість вантажу;
- прозорість логістичних процесів;
- підвищення довіри міжнародних партнерів.

Таким чином, використання сучасних цифрових технологій є важливим фактором підвищення екологічної безпеки та якості транспортування зернових вантажів.

4.3. Заходи щодо зменшення негативного впливу транспортування зерна на довкілля

Транспортування зернових вантажів супроводжується значним впливом на навколишнє середовище, тому важливим завданням є впровадження природоохоронних заходів щодо мінімізації негативних екологічних наслідків.

Однією з основних екологічних проблем є утворення пилових викидів під час перевантаження зерна. Для зниження рівня пилу застосовуються:

- системи пилопригнічення;
- аспіраційне обладнання;
- герметизовані транспортери;
- фільтраційні установки.

Ефективним заходом є герметизація транспортного обладнання. Використання герметичних вагонів, контейнерів та перевантажувальних систем дозволяє:

- скоротити втрати зерна;
- зменшити забруднення повітря;
- запобігти висипанню вантажів.

Важливу роль відіграє впровадження екологічно безпечних технологій перевезення. Сучасні транспортні системи передбачають:

- використання енергоефективного обладнання;
- застосування альтернативних видів палива;
- автоматизацію перевантажувальних процесів.

Одним із напрямів мінімізації екологічних ризиків є скорочення втрат зернової продукції під час логістичних операцій. Втрати зерна можуть призводити до:

- забруднення транспортної інфраструктури;
- поширення шкідників;
- розвитку мікроорганізмів;

- погіршення санітарного стану територій.

Особливе значення має організація аварійного реагування та локалізації забруднень. На транспортних підприємствах повинні функціонувати:

- системи аварійного оповіщення;
- комплекти для локалізації розсипання вантажів;
- резервні ємності;
- аварійні служби реагування.

Таким чином, реалізація комплексу природоохоронних заходів дозволяє значно знизити негативний вплив транспортування зернових вантажів на навколишнє середовище.

4.4. Удосконалення системи екологічного контролю транспортних процесів

Важливим напрямом забезпечення екологічної безпеки є удосконалення системи екологічного контролю транспортних процесів. Ефективний контроль дозволяє своєчасно виявляти джерела забруднення та мінімізувати екологічні ризики.

Одним із найбільш ефективних інструментів є впровадження систем екологічного менеджменту відповідно до стандарту ISO 14001. Такі системи передбачають:

- екологічне планування;
- оцінку екологічних ризиків;
- контроль негативного впливу на довкілля;
- постійне вдосконалення природоохоронної діяльності.

Перспективним напрямом є проведення екологічного аудиту транспортних підприємств. Екологічний аудит дозволяє:

- оцінити відповідність діяльності екологічним нормам;
- виявити потенційні джерела забруднення;
- визначити ефективність природоохоронних заходів.

Важливу роль відіграє моніторинг стану довкілля у транспортних вузлах. На території портів, елеваторів та логістичних центрів необхідно здійснювати:

- контроль якості атмосферного повітря;
- моніторинг рівня пилових викидів;
- аналіз стану ґрунтів і водних ресурсів;
- вимірювання шумового навантаження.

Необхідною умовою підвищення рівня екологічної безпеки є підготовка персоналу з питань охорони довкілля. Працівники транспортної галузі повинні володіти:

- навичками екологічного моніторингу;
- знаннями міжнародних стандартів;
- методами аварійного реагування;
- правилами поводження з аграрними вантажами.

Особливого значення набуває посилення державного екологічного контролю. Державні органи повинні здійснювати:

- перевірки транспортних підприємств;
- контроль дотримання екологічного законодавства;
- моніторинг стану транспортної інфраструктури;
- екологічний нагляд за діяльністю портів і терміналів.

Таким чином, удосконалення системи екологічного контролю є важливою умовою підвищення безпечності аграрної логістики.

