

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет інформаційних технологій

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
інформаційних технологій
Ігор БОЛБОТ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
економічної кібернетики
Наталія РОГОЗА

(підпис)
«_____» 2025 р.

(підпис)
«_____» 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

**«Моделювання використання земельних ресурсів у
сільському господарстві України в умовах викликів»**

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітня програма – «Економічна кібернетика»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

к.е.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ГАЛАЄВА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.е.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ГАЛАЄВА

Виконав

(підпис)

Богдан БОЦЯН

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет інформаційних технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
економічної кібернетики

к.е.н., доцент _____ Наталія РОГОЗА

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ**

Боцяну Богдану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітня програма – «Економічна кібернетика»

Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи **«Моделювання використання земельних ресурсів у сільському господарстві України в умовах викликів»**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «01» 11.2024 р. №_1967 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Дані державної служби статистики України

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Теоретичні основи використання земельних ресурсів
2. Моделювання використання земельних ресурсів у сільському господарстві України в умовах викликів
3. Напрями удосконалення сільськогосподарського землекористування в Україні в умовах викликів

Перелік графічного матеріалу (за потреби) _

Дата видачі завдання «04» 11. 2024р.

Керівник магістерської

кваліфікаційної роботи, к.е.н., доцент _____ Людмила ГАЛАСВА
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Богдан БОЦЯН

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 95 сторінках друкованого тексту. Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 57 найменувань. У роботі представлено 9 рисунків та 32 таблиці.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методичних засад та розробка економіко-математичних моделей оптимального використання земельних ресурсів у сільському господарстві України з урахуванням сучасних викликів для забезпечення сталого розвитку галузі та продовольчої безпеки країни.

Об'єктом дослідження є процеси використання земельних ресурсів у сільському господарстві України, які характеризуються складною взаємодією економічних, екологічних та соціальних факторів в умовах воєнного стану та необхідності забезпечення продовольчої безпеки.

Предметом дослідження є теоретичні, методичні та прикладні аспекти моделювання оптимального використання земельних ресурсів України в умовах викликів.

Методи дослідження. Для досягнення мети в роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів дослідження. Теоретичну основу становлять методи наукової абстракції, системного аналізу та синтезу для визначення сутності земельних ресурсів та їх ролі в економічній системі. Для аналізу сучасного стану використання земельних ресурсів застосовано статистичні методи, включаючи аналіз динамічних рядів, структурний аналіз та порівняння. Економіко-математичне моделювання використано для оптимізації структури землекористування, зокрема методи лінійного програмування для визначення оптимальної структури посівних площ.

Результати дослідження. У процесі дослідження уточнено теоретичні підходи до визначення економічної сутності земельних ресурсів з урахуванням їх багатофункціональності. Проведено комплексну оцінку сучасного стану земельних ресурсів України, визначено масштаби деградації (19,4 млн га зазнали

дегуміфікації, 13,2 млн га – водної ерозії). Розроблено економіко-математичну модель оптимізації структури посівних площ з урахуванням екологічних обмежень, яка дозволяє підвищити ефективність землекористування на 15-20%. Обґрунтовано систему заходів щодо відновлення родючості ґрунтів та запобігання подальшій деградації.

У розділі 1 «Теоретичні основи використання земельних ресурсів у сільському господарстві України» розглянуто сутність земельних ресурсів як багатофункціональної економічної категорії, що поєднує економічні, екологічні та соціальні функції. Визначено, що земельні ресурси виступають одночасно як засіб виробництва, предмет праці та природне середовище, що обумовлює їх унікальність серед факторів виробництва.

Проведено діагностику сучасного стану використання земельних ресурсів України, яка виявила критичні структурні дисбаланси: надмірна розораність території (78-80% сільськогосподарських земель при екологічно обґрунтованому порозі 60-70%), порушення науково обґрунтованих сівозмін (частка зернових та олійних товарних культур перевищує 85% при нормі 50-60%), недостатнє внесення органічних добрив (менше 0,5 т/га при потребі 8-10 т/га). Встановлено, що близько 57% сільськогосподарських угідь зазнали різних форм деградації, що призводить до щорічних економічних втрат у розмірі 8-9 млрд доларів США.

Систематизовано типи землекористування (екстенсивний, змішаний, інтенсивно-екологічний) та обґрунтовано необхідність переходу до інтенсивно-екологічного типу, що поєднує високу продуктивність з екологічною стійкістю. Визначено ключові фактори впливу на землекористування: природно-кліматичні умови, економічні механізми (оренда землі, державна підтримка), інституційне середовище (земельне законодавство, контроль), технологічний рівень та воєнні реалії.

У розділі 2 «Моделювання використання земельних ресурсів у сільському господарстві України в умовах викликів» систематизовано теоретичні основи моделювання в економіці та обґрунтовано методичні засади їх застосування до задач оптимізації землекористування.

Проаналізовано передовий європейський досвід впровадження систем підтримки прийняття рішень: CAPRI для оцінки впливу політичних інтервенцій, інтегровану систему адміністрування та контролю (IACS) з використанням супутникових технологій Copernicus Sentinel, платформи прецизійного землеробства (FarmMaps у Нідерландах з рівнем впровадження 85% ферм, Farming 4.0 у Німеччині – 78% великих господарств, API-AGRO у Франції – 65% господарств).

Розроблено комплексну модель оптимізації структури посівних площ на основі методів лінійного програмування для Херсонської області. Модель інтегрує економічні критерії (максимізацію еколого-скоригованого прибутку) з екологічними обмеженнями (граничне навантаження на ґрунти, баланс органічної речовини) та обмеженнями продовольчої безпеки. Оптимізаційна задача з цільовою функцією $\text{Max } Z = 10300x_1 + 10200x_2 + 11400x_3$ (де змінні відображають площі під пшеницею, соняшником та соєю) показала оптимальну структуру: 230 тис. га пшениці (прибуток 2,369 млн грн), 150 тис. га соняшнику (1,53 млн грн) та 190 тис. га сої (2,166 млн грн), що забезпечує сумарний еколого-скоригований прибуток 6,065 млн грн.

