

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри  
економічної

кібернетики

к.е.н., доц. \_\_\_\_\_ Володимир  
ХАРЧЕНКО

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему

**«Економіко-математичне моделювання ринку  
зерна в умовах воєнного стану»**

Спеціальність 051 – «Економіка»  
Освітня програма «Економічна кібернетика»  
Програма підготовки освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

К.е.н., доцент \_\_\_\_\_ Наталія КЛИМЕНКО

**Керівник бакалаврської**

**кваліфікаційної роботи, к.е.н., доц. \_\_\_\_\_ Володимир ХАРЧЕНКО**

**Виконав:**

\_\_\_\_\_ Володимир ОСТАПЕЦЬ

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики  
к.е.н., доц. Володимир ХАРЧЕНКО  
«20» грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи  
студента Остапця Володимира Івановича**

Спеціальність 051      «Економіка»  
Освітня програма      «Економічна кібернетика»  
Програма підготовки      освітньо-професійна

1. Тема роботи: «Економіко-математичне моделювання ринку зерна в умовах воєнного стану» затверджена наказом ректора НУБіП України від 16.12.2024р. № 2252»С».

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру: 06.06.2025 р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи офіційні статистичні дані Державної служби статистики України, Міністерства аграрної політики та продовольства України.

4. Перелік графічного матеріалу: 4 таблиці, 17 рисунків

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають дослідженню в роботі):

1. Дослідження впливу війни на функціонування зернового ринку України.
2. Аналіз сучасних підходів до моделювання аграрного сектору.
3. Побудова економіко-математичної моделі зернового ринку України з урахуванням воєнних факторів та прогнозування ключових показників на її основі.
4. Розробка практичних рекомендації щодо підвищення адаптивності зернового ринку

6. Дата отримання завдання 20.12.2024 р.

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи, к.е.н., доц.** \_\_\_\_\_ **Володимир ХАРЧЕНКО**

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_ **Володимир ОСТАПЕЦЬ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Теоретичні основи економіко-математичного моделювання ринку зерна .....	6
1.1 Поняття та роль економіко-математичних моделей в аналізі ринків.....	6
1.2 Вплив війни на ринок сільськогосподарської продукції .....	9
1.3 Використання моделей для аналізу ринку сільськогосподарської продукції.....	13
Висновки до розділу.....	16
Розділ 2. Аналіз ринку зерна в умовах воєнного стану .....	17
2.1 Динаміка змін у структурі ринку зерна внаслідок воєнних дій.....	17
2.2 Цінові коливання на ринку зерна в умовах війни .....	25
2.3 Зовнішньоекономічні фактори та їхній вплив на експорт та імпорт зернових.....	30
Висновки до розділу.....	37
Розділ 3. Моделювання ринку зерна та прогнозування його розвитку.....	39
3.1. Побудова економіко-математичної моделі. ....	39
3.2. Моделювання та прогнозування розвитку ринку зерна в умовах війни. ....	46
3.3 Рекомендації щодо стабілізації ризиків і невизначеностей у прогнозах ринку зерна .....	59
Висновок до розділу.....	65
Висновки.....	67
Література .....	70

## ВСТУП

Галузь зернового господарства України в умовах воєнного стану зазнала безпрецедентних потрясінь. Повномасштабні бойові дії призвели до окупації та мінування значних сільськогосподарських територій, руйнування інфраструктури (елеваторів, техніки, логістики), блокади ключових морських шляхів експорту. Це спричинило різке скорочення виробництва і експорту зерна, перебої у постачанні продовольства та стрибки цін як на внутрішньому, так і на світовому ринках. За оцінками спільного дослідження KSE Агроцентру та Міністерства агрополітики, прямі збитки аграрного сектору станом на вересень 2022р. сягнули \$6,6 млрд, а непрямі втрати від зниження виробництва та логістичних ускладнень – \$34,25 млрд. Враховуючи роль України як одного з провідних світових експортерів зерна, такі потрясіння мають глобальні наслідки: за прогнозами моделі Aglink-Cosimo, повна втрата Україною експортних можливостей здатна підвищити світові ціни на пшеницю на 19%. Таким чином, тема дослідження є надзвичайно актуальною, оскільки економіко-математичне моделювання ринку зерна в умовах війни дозволяє глибше проаналізувати кризові явища, оцінити можливі сценарії розвитку та розробити рекомендації для мінімізації негативних наслідків на продовольчу безпеку країни та світу.

Метою даного дослідження є економіко-математичне моделювання ринку зерна України в умовах воєнного стану для виявлення закономірностей його функціонування, оцінки впливу війни на основні показники ринку та обґрунтування шляхів підвищення стійкості аграрного сектору.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання дослідження:

1. Вивчити теоретичні основи економіко-математичного моделювання та узагальнити класифікації моделей, придатних для аналізу аграрних ринків.

2. Описати вплив війни на функціонування зернового ринку України, проаналізувати динаміку виробництва, урожайності та структури ринку в умовах воєнних дій.

3. Проаналізувати сучасні підходи до моделювання аграрного сектору, зокрема існуючі моделі прогнозування розвитку ринків сільгосппродукції в кризових умовах.

4. Побудувати економіко-математичну модель зернового ринку України з урахуванням воєнних факторів та на її основі здійснити прогнозування ключових показників (виробництва, цін, експорту).

5. Розробити практичні рекомендації щодо підвищення адаптивності зернового ринку та мінімізації ризиків в умовах воєнного стану на основі результатів моделювання.

Об'єктом дослідження є зерновий ринок України в період воєнного стану та пов'язані з ним економічні процеси. Предметом дослідження виступають методологічні підходи та інструменти економіко-математичного моделювання, що застосовуються для аналізу і прогнозування розвитку ринку зерна в умовах військового конфлікту.

Для розв'язання поставлених завдань у роботі використано такі методи дослідження: аналіз і синтез (при узагальненні теоретичних засад та літературних джерел), економіко-статистичні методи (для оцінки динаміки виробництва та експорту зерна за статистичними даними), економетричне моделювання (багатофакторний регресійний аналіз для прогнозування цін та обсягів ринку), графічний метод (для наочної інтерпретації результатів), а також методи порівняння, експертних оцінок та сценарного аналізу (для розробки рекомендацій в умовах невизначеності)

Структура роботи обумовлена метою і завданнями дослідження. Бакалаврська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить близько 60 сторінок друкованого тексту. Основний зміст викладено на ~64 сторінках, що містять 4 таблиці та 17 рисунків, які ілюструють результати дослідження. Список використаних джерел включає 70 найменувань.

Брав участь у XV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» та VII

Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем '2025'» з тезою на тему: «Економіко-математичне моделювання ринку зерна в умовах воєнного стану».

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ЗЕРНА

## 1.1 Поняття та роль економіко-математичних моделей в аналізі ринків

Економіко-математичне моделювання (ЕММ) є фундаментальним інструментом сучасної економічної науки, що дозволяє формалізувати складні економічні процеси та явища з метою їх глибокого дослідження, аналізу та ефективного управління. За визначенням, економіко-математична модель – це математичний опис економічного процесу чи явища, призначений для його вивчення та керування. Це концентроване вираження найбільш суттєвих взаємозв'язків і закономірностей поведінки керованої системи у математичній формі. Поняття «економіко-математичне моделювання» було вперше введено радянським економістом і статистиком В.С. Немчиновим у 1962 році, що підкреслило зростаючу важливість кількісних методів в економіці [1,5].

Застосування математичних методів дозволяє економістам формулювати значущі, перевірені твердження щодо широкого спектру складних та багатогранних економічних суб'єктів, які було б важко висловити неформально. Це забезпечує високий ступінь об'єктивності та незалежності від особистості оцінювача, що є однією з найважливіших переваг кількісних методів. Економічне моделювання, як академічна дослідницька робота, використовує різноманітні теорії та кількісні чи якісні моделі та техніки для аналітичної оцінки причин та наслідків будь-якого економічного явища, що впливає на суспільство в будь-який час і в будь-якому місці [12, 29].

Основна мета економіко-математичного моделювання полягає в оволодінні системою знань, принципів та методів, необхідних для аналізу економічних процесів. Це включає формування системи знань з методології та інструментарію побудови і розв'язування детермінованих оптимізаційних задач. ЕММ дозволяє визначити оптимальні варіанти програм розвитку та формування виробничої структури підприємств та організацій, а також вивчати і вимірювати

вплив різних факторів на результати господарської діяльності за допомогою імітування поведінки систем. У ширшому сенсі, економічне моделювання має на меті знайти придатні та застосовні моделі, які можуть допомогти зменшити негативний вплив будь-яких економічних та соціальних проблем у суспільстві найбільш ефективним та реалістичним способом. Це також використовується для генерування часових рядів та перехресних моделей для виявлення тенденцій та взаємозв'язків між двома або більше змінними з динамічної перспективи [1, 5, 29].

Економіко-математичні моделі класифікуються за різними критеріями, що відображає їхню багатогранність та адаптивність до різних дослідницьких завдань. За способом опису моделі поділяються на аналітичні, де показники описуються математичними формулами, та економетричні (статистичні), призначені для аналізу та прогнозування економічних явищ в умовах невизначеності вхідних даних [1].

За цільовим призначенням ЕММ поділяються на теоретико-аналітичні, що застосовуються для дослідження загальних властивостей і закономірностей економічних процесів (наприклад, модель Кейнса), та прикладні, призначені для розв'язування конкретних економічних задач (моделі економічного аналізу, прогнозування, управління). Моделі також можуть бути класифіковані за функціональними складовими економіки (виробничо-технологічні, соціальні, територіальні), за характером відображення причинно-наслідкових зв'язків (детерміновані та стохастичні), за урахуванням часового чинника (статичні та динамічні), за тривалістю періоду (короткострокові, середньострокові, довгострокові), за формою математичних залежностей (лінійні, нелінійні), за співвідношенням екзогенних та ендогенних змінних (відкриті, замкнені), та за просторовими чинниками (просторові, точкові) [5].

Широке дослідження 1775 статей, опублікованих у журналі «Economic Modelling» (ЕМ) з 1984 по 2012 рік, дозволило класифікувати економічне моделювання на дванадцять основних категорій, що охоплюють такі сфери, як внутрішня та міжнародна торгівля, енергетика, сільське господарство, фіскальна

політика, праця, монетарна політика, виробництво, технології, добробут та економічне зростання. Ця різноманітність підкреслює універсальність та адаптивність ЕММ до вирішення широкого спектру економічних проблем [29].

Еволюція економіко-математичного моделювання тісно пов'язана з технологічним прогресом та розвитком аналітичних інструментів. Швидкий розвиток ЕММ був значно полегшений завдяки високим технологіям та складним аналітичним інструментам, таким як електронні калькулятори та комп'ютери. Цей розвиток відбувався у два основні етапи: перший (1940-1960-ті роки) характеризувався використанням базових обчислювальних інструментів, а другий (з середини 1990-х років до сьогодення) впровадженням передових обчислювальних інструментів, включаючи високошвидкісні комп'ютери зі значною ємністю зберігання та складним програмним забезпеченням [29].

Існує сильний зв'язок між впровадженням нових підходів до економічного моделювання та розвитком теорій, методів і технік у статистиці та математиці. У 21 столітті застосування економічного моделювання економістами часто ґрунтується на складних математичних та статистичних техніках, методах і моделях. Формальне економічне моделювання розпочалося ще у 19 столітті з використанням диференціального числення для представлення та пояснення економічної поведінки, наприклад, максимізації корисності, що стало раннім застосуванням математичної оптимізації в економіці. Проте, варто зазначити, що широке використання математичних моделей для людської поведінки викликало критику з боку деяких відомих економістів, таких як Джон Мейнард Кейнс та Фрідріх Гаск, які стверджували, що деякі людські вибори незводні до математики [12, 17].

Економіко-математичні моделі відіграють ключову роль в аналізі ринків, надаючи можливість для глибокого розуміння їх функціонування та прийняття обґрунтованих рішень. Вони дозволяють вивчати і вимірювати вплив різних факторів на результати господарської діяльності шляхом імітування поведінки систем, а також визначати оптимальні варіанти програм розвитку. Це особливо

важливо для фінансів, яка є кількісною наукою, де застосування математичних методів є критично важливим [5].

Простіше кажучи, ЕММ допомагає оцінити поточний стан ринку, виявити потенційні ризики, розробити та проаналізувати різні сценарії розвитку, а також сприяє прийняттю адекватних управлінських рішень. Завдяки своїй здатності формалізувати складні взаємозв'язки, ЕММ надає аналітикам та політикам потужний інструментарій для прогнозування, оптимізації та стратегічного планування в умовах ринкової динаміки.

## **1.2. Вплив війни на ринок сільськогосподарської продукції**

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну 24 лютого 2022 року мало руйнівні наслідки для аграрного сектору України та її ринку сільськогосподарських земель. Ця агресія спричинила значні руйнування, людські та економічні втрати, а також пошкодження інфраструктури та виробничих активів.

За даними [58], загальні збитки сільського господарства України оцінюються в 80 млрд доларів США, з яких 10 млрд доларів припадає на пошкоджені активи (57% з яких – машини та обладнання), а 70 млрд доларів – на втрати, переважно від втраченого доходу та збільшених витрат через конфлікт. Україна втратила від 5 до 7 мільйонів акрів сільськогосподарських угідь, що еквівалентно 7,5% від загальної посівної площі країни, через окупацію, близькість до активних бойових дій або забруднення мінами. Наразі Україна є найбільш замінованою країною у світі, з приблизно 2 мільйонами мін, закладених з 2022 року, що забруднило 23% її території.

Аналіз літератури показав, що у 2022 році збір зерна впав на 40%, овочів – на 25%, а фруктів – на 10%. До 80% врожаю було втрачено в Запорізькій, Донецькій та Луганській областях, а Харківщина, Одещина, Миколаївщина та Вінниччина втратили до 50% врожаю. Загальна кількість постраждалих суб'єктів господарювання становить 2653 одиниці, що включає 1,9 млн гектарів орних

земель. Близько 1 млн гектарів території потребує обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів, що створює значні перешкоди для відновлення сільськогосподарської діяльності. Прямі збитки аграрному сектору до 15 вересня 2022 року досягли 6,6 млрд доларів США, що становить 23% від загальної вартості активів в українському сільському господарстві. Ці збитки включають сільськогосподарську техніку, складські приміщення, поголів'я худоби та багаторічні насадження. Непрямі збитки, спричинені зниженням виробництва, блокадою портів та зростанням виробничих витрат, оцінюються в 34,25 млрд доларів США [28, 33].

Війна призвела до значного скорочення посівних площ, порушення технологічної дисципліни вирощування та зниження врожайності зернових культур. За даними [58], прогнозується, що виробництво зерна та олійних культур в Україні знизиться з 82 млн т у 2023/24 маркетинговому році до 73-75 млн т у 2024/25 маркетинговому році. Автор відмічає, що виробництво кукурудзи в середньому опустилося на 20% в порівнянні з довоєнним рівнем, хоча у 2023/24 маркетинговому році досить високі врожаї майже компенсували скорочення посівних площ. Виробництво пшениці скоротилося майже вдвічі, переважно через зменшення посівних площ, а не через зниження врожайності. Очікується, що виробництво ячменю зазнає найбільшого скорочення серед усіх зернових.

Унікальною ситуацією є зростання врожаю гречки майже на 40% у 2022 році. Це пояснюється тим, що гречка є внутрішньою культурою, яка не експортується, і до війни Україна імпортувала 50% власного споживання гречки переважно з Росії. Низькі ціни на агропродукцію та збільшення вартості транспортування призвели до того, що фермери втратили більшу частину прибутку, що змусило багатьох відмовитися від збору врожаю, наприклад, значний відсоток врожаю кукурудзи у 2022 році залишився зимувати на полях [33].

Додаткові проблеми включають труднощі з отриманням насіння культур, які залежать від імпорту (особливо для кукурудзи та соняшнику), та добрив, вартість яких зросла у більш ніж 3 рази порівняно з 2020 роком [11]. Нестача

робочої сили через мобілізацію та міграцію, а також порушення виробничих процесів через регулярні відключення електроенергії та загальну енергетичну кризу, також суттєво впливають на виробництво. Крім того, окупація підприємств, крадіжка та вивезення врожаю, обладнання та інших засобів виробництва окупантами, а також неможливість проведення технологічних операцій через мінні поля та близькість до зони бойових дій, створюють значні перешкоди для аграріїв.

Одним з найбільш катастрофічних наслідків війни для України стала втрата найвигіднішого шляху експорту своєї продукції – морем. Через цей шлях до війни здійснювалося понад 90% аграрного експорту. З початку повномасштабного вторгнення Росія провела щонайменше 50 атак на експортну інфраструктуру Чорного моря, пошкодивши понад 300 портових споруд та 23 цивільні судна, а також знищивши понад 100 тис. т сільськогосподарської продукції. Окрім цього, блокада морської торгівлі призвела до колапсу експорту сільськогосподарської продукції.

Альтернативою став наземний і річковий транспорт, однак таке транспортування є значно дорожчим. Чорноморська зернова ініціатива, запущена в липні 2022 року, послабила експортні обмеження, дозволивши значно збільшити експорт сільськогосподарської продукції України. Однак навіть за цієї ініціативи обсяг експорту все ще був на 11% нижче довоєнного трирічного середнього показника. Односторонній вихід Росії з ініціативи в липні 2023 року спонукав Україну до розробки та розширення альтернативних методів відвантаження через річкові порти та створення нового коридору з використанням територіальних вод сусідніх країн для досягнення своїх глибоководних морських портів. Цей новий коридор відновив експортні можливості України до рівнів, що перевищують пік, досягнутий за Чорноморської зернової ініціативи. Частка морських перевезень зерна досягла 81% від усіх перевезень, що є найвищим показником з початку війни, свідчить про ефективність логістичних маршрутів експорту, незважаючи на конфлікт [58, 10].

Експорт кукурудзи в перші два роки війни був вищим за довоєнний рівень завдяки великим початковим запасам у 2022/2023 роках, високим врожаям у 2023/2024 роках та успішним зусиллям із забезпечення судноплавних маршрутів. Проте, за прогнозами WASDE/USDA, експорт кукурудзи з України знизиться на 6,6 млн метричних т у 2024/2025 маркетинговому році порівняно з попереднім роком. Водночас українські джерела залишаються більш оптимістичними, повідомляючи про зростання експорту на 29% у жовтні та листопаді 2024 року порівняно з аналогічним періодом 2023 року. Частка України на світовому ринку кукурудзи знизилася з 30,3% у 2018/2019 роках до прогнозованих 24% у 2024/2025 роках; аналогічно, частка пшениці зменшилася з 16% до 15%. Вартість логістики зросла у 2-3 рази, що робить виробництво зерна збитковим для українських фермерів у певних регіонах [28, 58].

Обсяг операцій на ринку землі зменшився вдвічі порівняно з довоєнним рівнем (близько 10 000 угод на місяць до війни). Середній розмір угоди також зменшився з 2,5 га до 2 га. Ціна землі в гривнях була вищою за довоєнну (близько 35 000 грн/га порівняно з 30 000 грн/га), коли ринок знову відкрився у травні 2022 року. Однак у липні 2022 року ціна в доларах США почала знижуватися через девальвацію гривні на 25%, стабілізувавшись на значеннях дещо нижчих за довоєнні. На ринку існує законодавчо встановлена мінімальна ціна, що означає, що землевласники не можуть знижувати ціни нижче цього рівня, навіть якщо ринкова ціна близька до мінімальної [50].

Дослідження також показало, що обсяги торгівлі перемістилися до центральних регіонів України, в наслідок чого ціни на землю залишалися відносно стабільними або навіть зросли. Водночас, обсяг торгівлі зазнав різкого падіння у більшості областей де проходять активні бойові дії, особливо в Луганській, Донецькій, Запорізькій та Херсонській областях, де він знизився практично до нуля.

## **1.3 Використання моделей для аналізу ринку сільськогосподарської продукції**

Застосування економіко-математичних моделей в аграрному секторі є критично важливим для забезпечення його стабільності та розвитку, особливо в умовах значних викликів, спричинених війною. Такі моделі дають змогу не лише аналізувати поточний стан ринку, але й прогнозувати майбутні тенденції та оптимізувати управлінські рішення. Зокрема, економіко-математичне моделювання необхідне для визначення раціональної галузевої структури аграрних підприємств. Воно дозволяє оптимізувати виробничу структуру та встановити оптимальні параметри ресурсного потенціалу, що сприяє виявленню «вузьких місць», які перешкоджають зростанню ефективності. Моделі також використовуються для внутрішньогосподарського планування з можливістю адаптації до будь-якого горизонту, що забезпечує прийняття більш зважених рішень щодо використання ресурсів [14, 15].