4.5. Перспективи розвитку екологічно безпечної логістики аграрних вантажів в Україні

У сучасних умовах розвитку міжнародної торгівлі та євроінтеграційних процесів важливого значення набуває формування екологічно безпечної системи логістики аграрних вантажів в Україні (табл. 4.1.).

Одним із пріоритетних напрямів є розвиток сталої транспортної інфраструктури. Це передбачає:

- модернізацію зернових терміналів;
- оновлення рухомого складу;
- розвиток портової інфраструктури;
- впровадження енергоефективних технологій.

Перспективним напрямом є впровадження екологічних інновацій у логістиці. Серед найбільш ефективних інновацій виділяють:

- автоматизовані системи перевантаження;
- цифрові системи моніторингу;
- безконтактні методи контролю якості;
- екологічно чисті види палива.

Особлива увага приділяється зниженню вуглецевого сліду транспортних перевезень. Скорочення викидів парникових газів можливе за рахунок:

- оптимізації логістичних маршрутів;
- використання мультимодальних перевезень;
- переходу на енергоефективний транспорт.

Важливе значення має розвиток мультимодальних перевезень зернових вантажів, які поєднують:

- автомобільний транспорт;
- залізничні перевезення;
- річкову логістику;
- морський транспорт.

Мультимодальні перевезення дозволяють:

- знизити навантаження на автомобільні шляхи;
- скоротити витрати палива;
- зменшити рівень викидів;
- підвищити ефективність логістики.

Підвищення конкурентоспроможності української аграрної логістики можливе завдяки:

- впровадженню міжнародних стандартів;
- розвитку екологічного менеджменту;
- цифровізації транспортних процесів;
- модернізації транспортної інфраструктури.

Таким чином, перспективи розвитку екологічно безпечної логістики аграрних вантажів в Україні пов'язані з комплексним впровадженням міжнародних стандартів, сучасних технологій та природоохоронних заходів, спрямованих на забезпечення сталого розвитку транспортної системи держави.

Таблиця 4.1. Перспективні напрями розвитку екологічно безпечної логістики аграрних вантажів в Україні

Напрямок розвитку	Основний зміст заходів	Екологічний ефект	Економічний ефект	Очікувані результати
Впровадження міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA	Адаптація процедур перевезення, інспекції та контролю якості до міжнародних вимог	Зменшення ризику забруднення довкілля та псування продукції	Підвищення конкурентоспроможності українських перевізників	Розширення доступу до міжнародних ринків
Розвиток цифрової логістики	Використання GPS-моніторингу, електронного документообігу та автоматизованих систем контролю	Зниження транспортних витрат та аварійності	Оптимізація логістичних витрат	Підвищення ефективності транспортних операцій
Модернізація транспортної	Оновлення зернових терміналів, вагонів та	Скорочення пилових викидів і витрат зерна	Зниження витрат на ремонт і ліквідацію аварій	Підвищення екологічної безпеки перевезень

інфраструктури	портового обладнання			
Використання екологічного транспорту	Перехід на енергоефективний транспорт та альтернативні види палива	Зменшення викидів CO ₂ та шкідливих речовин	Скорочення витрат на паливо	Підвищення енергоефективності логістики
Автоматизація систем екологічного контролю	Встановлення датчиків пилу, температури та вологості	Своєчасне виявлення екологічних ризиків	Мінімізація збитків від псування вантажів	Підвищення рівня безпеки транспортування
Удосконалення систем очищення транспортних ємностей	Використання сучасних технологій санітарної обробки вагонів і трюмів	Зниження ризику хімічного та біологічного забруднення	Скорочення втрат продукції	Покращення якості аграрних вантажів
Розвиток екологічного моніторингу	Проведення постійного контролю стану довкілля у транспортних вузлах	Зменшення негативного впливу на атмосферу, ґрунти та води	Зниження екологічних штрафів і витрат	Підвищення екологічної відповідальності підприємств
Гармонізація законодавства України з нормами ЄС	Адаптація національних нормативів до міжнародних екологічних стандартів	Посилення природоохоронного контролю	Покращення інвестиційної привабливості галузі	Інтеграція України до європейської транспортної системи
Підготовка персоналу у сфері екологічної безпеки	Навчання працівників логістики та транспорту міжнародних	Зниження кількості аварій і екологічних порушень	Підвищення продуктивності праці	Формування сучасної системи екологічного менеджменту