Запропоновано методику багаторівневої оцінки ризиків сільськогосподарського землекористування, яка включає: індекс співвідношення вартості товарної продукції ($I = T_i/T_{cp}$); стандартизовані коефіцієнти кореляції між цінами та урожайністю культур; інтегральний показник ризику $\bar{R} = \sqrt[3]{(R_1 \times R_2 \times R_3)}$; формулу оцінки відносної доходності сівозміни $P = \Sigma(I \times B \times \bar{R})$. Встановлено, що інтегральний коефіцієнт ризику в умовах воєнного стану збільшився в 2,5-3 рази порівняно з довоєнним періодом.

Побудовано систему економетричних моделей для кількісної оцінки впливу різних факторів на продуктивність аграрного сектору: виробничу функцію Кобба-Дугласа ($R^2 = 0,8068$), модель продуктивності землі ($R^2 = 0,9669$) та двохрежимну модель з урахуванням воєнного періоду ($R^2 = 0,9600$). Визначено, що збільшення обсягу виробництва на 1% призводить до зростання ВВП на 6,04%, збільшення державних витрат на 1% – до зростання ВВП на

0,58%, а структурний злам у воєнний період становить -183,3 умовних одиниць базового ВВП. Часовий тренд технологічного прогресу забезпечує автономний внесок у зростання продуктивності на рівні 0,105 ум. од./тис. га щороку, що за 14 років становить 17,8% від середньої продуктивності.

У розділі 3 «Напрями удосконалення сільськогосподарського землекористування в Україні в умовах викликів» проаналізовано військові виклики та їхній вплив на систему землекористування. Встановлено, що близько 30% сільськогосподарських земель (6-8 млн га) зазнали прямого або опосередкованого впливу бойових дій, понад 5 млн га потребують розмінування, 2,4 млн га забруднені важкими металами та продуктами горіння. Визначено регіональний розподіл пошкоджень: Донецька область – 484,1 тис. га (25%), Запорізька – 381 тис. га (20%), Херсонська – 351 тис. га (18,4%), Харківська – 339 тис. га (17,7%). Економічні втрати від воєнного впливу становлять щонайменше 25-30 млрд доларів США.

Побудовано три сценарії використання земельних ресурсів у післявоєнний період: оптимістичний (5-7 років відновлення при інвестиціях 50-60 млрд доларів США, швидкість розмінування 1 млн га/рік), реалістичний (10-12 років при інвестиціях 20-25 млрд доларів США з пріоритезацією найбільш продуктивних земель) та песимістичний (до 15 років при затяжному конфлікті та обмежених ресурсах з консервацією деградованих земель). Для кожного сценарію розраховано траєкторії відновлення продуктивності та обсяги необхідного фінансування.

Обґрунтовано систему практичних рекомендацій щодо вдосконалення управління земельними ресурсами: впровадження диференційованого підходу до використання земель залежно від якісного стану; розробка регіональних програм відновлення родючості ґрунтів з державною підтримкою (3-5 млрд грн щорічно); стимулювання ґрунтозахисних технологій через субсидії (30-40% вартості техніки для No-till) та податкові пільги (зниження земельного податку на 25%); створення національної системи моніторингу з використанням супутникових технологій; розвиток органічного землеробства на 15-20% площ

(3-4 млн га до 2035 року). Доведено необхідність удосконалення інституційного забезпечення через посилення контролю за сівозмінами (штрафні санкції до 10% кадастрової вартості), запровадження екологічного аудиту для великих землекористувачів (понад 3 тис. га) та створення компенсаційного механізму для інвестицій у відновлення родючості (відшкодування до 40% витрат).

Апробація розроблених моделей на даних типових аграрних підприємств різних регіонів показала можливість підвищення рентабельності на 15-20% при одночасному зниженні екологічного навантаження на 25-30% порівняно з існуючою практикою землекористування. Результати дослідження доводять критичну важливість переходу до інтенсивно-екологічного типу землекористування на основі науково обґрунтованих економіко-математичних моделей оптимізації.

Ключові слова: земельні ресурси, моделювання, оптимізація, лінійне програмування, економетричні моделі, воєнні виклики, деградація ґрунтів, післявоєнне відновлення, продовольча безпека, сталий розвиток, структура посівних площ, оцінка ризиків

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1	15
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ..	15
1.1. Загальна характеристика земельних ресурсів	15
1.2. Класифікація сільськогосподарських угідь	21
1.3. Економічний аналіз сільськогосподарського землекористування в Україні	28
Висновки до розділу 1	34
РОЗДІЛ 2	35
МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ	35
2.1. Методичні засади моделювання землекористування	35
2.2. Оцінка ризику сільськогосподарського землекористування	43
2.3. Моделювання сільськогосподарського землекористування в умовах викликів	48
Висновки до розділу 2	60
РОЗДІЛ 3	64
НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ	64
3.1. Військові виклики та їхній вплив на землекористування	64
3.2. Кліматичні та екологічні виклики використання земельних ресурсів	70
3.3 Напрями удосконалення системи землекористування	80
Висновки до розділу 3	84
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91

ВСТУП

Актуальність теми. Війна в Україні завдала нищівного удару по сільському господарству, що призвело до значних втрат врожаю, скорочення посівних площ та обсягів експорту. Руйнування критичної інфраструктури, такої як системи зрошення, сховища та транспортні шляхи, значно ускладнює виробництво та дистрибуцію сільськогосподарської продукції.

Забруднення земель та водних ресурсів внаслідок бойових дій, включаючи використання вибухівки, хімічних речовин та палива, створює довгострокові екологічні проблеми та загрожує здоров'ю населення. Крім того, масова міграція населення з сільських районів призводить до браку робочої сили та втрати традиційних знань у сільському господарстві.

Питання управління земельними ресурсами та їх раціонального використання досліджували вітчизняні науковці: Добряк Д.С., Мартин А.Г., Третяк А.М., Федоров М.М., Месель-Веселяк В.Я., Новаковський Л.Я., які заклали теоретичні основи землекористування в Україні. Проблеми деградації ґрунтів та відновлення їх родючості вивчали Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. Економічні аспекти використання земельних ресурсів в умовах ринкової економіки розглядали Лупенко Ю.О., Ходаківська О.В., Могильний О.М.