Розробка економіко-математичної моделі включає вибір економічних показників досліджуваного об'єкта, визначення типу моделі залежно від наявної інформації, обрання методів розв'язання, практичну реалізацію моделі та подальший аналіз результатів для формування управлінських рішень [13]. Це забезпечує системний підхід до аналізу та управління аграрними системами.

У цьому контексті застосовується широкий спектр моделей. Лінійні оптимізаційні моделі є одними з найпоширеніших у сільському господарстві: вони використовуються для максимізації прибутку або мінімізації витрат, зокрема при оптимізації структури посівів, розподілі ресурсів тощо. Їхні переваги — універсальність та відносна простота, але вони мають обмеження у випадках складних завдань, оскільки не враховують зовнішніх збурень і природних умов. Багатокритеріальні моделі застосовуються тоді, коли потрібно врахувати одночасно кілька цілей — наприклад, мінімізувати витрати і водночас максимізувати соціальний ефект. Параметричні моделі дозволяють враховувати зміну умов у часі, що особливо важливо в аграрному секторі при прогнозуванні

розвитку підприємства в умовах невизначених цін. Стохастичні моделі, використовуючи ймовірнісні підходи, дають змогу відобразити реалістичні умови, включно з випадковими подіями або шоками. Також моделі Марковіца та Шарпа застосовуються для управління інноваціями за умов нестабільності та ризику [13].

Крім того, використовуються економетричні моделі, які дозволяють оцінити вплив окремих факторів на зміну цін, наприклад, на ринку пшениці, а також моделі попиту та пропозиції, які аналізують рівновагу на ринку зерна (зокрема кукурудзи) з урахуванням погодних коливань і торговельної політики. У міжнародній практиці застосовуються також такі моделі, як Aglink-Cosimo — рекурсивно-динамічна модель часткової рівноваги, яка прогнозує вплив на врожаї, експорт та світові ціни. За її допомогою доведено, що повна втрата Україною експортних можливостей може спричинити зростання світових цін на пшеницю на 19% [18, 27].

Проте застосування моделей в умовах війни має ряд викликів. Сільське господарство як система надзвичайно залежне від природних факторів — таких як опади, температура, шкідники чи стихійні лиха — що ускладнює побудову моделей. Масштабність, сезонність та територіальна розкиданість аграрного виробництва також створюють складні обмеження при моделюванні. Крім того, багатогалузевий характер сільського господарства обумовлює використання великої кількості змінних, більшість із яких є нелінійними та важко параметризуються. Існують також проблеми з відсутністю нормативної бази, якісних даних та доступністю інформації [15].

Невизначеність, що викликана війною — від пошкодження інфраструктури до блокування логістики — змушує вдаватися до адаптивного моделювання. При цьому економетричні моделі мають свої обмеження — важко ідентифікувати поведінкові зміни фермерів або врахувати довгострокову адаптацію до клімату. Брак емпіричних даних і загальна недовіра до економічного моделювання в умовах кризи теж ускладнює застосування моделей [3].

Крім цього, критики математичної економіки зазначають, що надмірна формалізація, аксіоматика і зосередженість на рівновазі можуть не відображати реальні економічні процеси. Статичні моделі також не здатні адекватно показати динамічний характер ринків. До реальних проблем додається й руйнування логістичних ланцюгів, що перешкоджає відновленню аграрного сектору [12, 21].

У цих умовах подальші дослідження мають зосередитися на створенні адаптивних управлінських моделей для агробізнесу, мінімізації впливу загроз, відновленні бізнесу на звільнених територіях і зміцненні ресурсного потенціалу, зокрема через кооперацію та реформу логістики. Менеджменту необхідно формувати кадрову політику під час війни, наприклад, створюючи програми залучення жінок до дефіцитних професій, а також забезпечувати фінансову гнучкість і впроваджувати ліквідне кредитування.

Окремо потребує уваги планування нової структури агровиробництва з урахуванням внутрішнього ринку та географічної безпеки, а також впровадження стратегічних інструментів управління, таких як Hoshin Kanri, і сучасних цифрових технологій. Україна має не лише вирощувати сировину, але й переробляти її на власних підприємствах. Важливо досліджувати прогалини в науці щодо агросектору у війні, формувати механізми координації взаємодії між усіма елементами галузі, а також здійснювати економічну оцінку впливу війни через втрати активів, макроекономічні погіршення та втрачені можливості. Перспективним напрямком є побудова динамічних моделей відновлення регіональної промисловості. [16, 26]

## Висновки до розділу

У першому розділі розглянуто теоретичні основи економіко-математичного моделювання та особливості його застосування в аграрному секторі. Проведений аналіз підтверджує, що економіко-математичне моделювання є ключовим інструментом сучасної економічної науки, який дозволяє формалізувати складні процеси і приймати обґрунтовані рішення. Економікоматематичні моделі класифікуються за різними критеріями: за характером представлення за метою використання (теоретико-аналітичні для виявлення закономірностей та прикладні для конкретних управлінських задач), за урахуванням невизначеності (детерміновані та стохастичні) і часовим горизонтом (статичні та динамічні моделі). В аграрній економіці широко застосовується комплекс різноманітних моделей: лінійні оптимізаційні моделі для планування структури посівів і розподілу ресурсів, багатокритеріальні моделі для одночасного врахування економічних і соціальних цілей, параметричні моделі для аналізу змін умов у часі, стохастичні моделі для врахування впливу випадкових факторів (погодні умови, ринкові шоки).

Окремо важливе місце займають економетричні моделі – регресійний аналіз, моделі попиту і пропозиції – які дають змогу оцінити вплив факторів на ціни та обсяги виробництва, а також здійснювати прогнозні розрахунки. В умовах війни роль економіко-математичних моделей особливо зростає: вони дозволяють моделювати різноманітні сценарії розвитку ринку зерна з урахуванням ризиків та невизначеності, оцінювати наслідки тих чи інших дестабілізуючих чинників (втрата територій, логістичні обмеження, цінові шоки) та виробляти оптимальні управлінські рішення. Сучасні підходи до моделювання аграрного сектору включають використання адаптивних моделей, що здатні підлаштовуватися під різку зміну умов, та інтеграцію воєнних факторів у моделі (наприклад, через додаткові змінні ризику чи коригування прогнозів).

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РИНКУ ЗЕРНА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

### 2.1 Динаміка змін у структурі ринку зерна внаслідок воєнних дій

Повномасштабне вторгнення мало значний вплив на сільськогосподарське виробництво в Україні, проте агросектор продемонстрував високу здатність до адаптації. За попередніми оцінками Міністерства аграрної політики, загальна площа під сільськогосподарськими культурами у 2025 році сягне понад 23 млн. гектарів. З них зернові займатимуть понад 11 млн. гектарів, що становить 48,1% від усіх посівних площ [34].

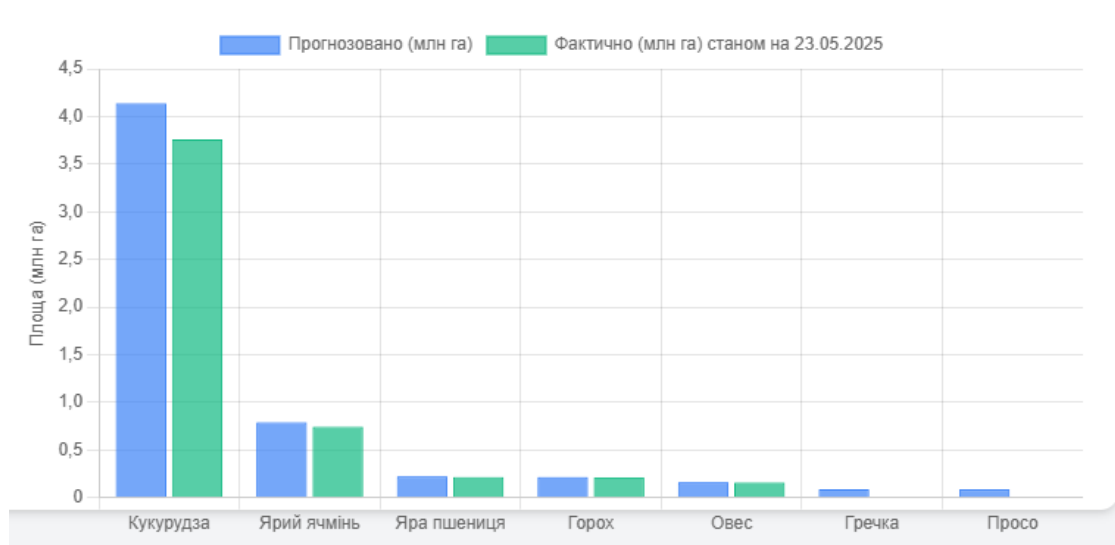


Рис. 2.1.1 Прогнозовані та фактичні площі посіву ярих зернових у 2025 році (млн га)

Джерело: побудовано автором на основі [30, 34, 36]

Планується, що ярі зернові у 2025 році будуть посіяні на площі 5,82 млн. гектарів. Зокрема, кукурудза займе 4,14 млн. га, ярий ячмінь — 790,2 тис. га, яра пшениця — 222,7 тис. га, горох — 216,5 тис. га, овес — 161,6 тис. га, гречка — 86,8 тис. га, а просо — 85,5 тис. га. Фактично, станом на 23 травня 2025 року, аграрії всіх областей України вже засіяли 5,3 млн. га ярих зернових та зернобобових культур, що становить 94% від прогнозованих площ. Найбільша площа посівів припадає на кукурудзу – 3,76 млн. га (93%), ячмінь – 743,6 тис. га (96%), яру пшеницю – 215,3 тис. га (95%), горох – 212 тис. га (98%), та овес –

158,4 тис. га (98%). Щодо озимих культур, під урожай 2024 року сільгоспвиробниками було посіяно 4,8 млн га, або 94% до прогнозу, що є зростанням порівняно з 4,5 млн га (86% до прогнозу) у 2023 році [30, 34, 36].

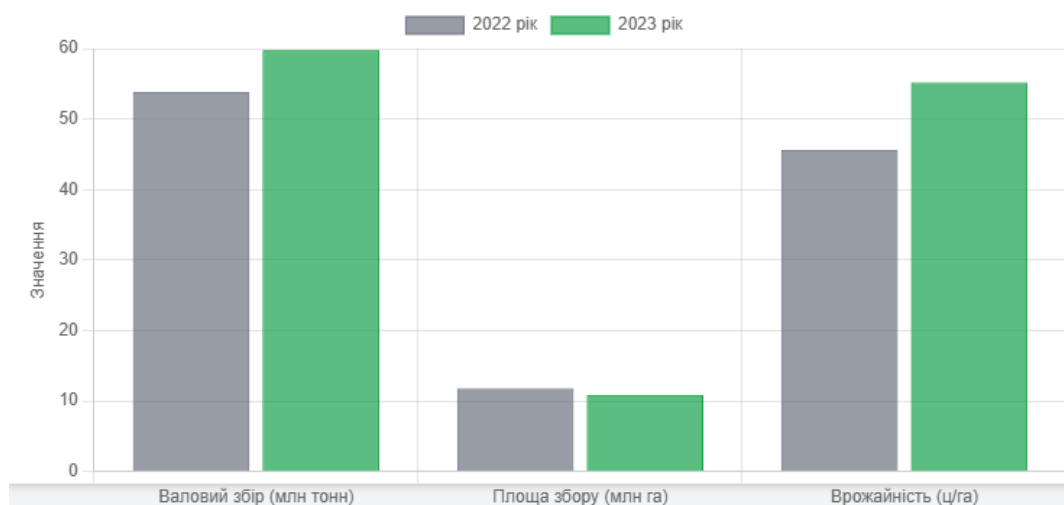


Рис. 2.1.2 Валовий збір зернових та зернобобових культур (2022 - 2023)

Джерело: Дослідження автора на основі [13]

Динаміка валового збору зернових та зернобобових культур також демонструє стійкість. Згідно з фінальними даними Держстату, у 2023 році сумарний валовий збір зернових і зернобобових культур в Україні становив 59,77 млн. т, що на 11% більше, ніж роком раніше. Цей обсяг було зібрано практично з 10,84 млн. га, що на 8% менше площ, проте при значно вищій врожайності у 55,2 ц з гектара (+21%). Зокрема, урожай пшениці у 2023 році оцінюється у 21,63 млн. т (+4,3%), кукурудзи – у 31,03 млн. т (+18%), ячменю – у 5,5 млн. т (-2%). Урожай пшениці (озима та яра) у 2024 році станом на 20 вересня досяг 22,3 млн. т з площі 4,9 млн га, при середній врожайності 4,5 т з га, що дещо нижче минулорічного показника 4,76 т з га. Також у 2023 році зафіксовано збільшення виробництва більшості інших зернових культур: гречки – до 210,7 тис. т. (+43%), проса - до 203,5 тис. т. (збільшення у 2,2 рази), вівса – до 427,3 тис. т. (+13%). Загальне виробництво зернобобових культур зросло до 460,6 тис. т. (+38%). Єдиною зерновою культурою, врожай якої у 2023 році скоротився, є жито (-26,4%, до 231,2 тис. т.) [13].

## Регіональні показники виробництва та врожайності пшениці у 2024 році

РЕГІОН	ВИРОБНИЦТВО (МЛН ТОНН)	ВРОЖАЙНІСТЬ (ТОНН/ГА)
Одеська область	2.788	3.49
Дніпропетровська область	1.808	3.9
Вінницька область	1.754	5.4
Лідери за врожайністю:		
Хмельницька область	-	6.6
Тернопільська область	-	≥ 6.0
Івано-Франківська область	-	≥ 6.0
Чернівецька область	-	≥ 6.0
Найнижчі показники врожайності:		
Херсонська область	-	2.4
Запорізька область	-	2.4
Донецька область	-	2.1

Джерело: Дослідження автора на основі [50]

Проведеним дослідженням (див. табл. 2.1) встановлено, що регіональні особливості врожайності та виробництва в умовах війни виявляють чітку диференціацію. У 2024 р. лідером з виробництва пшениці стала Одеська область, де аграрії зібрали 2,788 млн т при врожайності 34,9 т з гектара. Трійку лідерів разом з Одещиною замкнули Дніпропетровська область із показником 1,808 млн. т при врожайності 3,9 т з га і Вінницька — 1,754 млн. т при врожайності 5,4 т з га. Лідером із врожайності пшениці залишилася Хмельницька область, де аграрії в середньому збирали 6,6 т з га. Серед областей, де врожайність дорівнює або перевищує 6 т з га, увійшли Тернопільська, Івано-Франківська і Чернівецька. Найнижчі показники врожайності відмічені на Херсонщині, Запоріжжі і Донеччині – 2,4 т з га, 2,4 т з га та 2,1 т з га відповідно, що є прямим наслідком бойових дій та окупації [50].

Представлені дані показують, що, незважаючи на воєнні дії та втрату територій, український агросектор демонструє високу адаптивність у виробництві зерна. Це проявляється у майже повному виконанні прогнозів щодо посівних площ ярих культур у 2025 році та зростанні посівів озимих під урожай 2024 року. Збільшення валового збору зернових у 2023 році при зменшенні посівних площ вказує на підвищення ефективності виробництва. Зменшення посівних площ на 8% у 2023 році при одночасному збільшенні валового збору на 11% та врожайності на 21% може бути пояснене тим, що аграрії, ймовірно, зосередилися на обробці більш безпечних та продуктивних земель у центральних та західних регіонах України. Це може бути результатом оптимізації агротехнологій, кращого використання ресурсів (наприклад, добрив, якщо вони були доступні), або переорієнтації на більш стійкі та високоврожайні культури на доступних територіях. Зростання посівів озимих під 2024 рік також вказує на певну стабілізацію та впевненість аграріїв у майбутньому сезоні, незважаючи на триваючу війну. Ця адаптивність є критично важливою для підтримки продовольчої безпеки України та збереження її позицій на світовому ринку. Вона також може вказувати на ефективність державної підтримки агросектору або високу самоорганізацію агровиробників у кризових умовах, що є важливим фактором стійкості економіки [4, 36].

Водночас, спостерігається значна регіональна диференціація у врожайності та обсягах виробництва зерна, яка прямо корелює з інтенсивністю бойових дій та окупацією територій. Південні та східні області демонструють значно нижчі показники врожайності порівняно з центральними та західними регіонами. Низька врожайність у прифронтових та окупованих регіонах, таких як Херсонщина, Запоріжжя та Донеччина (2,1-2,4 т/га), є прямим наслідком руйнування сільськогосподарської інфраструктури, мінування полів, дефіциту палива, добрив, насіння, а також відтоку робочої сили та постійних ризиків для життя аграріїв. Це призводить до зменшення оброблюваних площ та неможливості дотримання оптимальних агротехнологій. Натомість, відносно безпечніші регіони, такі як Одеська, Дніпропетровська та Вінницька області,

з змогли не тільки зберегти, але й наростити виробництво, ставши основними аграрними хабами країни. Ця диференціація створює внутрішні дисбаланси на ринку зерна, впливаючи на логістику (збільшуючи перевезення з заходу на схід/південь), ціноутворення та потребу в цільовій державній підтримці для постраждалих регіонів. Вона також підкреслює критичну важливість розмінування та відновлення сільськогосподарських земель для майбутнього відродження агросектору та забезпечення рівномірного розвитку країни [50].

Для наочної демонстрації динаміки виробництва зернових культур в Україні, нижче представлено рис. 2.3, що містить дані про валовий збір кукурудзи протягом 2015-2025 років (див. рис 2.3).

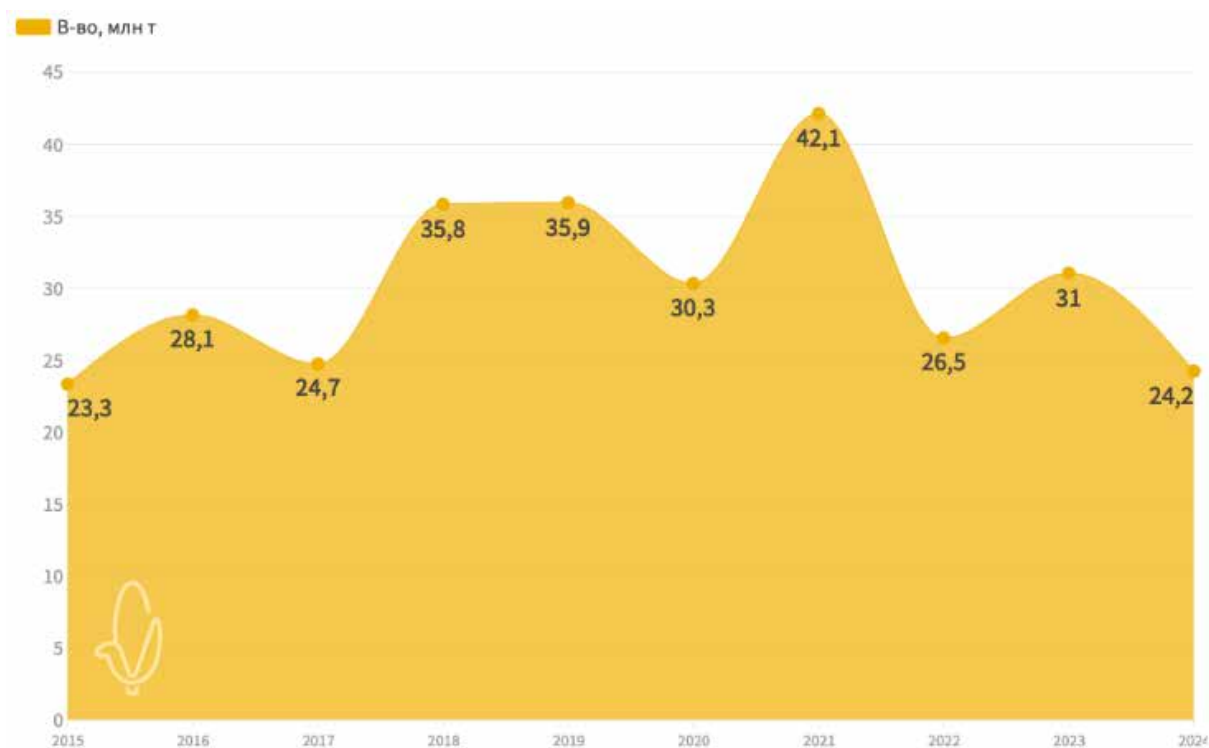


Рис. 2.1.3 Динаміка валового збору кукурудзи в Україні (2015-2024 рр.)