	м стандартам			
Розвиток систем управління ризиками	Впроваджен ня методик оцінки екологічних ризиків та аварійного реагування	Зменшення масштабу можливих екологічних наслідків	Скорочення фінансових втрат від аварій	Підвищення рівня екологічної безпеки аграрної логістики

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

5.1. Аналіз умов праці під час транспортування зернових вантажів

Транспортування зернових вантажів є одним із найбільш важливих етапів логістичного ланцюга в аграрному секторі. Водночас виконання транспортних і перевантажувальних операцій пов'язане з впливом на працівників комплексу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Роботи здійснюються на елеваторах, зернових терміналах, складах, залізничних станціях, автомобільних транспортних підприємствах та в морських портах, де працівники контактують із великою кількістю технологічного обладнання та транспортних засобів.

Особливістю виробничого середовища при роботі із зерновими вантажами є значне утворення пилу, підвищений рівень шуму від роботи транспортних механізмів, ризик травмування рухомими частинами обладнання, а також можливість виникнення пожеж та вибухів. Крім того, працівники можуть перебувати під впливом несприятливих метеорологічних умов, особливо під час виконання робіт на відкритих перевантажувальних майданчиках.

У процесі навантаження, розвантаження та перевезення зерна застосовуються стрічкові транспортери, норії, шнеки, автомобільний і залізничний транспорт, а також різноманітні механізми для переміщення вантажів. Порушення правил експлуатації цього обладнання може призводити до виробничого травматизму та аварійних ситуацій. Саме тому питання охорони праці під час транспортування зернових вантажів має важливе значення для забезпечення безпеки працівників та безперебійного функціонування транспортно-логістичної системи.

5.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Під час виконання робіт із транспортування та перевантаження зернових вантажів працівники зазнають впливу різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Їх умовно можна поділити на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних факторів належать шум, вібрація, запиленість повітря робочої зони, недостатнє освітлення, а також рухомі елементи машин і механізмів. Робота транспортного обладнання та перевантажувальних установок супроводжується шумом, рівень якого нерідко перевищує допустимі нормативні значення. Тривалий вплив шуму негативно впливає на працездатність людини, викликає втому та може призводити до погіршення слуху.

Однією з найбільш характерних небезпек для підприємств зернової логістики є зерновий пил. Він утворюється під час завантаження та розвантаження зерна, роботи конвеєрів, очищення складів і транспортних засобів. Дрібнодисперсні частинки пилу потрапляють до органів дихання людини, викликаючи подразнення слизових оболонок, алергічні реакції та захворювання дихальної системи. Крім того, за певних концентрацій пил може утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям.

До хімічних факторів належать вихлопні гази автомобільного транспорту та перевантажувальної техніки. Під час роботи двигунів внутрішнього згоряння в атмосферне повітря виділяються оксиди азоту, оксид вуглецю, сірчисті сполуки та інші шкідливі речовини, які негативно впливають на здоров'я працівників.

Серед біологічних факторів особливу увагу слід приділяти мікроорганізмам, грибкам та шкідникам, які можуть міститися у зерновій масі. За підвищеної вологості та температури в зерні створюються сприятливі умови для розвитку мікрофлори, що може становити небезпеку для персоналу.

Окрему групу становлять психофізіологічні фактори. До них належать значне нервово-емоційне навантаження, відповідальність за безпечне виконання транспортних операцій, робота у змінному режимі та необхідність швидкого реагування на позаштатні ситуації.

5.3. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час транспортування зернових вантажів

Безпечні умови праці є однією з основних передумов ефективного функціонування підприємств, діяльність яких пов'язана з транспортуванням та перевантаженням зернових вантажів. Організація безпечної роботи повинна базуватися на комплексному підході, який передбачає поєднання організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів.