Питаннями економіко-математичного моделювання в аграрному секторі займалися Скрипник А.В., Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Клебанова Т.С. Серед зарубіжних вчених значний внесок у розвиток моделювання землекористування зробили Norton R.D., Hazell P.B., van Ittersum M.K., Ewert F., які розробили комплексні підходи до оптимізації використання земельних ресурсів.

У цих складних умовах еколого-економічний аналіз стає незамінним інструментом для розуміння та вирішення проблем, спричинених війною. Моделювання дозволяє всебічно оцінити вплив конфлікту на довкілля та економіку, враховуючи такі аспекти, як забруднення земель та водних ресурсів, втрата біорізноманіття, руйнування інфраструктури, скорочення робочої сили та

порушення ланцюгів постачання. Цей аналіз дає змогу розробити комплексні стратегії для сталого розвитку сільського господарства, враховуючи як економічні, так і екологічні аспекти, а також соціальні наслідки війни.

Застосування сучасних технологій та екологічно безпечних практик, поряд із ефективним управлінням земельними ресурсами, є ключовими факторами для відновлення та подальшого розвитку аграрного сектору.

Впровадження інноваційних методів обробітку ґрунту, використання стійких до хвороб та шкідників сортів рослин, оптимізація використання добрив та пестицидів, а також розвиток органічного землеробства можуть сприяти підвищенню врожайності, зниженню негативного впливу на довкілля та підвищенню конкурентоспроможності української сільськогосподарської продукції на світовому ринку.

Незважаючи на труднощі, Україна має значний потенціал для подолання наслідків війни та досягнення сталого розвитку сільського господарства. Поєднання моделювання з комплексними заходами щодо відновлення інфраструктури, підтримки фермерів та розвитку сільських територій може сприяти відродженню галузі та забезпеченню продовольчої безпеки країни. Створення сприятливого інвестиційного клімату, розвиток сільськогосподарської освіти та науки, а також підтримка малих та середніх фермерських господарств є важливими кроками у цьому напрямку.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методичних засад та розробка економіко-математичних моделей оптимального використання земельних ресурсів у сільському господарстві України з урахуванням сучасних викликів для забезпечення сталого розвитку галузі та продовольчої безпеки країни.

Об'єктом дослідження є процеси використання земельних ресурсів у сільському господарстві України, які характеризуються складною взаємодією економічних, екологічних та соціальних факторів в умовах воєнного стану та необхідності забезпечення продовольчої безпеки.

Предметом дослідження є теоретичні, методичні та прикладні аспекти моделювання оптимального використання земельних ресурсів України в умовах викликів.

Методи дослідження. Для досягнення мети в роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів дослідження. Теоретичну основу становлять методи наукової абстракції, системного аналізу та синтезу для визначення сутності земельних ресурсів та їх ролі в економічній системі. Для аналізу сучасного стану використання земельних ресурсів застосовано статистичні методи, включаючи аналіз динамічних рядів, структурний аналіз та порівняння. Економіко-математичне моделювання використано для оптимізації структури землекористування, зокрема методи лінійного програмування для визначення оптимальної структури посівних площ.

Інформаційну базу дослідження склали дані Державної служби статистики України, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр), Міністерства аграрної політики та продовольства України, Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», звіти міжнародних організацій (ФАО, Світовий банк), наукові публікації вітчизняних та зарубіжних вчених, результати власних розрахунків автора.

Наукова новизна. Дістали подальший розвиток підходи до моделювання використання земельних ресурсів у сільському господарстві України, зокрема в умовах сучасних викликів, до яких додалися виклики, пов'язані з війною, зокрема запропоновано використовувати багаторівневу оцінку ризиків сільськогосподарського землекористування та враховувати три можливі сценарії використання земельних ресурсів у післявоєнний період: (оптимістичний, реалістичний та песимістичний) при розробці стратегічних та тактичних завдань післявоєнного відновлення.

Результати дослідження. У процесі дослідження уточнено теоретичні підходи до визначення економічної сутності земельних ресурсів з урахуванням їх багатофункціональності. Проведено комплексну оцінку сучасного стану

земельних ресурсів України, визначено масштаби деградації (19,4 млн га зазнали дегуміфікації, 13,2 млн га – водної ерозії). Розроблено економіко-математичну модель оптимізації структури посівних площ з урахуванням екологічних обмежень, яка дозволяє підвищити ефективність землекористування на 15-20%. Обґрунтовано систему заходів щодо відновлення родючості ґрунтів та запобігання подальшій деградації.

Теоретична цінність роботи полягає в удосконаленні методичних підходів до моделювання використання земельних ресурсів з урахуванням обмежень воєнного часу, розвитку теоретичних положень щодо оптимізації землекористування в умовах викликів.

Практична значущість полягає в тому, що розроблені моделі та рекомендації можуть бути використані органами державного управління при формуванні політики у сфері земельних відносин, аграрними підприємствами при плануванні структури виробництва, науковими установами при розробці програм відновлення родючості ґрунтів. Результати дослідження можуть бути основою для розробки регіональних програм раціонального використання земель та стратегій післявоєнного відновлення аграрного сектору.

Апробація результатів. Основні положення та результати дослідження обговорювались на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» (м. Київ, НУБіП України, 25 квітня 2024 р.), на XV Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» (м. Київ, НУБіП України, 8 листопада 2024 р.), на VII Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем '2025» (м. Київ, НУБіП України, 24 квітня 2025 р.) та на XVI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» (м. Київ, НУБіП України, 28 жовтня 2025 р.).

Публікації. Основні положення дослідження опубліковані у чотирьох збірниках матеріалів наукових конференцій загальним обсягом 1,0 д.а. Зокрема,

у збірнику матеріалів VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» (м. Київ, НУБіП України, 25 квітня 2024 р.) опубліковано «Моделювання деградації земельних ресурсів в умовах війни» обсягом 0,25 д.а., у збірнику матеріалів XV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» (м. Київ, НУБіП України, 8 листопада 2024 р.) опубліковано «Оптимізація використання земельних ресурсів України» обсягом 0,25 д.а., у збірнику матеріалів VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем '2025» (м. Київ, НУБіП України, 24 квітня 2025 р.) опубліковано «Еколого-економічний аналіз та моделювання сільськогосподарського землекористування в Україні в умовах війни» обсягом 0,25 д.а., та у збірнику матеріалів XVI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» (м. Київ, НУБіП України, 28 жовтня 2025 р.) опубліковано «Оцінка ризику сільськогосподарського землекористування» обсягом 0,25 д.а.