Джерело: [42]

Воєнні дії спричинили значні втрати та пошкодження елеваторних потужностей в Україні, що стало одним із найгостріших викликів для агросектору. Станом на червень 2023 року, з 57 млн. т довоєнних потужностей одночасного зберігання, в експлуатації залишалось близько 49,257 млн. т. Загалом було пошкоджено або знищено зерносховищ сукупною ємністю 9.4 млн

т одночасного зберігання, і цей обсяг не враховує потужності, які залишаються недоступними через тимчасову окупацію. Загальна ємність зруйнованих зерносховищ сягає 8,2 млн т, а ємність пошкоджених – 3,25 млн т потужностей одночасного зберігання [36].

Найбільші втрати зафіксовані в Луганській області, де всі 23 елеватори загальною довоєнною потужністю 880 тис. т перебувають на непідконтрольній території. Значні пошкодження та втрати також спостерігаються в Донецькій (439 тис. т втрачено/пошкоджено), Запорізькій (444 тис. т втрачено/пошкоджено), Харківській (понад 500 тис. т пошкоджено, при цьому побудовано лише близько 10 тис. т нових місткостей), Чернігівській (139 тис. т втрачено/пошкоджено) та Херсонській (185 тис. т втрачено/пошкоджено, а 12 елеваторів було підтоплено внаслідок руйнування Каховської ГЕС) областях. Ці дані підкреслюють прямий вплив бойових дій на критичну інфраструктуру зберігання зерна [39].

Водночас, в інших регіонах спостерігається зростання потужностей. Наприклад, у Хмельницькій області приріст потужностей склав 300 тис. т від 2022 року, а у Полтавській області за останні два роки збудували приблизно 240 тис. т елеваторних потужностей. Це відображає зусилля з компенсації втрат та перерозподілу інфраструктури [45].

Масштабні руйнування та втрати елеваторних потужностей, особливо у прифронтових регіонах, змусили український агросектор шукати та активно впроваджувати альтернативні та більш гнучкі рішення для зберігання, такі як полімерні рукави. Це призвело до децентралізації зберігання та зміни економічної моделі. Втрата значної частини стаціонарних елеваторних потужностей (9,4 млн. т зруйнованих/пошкоджених, без урахування окупованих) створила критичний дефіцит місць для зберігання врожаю, особливо в областях, що постраждали від бойових дій. Це спонукає до необхідності термінового пошуку нових рішень [36, 39].

Полімерні рукави стали оптимальним виходом для тих, хто не має коштів інвестувати у стаціонарне зберігання, особливо для малих і середніх фермерів, а

також є безпечним варіантом в умовах війни. Загальна ємність таких рукавів для зберігання становить 7 млн. т зерна. Компанії, такі як ІМК, які до війни зберігали в рукавах лише кукурудзу (до 50 тис. т), у 2022 році збільшили обсяги до 300 тис. т через пошкодження стаціонарних елеваторів. Їхня значно нижча вартість (\$5-7 за тону за цикл) порівняно з ціною зберігання на елеваторі (\$160-200 за тону, залежно від багатьох факторів) та можливість зберігання безпосередньо на полях або поблизу них, зменшуючи логістичні витрати та ризики, зробили їх незамінними. Збільшення загальної ємності зберігання в рукавах до 7 млн. т та досвід компаній, що значно наростили їх використання, свідчить про системну адаптацію та зміну підходів до зберігання. Ця зміна не лише вирішує нагальні проблеми зберігання, але й може трансформувати довгострокову інфраструктуру агросектору, роблячи її більш децентралізованою, стійкою до зовнішніх шоків та економічно ефективною для фермерів, особливо для малих та середніх господарств. Однак, це також вимагає додаткових інвестицій у мобільне сушильне обладнання, оскільки для довготривалого зберігання зерно в рукавах має бути висушене [22, 31, 42].

Український ринок зерна традиційно характеризується значним перевищенням виробництва над внутрішнім споживанням, що робить його глибоко експортно-орієнтованим. Внутрішнє споживання зернових в Україні становить лише 20-25% від обсягів виробництва. Зокрема, внутрішнє споживання продовольчої пшениці складає загалом 5,5 млн. т. У 2022-2023 маркетинговому році (МР) очікувалося скорочення споживання зернових на 0,9%, головним чином за рахунок фуражних зернових та рису, тоді як споживання для продовольчих цілей зберігало тенденцію до зростання. Прогноз на 2023-2024 МР передбачав зростання світового споживання зернових на 0,9% до 2803 млн. т, переважно за рахунок фуражних зернових [23, 46].

Динаміка та структура товарного експорту України за період 2021–2023  
рр.

Товарні групи експорту	2021, млн євро	2021, питома вага, %	2022, млн євро	2022, питома вага, %	2023, млн євро	2023, питома вага, %
Сільськогосподарська продукція	23 545	44,0	22 259	57,5	20 360	63,5
Мінеральні продукти	6 628	12,4	3 853	10,0	2 091	6,5
Хімікалії	2 695	5,0	5 578	14,4	1 226	3,8
Лісоматеріали та вироби з деревини	2 108	3,9	2 011	5,2	1 592	5,0
Промислові товари	801	1,5	356	0,9	363	1,1
Чорні та кольорові метали	13 316	24,9	5 472	14,1	3 194	10,0
Машини та обладнання	3 235	6,0	1 526	3,9	1 989	6,2
Інші	1 188	2,2	1 651	4,3	1 267	4,0
Разом	53 516	100,0	38 706	100,0	32 082	100,0

Джерело: [2]

Співвідношення внутрішнього споживання та експортного потенціалу залишається ключовою характеристикою українського агроринку. Частка експорту до війни становила 75% від обсягів виробництва. Навіть в умовах повномасштабної війни, Україна повністю забезпечує свої внутрішні потреби у продовольстві та створює потужний експортний потенціал. У 2021/22 МР Україна експортувала 61,52 млн. т зернових та олійних культур. У 2022/23 МР

експорт пшениці становив 16,8 млн. т (-10% до попереднього МР), ячменю – 2,7 млн. т (-54%), кукурудзи – 29,2 млн. т (+24%). За минулий сезон 2023/24 Україна експортувала 69.86 млн. т зернових, олійних та олій. Обсяги відвантажень найбільше зросли по пшениці (+9%), по кукурудзі лише на +0.2%. Ріпаку експортували на 8,7% більше, тоді як експорт сої знизився на 8,2%. У 2024 році Україна експортувала 53,9 млн. т зерна, що на 20% більше ніж у 2023 році. Це другий результат після рекордного 2019 року [38, 47].

Збереження експортної орієнтації моделі ринку попри війну є очевидним. Дані чітко показують, що Україна виробляє значно більше зерна, ніж споживає всередині країни. До війни експорт становив 75% виробництва. Навіть під час війни, Україна продовжує експортувати десятки млн. т зернових та олійних культур (61,52 млн. т у 2021/22 МР, 69,86 млн. т у 2023/24 МР, 53,9 млн т у 2024 році). Це свідчить про те, що внутрішні потреби повністю забезпечуються, а надлишок продукції продовжує формувати основу експорту. Скорочення внутрішнього споживання зернових у 2022-2023 МР, особливо фуражних, може бути пов'язане зі зменшенням поголів'я худоби або зміною структури споживання в умовах кризи, що ще більше підкреслює експортну орієнтацію. Збереження експортної орієнтації є життєво важливим для економіки України, оскільки агроекспорт є значним джерелом валютних надходжень, необхідних для фінансування оборони та відновлення. Це також підкреслює глобальну залежність від українських поставок, що робить стабільність українського агросектору питанням міжнародної продовольчої безпеки та геополітичного впливу [37, 46].

## **2.2 Цінові коливання на ринку зерна в умовах війни**

Цінова динаміка на українському ринку зерна в умовах воєнного стану демонструє значні коливання, що відображають вплив як внутрішніх, так і зовнішніх факторів. У 2023 році ціни на пшеницю, кукурудзу та ячмінь

виявилися нижчими на 15-60% порівняно з 2022 роком. Зокрема, ячмінь втратив 60% від ціни 2022 року і коштував 3390 гривень за тону. На початок 2024 року ціни на основні зернові культури були ще нижчими проти відповідного періоду 2023 року: пшениця 3 класу коштувала 5700 грн/т (-10%), другого класу – 5953 грн/т (-8.1%), кукурудза – 5570 грн/т (-9.1%), ячмінь – 4383 грн/т (-13%) [55].

Таблиця 2.2

Ціни на зернові на початок 2024 року порівняно з 2023 роком (грн/т)

Культура	Ціна 2023 (грн/т)	Ціна 2024 (грн/т)	Зміна (%)
Пшениця 3 кл.	6333	5700	-10%
Пшениця 2 кл.	6478	5953	-8.1%
Кукурудза	6128	5570	-9.1%
Ячмінь	5038	4383	-13%

Джерело: Дослідження автора на основі [53-55]

Проте, протягом першого півріччя 2024 року закупівельні ціни на зерно почали поступово зростати. Пшениця 2 класу подорожчала з 5700 до 8401 грн/т (+47,4%), пшениця 3 класу – до 8191 грн/т (+37,6%), кукурудза з початку року подорожчала майже на 21% – до 6721 грн/т. Експортні закупівельні ціни у чорноморських портах України сягнули найвищого з довоєнного часу рівня — 215-220 \$/т на продовольчу пшеницю та 200-203 \$/т на фуражну пшеницю з доставкою до порту, після чого зупинили зростання. Ціни на українську кукурудзу на міжнародних ринках були значно нижчими за середньосвітові. Наприклад, українська кукурудза Єгипту діставалася в середньому по 212 дол./т, Болгарії — по 209, а Туреччині — взагалі по 175 дол./т, тоді як середня глобальна ціна становила 320 дол./т [53, 54].

Аналіз літератури показав, що прогнози науковців щодо кінця 2024 року передбачають стабільні ціни на пшеницю в межах 8500-9500 грн за тону. Форвардні ціни на новий урожай 2025 року (з поставкою в порт) озвучені на таких рівнях: продовольча пшениця 11,5% — \$213+/т (проти \$170/т торік), фуражна пшениця — \$200+/т, ячмінь — \$185+/т, кукурудза — \$198+/т

(порівняно з початковими пропозиціями у \$150/т торік). Актуальні закупівельні ціни в Україні станом на 19.05.2025: фуражна пшениця – 9750 грн/т, кукурудза – 9850 грн/т, ячмінь – 9750 грн/т. Проте, на українському ринку зернових і олійних культур за останній тиждень спостерігається зниження цін на більшість позицій. Основними причинами є слабкий попит, завершення закупівель трейдерами та конкуренція з іншими країнами. Кукурудза старого врожаю дешевшає до 236-238 \$/т DAP в портах Одеси, новий врожай — 200-202 \$/т. Пшениця старого врожаю поступово втрачає інтерес покупців на експорт [40, 52].

Спостерігається диспропорція між внутрішніми та світовими цінами, що має свої причини. Українське зерно, особливо кукурудза, продається на світових ринках зі значним дисконтом порівняно з глобальними цінами, тоді як внутрішні ціни в Україні демонструють значні коливання, падаючи у 2023 році та на початку 2024 року, а потім зростаючи. Це вказує на вплив високих транзакційних витрат, пов'язаних з війною. Значний дисконт на українську кукурудзу (продаж по \$175-212/т при світовій ціні \$320/т) свідчить про те, що високі логістичні витрати, ризики, пов'язані з війною, та обмежений доступ до традиційних експортних шляхів (блокування морських портів) створюють додаткові витрати, які «з'їдають» значну частину потенційного прибутку. Це означає, що кінцева ціна, яку отримує український виробник, значно нижча за світову, оскільки вона має покривати ці додаткові витрати на логістику та страхування ризиків. Внутрішні ціни в Україні, в свою чергу, відображають цей дисконт, а також вплив внутрішнього попиту/пропозиції та конкуренції. Зростання цін у першому півріччі 2024 року може бути пов'язане з покращенням логістики (наприклад, функціонуванням морського коридору) або зростанням світових цін, що дозволило зменшити дисконт. Цей ціновий дисконт негативно впливає на рентабельність українських агровиробників, обмежуючи їхні можливості для інвестицій, модернізації та розвитку. Це також може призвести до зміни структури посівів, оскільки фермери шукатимуть більш маржинальні культури або зменшуватимуть виробництво зернових, що в довгостроковій перспективі загрожує експортному потенціалу країни [55].

Глобальні ринки зерна та олійних культур перебувають під впливом низки факторів, що мають прямий вплив на ціноутворення української продукції. Аналітики зазначають, що світові запаси зернових та олійних культур низькі, що, ймовірно, вплине на ціни у 2024 році. Росія залишається головним фактором на ринку пшениці, будучи агресивним продавцем з великими запасами, що обмежує підвищення цін. Очікується, що Аргентина також буде агресивним продавцем пшениці та кукурудзи, що обмежуватиме підвищення цін на світовому ринку. Ситуація з пропозицією пшениці у 2023/24 МР, ймовірно, погіршиться порівняно з минулим сезоном, що є результатом зниження експорту з важливих країн-виробників. Явище Ель-Ніньо, ймовірно, сильно вплине на вегетаційний період у Північній півкулі вперше з 2015 року, що також може вплинути на врожайність та ціни [13, 51].

Одним з найважливіших факторів, що впливають на ціноутворення українського зерна, є логістичні витрати. Зернова логістика в Україні у 2022 році здорожчала мінімум у 5 разів. Така ситуація вкрай негативно впливає на внутрішні зернові ціни, що, своєю чергою, знищує рентабельність виробництва зернових. Порушення логістичних ланцюгів, спричинене блокуванням морських портів та необхідністю використання альтернативних, дорожчих маршрутів (залізничних, автомобільних, річкових), призводить до збільшення витрат на транспортування та, як наслідок, до зниження закупівельних цін для аграріїв [2].

Взаємозв'язок глобальних та внутрішніх цінових тенденцій є складним. Світові ціни задають загальний тренд, але внутрішні фактори, такі як логістичні обмеження та ризики, створюють значний дисконт для української продукції. Це означає, що навіть при зростанні світових цін, українські виробники можуть не отримувати повну вигоду через високі витрати на доставку до кінцевого споживача. Логістика є ключовим фактором ціноутворення та ризиків. Дорога та складна логістика не лише знижує прибутковість для фермерів, але й робить українське зерно менш конкурентоспроможним на світових ринках, змушуючи його продавати за нижчою ціною. Це, своєю чергою, впливає на інвестиційну

привабливість агросектору та може призвести до скорочення посівних площ під зернові культури у майбутньому, якщо рентабельність не буде відновлена.

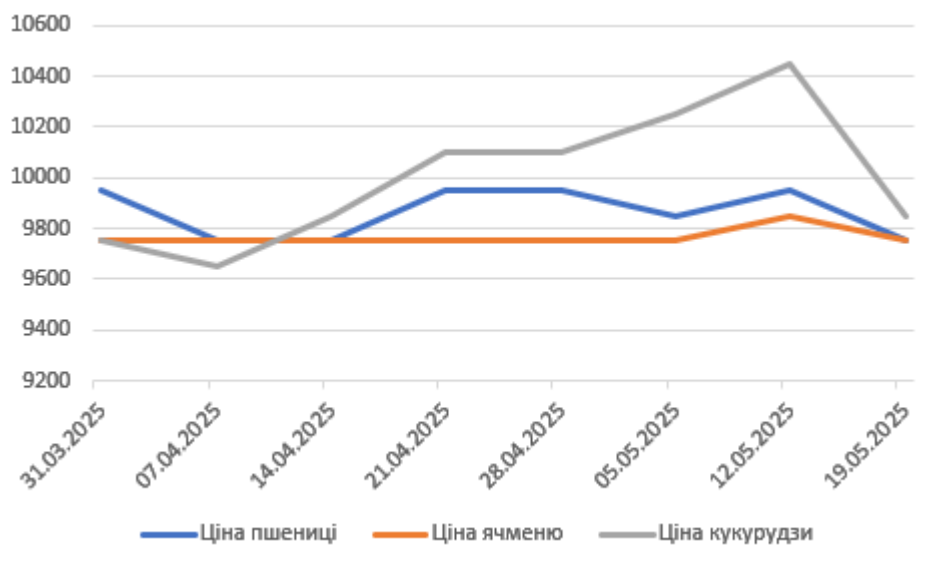


Рис. 2.2.1 Закупівельні ціни на зерно в Україні з березня по травень 2025 року.

Джерело: дослідження автора на основі[54]

Аналізуючи відкриті джерела, було знайдено дані про ціну зерна, які охоплюють період з 31 березня 2025 року по 19 травня 2025 року. Згідно з графіком, ціна на пшеницю (синя лінія) демонструвала відносну стабільність, коливаючись близько позначки 10 000, з незначним зростанням наприкінці квітня та початком травня, і подальшим зниженням до рівня близько 10 000 до 19 травня. Ціна на ячмінь (червона лінія) також залишалася відносно стабільною, коливаючись в діапазоні 9 900 - 10 000, з помітним зростанням на початку травня до близько 10 100, а потім зниженням до 10 000 наприкінці періоду. Найбільшу волатильність демонструвала ціна на кукурудзу (помаранчева лінія). Вона розпочалася на рівні близько 10 000, зросла до близько 10 300-10 500 у середині квітня, піднялася до піку близько 10 600 на початку травня, а потім різко знизилася до рівня близько 10 000 до 19 травня.

## 2.3 Зовнішньоекономічні фактори та їхній вплив на експорт та імпорту зернових

Повномасштабне вторгнення Росії кардинально змінило обсяги та географію експорту українського зерна. До війни Україна була одним з найбільших експортерів зерна у світі, експортуючи приблизно 75% свого виробництва. За 2021/22 маркетинговий рік Україна експортувала 61,52 млн. т зернових та олійних культур. У 2022/23 МР експорт пшениці становив 16,8 млн. т (-10% до попереднього МР), ячменю – 2,7 млн т (-54%), кукурудзи – 29,2 млн. т (+24%). За минулий сезон 2023/24 Україна експортувала 69,86 млн. т зернових, олійних та олій. У 2024 році Україна експортувала 53,9 млн. т зерна, що на 20% більше ніж у 2023 році, і це другий результат після рекордного 2019 року [37, 38, 47].



Рис. 2.3.1 Експорт кукурудзи до ЄС за 5 маркетингових років, млн т.  
Джерело: [38]

Блокування традиційних морських шляхів Росією на понад рік змусило Україну переорієнтувати свої експортні потоки. За підсумками 2022 року напрямом – лідером агроекспорту став ЄС із часткою понад 50%. Частка експорту до країн ЄС збільшилась з 32,4% до 59,3%. До війни (2020/21 МР) найбільшими європейськими покупцями української кукурудзи були Іспанія, Нідерланди, Португалія, Італія та Бельгія. Після повномасштабного вторгнення до п'ятірки лідерів приєдналися Польща та Угорщина, хоча Іспанія залишалася лідером (див рис 2.3.1). Загалом, експорт кукурудзи до ЄС став більш

диверсифікованим, а у 2022/23 МР він більш ніж подвоївся порівняно з довоєнним періодом, досягнувши майже 15 млн. т. Після запиту сусідніх країн про заборону української агропродукції, Польща та Угорщина зникли зі списку лідерів у 2023/24 МР, а до основних партнерів додалася Словенія. Щодо пшениці, до війни найбільшими європейськими імпортерами були Іспанія, Італія, Греція, Нідерланди та Німеччина. Після повномасштабної війни Польща та Румунія приєдналися до п'ятірки лідерів. Навіть під час війни (2022/23 МР) обсяг імпорту Іспанії перевищував обсяги Польщі чи Румунії більш ніж у чотири рази. Кількісно експорт пшениці до країн ЄС зріс більш ніж у десять разів після повномасштабного вторгнення, досягнувши 6 млн. т [38, 43].



Рис. 2.3.2 П'ять країн які найбільше купували українське зерно , млн т.  
Джерело: [38]

Критично важливу роль у відновленні експорту відіграли «Чорноморська зернова ініціатива» та «Шляхи солідарності». «Чорноморська зернова ініціатива», підписана 22 липня 2022 року, дозволила розблокувати три українські порти для експорту продовольства. З 1 серпня 2022 року зерновий коридор запрацював, і до 18 липня 2023 року (коли Росія вийшла з ініціативи) він дозволив безпечно експортувати майже 33 млн. т зерна та продуктів харчування до 45 країн, використовуючи понад тисячу суден. Зокрема, 725 тис. т зерна було відправлено суднами, зафрахтованими Всесвітньою продовольчою програмою (ВПП), для підтримки її гуманітарних операцій. Навіть протягом війни Україна залишалася найбільшим постачальником пшениці для ВПП у 2022

році, забезпечивши понад половину світових закупівель пшеничного зерна ВПП [55, 59].