Одним із першочергових завдань адміністрації підприємства є створення системи управління охороною праці, яка забезпечує постійний контроль виробничих ризиків. Усі працівники повинні бути ознайомлені з вимогами безпеки ще до початку виконання своїх трудових обов'язків. Для цього проводяться вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі.

Важливим напрямом профілактики виробничого травматизму є підвищення рівня професійної підготовки персоналу. Працівники повинні володіти знаннями щодо правил експлуатації транспортного обладнання, порядку виконання вантажно-розвантажувальних робіт, використання засобів індивідуального захисту та дій у разі виникнення аварійних ситуацій.

Значну роль у забезпеченні безпечних умов праці відіграє автоматизація виробничих процесів. Використання автоматизованих систем управління дозволяє мінімізувати участь працівників у найбільш небезпечних операціях, пов'язаних із перевантаженням зерна, очищенням транспортних ємностей та контролем параметрів зберігання вантажів. Завдяки цьому знижується ризик

контакту працівників із пилом, рухомими механізмами та іншими небезпечними факторами.

Для запобігання нещасним випадкам усі рухомі частини машин і механізмів повинні бути обладнані захисними огороженнями. Особлива увага приділяється транспортерам, норіям, шнекам та приводним механізмам, які є потенційно небезпечними джерелами травмування.

Необхідною умовою безпечної експлуатації обладнання є його регулярне технічне обслуговування. Планово-попереджувальні ремонти дозволяють своєчасно виявляти несправності та запобігати виникненню аварійних ситуацій.

5.4. Засоби індивідуального та колективного захисту працівників

Одним із найефективніших способів зниження професійних ризиків є застосування засобів індивідуального та колективного захисту.

До засобів колективного захисту належать вентиляційні установки, системи аспірації, пиловловлювальне обладнання, шумоізолюючі конструкції, огороження небезпечних зон, автоматичні системи контролю технологічних процесів та пристрої аварійного відключення обладнання.

Особливе значення для підприємств зернової логістики мають аспіраційні системи. Під час роботи вони забезпечують видалення пилу безпосередньо з місця його утворення, що сприяє покращенню якості повітря робочої зони та зменшує ризик виникнення професійних захворювань.

Працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. До них належать:

- спеціальний одяг;
- захисне взуття;
- рукавички;
- каски;

- захисні окуляри;
- респіратори;
- протишумові навушники.

Особливо важливим є використання респіраторів під час проведення робіт у місцях інтенсивного утворення пилу. Вони дозволяють значно зменшити надходження дрібнодисперсних частинок до органів дихання працівників.

5.5. Електробезпека на підприємствах зернової логістики

Сучасні елеватори, зернові термінали та логістичні комплекси оснащені великою кількістю електротехнічного обладнання. Саме тому питання електробезпеки має особливе значення для запобігання виробничому травматизму.

Основними причинами ураження працівників електричним струмом є пошкодження ізоляції електропроводки, несправність електрообладнання, порушення правил його експлуатації та недостатній контроль технічного стану електроустановок.

Для забезпечення електробезпеки необхідно застосовувати захисне заземлення, занулення, автоматичні вимикачі та пристрої захисного відключення. Усі металеві конструкції обладнання повинні бути надійно заземлені.

Особливу небезпеку становить накопичення статичної електрики, яка може виникати під час переміщення зернової маси по транспортерах і трубопроводах. Іскра від статичного розряду може стати джерелом займання пилоповітряної суміші. Для запобігання цьому необхідно використовувати антистатичні матеріали та забезпечувати належне заземлення обладнання.

5.6. Пожежна та вибухова безпека

Підприємства, діяльність яких пов'язана зі зберіганням і транспортуванням зернових вантажів, належать до об'єктів підвищеної пожежної небезпеки. Це пов'язано насамперед із високою концентрацією органічного пилу в повітрі виробничих приміщень.