Наукова робота на тему «Еколого-економічний аналіз та моделювання сільськогосподарського землекористування в Україні в умовах війни» була представлена на I етапі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт у 2024/2025 навчальному році і посіла III місце.

Структура та обсяг магістерської кваліфікаційної роботи. Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг становить 95 сторінки. Робота містить 32 таблиць та 9 рисунків. Список використаних джерел налічує 57 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

1.1. Загальна характеристика земельних ресурсів

Сільськогосподарські земельні ресурси є ключовим продуктивним активом, що забезпечує глобальну продовольчу безпеку, добробут сільського населення та надання екосистемних послуг. Водночас вони зазнають значного тиску через зростання населення, зміну раціонів, кліматичні зміни, деградацію довкілля та конкуренцію за землю з боку урбанізації, інфраструктурного розвитку й природоохоронних потреб [6].

За оцінками ФАО, до 2050 року обсяг аграрного виробництва має зрости приблизно на 70%, щоб забезпечити потреби населення світу, яке очікувано досягне 9,7 млрд осіб. Це має відбуватися із мінімізацією негативного впливу на довкілля шляхом сталої інтенсифікації, тобто підвищення продуктивності вже освоєних угідь без розширення сільськогосподарських площ за рахунок лісів і природних екосистем.

Земельні ресурси є базовим елементом природного середовища, що визначається рельєфом, ґрунтами, рослинністю, надрами та водами. Вони є основним засобом виробництва в сільському й лісовому господарстві та простором для розміщення всіх галузей економіки. Земля забезпечує існування та функціонування інших природних ресурсів – водних, біологічних та атмосферних [21].

Як важливий чинник економічного розвитку та добробуту, земельні ресурси формують основу для аграрного сектору, промисловості, будівництва та підтримання екологічної рівноваги. Їх раціональне використання сприяє сталому розвитку, продовольчій безпеці та підвищенню якості життя населення. Тому насамперед необхідно з'ясувати сутність поняття «земельні ресурси».

Земельні ресурси разом з іншими природними ресурсами (лісовими, водними, мінеральними, кліматичними) є компонентами оточуючого середовища, місцем існування людини, їм належить активна участь у

суспільному виробництві, вони є засобом виробництва і джерелом задоволення потреб людини. Саме створення потужного потенціалу багатьох держав, що представлені багатогалузевою промисловістю, розвиненим сільським господарством, розгалуженою транспортною мережею людство зобов'язане землі [37].

Різні групи науковців розглядають сутність поняття “земельні ресурси” по різному. Деякі розглядає це як те, що може забезпечити розширене відтворення національного багатства і виступають фактором соціально–економічного розвитку. Інші ж ґрунтують свою думку на тому, що земельні ресурси є фундаментальною базою аграрного виробництва.

Основним поясненням відсутності загального підходу до роз'яснення змісту “земельних ресурсів”, є те що різні вчені при дослідженнях спираються на сутність тих чи інших функцій земельних ресурсів. Тому враховуючи зміст “земельних ресурсів” можемо поділити його на 3 блоки по функціям, а саме: економічний, екологічний, соціальний; як це зображено на рисунку 1.1.



Рис. 1.1. Функції земельних ресурсів

Джерело: розроблено автором на основі [1, 2]

Економічний блок. Земельні ресурси є основою сільськогосподарського виробництва, забезпечують продовольство, сировину та простір для розміщення культур, худоби, лісового господарства, промислових об'єктів і населених пунктів. Земля виступає і засобом, і предметом праці та має товарну форму: її купують, продають, орендують. Через обмеженість та унікальність вона відрізняється від інших економічних благ. Із 2024 року юридичні особи також отримали право купувати сільськогосподарські землі.

У ринковій економіці земля може належати в різних формах власності й є об'єктом прав на володіння, користування, охорону та розпорядження, що фіксується у земельному кадастрі. Раціональне управління земельними ресурсами є важливою складовою економічної безпеки, оскільки земля визначає продовольчу, ресурсну, екологічну та соціальну стабільність. Її економічна функція полягає у підтримці виробництва, створенні робочих місць, зростанні добробуту та забезпеченні сталого розвитку.

Екологічний блок. Екологічні функції землі полягають у підтриманні екосистем, біорізноманіття, регуляції клімату та водного балансу, а також запобіганні деградації довкілля. Екологічні вимоги до землекористування спрямовані на відтворення родючості ґрунтів, збереження ландшафтів і покращення стану природних територій.

Раціональне землекористування передбачає отримання економічно виправданої продукції без порушення екологічної рівноваги. Забезпечення екологічної стійкості потребує комплексу інструментів, що регулюють використання земель та їх охорону. Екологічна функція є ключовою, адже підтримує якість води, повітря, ґрунтів і створює основу для діяльності, залежної від здорових екосистем (рис. 1.2).