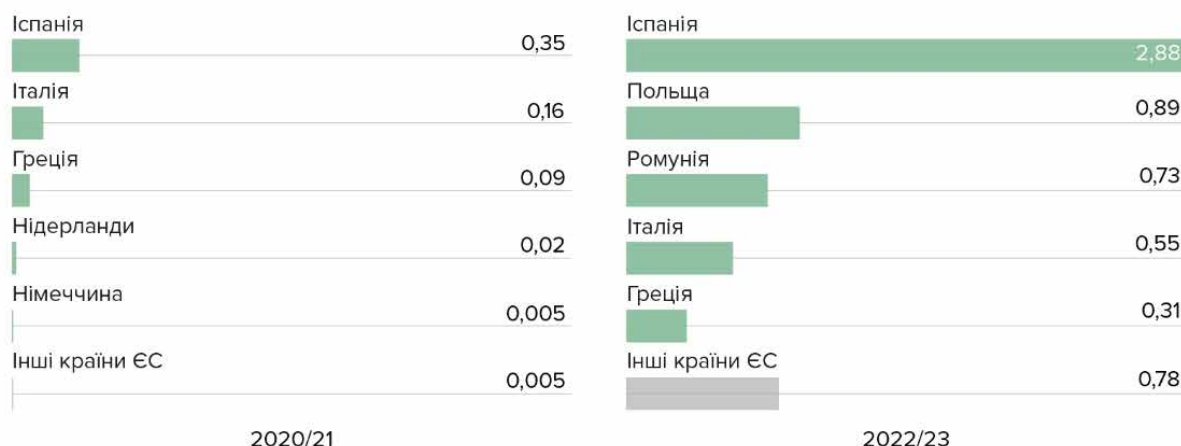


Рис. 2.3.3 П'ять країн які найбільше купували українську пшеницю, млн т.  
Джерело: [38]

Паралельно з морським коридором, Європейський Союз запусив «Шляхи солідарності» у травні 2022 року для підтримки українського експорту та імпорту. З моменту запуску до березня 2025 року обсяг торгівлі через «Шляхи солідарності» оцінюється у 211 млрд. євро, при цьому експорт продукції з України становить 61 мільярд євро. У кількісному вимірі за цей період Україна експортувала «Шляхами солідарності» близько 179 млн. т товарів, з яких 91 млн. т становила сільськогосподарська продукція, включно з майже 85 млн. т зернових і олійних культур. Загалом, з травня 2022 року через «Шляхи солідарності» (45%) та українські чорноморські порти (65%) було експортовано близько 189 млн. т українського зерна, олійних культур і супутніх продуктів. На початок травня 2023 року було експортовано близько 60 млн. т агропродукції, причому основним шляхом вивезення залишаються порти, тоді як інші шляхи не перевищують 30% від загального експорту. Це наочно показує, що замінити морські шляхи постачання майже неможливо. [42, 43, 48]

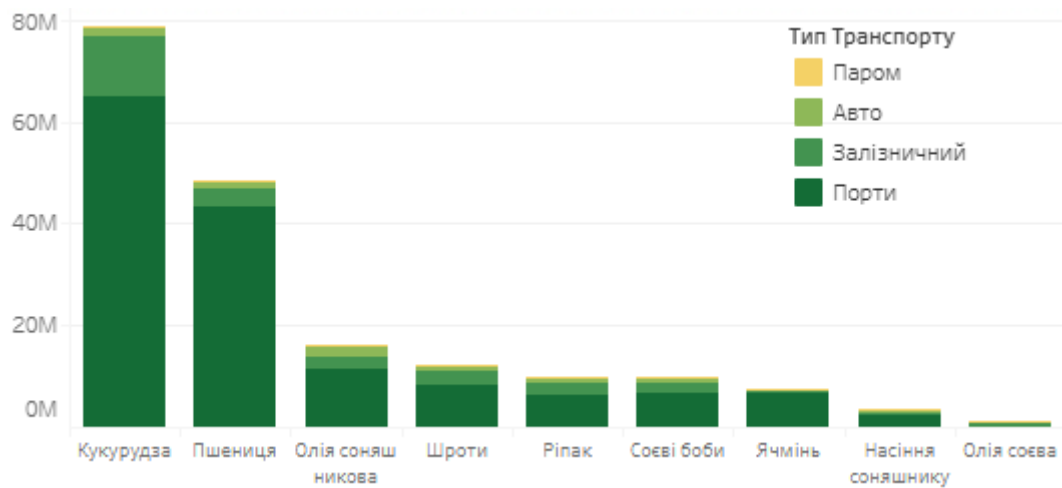


Рис. 2.3.4 Перетин кордону за типом транспорту, т.

Джерело: [49]

Геополітична трансформація експортних ринків є значною. Блокування традиційних морських шляхів Росією, що тривало понад рік, змусило Україну шукати нові шляхи експорту, що призвело до значного зростання частки ЄС у загальному агроекспорті. До війни країни ЄС становили 32,4% українського агроекспорту, а після вторгнення ця частка зросла до 59,3%. Це свідчить про те, що Європейський Союз став основним партнером для українського агросектору в умовах війни, надаючи критично важливу логістичну підтримку через «Шляхи солідарності». Однак, це також призвело до напруженості з найближчими сусідами України в ЄС (Польща, Угорщина, Болгарія, Словаччина, Румунія), які відчули «насичення» своїх ринків українською продукцією та вимагали заборони безмитного імпорту. Це показує, що хоча переорієнтація на ЄС була вимушеною та необхідною, вона створила нові виклики у торговельних відносинах. [38, 42, 43]

Вразливість та стійкість експортних маршрутів залишаються ключовими аспектами. Залежність від морських портів, які є найбільш ефективним і економічно вигідним шляхом для експорту зерна, робить Україну вразливою до військових дій та блокад. Це підтверджується тим, що інші шляхи експорту (залізничні, автомобільні) не можуть замінити морські шляхи, становлячи менше 30% від загального експорту. Водночас, створення «Чорноморської зернової ініціативи» та «Шляхів солідарності» продемонструвало здатність України та її

партнерів до адаптації та пошуку рішень для підтримки експорту навіть в умовах війни. Це дозволило Україні не тільки підтримувати свою економіку, але й продовжувати відігравати важливу роль у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки. Однак, постійні загрози та обмеження з боку Росії, такі як вихід з зернової угоди та обстріли портової інфраструктури, підкреслюють необхідність подальшого розвитку альтернативних та безпечних логістичних маршрутів, а також посилення захисту морських шляхів.

Експорт українського зерна на міжнародні ринки, особливо до Європейського Союзу, суворо регулюється міжнародними стандартами та вимогами фітосанітарного контролю. Україна є одним з найбільших експортерів зерна у світі, і торгівля здійснюється з урахуванням його якості, посиляючись на стандарти, знайомі обом сторонам. Уніфікованих світових товарних класифікацій зерна не існує, тому при торгових операціях необхідно враховувати особливості стандартів, що діють як у країнах-продавцях, так і в країнах-покупцях [41].

Вимоги ЄС до якості українського зерна є досить високими. Навіть після скасування мит на українську продукцію, ЄС зберігає суворі вимоги до якості. Уся українська продукція, що продається в Європі, повинна відповідати тим самим стандартам якості, що й продукція з країн ЄС. Ці правила, прийняті Європейською комісією, встановлюють біохімічні показники якості та допустимий рівень домішок, поділяючи зернові партії на продовольче і фуражне зерно. Будь-яка партія з відхиленням хоча б за одним показником належить до фуражного зерна. Вимоги до пшениці в правилах ЄС значно вищі, ніж вітчизняні. На міжнародному ринку експортери зерна також користуються контрактами, які виконують роль стандартів, вказуючи мінімальні якісні показники та правила визначення складових зерна. Світова торгівля передбачає лабораторну оцінку якості зерна продавцями та покупцями під час завантаження та розвантаження. Офіційно визнаються результати лабораторій, сертифікованих відповідно до вимог GAFTA, ICUMSA, FOSFA або інших організацій. Для імпорту до ЄС залізницею чи автомобілем інспекція відбувається на кордоні, і

сільськогосподарська продукція, що не відповідає стандартам ЄС, не допускається до перетину кордону [8, 38, 41].

Процедури фітосанітарного контролю в Україні та країнах-імпортерах є багатоетапними. Алгоритм видачі фітосанітарного сертифіката для зернових культур, призначених до експорту, включає чотири кроки: подання документів власником вантажу до територіального органу Держпродспоживслужби, оформлення рахунку державним фітосанітарним інспектором, інспектування об'єктів регулювання та відбір зразків на лабораторну експертизу, а також інспектування транспортного засобу, і, нарешті, видача фітосанітарного сертифіката після оплати послуг та отримання висновку фітосанітарної експертизи. Термін дії сертифіката на території України становить 14 днів. Держпродспоживслужба (ДПСС) є центральним органом, що здійснює фітосанітарний контроль в Україні. На її офіційному сайті доступні фітосанітарні вимоги різних країн-партнерів України у міжнародній торгівлі, що є критично важливим для експортерів [34, 38].

Майбутні «зелені» вимоги ЄС та їхній потенційний вплив на український експорт створюють нові виклики. Загальна європейська сільськогосподарська ситуація перебуває під впливом не лише війни в Україні, але й політичних ініціатив «Зеленого курсу» (Green Deal), підготовлених Європейською комісією у 2020 році. Основна мета цієї стратегії – зробити європейський континент кліматично нейтральним шляхом скорочення викидів парникових газів, що включає: 50% скорочення використання пестицидів, 20% скорочення використання добрив, 50% скорочення використання антимікробних препаратів для тваринництва та 10% скорочення сільськогосподарських земель. Фермери та сільськогосподарські експерти вважають, що реалізація цих норм зробить європейські продукти менш конкурентоспроможними, дорожчими та зменшить їх обсяг [38].

Якість є стратегічним елементом конкурентоспроможності українського зерна на міжнародних ринках. Незважаючи на безмитний режим, запроваджений ЄС, суворі стандарти якості залишаються обов'язковими. Це означає, що для

успішного експорту українські виробники повинні інвестувати у технології та практики, що забезпечують відповідність європейським та світовим вимогам, включаючи контроль залишків пестицидів та мікотоксинів. Це не лише питання доступу до ринків, а й формування репутації України як надійного постачальника високоякісної продукції.

Екологічні норми, такі як «Зелений курс» ЄС, можуть стати новим бар'єром для торгівлі. Європейська комісія не надала чіткої інформації щодо застосування «Зеленого курсу» за межами ЄС. Аналіз Міністерства сільського господарства США (USDA) 2020 року виділив три сценарії, з яких Україна підпадає під сценарії, де обмеження застосовуються до сільськогосподарських ресурсів для торгових партнерів ЄС або де всі країни впроваджують «зелені» норми. Це означає, що українським агровиробникам, ймовірно, доведеться адаптуватися до цих нових вимог, що може збільшити виробничі витрати та вплинути на конкурентоспроможність українського зерна на європейському ринку. Це вимагатиме значних інвестицій у «зелені» технології та зміну агротехнологій, що може стати додатковим тягарем в умовах воєнного стану.

## Висновки до розділу

У другому розділі виконано детальний аналіз тенденцій на зерновому ринку України в умовах воєнного стану. Дослідження засвідчило, що війна спричинила кардинальні зміни у структурі та динаміці ринку зерна. Посівні площі під зерновими культурами істотно скоротилися через окупацію та небезпеку в ряді регіонів, проте аграрії максимально використали можливості відносно безпечних областей (Центральної та Західної України). Внаслідок цього загальне виробництво зерна зменшилося менше, ніж очіувалося, а в окремі роки навіть продемонструвало зростання за рахунок підвищення врожайності. Так, у 2023 р. валовий збір зернових і зернобобових культур досяг близько 59,7 млн т (на 11% більше проти 2022 р.), хоча посівні площі були меншими – це стало можливим завдяки рекордній середній врожайності (понад 5,5 т/га, +21% до попереднього року). Фокусування на більш продуктивних землях та оптимізація агротехнологій частково компенсували втрату доступних угідь. Найбільші зміни у структурі виробництва зазнали окремі культури: пшениці збирається майже вдвічі менше, ніж до війни (переважно через скорочення озимого клину на окупованих територіях), кукурудза зменшилася приблизно на 20% від довоєнних обсягів (хоча хороший урожай 2023 р. майже вирівняв цей провал), а ячмінь продемонстрував чи не найбільше падіння серед зернових. Таким чином, війна дещо змістила внутрішню структуру виробництва зернових, однак загальна продовольча пропозиція в Україні залишилася достатньою для покриття внутрішніх потреб.

Географія експорту змінилася: європейські країни стали головними споживачами українського зерна (приблизно 60% експорту), тоді як поставки на традиційні ринки Африки та Азії знизилися через логістичні труднощі. Логістика перетворилася на вузьке місце зернового ринку – транспортні витрати зросли у 2–5 разів, збільшуючи собівартість українського зерна і знижуючи його конкурентоздатність на світових ринках. Це проявляється, зокрема, в тому, що експортні партії з України продаються зі значним дисконтом до біржових цін,

аби покрити додаткові витрати на перевезення та страхування ризиків. Внутрішні ціни на зерно у воєнний період були волатильними: на початку сезону 2022/23 вони падали через надлишок пропозиції всередині країни та логістичний колапс, проте з відкриттям нових експортних каналів почалося поступове відновлення цінового рівня.

Загалом, аграрний сектор України в умовах війни продемонстрував високий рівень гнучкості та стійкості: попри величезні втрати, він зумів перебудувати виробничі та збутові ланцюги, забезпечити внутрішній ринок продовольством і частково виконати свою роль у світовому постачанні зерна. Це підкреслює важливість подальших інвестицій у інфраструктуру (розмінування полів, відбудову елеваторів, розвиток портів і залізниці) та підтримки фермерів, щоб адаптація переросла у довгострокову трансформацію і відновлення галузі після перемоги.

## РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ЗЕРНА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЙОГО РОЗВИТКУ

### 3.1. Побудова економіко-математичної моделі.

Для моделювання зернового ринку України в умовах воєнного стану було обрано залежну змінну  $Y$  – ціна на пшеницю (грн/тонна) та п'ять ключових факторів ( $X_1$ – $X_5$ ), що охоплюють логістичні та виробничі аспекти ринку. Нижче наведено пояснення важливості кожної змінної:

$Y$  (ціна пшениці, грн/т) – репрезентує рівень внутрішніх цін на зерно, який є результатом балансу попиту і пропозиції. Пшениця як основна зернова культура слугує індикатором стану ринку зерна. У воєнний час ціни на зерно зазнають сильних коливань через зміни в експортних можливостях та обсягах виробництва [57]. Моделювання ціни дозволяє оцінити економічні наслідки змін інших факторів та загальну ринкову ситуацію.

$X_1$  (обсяг залізничних перевезень зерна, млн т) – характеризує спроможність вивезення зерна альтернативними шляхами, зокрема залізницею. До війни близько 90% експорту українського зерна здійснювалося через морські порти [57], але їх блокада змусила переорієнтувати експорт на залізницю та автотранспорт. У 2022 р. частка морського транспорту в експорті впала з >96% до ~69%, тоді як інші шляхи (залізниця, авто) забезпечили близько третини експорту [61]. Обсяг залізничних перевезень став критично важливим показником: він відображає, скільки зерна фізично може бути доставлено до меж України або до працюючих портів, визначаючи пропозицію зерна на внутрішньому ринку та можливість уникнути надлишкового запасу. Зміни  $X_1$  безпосередньо впливають на внутрішні ціни: за обмеженої пропускної спроможності залізниці зерно накопичується всередині країни, що тисне ціни вниз, тоді як розширення залізничної логістики пом'якшує цей ефект.

$X_2$  (обсяг морського експорту зернових та олійних, млн т) – відображає доступність традиційного морського експорту. Морські порти історично були

основним каналом збуту українського зерна (близько 95% експорту зерна до війни [62]), тому їх функціонування критично впливає на ринок. Блокада портів на початку війни спричинила повну зупинку експорту, залишивши понад 25 млн т зерна заблокованими в Україні [62]. Це викликало різке падіння експортних відвантажень (>90% у квітні 2022 [57]) і спричинило продовольчу кризу. В подальшому часткове розблокування за Ініціативою чорноморського зерна дозволило відновити експорт, але все ще на рівні менше 50% від довоєнного [62]. Таким чином, X2 є ключовою змінною, що визначає, чи може надлишок українського зерна потрапити на світовий ринок. Низькі значення X2 (закриті порти) ведуть до надлишку пропозиції всередині країни і падіння внутрішніх цін, тоді як відновлення морського експорту підвищує ціни до паритету з міжнародними.

X3 (загальний валовий збір зернових та зернобобових, млн т) – показує обсяг виробництва зерна. Це базовий фундамент пропозиції: чим більший урожай, тим більша пропозиція зерна, і за рівних умов це може знижувати ціну, тоді як низький урожай підвищує ціну. В умовах війни обсяг виробництва різко скоротився – у маркетинговому році 2022/23 виробництво зерна впало на ~29% порівняно з попереднім сезоном [57] (близько 86,7 млн т у 2021/22 до 61,8 млн т у 2022/23). Причини – окупація та мінування частини земель, скорочення посівних площ і ресурсів. Включення X3 у модель дозволяє врахувати цей шок пропозиції. Крім того, X3 тісно пов'язаний з X4 та X5 (посівною площею і застосуванням добрив), які визначають виробничий потенціал. Таким чином, X3 дає узагальнену оцінку впливу виробничих факторів на ринок.

X4 (обсяг внесення мінеральних добрив під зернові, тис. т діючої речовини) – характеризує рівень агротехнологій та інтенсивність виробництва. Внесення добрив прямо впливає на врожайність: за оцінками аграрного міністерства, зниження внесення добрив на 30% може зменшити урожайність на 50% [56]. Після початку війни застосування добрив різко скоротилося через високі ціни та дефіцит – у 2022 році українські аграрії внесли на 27,7% менше добрив, ніж у 2021 [56]. Брак добрив у 2022–2023 рр. вже призвів до зниження

врожайності, а опитування свідчать, що перед сезоном 2024 року лише ~10% фермерів забезпечені повним обсягом потрібних добрив [56]. Тому Х4 є важливою змінною, що відображає потенціал отримання врожаю: скорочення внесення добрив через війну і ціновий шок на добрива обмежує виробництво зерна і, відповідно, впливає на пропозицію та ціни.

Х5 (посівна площа зернових та зернобобових, млн га) – показник, що визначає масштаб виробництва. Посівні площі прямо пропорційні валовому збору (за сталої врожайності). Війна суттєво скоротила посівні площі: у 2022 році було засіяно на 22% менше площ, ніж у 2021 (на 2,8 млн га менше) [57], а в 2023 р. тенденція скорочення продовжилась. За оцінками, близько 30% сільгоспугідь України нині не обробляються через окупацію або небезпеку [62]. Основні причини – недоступність земель на окупованих територіях, мінна небезпека на звільнених полях, а також збільшення витрат і ризиків для посівної. Таким чином, Х5 враховує структурні зміни у виробничому потенціалі. Зниження посівних площ обмежує майбутні врожаї та підтримує високий рівень цін, тоді як збільшення (наприклад, у разі деокупації територій) розширить виробництво і може знизити ціновий тиск.

За період 2010–2021 років зерновий сектор України демонстрував стале зростання виробництва та експорту зернових, що супроводжувалось суттєвим підвищенням внутрішніх цін на пшеницю. Ціна на пшеницю (Y) зросла від приблизно 1400 грн/т у 2010 році до ~8500 грн/т у 2021 році, тобто більш ніж у 6 разів. На початку десятиліття ціни зростали помірно, проте після 2014 року спостерігався різкий стрибок (2013: ~2400 грн/т; 2015: ~4250 грн/т) у зв'язку з інфляцією та девальвацією гривні, а також сприятливою кон'юнктурою на світових аграрних ринках. У 2016–2019 роках ціни продовжили поступово зростати (до 6300–6700 грн/т), а на початку 2020-х знову прискорилися: 7250 грн/т (2020) → 8500 грн/т (2021) → 9000 грн/т (2022). Таким чином, до 2023–2024 рр. ціна пшениці досягла ~10000 грн/т, що у сім разів перевищує рівень 2010 року. Це відображає як довгострокове підвищення витрат і попиту, так і шоки останнього часу (пандемія, інфляція та війна).

Таблиця 3.1

Основні економічні показники, що впливають на формування ринку зерна України (2010–2024 рр.)