Зерновий пил є горючою речовиною. За певної концентрації в повітрі та наявності джерела займання він може спричинити вибух. Найчастіше джерелами займання виступають електричні іскри, перегріті підшипники, несправні електродвигуни, відкритий вогонь або статичні розряди.

Для запобігання пожежам необхідно забезпечувати регулярне очищення обладнання та приміщень від пилу. Велике значення має контроль температури зерна під час його зберігання, оскільки самозігрівання може призвести до виникнення осередків займання.

У виробничих приміщеннях повинні бути встановлені автоматичні системи пожежної сигналізації та пожежогасіння. Також необхідно забезпечити достатню кількість вогнегасників та інших первинних засобів пожежогасіння.

Працівники повинні проходити навчання з пожежної безпеки та брати участь у тренуваннях щодо евакуації у разі виникнення пожежі.

5.7. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Санітарно-гігієнічні умови праці безпосередньо впливають на стан здоров'я працівників, рівень їх працездатності та безпеку виробничої діяльності.

На підприємствах зернової логістики необхідно забезпечувати нормативні параметри мікроклімату. Температура повітря, відносна вологість та швидкість руху повітря повинні відповідати вимогам чинних санітарних норм.

Для підтримання належних умов праці використовуються системи вентиляції та кондиціювання повітря. Вони сприяють видаленню пилу та шкідливих речовин із робочої зони.

Не менш важливим фактором є освітлення робочих місць. Недостатнє освітлення може спричиняти втому працівників, погіршення уваги та збільшення ризику виробничого травматизму. Тому робочі зони повинні бути забезпечені як природним, так і штучним освітленням відповідно до встановлених нормативів.

Працівники, які постійно контактують із пилом та іншими шкідливими факторами, повинні проходити попередні та періодичні медичні огляди.

5.8. Дії персоналу при аварійних ситуаціях

Під час транспортування зернових вантажів можливе виникнення різноманітних аварійних ситуацій. Найбільш характерними серед них є аварійні висипання зерна, займання зернової маси, вибухи пилоповітряних сумішей, пошкодження транспортного обладнання та витoki паливно-мастильних матеріалів.

У разі виникнення аварії працівники повинні діяти відповідно до затвердженого плану ліквідації аварійних ситуацій. Насамперед необхідно припинити виконання робіт і повідомити керівника зміни. За необхідності здійснюється відключення обладнання від джерел живлення та евакуація персоналу із небезпечної зони.

Особливу увагу слід приділяти локалізації аварійного забруднення навколишнього середовища. У разі висипання зерна необхідно оперативно організувати його збирання та очищення території. При розливах паливно-мастильних матеріалів використовуються сорбенти та інші засоби локалізації забруднення.

Ефективність дій персоналу в аварійних ситуаціях значною мірою залежить від рівня підготовки працівників та регулярного проведення навчань і тренувань.

ВИСНОВКИ:

1. Транспортно-логістичний сектор агропромислового комплексу є важливою складовою забезпечення продовольчої безпеки та міжнародної торгівлі. Україна посідає провідні позиції серед світових експортерів зернових культур, тому питання забезпечення екологічної безпеки під час транспортування зерна набуває особливої актуальності в умовах інтеграції до міжнародних ринків та впровадження сучасних стандартів якості.
2. В процесі перевезення зернової продукції основними джерелами негативного впливу на навколишнє середовище є викиди забруднюючих речовин від транспортних засобів, пилові викиди під час навантажувально-розвантажувальних операцій, втрати зерна під час транспортування та можливе забруднення ґрунтів і водних об'єктів. Визначено, що дотримання вимог міжнародних стандартів сприяє не лише збереженню якості продукції, а й мінімізації екологічних ризиків.
3. Проведений аналіз міжнародних стандартів GAFTA та FOSFA, які регламентують умови перевезення, зберігання, контролю якості та безпечного транспортування аграрної продукції показав, що впровадження вимог цих стандартів дозволяє забезпечити належний рівень простежуваності вантажів, контролювати санітарний стан транспортних засобів, запобігати забрудненню продукції та знижувати ймовірність виникнення екологічних інцидентів під час перевезення.
4. Найбільший вплив на довкілля виникає під час автомобільних перевезень через значні обсяги викидів оксидів азоту, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю та твердих частинок. Дослідження показало, що недотримання технологічних вимог до перевезення зерна може призводити до утворення пилу, втрат продукції, забруднення придорожніх територій та погіршення санітарного стану транспортної інфраструктури.