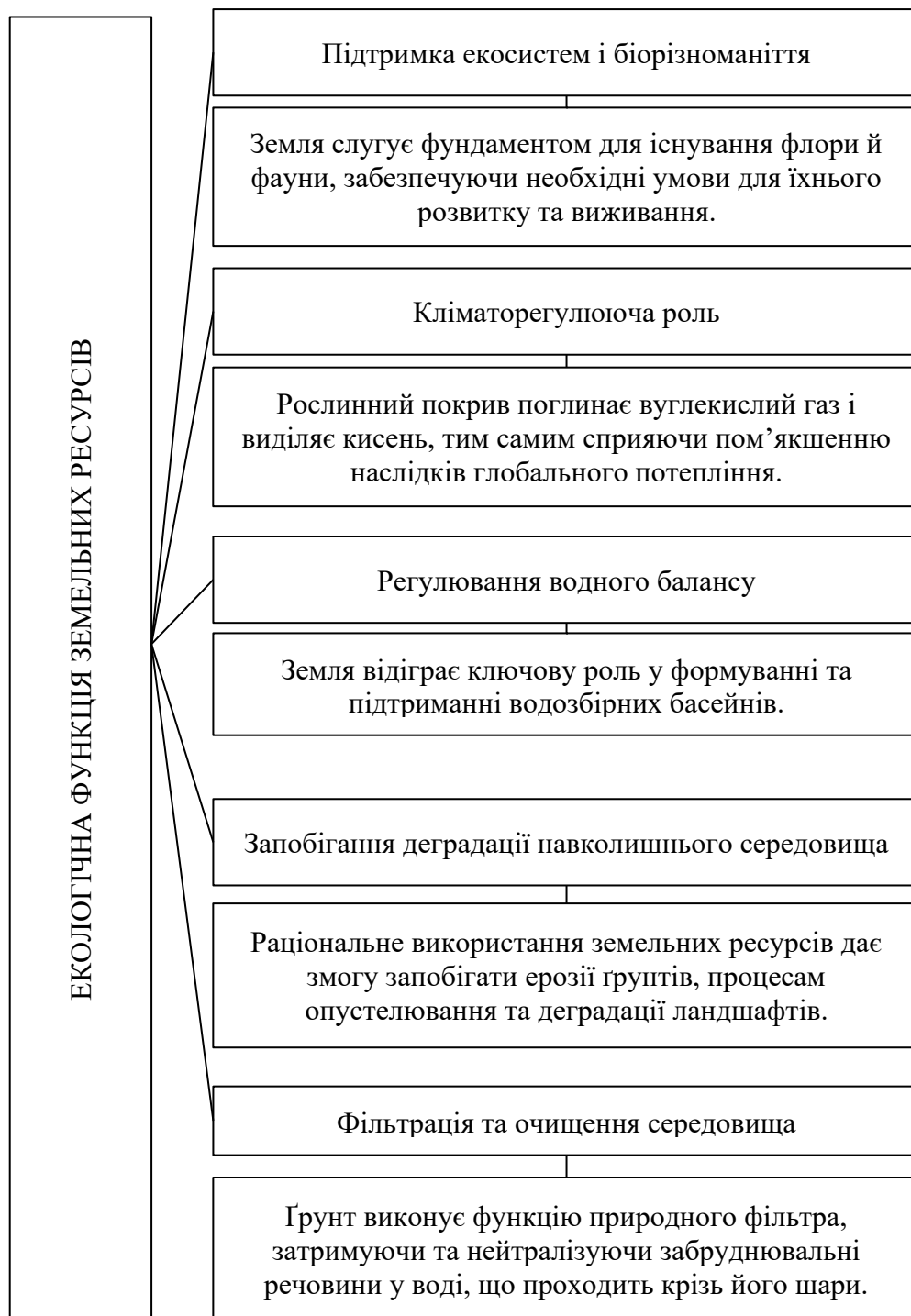


Рис. 1.2. Екологічна функція земельних ресурсів

Джерело: розроблено автором на основі [1, 2]

Узагальнюючи, важливо зазначити, що екологічна функція відіграє ключову роль у житті суспільства, оскільки забезпечує комфортні умови для життя майбутніх поколінь, стабілізує клімат, зберігає якість води та повітря, а також створює основу для розвитку сільського господарства, лісового господарства та інших видів діяльності, які залежать від здорових екосистем.

Соціальний блок. Соціальні функції земельних ресурсів пов'язані з підвищенням якості життя населення через розвиток соціальної, виробничої, транспортної, інженерної, інформаційної та екологічної інфраструктури. Їх реалізація створює повноцінне життєве середовище для теперішніх і майбутніх поколінь (Рис. 1.3).

Соціальна функція, має вагому роль у сталому розвитку суспільства. Сутність даної функції лежить в тому, що земельні ресурси служать не лише економічним благом, а й соціальним, сутність якого спрямована на задоволення потреб населення у праці, житлі, відпочинку, продовольстві та інших життєво необхідних умов.

Інакше кажучи, реалізація соціально функції полягає в:

- плануванні використання земель, яке полягає в ефективному розподілі території для будівництва житла, промислових об'єктів та місць для відпочинку;
- рівному розподілі земельних ресурсів, щоб кожна група людей мала можливість отримувати землю;
- збереженні земель з історичним та культурним значенням;
- покращенні інфраструктури в сільських районах для створення кращих умов життя в сільських селах.



Рис. 1.3. Основні аспекти соціальної функції земельних ресурсів

Джерело: розроблено автором на основі [1, 2]

Тому, на основі вище зазначеного, можна вважати, що земельні ресурси є не лише чинником виробництва, а й великим благом. Оскільки, соціальна ефективність включає в себе взаємодія з місцевими громадами, забезпечення передачі аграрного бізнесу від батьків до дітей та створення умов для того, щоб сільські райони були відчутно пов'язані між собою та відчували себе єдиним цілим, що є досить обширним благом для населення.

Тому, триєдина концепція соціо–еколоґо–економічного розвитку створює фундамент для регулювання земельних відносин. В результаті чого, раціональне використання та збереження земельних ресурсів має стати основною задачею, бо земельні ресурси відіграють дуже важливу роль у розвитку будь–якої країни світу.

1.2. Класифікація сільськогосподарських угідь

Сільське господарство є ключовою галуззю економіки України, забезпечуючи продовольчу безпеку, зайнятість населення та експортні надходження. Сільськогосподарські угіддя – важлива частина земельного фонду, від раціонального використання яких залежить стабільність аграрного виробництва та майбутні продовольчі ресурси [5].

Сільськогосподарські угіддя мають дві основні правові ознаки: вони призначені для аграрного використання та можуть застосовуватися в усіх процесах сільськогосподарського виробництва – від вирощування культур і тварин до їх зберігання та транспортування.

Класифікація сільськогосподарських земель є важливою для ефективного землекористування, економічного аналізу, податкової політики й планування аграрного виробництва. Вона охоплює різні підходи, що відображають властивості земель.