Рік	Ціна на пшеницю (грн/т)	Обсяг заліз. перевезень зерна (млн т)	Обсяг експорту морем (зерн. та олійн.) (млн т)	Загальний валовий збір зернових та зернобобових (тис. т)	Обсяг внесення мінерал. добрив під зернові (тис. т)	Посівна площа зернових та зернобобових (млн га)
2010	1400	28,00	17,00	39,30	1200,00	15,60
2011	1750	27,00	18,00	56,70	1300,00	15,40
2012	2150	27,50	20,00	46,20	1400,00	15,50
2013	2400	29,00	22,00	63,00	1600,00	15,30
2014	3250	26,00	32,00	63,80	1500,00	15,30
2015	4250	26,00	36,00	60,10	1600,00	14,80
2016	4750	28,00	38,00	66,00	1700,00	14,60
2017	5250	36,40	41,50	61,30	1900,00	14,60
2018	6000	39,90	50,00	70,10	2000,00	14,80
2019	6500	39,40	56,40	75,10	2000,00	15,30
2020	7250	34,50	49,30	64,90	1900,00	15,30
2021	8500	35,80	52,10	84,00	1900,00	15,80
2022	10000	29,20	17,50	53,00	1100,00	10,60
2023	9000	30,60	24,00	57,57	1400,00	11,20
2024 (прогноз)	10000	31,00	32,50	52,00	1450,00	11,10

Джерело: дослідження автора на основі [32, 35, 44, 49].

Обсяг залізничних перевезень зерна (X1) в цілому коливався протягом 2010-х років, відображаючи зміни в урожаєх та експортній інфраструктурі. На початку періоду залізничні перевезення становили ~26–28 млн т на рік (2010–2012). У 2013–2016 рр. обсяги трималися на рівні ~26–29 млн т, після чого відбувся різкий стрибок: у 2017 році залізницею перевезено близько 36,4 млн т зерна, що пов'язано з рекордним урожаєм та активізацією експорту. Надалі, до 2019 р., показник залишався високим (34–39 млн т щорічно). У 2020–2021 рр. спостерігалось деяке зниження (близько 33 млн т у 2020 р. та ~29–31 млн т у 2021 р.), ймовірно через логістичні обмеження та внутрішні фактори. Повномасштабна війна, що розпочалася в 2022 році, призвела до різкого спаду залізничних перевезень зерна – оцінково до ~21 млн т у 2022 р., оскільки зруйнування інфраструктури та блокада портів обмежили транспортування. За попередніми даними та оцінками, у 2023 р. відбулося часткове відновлення залізничної логістики (приблизно до 25–30 млн т), а 2024 року прогнозується перевезти близько 31 млн т зерна залізницею (що все ще нижче довоєнних максимумів).

Обсяг морського експорту зернових (X2) зростав ще стрімкіше, ніж залізничні перевезення, досягнувши піку напередодні війни. У 2010 р. морем експортувалося ~17 млн т, у 2013 р. – вже 22 млн т, а у 2018–2019 маркетингових роках експорт зерна через порти сягнув рекордних ~50–56 млн т. Цьому сприяли зростання врожаїв та розбудова портової інфраструктури. Зокрема, у 2019 календарному році морський експорт оціночно досяг ~56,4 млн т – найвищого показника за всю історію. У 2020 р. стався невеликий спад (до ~49 млн т) через менший урожай кукурудзи та логістичні труднощі пандемії. 2021 року експорт частково відновився (~52 млн т). Проте події 2022 року спричинили істотний обвал морського експорту – через блокаду чорноморських портів вивезення зерна морем тимчасово зупинилося. За підсумками 2022 р. морем було експортовано лише близько 17–18 млн т зерна, тобто обсяги впали майже втричі відносно довоєнного рівня. Лише після запуску Чорноморської зернової ініціативи та альтернативних маршрутів експорту (через дунайські порти,

суходолом до ЄС) експортні потоки частково відновилися. У 2023 р. морський експорт зріс до ~24–33 млн т (за різними оцінками), а прогноз на 2024 р. становить 32,5 млн т – тобто приблизно 60% від рекордного показника 2019 р. Отже, хоч експорт поступово відновлюється, він залишається обмеженим порівняно з довоєнним потенціалом через триваючі ризики для мореплавства.

Загальний валовий збір зернових та зернобобових (X3) зазнав значних коливань, проте загальний тренд до 2021 р. був висхідним. У 2010 р. урожай зернових становив лише ~39,3 млн т, але вже 2011 року було зібрано ~56,7 млн т, завдяки сприятливим погодним умовам. 2012 рік видався посушливим, і виробництво впало до ~45,4 млн т. У 2013–2014 рр. галузь повернулася на траєкторію зростання (понад 63 млн т щорічно). Згодом, попри коливання, Україна стабільно входила до п'ятірки найбільших виробників зерна. У 2021 році був досягнутий рекордний урожай ~84–85 млн т зернових і зернобобових завдяки розширенню кукурудзяних посівів і високій врожайності [63]. Таким чином, за десятиліття виробництво зерна більш ніж подвоїлося. Проте війна 2022 р. зумовила різке скорочення виробництва: значна частина посівних площ опинилася в зоні бойових дій або окупації, до того ж виник дефіцит пального та добрив. У результаті валовий збір у 2022/23 рр. знизився приблизно до ~53–55 млн т (на 35% менше рекорду) [63]. За оцінками USDA, у 2023/24 МР виробництво дещо відновилося (~60 млн т) за рахунок сприятливої погоди, але все одно залишається значно нижчим за нещодавній максимум 85 млн т у 2021/22 МР [64]. Прогноз на 2024 рік для зернових культур становить близько 52 млн т, враховуючи очікуване подальше скорочення посівних площ і врожайності.

Обсяг внесення мінеральних добрив під зернові (X4) відображає інтенсивність землеробства. У 2010 р. аграрії внесли близько 1200 тис. т діючої речовини добрив під зернові культури. До 2016 р. цей показник зріс до ~1600 тис. т, а у 2019–2020 рр. досягав 1900–2000 тис. т, що свідчить про активну інтенсифікацію виробництва (збільшення доз добрив для підвищення врожайності). Після 2020-го ситуація змінилася: різке подорожчання добрив на світових ринках і логістичні проблеми призвели до скорочення їх використання.

У 2021 р. обсяг добрив під зернові знизився до ~1800 тис. т, а у 2022 р. – ще суттєвіше (орієнтовно до 1300–1500 тис. т). За оцінками експертів, через війну та енергетичну кризу внесення добрив в Україні впало на 50–60% від довоєнного рівня [60]. Прогноз на 2024 р. передбачає внесення близько 1450 тис. т добрив, що частково компенсується порівняно з провальним 2022 роком, але все ще значно менше, ніж у 2020 (2000 тис. т). Зменшення використання добрив негативно впливає на врожайність, що проявиться у подальших сезонах.

Посівна площа зернових та зернобобових (Х5) у 2010-х роках мала тенденцію до поступового скорочення на тлі підвищення продуктивності. З ~15,6 млн га у 2010 р. площі під зерновими дещо зменшилися до ~14,6 млн га у 2015–2018 рр. Частка озимої пшениці й кукурудзи в структурі змінювалася, але загальна площа залишалася відносно стабільною: 2021 року було засіяно ~15,5 млн га зернових, близько до рівня десятирічної давності. Натомість 2022 рік приніс безпрецедентне скорочення посівів. Через бойові дії та окупацію Україна втратила доступ до значної частини сільгоспугідь; крім того, аграрії вимушено перейшли на менш вибагливі та більш маржинальні культури (олійні замість зернових) [60]. За даними галузевих об'єднань, під зернові в 2023 році було відведено лише ~8,7 млн га, що на 45% менше, ніж у 2021 р. [60] (для порівняння, площі під олійними навіть перевищили зернові внаслідок зміни структури посівів). В нашому прогностичному балансі на 2023 р. було закладено близько 12 млн га, проте фактичні площі виявилися ще меншими через триваючі ризики. З урахуванням часткової деокупації територій та адаптації агросектору, у 2024 році очікується засіяти біля 11,1 млн га зернових, що все одно майже на третину менше довоєнного рівня. Скорочення посівних площ напряду зменшує експортний потенціал і тиск пропозиції на внутрішньому ринку, що, як буде показано нижче, істотно впливає на рівень цін.

Таким чином, до 2021 року зерновий ринок України досяг рекордних показників виробництва (85 млн т) та експорту (~56 млн т), завдяки чому країна посіла вагоме місце на світових аграрних ринках. Однак у 2022–2023 рр. війна зумовила різкий відкат: обсяги виробництва та експорту впали на 30–50%,

інфраструктура зазнала втрат, а витрати зросли. Внутрішні ціни на зерно при цьому залишалися високими або зростали ще більше, оскільки пропозиція зменшилась навіть швидше за експортні можливості.

### 3.2. Моделювання та прогнозування розвитку ринку зерна в умовах війни.

Для кількісної оцінки впливу всіх факторів разом на ціну пшениці (Y) побудовано множинну регресійну модель з п'ятьма незалежними змінними X1–X5. Таким чином, враховуються одночасно транспортні показники, експорт, виробництво, добрива і площі, що дозволяє оцінити чистий внесок кожного фактора за фіксування інших умов. Модель оцінювалася на вибірці з 15 спостережень (2010–2024 рр.).

Для виявлення найбільш впливових факторів на ціну пшениці проведено кореляційний аналіз між змінними Y, X1–X5 на основі даних 2010–2024 років (див. рис 3.2.1). Матриця парних коефіцієнтів кореляції показала цікаві закономірності. Перш за все, найтісніший статистичний зв'язок спостерігається між ціною пшениці (Y) та посівною площею зернових (X5): коефіцієнт кореляції приблизно дорівнює 0,73. Від'ємний знак означає, що зі зменшенням посівних площ ціни мають тенденцію зростати. Даний фактор корелює з ціною сильніше, ніж будь-який інший, що узгоджується з економічною логікою: скорочення площ (і відповідно потенційного виробництва) веде до дефіциту пропозиції та підвищення цін. В нашій вибірці найбільше падіння площ (2022–2023 рр.) збіглося з різким стрибком цін, що і відобразила висока кореляція.

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Y	1					
X1	0,419996362	1				
X2	0,323752409	0,786338566	1			
X3	0,310156057	0,603591733	0,817554568	1		
X4	0,117899601	0,781354	0,935237125	0,799957031	1	
X5	-0,729640401	0,084049852	0,300927092	0,292637167	0,438708455	1

Рис. 3.2.1 Результати кореляційного аналізу

Джерело: розрахунки автора

Інші кількісні показники демонструють помірний або слабкий зв'язок із ціною. Так, обсяг залізничних перевезень ( $X_1$ ) має кореляцію приблизно дорівнює 0,42, а обсяг морського експорту ( $X_2$ ) приблизно дорівнює 0,32. Це позитивні коефіцієнти, тобто в роки з більшою експортною активністю ціни були вищими. Спершу такий результат може видаватися нелогічним (адже за інших рівних умов великий експорт мав би збити внутрішні ціни через відтік пропозиції), але він відображає вплив спільного тренду: зростання експорту відбувалося в періоди сприятливої кон'юнктури, коли й світові ціни на зерно підіймалися. Іншими словами, сильний зовнішній попит одночасно й дозволяв експорту зрости, й підвищував ціну. Крім того, кореляція не враховує інші змінні: наприклад, коли врожаї високі, зростають і експорт, і може зростати ціна через девальвацію (як у 2015–2016 рр.). Тому помірні значення свідчать, що транспортно-експортні показники самі по собі не є простими «двигунами» ціни, але певна залежність існує: вищий експортний потік дещо підживлює внутрішні ціни на пшеницю.

Кореляція між ціною та загальним виробництвом зерна ( $X_3$ ) виявилася також позитивною, але слабкою: вона приблизно дорівнює 0,31. Зазвичай, велика пропозиція мала б знижувати ціну, однак у нашому часовому ряді роки рекордних урожаїв (2013, 2018, 2021) збігалися із зовнішніми факторами, що підтримували високі ціни (наприклад, високий попит на ринку або зростання собівартості). Тому проста парна кореляція не відобразила негативного впливу обсягів виробництва на ціну – його, ймовірно, «перекрили» інші чинники (експорт, валюта тощо). Обсяг внесення добрив ( $X_4$ ) має найменший коефіцієнт кореляції з ціною, 0,12, тобто практично нейтральний зв'язок. Це означає, що зміни у рівні інтенсифікації виробництва самі по собі майже не впливали на ціну пшениці в короткостроковому періоді – ефект добрив опосередковувався через урожай, площі тощо.

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,961214254							
R Square	0,923932842							
Adjusted R Square	0,88167331							
Standard Error	984,8657272							
Observations	15							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>gnificance F</i>			
Regression	5	106032688,8	21206537,77	21,8633	8,68E-05			
Residual	9	8729644,505	969960,5006					
Total	14	114762333,3						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	18824,5099	3749,679991	5,020297717	0,000719	10342,14	27306,88	10342,14	27306,87535
X1	150,0626723	101,90814	1,472528813	0,174966	-80,4696	380,5949	-80,4696	380,5949011
X2	152,3735979	61,21027023	2,489346924	0,034459	13,90635	290,8408	13,90635	290,8408491
X3	90,02302817	42,35252577	2,125564568	0,06247	-5,78504	185,8311	-5,78504	185,8310977
X4	-6,884302038	3,16305232	-2,17647429	0,057504	-14,0396	0,271019	-14,0396	0,271019425
X5	-1221,687003	191,8581703	-6,36765691	0,00013	-1655,7	-787,674	-1655,7	-787,6736689

Рис. 3.2.2 Результати регресійного рівняння

Джерело: розрахунки автора

Регресійна модель виявилася статистично значущою та має високий рівень пояснювальної здатності. Значення множинного коефіцієнта кореляції  $R = 0,961$  відповідає  $R^2 = 0,924$  (коефіцієнт детермінації), а скоригований  $R^2 = 0,882$ . Отже, приблизно 92,4% варіації ціни пшениці пояснюється варіаціями включених факторів, що свідчить про сильну відповідність моделі даним. Для оцінки загальної значущості була проведена F-перевірка: фактичне значення  $F = 21,86$  при  $df$  (регресії)=5 і  $df$  (залишків)=9. Це значно перевищує критичні рівні, а відповідна Significance F становить  $8,68E-05$ , тобто набагато менше 0,001. Таким чином, із довірчою ймовірністю  $>99,99\%$  можна відхилити нульову гіпотезу про відсутність спільного впливу факторів – модель в цілому є статистично значущою. Стандартна помилка регресії дорівнює  $\sim 984,9$  грн/т, що в контексті рівня цін (близько 10000 грн) означає середнє відхилення прогнозу на  $\sim 10\%$ . Це прийнятна точність для економічних даних, хоча й не надто висока, враховуючи можливі різкі шоки.

Множинна регресія підтвердила висновки кореляційного аналізу про визначальну роль посівних площ (X5) у формуванні ціни пшениці – цей фактор має найбільший вплив і високий рівень статистичної значущості. Також важливим виявився фактор експортних можливостей (X2): підтримання або

втрата доступу до зовнішніх ринків помітно відбивається на внутрішніх цінах. Водночас традиційний фактор пропозиції – валовий збір (X3) – не продемонстрував очікуваного здешевлюючого ефекту, що сигналізує про достатню ємність зовнішнього ринку для абсорбції надлишків виробництва (тобто внутрішні ціни орієнтовані більше на світові, ніж на внутрішній баланс). Фактори інфраструктури та технологій (X1 перевезення, X4 добрива) у цій моделі мають другорядне значення, хоча їхній вплив помітний по знаках коефіцієнтів. Слід зауважити, що висока мультиколінеарність між X1, X2, X3, X4 може призводити до нестабільності оцінок – деякі показники впливають на ціну опосередковано через інші. Однак загалом модель є адекватною ( $R^2 \sim 0,92$ ) і погоджується з економічною інтуїцією: найбільше на ціну впливають ті фактори, що змінюють баланс попиту-пропозиції на національному рівні (площі, експорт), тоді як решта факторів діють через їхній ефект на урожай або реалізацію зерна.

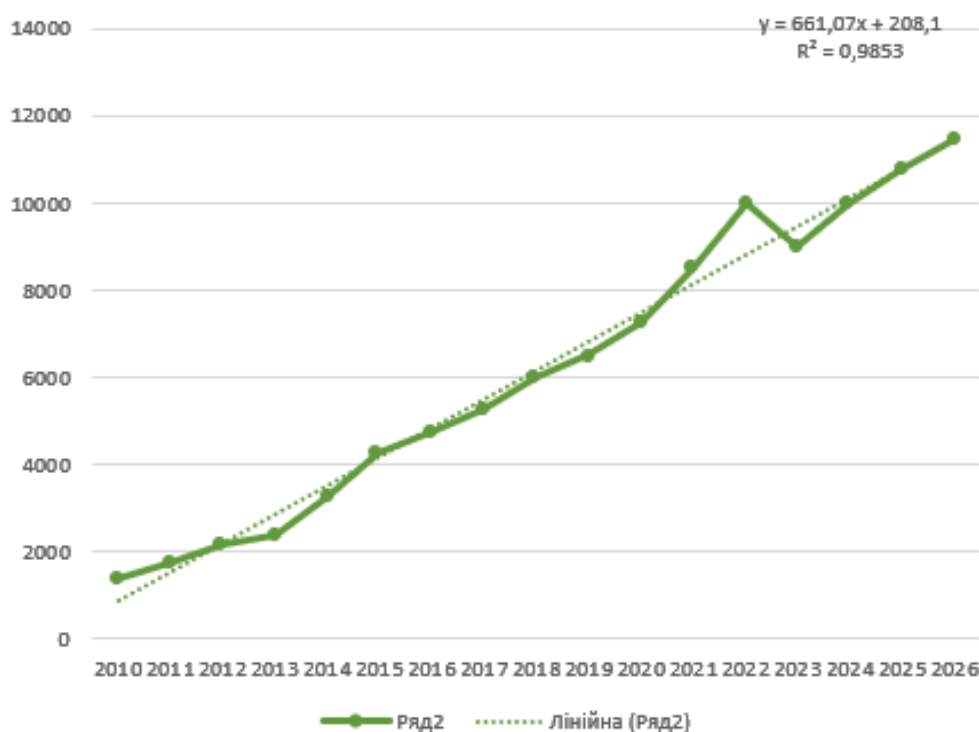


Рис. 3.2.3 Прогноз за тенденцією на ціну пшениці (грн/тонна).

Джерело: розрахунки автора

Аналіз часової динаміки ціни пшениці показав, що її зростання протягом 2010–2023 рр. можна добре описати лінійною моделлю. Коефіцієнт детермінації моделі склав  $R^2 = 0,9847$ , що свідчить про вкрай тісний зв'язок між роком і

рівнем ціни (98,47% варіації цін пояснюється трендом часу). Це означає, що в історичному періоді ціна майже монотонно зростала рік за роком, без суттєвих відхилень від лінійного шляху – попри окремі коливання, загальний тренд був стабільним підвищувальним.

Екстраполяція лінійного тренду дозволяє оцінити можливі ціни у найближчі роки за умови збереження загальних закономірностей. Згідно з розрахунком, прогнозна ціна пшениці на 2025 р. становить близько 10600 грн/т, а на 2026 р. – близько 11225 грн/т (у порівнянні з ~10000 грн/т у 2023–2024 рр.). Це вказує на подальше помірне зростання номінальних цін. Такий прогноз узгоджується із поступовим підвищенням собівартості виробництва та світових цін на продовольство. Високе значення  $R^2$  надає певну впевненість у цій тенденції; проте варто зазначити, що лінійна модель не враховує можливих структурних зрушень. Наприклад, різкі зміни валютного курсу, глобальні цінові шоки або завершення війни можуть спричинити відхилення ціни від простого тренду. Наразі ж, за відсутності таких переломних подій, лінійний прогноз відображає інерційне продовження поточного тренду цін на пшеницю.