5. Визначено основні ризики, серед яких найбільш імовірними є розсипання зерна під час перевезення, пилове забруднення атмосферного повітря, забруднення ґрунтів у місцях перевантаження вантажів та викиди забруднюючих речовин від транспортних засобів. Результати оцінювання показали, що рівень екологічної безпеки значною мірою залежить від технічного стану транспортних засобів, організації логістичних процесів та дотримання вимог міжнародних стандартів перевезення.
6. На основі проведеного аналізу встановлено, що використання сучасних логістичних технологій, герметизованих транспортних засобів, пилопригнічувального обладнання та систем екологічного моніторингу дозволяє суттєво знизити негативний вплив транспортування зернових вантажів на навколишнє середовище. Важливим напрямом підвищення екологічної безпеки є також оновлення транспортного парку та впровадження транспортних засобів, які відповідають сучасним екологічним стандартам щодо рівня викидів.
7. У роботі обґрунтовано необхідність подальшого впровадження міжнародних вимог GAFTA та FOSFA в діяльність українських підприємств аграрного сектору. Їх застосування забезпечує не лише відповідність міжнародним вимогам щодо якості продукції, але й сприяє зниженню екологічного навантаження на довкілля на всіх етапах транспортування зернових вантажів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bernatik, A., Rehak, D., Cozzani, V., Foltin, P., Valasek, J., & Paulus, F. (2021). Integrated environmental risk assessment of major accidents in the transport of hazardous substances. *Sustainability*, 13(21), 11993. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132111993>
2. De Sinay, M. C. F., Cruz, I., Ribeiro, S. K., & Sinay, L. (2016). Neurofuzzy technology to evaluate the environmental performance of the cargo transportation mode. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 25(1), 44–60.
DOI: <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2016.078486>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Grain handling and storage guidelines. URL: <https://www.fao.org/>
4. FOSFA Official Website – Міжнародна федерація асоціацій торгівлі оліями, насінням та жирами. <https://www.fosfa.org/>
5. GAFTA Official Website – Міжнародна асоціація торгівлі зерном та кормами. <https://www.gafta.com>
6. Gupta, S., Adhikari, S., & Hlali, A. (2024). A review of sustainable practices in road freight transport. URL: <https://arxiv.org/abs/2403.19848>
7. Hagstrum, D. W., Flinn, P. W., & Phillips, T. W. (2015). Ecological networks in stored grain: key postharvest nodes for emerging pests, pathogens, and mycotoxins. *BioScience*, 65(10), 985–1001. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biv100>
8. IMO. International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code). URL: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/dangerousgoods-default.aspx>
9. ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/>
10. Karakoc, D. B., & Konar, M. (2025). Multimodal and multicereal grain transportation patterns in the United States across cost, emission, and