За цільовим призначенням землі поділяють відповідно до функцій, які вони виконують. Земельний кодекс України виділяє землі сільськогосподарського призначення, лісового фонду, промисловості, транспорту, населених пунктів, природоохоронного, рекреаційного, історико-культурного та іншого призначення.

У межах сільськогосподарських угідь додатково розрізняють рілля, сади, виноградники, ягідники, пасовища, сіножаті та перелоги. Такий поділ допомагає планувати структуру посівів, спеціалізацію господарств і контролювати якість землекористування.

Класифікація за якістю ґрунту ґрунтується на характеристиках, що визначають продуктивність: родючості, структурі, кислотності, зволоженості, дренажі, вмісті гумусу й поживних речовин. Оцінка цих параметрів формує шкали якості земель, необхідні для визначення їх придатності до вирощування культур, економічної вартості та раціонального використання [29].

За формою власності землі розподіляються відповідно до того, хто має право на власність або користування. В Україні є державна, комунальна, приватна та корпоративна форми. Державна власність передбачає, що землі є власністю держави або її органів і використовуються для суспільних потреб. Комунальна власність – це землі, які належать місцевим громадам. Приватна власність дозволяє громадянам та підприємствам самостійно використовувати землю, що стимулює інвестиції та розвиток сільського господарства. Корпоративна власність – це колективне володіння землею, яке поєднує приватну та колективну форми. Форма власності впливає на економічну мотивацію, рівень інвестування, ефективність використання землі та можливості довгострокового планування.

За інтенсивністю використання землі її поділяють залежно від ступеня залучення в господарський оборот та рівня використання трудових, фінансових і технологічних ресурсів. Вирізняють інтенсивне, помірне та екстенсивне землеробство.

Інтенсивне використання передбачає застосування сучасних технологій, високоврожайних сортів, зрошення, меліорації, добрив і засобів захисту, що забезпечує високу продуктивність, але потребує значних інвестицій.

Помірне використання поєднує природні й технологічні ресурси, підтримуючи родючість ґрунтів та стабільне виробництво без істотного впливу на довкілля.

Екстенсивне використання характеризується мінімальними інвестиціями та технічними засобами, а збільшення виробництва досягається переважно за рахунок розширення площ, а не підвищення врожайності.

Отже, класифікація земель залежно від їх призначення, якості, власності та ступеня використання дозволяє повноцінно оцінити земельний потенціал країни, визначити найкращі шляхи його розвитку та забезпечити ефективне виконання державної політики стосовно землекористування (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1.

Класифікація сільськогосподарських земельних ресурсів

Критерій класифікації	Категорії	Характеристика	Економічні наслідки
Цільове призначення	Рілля	Землі під щорічні посіви	Найвища цінність; гнучкість використання
	Багаторічні насадження	Сади, виноградники	Високі інвестиції; відкладений прибуток
	Сіножаті	Природні або покращені травостої	Сезонне використання
	Пасовища	Землі для випасу худоби	Екстенсивне використання
	Під паром	Тимчасово незадіяні землі	Потенціал відновлення
Якість земель	Висока (>60 балів)	Глибокі родючі ґрунти	Висока продуктивність
	Середня (40–60)	Обмежена родючість	Стандартне використання
	Низька (<40)	Піщані, ерозійні ґрунти	Низька рентабельність

Власність	Державна	Землі у користуванні держави	Оренда, стратегічний резерв
	Приватна	Власність фермерів	Сильні стимули до інвестицій
	Корпоративна	Агрохолдинги	Економія на масштабі
	Комунальна	Кооперативна власність	Колективне управління
Інтенсивність використання	Інтенсивне	Високий рівень технологій, зрошення	Високі прибутки; великі витрати
	Помірне	Стандартне землеробство	Збалансована економіка
	Екстенсивне	Мінімум капіталу, природна продуктивність	Нижчі витрати; екостійкість

Джерело: розроблено автором на основі [2, 10]

У таблиці продемонстрований систематизований підхід до класифікації сільськогосподарських земельних ресурсів за чотирма основними критеріями – призначенням, якістю землі, формою власності та їх використанням. Такий метод допомагає не тільки організувати земельний фонд, а й зрозуміти його вплив на економіку, навколишнє середовище та суспільство. Таблиця зображує, що ефективне використання землі залежить не тільки від якості ґрунтів, а й від форми власності, рівня використання та правильної планування.

Коректне поєднання цих факторів забезпечує стійкий розвиток сільського господарства, його конкурентоспроможність та збереження земельних ресурсів для майбутніх поколінь.

Україна займає унікальне місце на світовій карті завдяки сприятливим природним умовам для аграрного виробництва. На її території зосереджено один із найбільших масивів родючих чорноземів – понад 25 млн гектарів.

Ці ґрунти характеризуються високим вмістом гумусу, доброю структурою та здатністю забезпечувати стабільні врожаї навіть за кліматичних змін. Саме тому українські землі історично вважаються одними з найцінніших у Європі, а питання їх ефективного використання є стратегічно важливим для країни.

За Земельним кодексом України, сільськогосподарські угіддя розподіляються за використанням і природними особливостями. Це включає рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища та перелоги. Такий поділ відображає не лише, для чого використовуються землі, але й як вони економічно корисні та чи їх можна екологічно витримати.

Станом на початок 2024 р. площа територій України, придатних для господарської діяльності, становила 48 109,77 тис. га, що на 16,78 % більше порівняно з 2022 р. та на 2,83 % більше відносно 2023 р. Таке зростання зумовлене деокупацією частини земель Харківської та Херсонської областей. Площа лісів та лісовкритих територій збільшилася на 18,53 % порівняно з 2022 р., а площа сільськогосподарських угідь – на 16,69 %, у тому числі ріллі та перелогів – на 15,31 %, сіножатей і пасовищ – на 24,07 %.

Отримані результати сприяють більш глибокому усвідомленню потенціалу відновлення та подальшого розвитку сільськогосподарського виробництва й інших напрямів землекористування в умовах завданих масштабних втрат унаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації.

Уточнення площі земельного фонду та його складових надає важливу інформацію для розробки покращених прогнозів. Це, в свою чергу, є ключовим для реалізації ефективних земельних політик, оптимізації розподілу ресурсів, залучення інвестицій у аграрний сектор, та впровадження інноваційних підходів до землеробства. Все це сприятиме стійкому розвитку сільськогосподарської галузі України, відновленню економіки та підвищенню продовольчої безпеки.