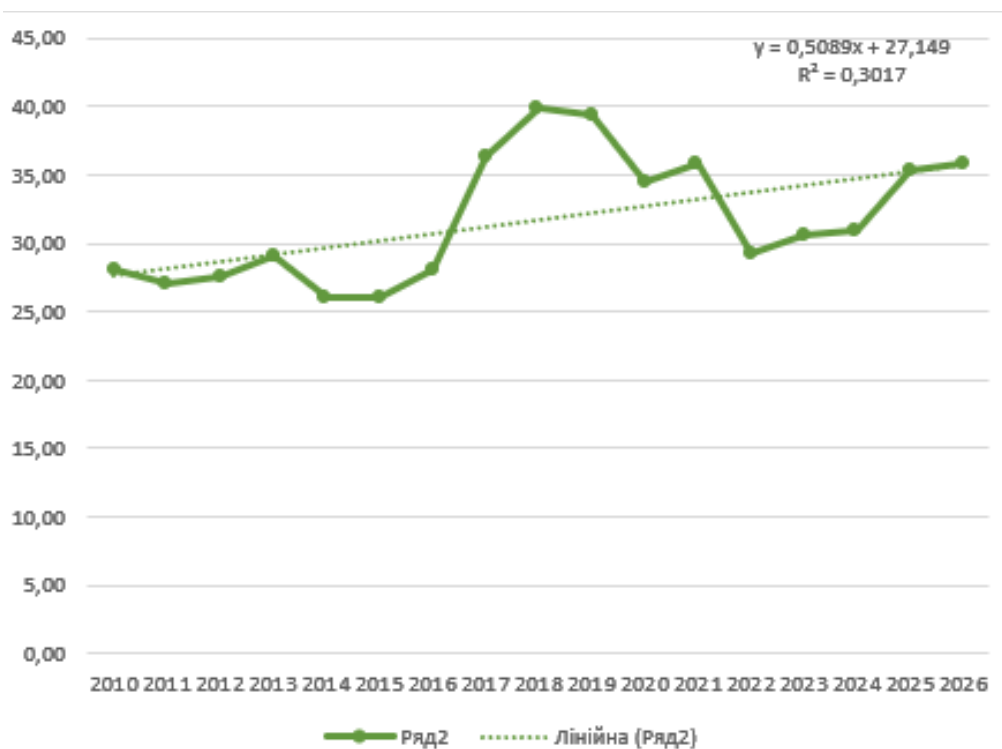


Рис. 3.2.4 Прогноз на обсяг залізничних перевезень (млн тонн)

Джерело: розрахунки автора

Лінійна модель для X1 показала слабо виражене підвищення: трендове рівняння  $y = 0,5089x + 27,149$  має  $R^2 = 0,3017$ . Це відповідає середньорічному приросту лише ~0,5 млн т. За цією моделлю, після спаду 2022 р. до ~21 млн т і відносного відновлення до ~31 млн т у 2024 (прогноз), обсяги залізничних перевезень можуть зрости до ~35 млн т у 2026 році. Іншими словами, тренд передбачає повернення до рівнів, близьких докризових (~36 млн т у 2017–2019 рр.), але не перевищення їх. Водночас низький  $R^2$  свідчить, що реальні обсяги сильно залежать від непередбачуваних факторів. Якщо безпекова ситуація поліпшиться і залізнична логістика (включно з прикордонними переходами та дунайськими портами) надалі розвиватиметься, фактичні перевезення можуть перевищити трендові оцінки. З іншого боку, збереження ризиків або пошкодження інфраструктури можуть стримувати зростання. Отже, прогноз ~35 млн т у 2026 р. слід трактувати обережно – як орієнтир при стабільному поступовому відновленні галузі.

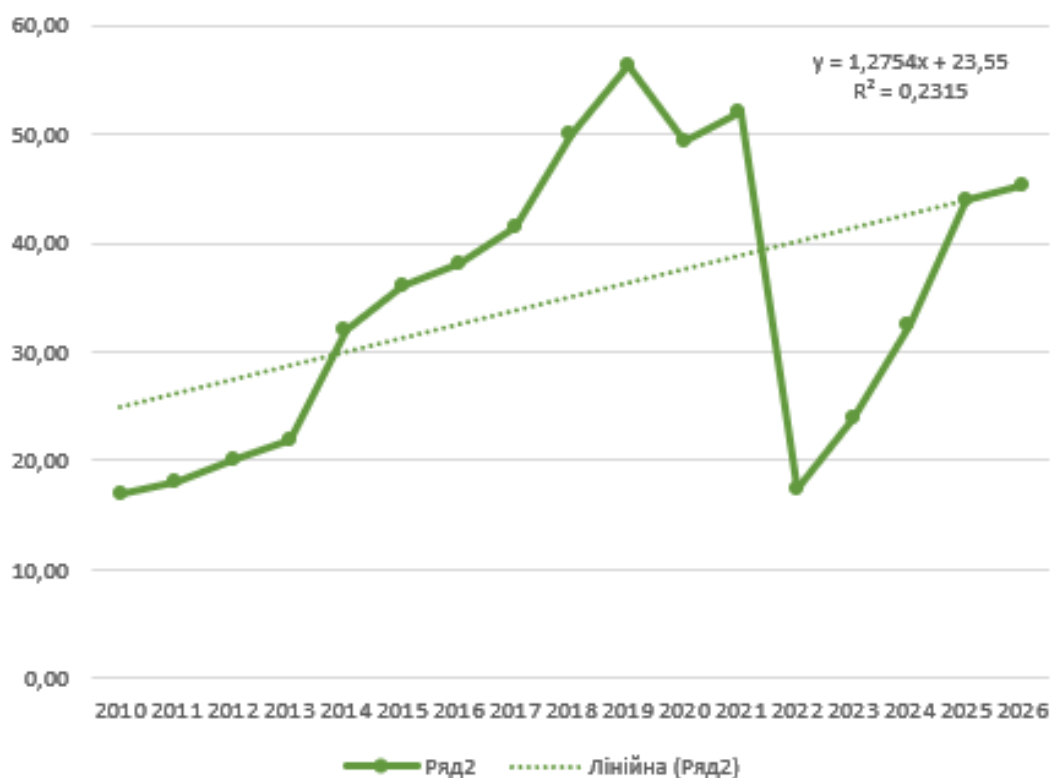


Рис. 3.2.5 Прогноз на Обсяг морського експорту зернових (млн тонн)

Джерело: розрахунки автора

Для обсягів морського експорту зерна лінійна модель дає рівняння  $y = 1,2754x + 23,55$  (млн т) з дуже низьким  $R^2 = 0,2315$ . Незважаючи на невідповідність тренду драматичним змінам останніх років, екстраполяція дозволяє отримати базовий сценарій на 2025–2026 рр. Згідно з ним, після очікуваних ~32,5 млн т у 2024 р., морський експорт може зрости до ~44 млн т у 2025 р. та ~45 млн т у 2026 році. Це близько до рівня 2015–2016 років, але все ще на ~20% менше рекордних обсягів 2019 р. (56 млн т). Такий прогноз передбачає часткове відновлення роботи портів та успішне функціонування альтернативних шляхів (Дунай, суходільні коридори) в наступні роки. Однак, враховуючи структурний розрив, що стався 2022 року, реальні експортні можливості до 2026 р. залежать від геополітичних умов. Наприклад, відкриття основних чорноморських портів могло б різко збільшити експорт вище трендових 45 млн т, тоді як ескалація конфлікту або нові блокади можуть звести нанівець навіть поточне зростання. Отже, лінійний прогноз Х2 до 2026 р. слід розглядати лише як орієнтовний «статус-кво» сценарій. Фактичні значення Х2 можуть суттєво відхилятися – як в більшу, так і в меншу сторону – залежно від розвитку подій (відповідно до низької достовірності моделі,  $R^2$ ).

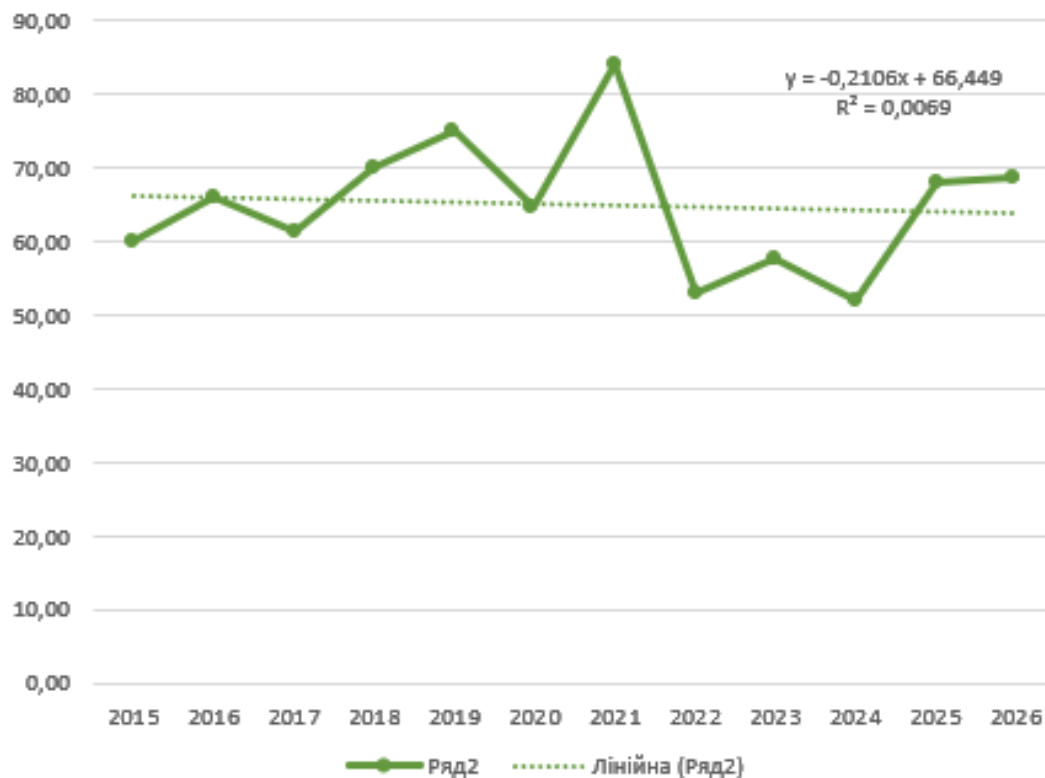


Рис. 3.2.6 Загальний валовий збір зернових та зернобобових (тис. тонн)  
Джерело: розрахунки автора

Видно, що в докризовий період обсяги виробництва коливалися без чітко вираженого тренду. Врожай залежав від погодних умов та кон'юнктури: наприклад, у 2019 та 2021 рр. спостерігалися рекордні збори (75 млн т у 2019 та близько 84 млн т у 2021), тоді як у неврожайному 2020 р. – лише ~65 млн т (за рахунок посухи, хоч посівні площі були стабільні). Лінійний тренд (рівняння  $y = -0,2106x + 66,449$ ) має надзвичайно низький коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,0069$ , практично не пояснюючи варіацію врожаїв. Це означає, що до 2021 р. довгострокового зростання чи спаду виробництва не спостерігалось – коливання носили переважно циклічний або випадковий характер (визначались погодою, цінами на зерно, зміною технологій тощо), а не часом. Війна спричинила різкий злам тенденції: у 2022 р. валовий збір обвалився до ~53 млн т (проти 84 млн т у 2021), тобто більш ніж на 35% за один рік (що узгоджується зі зменшенням посівів і врожайності). У 2023 р. виробництво частково відновилося – до ~57,6 млн т, але все ще значно нижче довоєнного рівня. Прогнозні розрахунки «за

тенденцією» (без урахування можливих якісних зрушень) на 2025–2026 рр. дають значення близько 68,0 млн т (2025) та 68,9 млн т (2026) – ці цифри виділені в таблиці жовтим. По суті, трендова модель екстраполює середню довгострокову траєкторію, згладжуючи воєнні провали. Вона вказує на умовно нормальний рівень виробництва зерна ~68 млн т у середині десятиліття. Однак фактично такий прогноз є нереалістичним без припинення бойових дій: за збереження воєнних ризиків повернення до 68 млн т у 2025–2026 рр. виглядає занадто оптимістичним. Низький  $R^2$  тренду означає, що на виробництво більше впливають сезонні та форс-мажорні фактори, а не лінійний час – особливо актуально це стало у воєнний час. Отже, трендовий прогноз ХЗ варто трактувати лише як індикативний орієнтир (що було б за стабільних умов), тоді як реальні обсяги сильно залежать від розвитку воєнної ситуації.

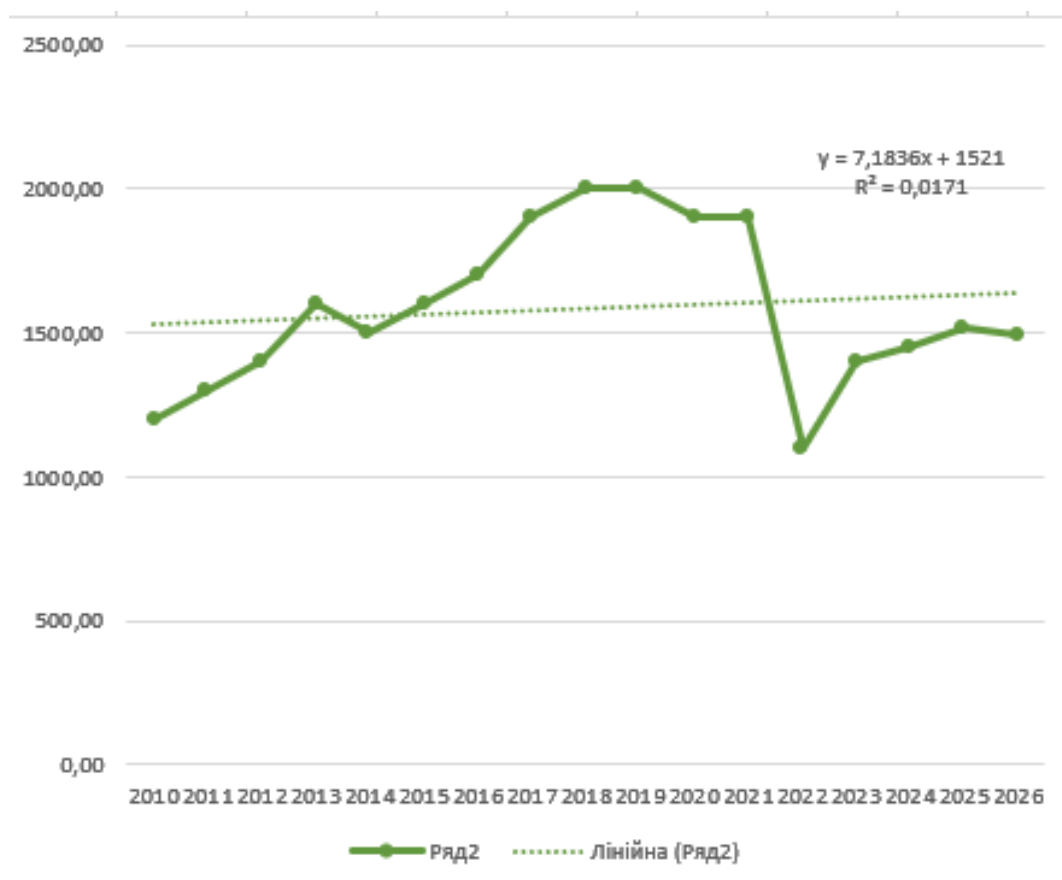


Рис. 3.2.7 Обсяг внесення мінеральних добрив під зернові (тис. тонн д.р.)  
Джерело: розрахунки автора

Історичні дані (зелена лінія) свідчать про загальну тенденцію до зростання рівня удобрення з ~1200 тис. т д.р. у 2010 р. до пікових ~2000 тис. т у 2018 р. Це

відображає інтенсифікацію виробництва протягом 2010-х років, коли аграрії нарощували внесення добрив для підвищення врожайності. Однак тренд не був монотонним: після 2018 р. застосування дещо знизилось (2019–2021 рр. – близько 1900 тис. т) через насичення ґрунтів та коливання цін на добрива. Війна спричинила обвальне падіння показника в 2022 р.: обсяг внесених добрив скоротився до ~1100 тис. т, тобто майже на 42% менше, ніж у 2021 (1900 тис. т). Це узгоджується із повідомленнями про дефіцит і надвисокі ціни на добрива у 2022 році (світові ціни на добрива сягнули рекордного максимуму навесні 2022, а багато українських господарств фізично не мали змоги внести добрива через бойові дії). У 2023 р. за попередніми оцінками спостерігалось часткове відновлення – до ~1400 тис. т, адже дещо покращилась доступність добрив і відбулася адаптація (в т.ч. імпорт з ЄС, державні програми підтримки). Втім, рівень удобрення все одно залишається далеко нижчим за довоєнний. Лінійний тренд (пунктир на графіку) має рівняння  $y = 7,1836x + 1521$  і  $R^2 = 0,0171$ , що вказує на відсутність значущого лінійного тренду в довгостроковому періоді. Високе історичне піднесення до 2018 р. та різке воєнне падіння нівелюють статистичну значущість поступового приросту. Трендова екстраполяція на 2025–2026 рр. дає прогноз 1516,36 тис. т та 1489,55 тис. т відповідно (виділено в таблиці). Фактично, трендова модель передбачає стабілізацію внесення добрив на рівні ~1,5 млн т д.р. на рік, що близько до середнього значення за останнє десятиліття. Проте реальність може суттєво відхилитися від цього через невизначеність із постачанням і цінами на добрива. Аналіз динаміки Х4 показує, що воєнний фактор докорінно змінив ситуацію: якщо раніше аграрії поступово збільшували норми внесення, то тепер вони змушені економити. У 2024 році очікується, що більшість фермерів зможуть внести лише ~50% необхідних добрив через високу вартість та брак коштів. Це негативно позначиться на врожайності і може закріпити низхідну тенденцію. За відсутності прогресу у війні, прогноз на 2025–2026 рр. скоріше песимістичний: рівень застосування добрив коливатиметься в межах 1,3–1,5 млн т д.р. (тобто 65–75% довоєнного рівня). Лише оптимістичний сценарій (стабілізація ситуації, зовнішня підтримка,

зниження цін на добрива) дозволить повернутися до 1,8–2,0 млн т, потрібних для високих врожаїв. Висновок: трендовий прогноз Х4 вказує на стагнацію, а реальне відновлення залежатиме від доступності ресурсів та закінчення війни.



Рис. 3.2.8 Посівна площа зернових та зернобобових (млн га)

Джерело: розрахунки автора

Історично посівні площі залишалися відносно стабільними близько 14,5–15,5 млн га. Лінійний тренд демонструє невелике зниження: рівняння  $y = -0,2786x + 16,575$  із коефіцієнтом  $R^2 = 0,5787$  свідчить, що за десятиліття площі скорочувалися в середньому на  $\sim 0,28$  млн га щороку. Це можна пов'язати з поступовим переходом частини угідь під інші культури, конверсією малопродуктивних земель або оптимізацією сівозмін. До 2021 р. спостерігалось навіть певне зростання (у 2020–2021 посівна площа сягнула  $\sim 15,8$  млн га, можливо через освоєння нових земель або кон'юнктуру високих цін, що стимулювала розширення посівів).

Вторгнення 2022 року призвело до різкого вимушеного скорочення посівних площ: з  $\sim 15,8$  млн га (2021) до  $\sim 11,2$  млн га у 2022, тобто на  $\approx 30\%$ . Це втрати як прямих площ на окупованих територіях, так і свідоме скорочення посівів на підконтрольній території через ризики та брак ресурсів. У 2023 р.

площа знизилася ще більше – до ~10,6 млн га (за рахунок продовження бойових дій і окупації). Таким чином, війна відкинула Україну на багато років назад за цим показником, зробивши неактуальним попередній тренд.

Трендова лінія, побудована на всьому ряді 2010–2024 рр., відображає усереднену тенденцію спаду. Прогноз за трендом на 2025–2026 рр. дає 12,12 млн га та 11,84 млн га відповідно. Ці значення є дещо вищими за показники 2022–2024 років, що пояснюється впливом довоєнних даних на розрахунок тренду. Іншими словами, математичний тренд очікує часткового відновлення площ (до ~12 млн га), проте такий результат можливий лише у разі покращення безпекової ситуації. Реальні ж перспективи площ залежать від деокупації територій та розмінування. За оцінками експертів, близько 30% усіх сільгоспземель України нині не використовуються, причому очищення територій від мін може тривати роки й десятиліття. Тому навіть оптимістичні сценарії не передбачають швидкого повернення до 15 млн га посівів. Отримане значення  $R^2 \approx 0,58$  означає, що тренд пояснює понад половину дисперсії даних – на відміну від  $X_3$  і  $X_4$ , тут простежувався більш визначений спадний рух ще до війни. Це може свідчити про структурні процеси, які війна лише підсилила. Фактична динаміка  $X_5$  демонструє наймасштабніший зсув у 2022 р., після чого можливе повільне нарощення площ на безпечних територіях. Так, у 2024 р. очікується невелике збільшення – до ~11,1 млн га (за рахунок кращого забезпечення посівної та адаптації фермерів), але це все ще < 70% довоєнного рівня.