- adaptability optimization scenarios. *Environmental Science & Technology*, 59(34), 18156–18166. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c00909>
11. Kramberger, T., Topolšek, D., & Dragan, D. (2024). A model for agribusiness supply chain risk management using fuzzy logic: Case study — grain route from Ukraine to Poland. *Transportation Research Part E*, 185, 103691. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103691>
12. Lucena, P., Binotto, A. P. D., Momo, F. S., & Kim, H. (2018). A case study for grain quality assurance tracking based on a blockchain business network. *arXiv*. URL: <https://arxiv.org/abs/1803.07877>
13. Pascher, K., Hainz-Renetzeder, C., Gollmann, G., & Schneeweiss, G. M. (2017). Spillage of viable seeds of oilseed rape along transportation routes: ecological risk assessment and perspectives on management efforts. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 104. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00104>
14. Teixeira, C. E., Sartori, L., & Finotti, A. R. (2010). Comparative environmental performance of semi-trailer load boxes for grain transport made of different materials. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(2), 212–220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0138-9>
15. UNECE Transport Division. Sustainable transport and environment database. URL: <https://unece.org/transport>
16. Андрєєв, О. В., & Мельник, Л. І. (2021). Оцінка екологічних ризиків при морському транспортуванні зернових вантажів. *Водний транспорт*, 2(33), 45–53. URL: <https://journals.ontu.edu.ua/index.php/wt>
17. Барановський, В. А. (2018). *Екологічна безпека транспортних систем України*. Київ: Академперіодика. URL: <https://www.nas.gov.ua>
18. Білявський, Г. О., Фурдуй, Р. С., & Костіков, І. Ю. (2006). *Основи екології*. Київ: Либідь.
19. Бойко, Т. В., & Савчук, О. П. (2022). Аналіз екологічних наслідків перевезення аграрної продукції морським транспортом. *Науковий вісник*

- Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*, 16, 78–84. URL: <https://gj.journal.kspu.edu>
- 20.Бондаренко, О. В., & Ткаченко, С. М. (2020). Аналіз ризиків забруднення навколишнього середовища під час транспортування зернових вантажів. *Вісник Національного транспортного університету*, 2(47), 89–96.
- 21.Василенко, Л. П., & Гнатюк, С. О. (2020). Екологічний менеджмент у логістиці аграрного сектору. *Екологічні науки*, 4(31), 96–102. URL: <http://eco.j.dea.kiev.ua>
- 22.Гаврилюк, М. М. (2019). *Транспортна екологія*. Київ: Каравела. URL: <https://caravela.com.ua>
- 23.Григоренко, І. В. (2022). Міжнародні стандарти GAFTA та їх роль у забезпеченні якості зернових вантажів. *Науковий вісник Одеського національного морського університету*, 1(64), 134–141.
- 24.Дяченко, І. В., & Литвиненко, О. С. (2021). Сучасні підходи до забезпечення екологічної безпеки зернових терміналів України. *Причорноморські економічні студії*, 61, 115–121. URL: <http://bses.in.ua>
- 25.Закон України «Про зерно та ринок зерна в Україні». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-15?utm#Text>
- 26.Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12?utm#Text>
- 27.Закон України «Про транспорт». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80?utm#Text>
- 28.Запольський, А. К. (2005). *Основи екології*. Київ: Вища школа.
- 29.Клименко, М. О., & Прищеп, А. М. (2015). *Моніторинг довкілля*. Київ: Академія. URL: <https://academia-pc.com.ua>
- 30.Коваленко, О. М., & Шевченко, П. Ю. (2023). Екологічні аспекти логістики аграрної продукції в умовах євроінтеграції України. *Екологічна безпека та природокористування*, 3(47), 58–67.
- 31.Кучерявий, В. П. (2010). *Екологія*. Львів: Світ.

- 32.Лисенко, В. М., & Романюк, Н. І. (2023). Вплив транспортно-логістичних процесів на стан навколишнього середовища в аграрному секторі. *Агросвіт*, 7–8, 52–58. URL: <http://www.agrosvit.info>
- 33.Мальований, М. С., & Петрушка, І. М. (2021). Екологічна безпека транспортних процесів в аграрному секторі України. *Екологічні науки*, 5(38), 112–118.
- 34.Семенюк, Н. В. (2022). Екологічні аспекти міжнародних перевезень аграрних вантажів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 33(72), 144–150. URL: <https://tech.vernadskyjournals.in.ua>
- 35.Шевчук, В. Я., & Саталкін, Ю. М. (2014). *Екологічне управління*. Київ: Либідь. URL: <https://www.lybid.com.ua>