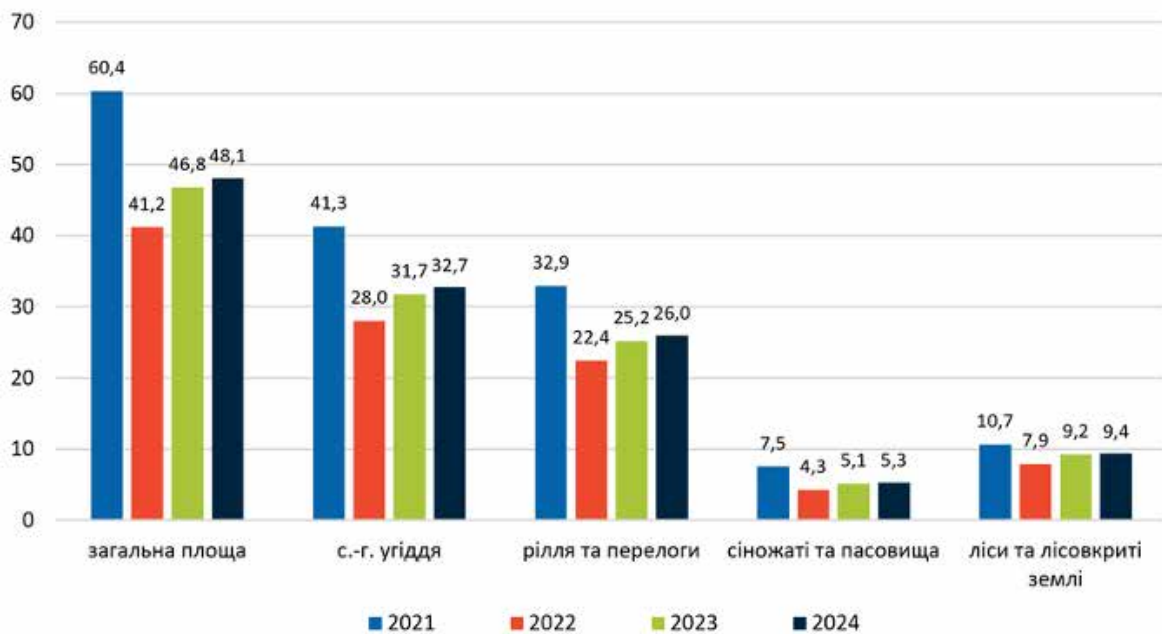


Рис. 1.4. Динаміка складових земельних ресурсів України

Джерело: розроблено автором на основі [32, 56]

Інтенсивне використання земель без дотримання агротехнічних і екологічних правил призводить до зниження родючості, ерозії ґрунтів та зменшення врожайності. Для ефективного використання землі потрібно підтримувати принципи сталого розвитку – забезпечувати високу продуктивність виробництва, але не знищувати природні ресурси для майбутніх поколінь.

Отже, земельні ресурси України – це не лише база господарської діяльності, а й стратегічний актив, що визначає економічну незалежність, екологічну стабільність і соціальну безпеку країни. Тому їх ефективне управління є ключовим завданням державної політики.

Структура земельного фонду свідчить, що більша частина території використовується в сільському господарстві завдяки сприятливим природним умовам і високій родючості ґрунтів. Це підтримує продовольчу безпеку та експортний потенціал країни, хоча водночас породжує низку екологічних ризиків.

В Україні розорано 53,9% земель, що значно перевищує рекомендовані 40–45% для лісостепової та степової зон. Такий рівень освоєння підвищує

продуктивність, але спричиняє деградацію ґрунтів, зменшення біорізноманіття та порушення екологічної рівноваги.

Таблиця 1.2

**Порівняльна таблиця основних сільськогосподарських показників
провідних аграрних країн 2023**

Показник	Україна	Китай	Франція	Німеччина	Польща
Загальна площа с/г угідь (млн га)	41.5	118.97	~29.0	~16.6	~14.4
Площа ріллі (млн га)	32.9	99.93	~18.0	~11.7	~10.7
Виробництво зернових (млн тонн)	60.0	695.41	64.2	42.5	35.2
Урожайність пшениці (тонн/га)	~4.0	5.85	7.38	7.48	5.55
Виробництво пшениці (млн тонн)	~22.0	136.59	35.6	21.6	13.2
Виробництво кукурудзи (млн тонн)	~31.0	288.84	12.8	4.3	9.0 ¹
Ключові культури	Пшениця, кукурудза, соняшник	Кукурудза, рис, пшениця	Пшениця, ячмінь, кукурудза	Пшениця, ячмінь	Пшениця, ячмінь, ріпак

Джерело: розроблено автором на основі [34, 48]

Порівняння свідчить, що Україна володіє одними з найбільших у світі площ сільськогосподарських угідь – 41,5 млн га, що значно перевищує європейських лідерів (Франція – 29 млн га, Німеччина – 16,6 млн га, Польща – 14,4 млн га). За площею ріллі Україна поступається лише Китаю, що підтверджує її потенціал як крупного аграрного виробника.

Попри це, рівень урожайності пшениці в Україні (~4,0 т/га) істотно нижчий, ніж у розвинених країнах ЄС (Франція – 7,38 т/га, Німеччина – 7,48 т/га) та навіть нижчий за Китай (5,85 т/га). Це свідчить про значний резерв для підвищення продуктивності через технологізації, модернізацію аграрних практик та покращення систем зрошення.

У виробництві зернових Україна демонструє високі результати – 60 млн тонн, що подібно до Франції (64,2 млн тонн) та значно перевищує Німеччину й Польщу. Основний внесок забезпечує кукурудза (~31 млн тонн), за якою Україна входить до світових лідерів. Однак абсолютним світовим гігантом залишається Китай – понад 695 млн тонн зернових, що майже у 11 разів більше, ніж Україна.