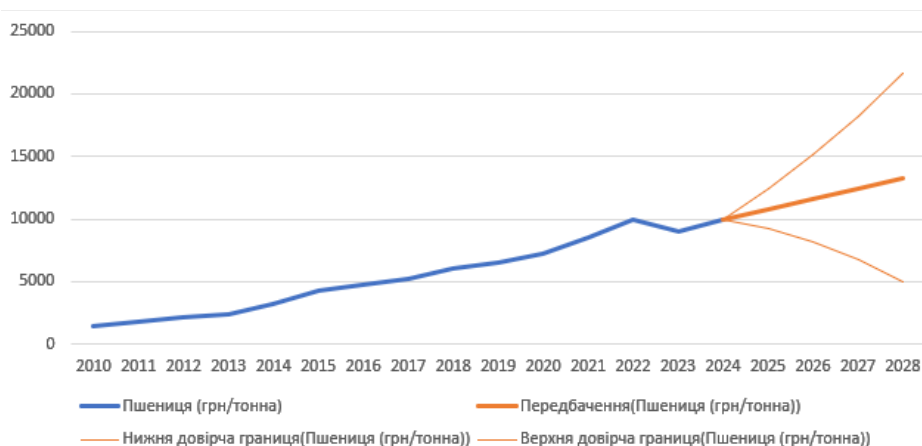


Рис. 3.2.9 Аркуш прогнозу на ціну пшениці

Джерело: розрахунки автора

На рис. 3.2.9 представлено прогноз зміни середньої ціни на пшеницю в Україні до 2028 року (помаранчева лінія), а також межі довірчого інтервалу прогнозу – верхню та нижню. Синя крива відображає ретроспективні дані цін за 2010–2023 рр. Видно, що історично ціни на пшеницю зростали: з ~1400 грн/т у 2010 р. до близько 8000–9000 грн/т у 2020–2021 рр. (тобто з ~175 \$/т до ~300 \$/т за той період). Стрімке подорожчання зерна після 2015 р. було зумовлене як світовою кон'юнктурою, так і девальвацією гривні. Пік цін припав на 2021 рік, коли глобальні продовольчі ринки розігрілися, а врожай в окремих країнах був гіршим – внутрішні ціни сягали ~9000–10000 грн/т. На початку 2022 року, із вторгненням Росії, ціни на пшеницю різко коливалися. Спочатку очікувалося їх зростання через потенційний дефіцит (світові ф'ючерси стрибнули вгору на 30–50% [4]), але блокада експорту призвела до надлишку зерна всередині країни. В результаті влітку 2022 внутрішні ціни навіть впали (~7200 грн/т середньо, порівняно з 9100 грн/т у 2021). Лише із запуском «зернового коридору» та частковим відновленням експорту наприкінці 2022 – на початку 2023 рр. ціни стабілізувалися на рівні ~8000–9000 грн/т. На глобальних ринках ціни після стрибка весною 2022 поступово знижувалися завдяки розблокуванню експорту з України та гарним врожаям у інших країнах.

Прогнозна помаранчева лінія на рис. 3.2.9 вказує на поступове зростання внутрішньої ціни пшениці до 2028 року. Базовий прогноз (середній тренд) демонструє рух від ~10000 грн/т у 2024 р. до орієнтовно 15000 грн/т у 2028 році. Це відповідає середньорічному приросту ~10% і може відображати очікувану інфляцію та глобальне підвищення цін на продовольство. Однак навколо цього тренду побудовано дуже широкий довірчий інтервал, який відображає значну невизначеність умов. Верхня межа (верхній сценарій) різко зростає до рівня 20–25 тис. грн/т до 2028 р. Такий розвиток можливий у разі реалізації песимістичних припущень: затяжна або ескалована війна, подальша дезінтеграція логістики, глобальний дефіцит зерна і продовольча інфляція. У цьому випадку Україна може зіткнутися із суттєвим скороченням виробництва і майже повною неможливістю експорту, що, залежно від балансу внутрішнього попиту, або

підніме внутрішні ціни до світових (якщо зерна буде дефіцит), або, навпаки, може призвести до колапсу цін на рівні собівартості (якщо зерно не матиме збуту). Втім, модельний верхній інтервал явно припускає сценарій дефіциту, за якого ціни багатократно зростають.

Нижня межа прогнозу навпаки показує можливість зниження ціни аж до ~5000 грн/т у 2028 р. Це відповідає оптимістичному сценарію: припинення війни та відновлення повноцінного експорту вже у найближчі роки. У такому випадку внутрішні ціни зближаться із світовими експортними паритетами, які можуть залишатися відносно низькими через розширення пропозиції (як в Україні, так і глобально). Наприклад, за умови мирного врегулювання Україна до 2026–2028 рр. потенційно зможе знову експортувати 50+ млн т зерна щороку, що збалансує внутрішній ринок і не допустить зростання цін – вони коливатимуться в межах собівартості плюс мінімальна маржа для фермерів. Нижня межа інтервалу фактично вказує на сценарій, коли ціни знижуються в реальному вираженні (з поправкою на інфляцію) завдяки стабілізації ринку.

Ширина довірчого інтервалу відображає надзвичайно високий рівень невизначеності щодо майбутнього зернового ринку України. Ключові фактори – завершення чи затягування війни, ситуація з експортною інфраструктурою, світовий попит на зерно – здатні змінити цінову динаміку кардинально. Отже, базовий прогноз до 2028 року вказує на помірне зростання цін, але реальні ціни можуть відхилитися від нього як в бік значно вищих, так і нижчих значень. Планування діяльності учасників ринку має враховувати цей широкий діапазон можливих умов, зокрема шляхом сценарного аналізу та страхування ризиків.

### **3.3 Рекомендації щодо стабілізації ризиків і невизначеностей у прогнозах ринку зерна**

В умовах війни життєво важливо впроваджувати проактивні заходи для стабілізації українського зернового ринку. Це стосується як державної політики,

так і конкретних дій фермерів, трейдерів, інвесторів та експортерів, спрямованих на мінімізацію ризиків і забезпечення стійкості галузі.

Держава має інвестувати у розширення та диверсифікацію шляхів експорту зерна. Зокрема, посилити дунайський напрямок (модернізація портів Ізмаїл, Рені), розбудувати прикордонні термінали і перевантажувальні станції на заході країни, збільшити парк зерновозів та барж. Важливо забезпечити інтеграцію української залізниці з європейською (в тому числі перешивка колій або закупівля вагонів під євроколію) для зменшення затримок на кордоні. Уряд повинен домагатися продовження “шляхів солідарності” з ЄС, включно з пролонгацією скасування мит та квот на українську агропродукцію. Одночасно слід шукати альтернативні торговельні маршрути – розвивати перевалку в портах Балтії, стимулювати будівництво терміналів у ближчих до кордону країнах-партнерах (Польща, Румунія). Ці кроки знизять залежність від чорноморських портів і зроблять експорт більш стійким до зовнішніх шоків.

Щоб стимулювати перевезення і торгівлю, уряд може запровадити механізми державного страхування воєнних ризиків для транспортування зерна (наприклад, компенсація страхових платежів судновласникам, залізниці або аграрним компаніям). Також варто продовжити практику міжнародного супроводу суден (конвої під егідою ООН чи інших організацій) для судноплавства Чорним морем, як це обговорюється після припинення Зернової угоди. Державі доцільно створити резервний фонд підтримки експорту зерна, який би покривав надзвичайні витрати на логістику в разі обстрілів чи інших форс-мажорів. Окрім того, необхідно посилити протиповітряну оборону критичної інфраструктури (портів, елеваторів, залізничних вузлів), щоб зменшити ризик їх знищення і простою.

Уряд повинен продовжувати програми підтримки фермерів, особливо дрібних і середніх. Йдеться про пільгове кредитування та дотації на проведення посівної та збиральної кампаній, компенсації відсоткових ставок по кредитах на закупівлю матеріально-технічних ресурсів. Пріоритет – забезпечення фермерів доступним паливом, насінням та добривами. Можна впровадити тимчасове

державне регулювання цін на добрива або субсидування їх вартості (наприклад, через ваучери аграріям), адже нині 90% господарств не можуть внести повну норму добрив. Також важливо розширити програми аграрних страхових полісів, що страхують посіви від ризиків війни (знищення урожаю, неможливість збору тощо) – у партнерстві зі світовими донорами розробити механізм компенсації страхових випадків, пов'язаних з війною. Це зменшить фінансові ризики фермерів і стимулюватиме їх продовжувати діяльність.

Для запобігання цінових провалів уряду слід бути готовим до інтервенцій на внутрішньому ринку зерна. Необхідно належно профінансувати Аграрний фонд чи Держрезерв для закупівлі зерна у фермерів в разі надлишку і низьких цін (створення державного інтервенційного фонду зерна). Закуплене зерно можна зберігати як стратегічний резерв або направляти на переробку та експорт, коли з'явиться можливість, тим самим підтримавши ціни на прийнятному рівні і забезпечивши мінімальний прибуток виробникам. Водночас, у випадку дефіциту певних зернових в середині країни, уряд має оперативно знімати експортні обмеження і тарифні бар'єри, аби не допустити надмірного зростання цін для внутрішніх споживачів. Гнучка торгова політика – ключ до балансу ринку.

На геополітичному рівні, українська влада повинна продовжувати активно працювати з міжнародними партнерами над відновленням стабільної роботи зернового коридору або пошуком нових форматів угод, що дозволять експортувати агропродукцію. Залучення ООН, Туреччини, ЄС, США до тиску на росію з метою відкриття портів – стратегічно важливе. Паралельно слід зміцнювати співпрацю з країнами-імпортерами українського зерна (Єгипет, Китай, країни Африки та Близького Сходу) – наприклад, через довгострокові контракти або участь цих країн у інвестуванні в українську логістику. Україна має підкреслювати свою роль у глобальній продовольчій безпеці та шукати підтримки, щоб її продукція досягала ринків (через продовольчі програми ООН, гуманітарні коридори тощо).

Фермери, в свою чергу, повинні переглянути свою структуру посівів з урахуванням воєнних ризиків та ринкової ситуації. Доцільно диверсифікувати культури: не зосереджуватися лише на пшениці чи кукурудзі, а розподілити ризики, сіючи також культури з коротшим циклом або менш вибагливі. Це дасть гнучкість у продажах і використанні врожаю. Варто враховувати потреби внутрішнього ринку – наприклад, збільшити частку продовольчої пшениці високої якості. Також необхідно оптимізувати виробничі витрати. Критично важливо, щоб зменшити втрати під час збирання та зберігання – перевірити справність комбайнів, сушарок, адже кожен центнер врожаю на рахунок.

В сучасних умовах дрібним і середнім фермерам вигідно об'єднувати зусилля. Створення виробничих кооперативів чи асоціацій дозволить спільно використовувати техніку, елеваторні потужності, закуповувати гуртом добрива та пальне зі знижками. Кооперація також може допомогти з логістикою – наприклад, спільно орендувати вагони або формувати великі партії зерна для експорту, минаючи посередників. Взаємодопомога серед фермерів (позичання техніки, спільний ремонт, обмін робочою силою на жнивах) підвищить стійкість громад перед викликами війни.

Незважаючи на хаотичність оточуючих умов, фермерам слід будувати планування ризиків. Йдеться про те, щоб мати резервний план на випадок різних ситуацій: що робити, якщо не буде експорту, якщо ціни впадуть на певний відсоток, якщо буде нестача пального в жнива, тощо. Маючи такі плани, господарство швидше реагуватиме на зміни. Також важливо користуватися хоч якимось доступним страхуванням: окремі страхові компанії вже пропонують поліси від воєнних ризиків.

Трейдерам та елеваторним операторам доцільно збільшувати власні зерносховищні місткості, особливо в західних областях та біля альтернативних маршрутів. Будівництво сучасних елеваторів, в тому числі тимчасових модульних, дозволить акумулювати зерно, чекаючи транспортування. Це також бізнесможливість – надавати послуги зі зберігання фермерам. Крім того, логістичні компанії можуть інвестувати у переробні потужності на експорт:

виробництво борошна, комбікормів, етанолу. Перевезення переробленого продукту часто менш вибагливе (наприклад, борошно можна у мішках везти автотранспортом, що дає більше варіантів, або експортувати через ЄС без квот). Такі проекти можна реалізовувати у партнерстві з іноземними інвесторами або міжнародними фондами відбудови. Також їм треба бути готовими переорієнтовувати експортні потоки на нетрадиційні ринки. Якщо раніше основними покупцями були країни Азії та Африки через порти, то нині, можливо, більше зерна піде в Європу (на корм тваринам чи переробку). Трейдерам слід налагоджувати нові партнерства в країнах ЄС, знаходити кінцевих споживачів там і вибудовувати логістику до них.

Українські та міжнародні інвестори, за підтримки держави, мають зосередитися на проектах, що підвищують стійкість зернового сектору. Пріоритет – будівництво та відновлення елеваторів і сховищ (особливо ближче до місць виробництва, щоб мінімізувати втрати при транспортуванні в порти). Також перспективні інвестиції у переробні комплекси (млини, круп'яні заводи, олійні), оскільки перероблена продукція менш залежна від експортної логістики: її легше продати локально чи відправити меншими партіями. Інвесторам варто розглянути створення підприємств глибокої переробки зерна на біоетанол, крохмаль, корми – це дозволить відтягнути надлишок зерна з ринку і створити додану вартість. Не менш важливим є розвиток портової інфраструктури на Дунаї: розширення перевантажувальних потужностей, днопоглиблення, закупівля барж і буксирів. Такі проекти можуть отримати фінансування від міжнародних фінансових інституцій, бо мають стратегічне значення. Кожна інвестована гривня в логістику чи зберігання сьогодні повернеться сторицею, коли ринок нормалізується.

Управління валютними ризиками. Експортери зерна та інвестори, які працюють з валютною виручкою, повинні впроваджувати стратегії захисту від валютної волатильності. Зважаючи на інфляцію і потенційні коливання гривні, доцільно тримати частину коштів у стабільних валютах (долар, євро) чи в прив'язаних до них активах. Важливим інструментом є форвардні валютні

контракти: великі агроекспортери можуть домовлятися з банками про фіксацію курсу для майбутньої валютної виручки, щоб знати свій гривневий дохід. Інвесторам слід врахувати валютні ризики і при оцінці проектів закладати консервативні сценарії щодо курсу.

Для реалізації масштабних проектів в нинішніх умовах доцільно залучати МФО та донорські кошти. Світовий банк, ЄБРР, ІФС та інші вже мають програми фінансування аграрної логістики та зберігання в Україні. Інвесторам слід активно співпрацювати з ними, отримувати пільгові кредити чи гранти під проекти, що покращують продовольчу безпеку. Це може включати як тверді інвестиції (сховища, транспорт), так і ІТ-рішення (системи трейдингу, біржова інфраструктура всередині країни для прозорого ціноутворення). Спільні підприємства з іноземними компаніями теж вітаються – партнер з ЄС чи США може принести і капітал, і страхові рішення, і нові ринки збуту. Головне – бути проактивними і використовувати всі доступні інструменти підтримки, оскільки український агросектор зараз у фокусі уваги світу.

Інвестори мають також думати про довгострокову стійкість. Варто інвестувати у відновлення родючості ґрунтів (програми вапнування, сівозміни, органічні проекти), адже інтенсивне використання під час війни без належного догляду виснажує землю. Також підтримувати місцеві громади: допомога у відбудові сіл, доріг, створення робочих місць у переробці агропродукції на місцях. Це сприятиме закріпленню робочої сили на селі та підвищить лояльність населення. Зрештою, бізнес, який демонструє соціальну відповідальність у важкі часи, отримує кращу репутацію і підтримку держави.

## Висновок до розділу

На основі проведеного аналізу можна сформулювати обґрунтований прогноз розвитку українського ринку зерна на середньострокову перспективу (до 2026 року), враховуючи динаміку виробництва, експорту, посівних площ, витрат (добрив) та стан інфраструктури.

По-перше, очікується часткове відновлення виробничого потенціалу, але повертатись до рекордного рівня 2021 року (85 млн т) за найближчі 2–3 роки малоймовірно. Зважаючи на значне скорочення посівних площ (на третину і більше) і зниження інтенсивності виробництва, валові збори зерна в 2024–2026 рр. будуть обмежені. За інерційним сценарієм, якщо площі під зерновими залишаться на рівні ~10–11 млн га, а середня врожайність – зниженою через недостатнє добриво, Україна може збирати порядку 50–60 млн т зерна щорічно в середині десятиліття. Це співвідноситься з прогнозом ~52 млн т на 2024 р. та припустимим подальшим незначним зростанням за рахунок адаптації технологій. Якщо ж безпекова ситуація поліпшиться (часткова деокупація, розмінування) і аграрії повернуть частину земель у обробіток, до 2026 р. виробництво може наблизитися до 70 млн т. Проте навіть такий оптимістичний сценарій не перевищує ~80% довоєнного рівня. За песимістичного розвитку подій (ескалація війни, подальші втрати територій) обсяги виробництва можуть залишатися на історично низьких відмітках (~40–45 млн т).

По-друге, експортний потенціал України до 2026 року також буде обмеженим, хоча і з тенденцією до відновлення. Як показав аналіз, морський експорт (X2) навряд чи швидко досягне рекордних 50+ млн т без повного розблокування портів. Лінійний тренд дав оцінку ~45 млн т експорту морем у 2026 р., що можна розглядати як цільовий орієнтир за часткового функціонування чорноморських шляхів. Залізничні та дунайські маршрути (X1) зможуть вивозити до ~30–35 млн т (що близько до нинішньої пропускної спроможності прикордонних переходів і дунайських портів). Таким чином, сукупний експорт зерна може відновитися до ~70–80% довоєнного обсягу у разі

стабілізації ситуації. Фактичні дані вже підтверджують цю тенденцію: у 2023/24 МР експорт зріс до ~51 млн т, хоча це й нижче довоєнних 85 млн т потенціалу. До 2026 р. продовження інвестицій в альтернативну логістику (перевалка на Дунаї, збільшення вагонного парку, розширення прикордонної інфраструктури) здатне підняти експортні можливості ще на кілька десятків відсотків. Однак вирішальним фактором залишається доступ до морських портів великої потужності (Одеса, Миколаїв): якщо вони залишаться під ризиком, експорт України структурно буде меншим, ніж раніше, через вищі витрати та фізичні обмеження наземних шляхів.

По-третє, внутрішні ціни на зерно, ймовірно, залишатимуться високими в прогностичному періоді. Навіть за базового сценарію, лінійний прогноз передбачає зростання ціни пшениці до >11 тис. грн/т у 2026 р. Це обумовлено тим, що пропозиція зерна (виробництво) залишатиметься нижчою, тоді як попит – як внутрішній, так і зовнішній – збереже свою силу. Регресійний аналіз показав, що ключовий стримуючий фактор для цін – великі посівні площі – наразі суттєво ослаблений, а от стимули для високих цін (експорт, витрати) нікуди не поділися. Тому можна очікувати, що ціни в Україні будуть перебувати на рівнях близьких до світових або навіть вищих (з урахуванням логістичної маржі), принаймні доки не відновиться виробництво.

По-четверте, структура посівів і собівартість виробництва продовжать адаптуватися до нових умов. Частка зернових культур у сівозміні може залишатися зниженою (на користь олійних), поки логістика зерна складна і дороговартісна. Це означає, що навіть при покращенні ситуації аграрії у 2024–2025 рр. можуть обирати сіяти менше пшениці чи кукурудзи, якщо прибутковість цих культур не компенсує ризиків. Високі ціни на добрива і їх дефіцит, ймовірно, збережуться у найближчій перспективі, тому рівень внесення добрив (Х4) буде нижчим за довоєнний. Лише зі стабілізацією енергоринків та фінансовою підтримкою можливе поступове повернення до більших норм добрив до 2026 р. – що, втім, позначиться на врожаях вже після 2026.

## ВИСНОВКИ

У виконаній кваліфікаційній роботі представлено комплексне дослідження функціонування та моделювання ринку зерна України в умовах воєнного стану. У процесі дослідження досягнуто поставленої мети – на основі економіко-математичного моделювання проаналізовано вплив війни на зерновий ринок та визначено напрями підвищення його стійкості. Всі поставлені завдання виконано: в першому розділі здійснено теоретичне узагальнення ролі і видів економіко-математичних моделей та обґрунтовано їх особливу значущість для агросектору під час війни; в другому розділі проаналізовано актуальний стан зернового ринку, продемонстровано динаміку виробництва, урожайності, цін і експорту в умовах воєнних дій, а також реакцію й адаптацію галузі до викликів; в третьому розділі побудовано багатофакторну економіко-математичну модель (множинну регресію) для оцінки і прогнозування розвитку зернового ринку, проведено сценарний аналіз та розроблено практичні рекомендації. Отримані результати повністю відповідають поставленій меті дослідження.

Основні висновки та результати роботи можна підсумувати наступним чином:

1. Війна суттєво позначилася на зерновому виробництві України, проте аграрний сектор продемонстрував здатність до оптимізації. Втрати посівних площ були частково компенсовані зростанням врожайності на більш безпечних територіях, що дозволило підтримувати валові збори зерна на достатньому рівні. Спостерігається диференціація між регіонами: західні та центральні області наростили виробництво, тоді як прифронтові регіони зазнали значного спаду. Це призвело до внутрішніх дисбалансів, але країна зберегла продовольчу самозабезпеченість.

2. Зернова логістика та інфраструктура зазнали великих втрат, водночас стали об'єктом швидких адаптаційних рішень. Руйнування елеваторів і портових терміналів спонукало до впровадження тимчасових сховищ (зернових рукавів) і децентралізованого зберігання. Транспортні маршрути були оперативно

переорієнтовані: замість морських шляхів основне навантаження взяли на себе залізниця, автомобільні перевезення та порти Дунаю. Хоча альтернативна логістика значно дорожча, ці заходи забезпечили безперервність експортних поставок.

3. Проведене моделювання підтвердило високу залежність внутрішніх цін на зерно від зовнішніх і логістичних факторів. Розроблена економетрична модель (багатофакторна регресія для ціни пшениці) показала, що такі змінні як обсяги експорту, вартість перевезень, обсяг виробництва та використання добрив мають статистично значущий вплив на рівень цін. Модель виявилася адекватною ( $R^2 \approx 0,92$ ) і дозволила здійснити прогноз: за умов збереження тенденцій ціни на пшеницю в Україні після тимчасового спаду матимуть поступове відновлення, але залишатимуться на 10–15% нижчими від світових через високі витрати логістики. Обсяги експорту залежать від наявності транспортних коридорів – за оптимістичного сценарію (стабільна робота дунайських портів та збільшення пропускної здатності західного кордону) Україна зможе в найближчі роки експортувати до 45–50 млн т зерна щорічно, що навіть перевищить показники «зернової угоди». За песимістичного сценарію (повне блокування морських шляхів і обмеження з боку сусідів) експорт може впасти до ~30 млн т, що негативно вплине на внутрішні ціни та доходи аграріїв.

4. На основі аналізу та моделювання розроблено рекомендації для підвищення стійкості зернового ринку. Пропонується диверсифікувати експортну логістику: збільшувати інвестиції в прикордонну перевалочну інфраструктуру, розширювати пропускну спроможність залізниці, розвивати дунайський портовий кластер. Необхідним є продовження програм державної підтримки фермерів у зоні ризику – компенсація вартості логістики, страхування воєнних ризиків, пільгове кредитування для відновлення виробництва. Важливо впроваджувати сучасні технології точного землеробства і системи управління ризиками, щоб підвищити врожайність на безпечних територіях і зменшити залежність від зовнішніх факторів. Окремий акцент зроблено на розмінуванні та відновленні сільськогосподарських земель у постраждалих регіонах, адже

повернення в оборот навіть частини замінованих полів може істотно збільшити виробничий потенціал. Також рекомендовано налагодити гнучкі ланцюги постачання, зокрема розвивати переробку зерна всередині країни (для експорту продукції з більшою доданою вартістю) та створювати запаси зерна у вигляді регіональних резервів, що допоможе стабілізувати внутрішній ринок.

Загалом, отримані результати мають важливе практичне значення. Запропонована економіко-математична модель та проведені розрахунки можуть бути використані органами державної влади (Мінагрополітики, Мінекономіки) для оцінки наслідків різних сценаріїв розвитку подій і ухвалення обґрунтованих рішень щодо підтримки аграрного сектору. Аналітичні висновки щодо динаміки виробництва, цін та експорту під час війни є корисними для агропідприємств і трейдерів – вони допомагають зрозуміти ринкові тенденції та адаптувати бізнес-стратегії. Матеріали роботи можуть слугувати основою для розробки програм продовольчої безпеки в умовах надзвичайних ситуацій, оскільки вказують на критичні точки (логістика, ресурси) та ефективні заходи реагування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Білоцерківський О. Б. Економіко-математичне моделювання : Текст лекцій / О. Б. Білоцерківський, Н. В. Ширяєва, О. О. Замула. – Харків : НТУ "ХПІ", 2010. – 108 с.
2. Галанов В. І. Світові ринки зерна: сучасні виклики та можливості для України / В. І. Галанов, Н. В. Бороніна // *Актуальні проблеми міжнародних відносин*. – 2024. – Вип. 159, ч. 1. – С. 100–?. – URL: [https://www.iir.edu.ua/sites/default/files/2024-10/%D0%90%D0%9F%D0%9C%D0%92\\_159\\_%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A6%D0%92%D0%98%D0%9F%D0%A3%D0%A1%D0%9A\\_%D0%A71\\_0.pdf#page=100](https://www.iir.edu.ua/sites/default/files/2024-10/%D0%90%D0%9F%D0%9C%D0%92_159_%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A6%D0%92%D0%98%D0%9F%D0%A3%D0%A1%D0%9A_%D0%A71_0.pdf#page=100) (дата звернення: 17.05.2025).
3. Дяченко О. П. Експортний потенціал аграрної галузі України в умовах воєнного стану / О. П. Дяченко, О. М. Галицький, Ю. Ю. Хиленко // *Economic Bulletin of the Black Sea Littoral*. – 2022. – Iss. 3. – С. 54–61.
4. Залізняк В. К. Ревальваційний потенціал аграрного експорту України в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення / В. К. Залізняк, Л. І. Залізняк, М. Г. Сахацький // *Журнал європейської економіки*. – 2023. – Т. 22, № 4. – С. 709–721. – DOI: 10.35774/jee2023.04.709. – URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1800> (дата звернення: 10.05.2025).
5. Казарезов А. Я. Економіко-математичне моделювання / А. Я. Казарезов, О. О. Ципліцька. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – 248 с. – ISBN 978-966-336-152-9.
6. Мазур В. А. Виробництво і експорт зернових та зернобобових культур в умовах військового стану / В. А. Мазур, Г. В. Панцирева // *Сільське господарство та лісівництво*. – 2022. – № 26. – С. 20–35.

7. Наумов М. С. Основні проблеми експорту зернових культур в умовах воєнного стану / М. С. Наумов, Г. І. Рибак // *Економіка та суспільство*. – 2023. – Вип. 52. – С. 601–605. – DOI: 10.32782/2524-0072/2023-52-80.
8. Негрей М. В. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи / М. В. Негрей, А. А. Тараненко, І. С. Костенко // *Економіка та суспільство*. – 2022. – № 40. – DOI: 10.32782/2524-0072/2022-40-38. – URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38> (дата звернення: 10.02.2025).
9. Побоченко Л. М. Сучасні тренди розвитку світового ринку зерна в умовах війни в Україні / Л. М. Побоченко, Н. О. Татаренко, А. А. Прокоп'єва // *Економіка та суспільство*. – 2023. – Вип. 48. – С. 370–375. – DOI: 10.32782/2524-0072/2023-48-29.
10. Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України : аналітична доповідь / О. В. Собкевич [та ін.] ; за заг. ред. Я. А. Жаліла. – Київ : НІСД, 2024. – 104 с. – URL: <https://niss.gov.ua/publikatsiyi/analitichni-dopovidi/priorytety-rozvytku-realnoho-sektora-v-umovakh-viynu-ta> (дата звернення: 05.05.2025).
11. Савенко І. І. Російсько-український конфлікт: виклики для зернового ринку / І. І. Савенко, І. О. Седікова, Д. В. Седіков // *Економіка харчової промисловості*. – 2022. – Т. 14, вип. 2. – С. 23–28. – DOI: 10.15673/fie.v14i2.2320.
12. Семчишин Л. М. Застосування математичних методів в економіці / Л. М. Семчишин // *Математика. Інформаційні технології. Освіта*. – 2021. – № 8. – С. 1–9.
13. Степенко С. В. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу у галузі сільського господарства / С. В. Степенко, І. С. Лазаренко // *Економіка та суспільство*. – 2021. – № 33. – С. 103–107. – DOI: 10.32782/2524-0072/2021-33-33.

- 14.Шаран А. А. Економіко-математичне моделювання як інструмент прогнозування впровадження стратегій розвитку в аграрному секторі / А. А. Шаран, О. В. Мельник // *Молодий вчений*. – 2023. – № 10 (122). – С. 165–169. – DOI: 10.32843/2617-1948-2023-10-31. – URL: <https://mdes.khmnu.edu.ua/index.php/mdes/article/view/577> (дата звернення: 15.05.2025).
- 15.Ainakulov Z. Economic and mathematical modelling of estimating the use of basic production resources of agricultural formations / Z. Ainakulov [et al.] // *Proceedings...* – 2024. – P. 020022. – DOI: 10.1063/5.0188482.
- 16.Biliavska Yu. Strategic vectors of agribusiness development in Ukraine / Yu. Biliavska [et al.] // *Ekonomika APK*. – 2025. – Vol. 32, № 1. – P. 33–46. – DOI: 10.32317/ekon.apk/1.2025.33.
- 17.Carter C. A. Did grain futures prices overreact to the Russia–Ukraine war due to herding? / C. A. Carter, S. Steinbach // *Journal of Commodity Markets*. – 2024. – Vol. 35. – P. 100422. – DOI: 10.1016/j.jcomm.2024.100422. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405851324000412>
- 18.Chen H. Mathematical Modeling of Demand and Supply: Analyzing Corn Market Equilibrium / H. Chen // *Science and Technology...* – 2024. – Vol. 1, № 9. – DOI: 10.61173/bqt6n979.
- 19.Kharchenko H., Kharchenko V. (2021) Information support for prospective development of agrarian entrepreneurship. *Economy and society*. URL: <https://www.economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/153>
- 20.Kharchenko H., Kharchenko V., Gogulya O. (2023) Conceptual aspects of universities and business cooperation. *Bioeconomics and agricultural business*. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bioeconomy/article/view/16251>
- 21.Kharchenko H., Kharchenko V., Kadebska E., Tereshchenko S., Doroshenko H. (2019). *Modelling of the Consumption Level of Organic Products...* URL: <https://www.ijrte.org/portfolio-item/C10281183C19/>

22. Kharchenko H., Kharchenko V., Malak-Rawlikowska A. (2018)... DOI: 10.22630/RNR.2018.105.2.17.
23. Kharchenko V., Kharchenko H. (2015) Innovative and investment support... Kyiv, 268 p.
24. Kharchenko V., Kharchenko H. (2018)... URL: <https://js.wne.sggw.pl/index.php/esar/article/view/921>
25. Kharchenko V., Kharchenko H. (2020). Simulation Modeling... DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V22\(2020\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V22(2020)-19)
26. Management and Marketing of the Wartime Agribusiness in Ukraine / L. Shovkun-Zablotska et al. // Economics ecology socium. – 2024. – Vol. 8, iss. 1. – DOI: 10.61954/2616-7107/2024.8.1-6. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/379430174\\_Management\\_and\\_Marketing\\_of\\_the\\_Wartime\\_Agribusiness\\_in\\_Ukraine](https://www.researchgate.net/publication/379430174_Management_and_Marketing_of_the_Wartime_Agribusiness_in_Ukraine)
27. Melnychenko V., Pavlyshyn S. Marketing logistics support for the export of cereals from Ukraine... – DOI: 10.36887/2415-8453-2024-2-32.
28. Peculiarities of management of agricultural enterprises under martial law / R. Lohosha [et al.] – Boston, USA: Primedia eLaunch, 2023. – ISBN 979-8-89269-753-8.
29. Ruiz Estrada M. A. ECONOMIC MODELLING: DEFINITION, EVALUATION AND TREND // Revista Académica Eco. – P. 19–29.
30. Аграрії засіяли вже 94% ярів зернових та зернобобових культур від прогнозованих площ [Електронний ресурс] // Черкаська обласна державна адміністрація. – URL: <https://ck-oda.gov.ua/novyny-cherkaskoyi-oblasti/agrariyi-zasiyaly-vzhe-94-yaryh-zernovyh-ta-zernobobovyh-kultur-vid-prognozovanyh-ploshh/> (дата звернення: 22.04.2025).
31. Аналітична довідка про зерновий ринок та стан потужностей для зберігання зерна в Україні станом на 30 листопада 2022 р. [Електронний ресурс] // KMZ Industries. – URL: <https://kmzindustries.ua/news/analitichna>

- dovidka-pro-zemovij-rinok-ta-stan-potuzhnostej-dlja-zberigannja-zerna-v-ukraini-stanom-na-30-listopada-2022-r (дата звернення: 08.01.2025).
32. АПК-Інформ [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.apk-inform.com/uk> (дата звернення: 11.01.2025).
33. Вплив війни на аграрний сектор України: аналіз останніх даних Держстату [Електронний ресурс] // Visit Ukraine. – 2023. – 1 лип. – URL: <https://visitukraine.today/uk/blog/2169/the-impact-of-the-war-on-the-agricultural-sector-of-ukraine-analysis-of-the-latest-data-from-the-state-statistics-service> (дата звернення: 12.02.2025).
34. Готові до сівби та оборони — як стартує посівна 2025 [Електронний ресурс] // Kurkul.com. – URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1721-gotovi-do-sivbi-ta-oboroni--yak-startuye-posivna-2025> (дата звернення: 14.05.2025).
35. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – URL: <https://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.02.2025).
36. Деякі питання реалізації Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про державну підтримку сільського господарства України" щодо вдосконалення механізму формування цін на зерно" [Електронний ресурс] // Комітет Верховної Ради України з питань аграрної та земельної політики. – URL: <https://komagropolit.rada.gov.ua/print/75427.html> (дата звернення: 01.02.2025).
37. Експорт зерна з України у 2021/22 МР сягнув 61,52 млн т, а у 2022/23 МР зменшиться вдвічі [Електронний ресурс] // Graintrade.com.ua. – URL: <https://graintrade.com.ua/novosti/eksport-zerna-z-ukraini-u-202122-mr-syagnuv-6152-mln-t-a-u-202223-mr-zmenshitsya-vdvichi.html> (дата звернення: 14.02.2025).
38. Експорт українського зерна в ЄС: скільки, куди і за якими стандартами продаємо [Електронний ресурс] // Texty.org.ua. – URL:

- <https://texty.org.ua/articles/112316/eksport-ukrayinskoho-zerna-v-yes-skilky-kudy-i-za-yakymy-standartamy-prodayemo/> (дата звернення: 09.02.2025).
39. Елеваторні втрати через війну на червень 2023 року [Електронний ресурс] // Elevatorist.com. – URL: <https://elevatorist.com/blog/read/853-elevatori-vtrati-cherez-viynu-na-cherven-2023-roku> (дата звернення: 19.02.2025).
40. Закупівельні ціни на зерно в Україні [Електронний ресурс] // UkrAgroConsult. – URL: <https://ukragroconsult.com/grain-prices/> (дата звернення: 08.05.2025).
41. Зерно на експорт: вимоги та стандарти [Електронний ресурс] // Головне управління Держпродспоживслужби в Черкаській області. – URL: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/3753-zerno-na-eksport-vumohy-ta-standarty> (дата звернення: 04.04.2025).
42. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017–2024 рр. [Електронний ресурс] // SuperAgronom.com. – URL: <https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojajnist-zernovoyi-za-2017-2024-rr> (дата звернення: 20.03.2025).
43. Логістика в умовах війни: як зберегти та підтримувати експортні поставки [Електронний ресурс]. – URL: <https://www.mikhailenko.com.ua/24-05-2023/logistyka-v-umovah-vijny-yak-zberegty-ta-pitrymuvaty-eksportni-postavky/> (дата звернення: 05.03.2025).
44. Міністерство аграрної політики та продовольства України [Електронний ресурс]. – URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: 18.03.2025).
45. Потужності зберігання зерна в Україні по областях — інфографіка [Електронний ресурс] // Elevatorist.com. – URL: <https://elevatorist.com/blog/read/885-potujnosti-zberigannya-zema-v-ukrayini-po-oblastyah--infografika> (дата звернення: 27.03.2025).

46. У сезоні 2023/2024 років очікується відновлення обсягів виробництва зернових та торгівлі ними [Електронний ресурс] // Українська Зернова Асоціація. – URL: <https://uga.ua/news/u-sezoni-2023-2024-rokiv-ochikuyetsya-vidnovlennya-obsyagiv-virobnitstva-zernovih-ta-torgivli-nimi/> (дата звернення: 16.03.2025).
47. Україна в 2024 році експортувала зерна на \$9,4 млрд. Це другий результат після рекордного 2019-го [Електронний ресурс] // Forbes.ua. – 2025. – 13 січ. – URL: <https://forbes.ua/news/ukraina-v-2024-rotsi-eksportovala-zema-na-94-mlrd-tse-drugiy-rezultat-pislya-rekordnogo-2019-go-13012025-26239> (дата звернення: 13.01.2025).
48. Україна експортувала 4,6 млн т зернових та олійних культур – Мінагрополітики [Електронний ресурс] // АПК-Інформ. – URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1547766> (дата звернення: 17.03.2025).
49. Українська Зернова Асоціація [Електронний ресурс]. – URL: <https://uga.ua/> (дата звернення: 04.05.2025).
50. Урожай пшениці за 2024 та 2023 роки в Україні по всіх регіонах [Електронний ресурс] // SuperAgronom.com. – 2024. – 25 верес. – URL: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/92-urojay-pshenitsi-za-2024-ta-2023-roki-v-ukrayini-po-vsich-regionam> (дата звернення: 01.03.2025).
51. Фактори впливу на світові ринки та ціни зернових і олійних у 2024 році назвали аналітики [Електронний ресурс] // SuperAgronom.com. – URL: <https://superagronom.com/news/18261-faktori-vplivu-na-svitovi-rinki-ta-tsini-zernovih-i-oliynih-u-2024-rotsi-nazvali-analitiki> (дата звернення: 10.01.2025).
52. Ціни на зернові та олійні в Україні знижуються через слабкий попит і конкуренцію на світовому ринку [Електронний ресурс] // propozitsiya.com. – URL: <https://propozitsiya.com/news/tsiny-na-zemovi-ta-oliyni-v-ukrayini->

- znyzhuyutsya-cherez-slabkyu-popyt-i-konkurenciyu-na (дата звернення: 19.01.2025).
- 53.Ціни на пшеницю в Україні сягнули максимуму за час війни [Електронний ресурс] // AgroPortal.ua. – 2024. – 7 черв. – URL: <https://agroportal.ua/news/rasteniievodstvo/cini-na-pshenicyu-v-ukrajini-dosyagli-maksimumu-za-chas-viyni> (дата звернення: 17.03.2025).
- 54.Як вийшло, що у нас найдешевша пшениця у світі [Електронний ресурс]. – URL: <https://zn.ua/ukr/ariculture/jak-vijshlo-shcho-u-nas-najdeshevsha-pshenitsja-u-sviti.html> (дата звернення: 01.05.2025).
- 55.Яка зараз ціна на пшеницю на ринках України [Електронний ресурс] // Agro.24tv.ua. – URL: [https://agro.24tv.ua/tsina-zerno-2024-yaka-zaraz-tsina-pshenitsyu-rinkah-ukrayini\\_n2602232](https://agro.24tv.ua/tsina-zerno-2024-yaka-zaraz-tsina-pshenitsyu-rinkah-ukrayini_n2602232) (дата звернення: 26.04.2025).
- 56.Ground Demining Farmland and Improving Access to Fertilizer to Restore Ukraine’s Agricultural [Електронний ресурс] // Center for Strategic and International Studies (CSIS). – URL: <https://www.csis.org/analysis/ground-demining-farmland-and-improving-access-fertilizer-restore-ukraines-agricultural> (дата звернення: 17.04.2025).
- 57.How the Russian invasion of Ukraine has further aggravated the global food crisis [Електронний ресурс] // European Council: Council of the European Union. – URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-the-russian-invasion-of-ukraine-has-further-aggravated-the-global-food-crisis/> (дата звернення: 15.03.2025).
- 58.Tetteh I. 1,000 Days of Ukraine-Russia’s War: Projections vs. Reality [Електронний ресурс] / I. Tetteh, J. Colussi // farmdoc daily. – 2024. – Vol. 14, № 219. – URL: <https://farmdocdaily.illinois.edu/2024/12/1000-days-of-ukraine-russias-war-projections-vs-reality.html> (дата звернення: 20.05.2025).
- 59.UkrAgroConsult: Ціни на зерно [Електронний ресурс]. – URL: <https://ukragroconsult.com/grain-prices/> (дата звернення: 25.05.2025).

60. Ukraine expects to export up to 60 mln tonnes of grain, oilseeds, their products in 2023/24 MY – Agrarian Policy Ministry [Электронный ресурс] // Interfax. – URL: <https://interfax.com/newsroom/top-stories/86221/> (дата звернення: 28.02.2025).
61. Ukraine: Agricultural Production and Exports [Электронный ресурс] / U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. – 2023. – June. – URL: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/UkraineJune2023.pdf> (дата звернення: 05.04.2025).
62. Ukrainian Agriculture in Wartime [Электронный ресурс] // Transnational Institute (TNI). – URL: <https://www.tni.org/en/article/ukrainian-agriculture-in-wartime> (дата звернення: 01.05.2025).
63. World-Grain.com: Ukraine Sees Rise in Grain Output, Exports [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.world-grain.com/articles/20341-ukraine-sees-rise-in-grain-output-exports> (дата звернення: 10.01.2025).