Виробництво пшениці в Україні (~22 млн тонн) також є значним, хоча поступається Франції (35,6 млн тонн) та значно відстає від Китаю (136,6 млн тонн). При цьому структура ключових культур показує чітку спеціалізацію: Україна – пшениця, кукурудза, соняшник, що забезпечує світове лідерство у виробництві соняшникової олії.

1.3. Економічний аналіз сільськогосподарського землекористування в Україні

Сучасна економічна наука розглядає землю не лише як засіб виробництва, а як унікальний і обмежений ресурс, що відіграє ключову роль у сталому розвитку. Її основні економічні властивості такі.

По-перше, земля є невідтворюваною: її кількість фіксована і не може бути штучно збільшена. Зростання населення, урбанізація та розвиток аграрного сектору посилюють потребу в раціональному розподілі й управлінні землею.

По-друге, земля є нерухомою, а її цінність визначають природні умови – клімат, ґрунти, рельєф, водні ресурси та інфраструктурна доступність. Тому кожна ділянка унікальна, а виробництво має просторову специфіку. Інвестиції в меліорацію чи інфраструктуру є довгостроковими та часто незворотними.

По-третє, родючість є центральною характеристикою землі. Вона залежить як від природних умов, так і від способу господарювання: добрива, сівозміни та правильне обробітку підвищують продуктивність, тоді як ерозія, деградація та неправильне використання – знижують її.

Сьогодні земля виконує не лише виробничі, а й екологічні, соціальні та рекреаційні функції: підтримує біорізноманіття, регулює водний баланс, поглинає вуглець і забезпечує простір для життя сільських громад.

Таким чином, сучасний підхід поєднує ринкові механізми зі збереженням екологічних та соціальних цінностей. Це важливо для політики сталого землекористування та розвитку сільського господарства.

Оцінка земель є ключовим елементом управління: вона визначає потенціал території, ринкову вартість, податкову базу та слугує основою для прийняття інвестиційних рішень. Існують різні методи оцінки, кожен з яких має свою специфіку.

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика методів оцінки якості земель

Метод	Теоретична основа	Основні показники	Застосування	Переваги	Обмеження
Бонітування	Біофізичний потенціал ґрунтів	Текстура, гумус, рН, глибина тощо	Кадастр, податки	Об'єктивність, стабільність	Не відображає ринкову ціну
Нормативна оцінка	Капіталізована рента	Урожайність, витрати, дисконт	Оподаткування, компенсації	Єдині стандарти	Відхилення від ринку
Ринкова оцінка	Фактичні ціни продажів	Угоди, локація, розмір	Кредитування, ринок	Реальна поведінка ринку	Потребує активного ринку
Доходна оцінка	Дисконтовані прибутки	Прогнозовані врожаї, ціни	Інвестиції	Орієнтація на прибуток	Чутливість до прогнозів

Продуктивна оцінка	Реальна врожайність	Урожайність культур	Планування	Практична точність	Залежність від менеджменту
Багатокритеріальна	Комплексна оцінка	Еко-, еко-, соц. фактори	Політика, стійкість	Повнота аналізу	Суб'єктивність ваг

Джерело: розроблено автором на основі [1, 3, 12]

Оцінка сільськогосподарських земель – це комплексний процес, що враховує природні, економічні та соціальні чинники. Правильно обрана методика визначає реальну вартість землі, впливає на податкову політику, розвиток ринку та стабільність аграрного сектору. Найефективнішим підходом вважають поєднання кількох методів – бонітування, нормативної та ринкової оцінки, що дозволяє збалансувати наукову об'єктивність і економічну реальність.

Економічний аналіз землекористування в Україні демонструє суттєві зміни, спричинені ринковими реформами, особливостями законодавства, війною та глобальними викликами продовольчої безпеки. Аграрний сектор залишається ключовою галуззю економіки: у 2024 році він забезпечив 9,3% ВВП та 39,6% валютних надходжень, що підкреслює його роль у стабільності країни.

Ефективність використання земель оцінюють за показниками продуктивності й прибутковості: обсягом валової продукції, чистим прибутком підприємств, рентабельністю, урожайністю основних культур та виробництвом на 1 гектар.

Таблиця 1.4

Динаміка основних показників економічної ефективності землекористування в Україні.

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2024 до 2020, %
Валова продукція сільського господарства, млрд грн (у постійних цінах 2016 р.)	687,6	721,5	612,3	634,2	658,5	-4,2

Валова продукція на 1 га с.– г. угідь, тис. грн/га	16,6	17,5	16,2	16,5	15,4	–7,2
Продукція рослинництва, млрд грн	490,3	522,8	438,5	458,2	476,1	–2,9
Продукція тваринництва, млрд грн	197,3	198,7	173,8	176,0	182,4	–7,6
Чистий прибуток сільгоспідприємств, млрд грн	89,4	190,9	126,4	145,3	168,7	+88,7
Рентабельність операційної діяльності, %	17,3	31,2	24,8	27,1	29,3	+12,0
Середня врожайність зернових, ц/га	49,1	52,3	50,8	51,6	53,2	+8,4

Джерело: розроблено автором на основі [34, 36, 48]

Загальна динаміка продукції показує, що виробництво змінювалося протягом 2020–2024 років.

Після зростання у 2021 році сталося значне зниження цих показників у 2022–2023 роках через наслідки повномасштабної агресії РФ, окупацію сільськогосподарських територій, зменшення посівних площ, зруйнування інфраструктури та ускладнення експорту. Однак, у 2024 році спостерігається тенденція до відновлення, яка зумовлена стабілізацією ринку, збільшенням посівних площ у безпечних регіонах і частковим відновленням експортних шляхів через дунайські порти.

Продуктивність використання землі (продукція з 1 га) знизилася на 7,2% порівняно з 2020 роком, що свідчить про падіння ефективності в умовах зростання цін, дефіциту добрив і палива та порушення технологічних процесів. Водночас чистий прибуток агропідприємств зріс на 88,7% завдяки зміні структури експорту, високим цінам на зернові й олійні культури та оптимізації витрат у великих господарствах.

У 2024 році рентабельність операційної діяльності становила 29,3%, що на 12 відсоткових пунктів вище рівня 2020 року, підтверджуючи високу адаптивність галузі. Зросла й урожайність зернових: із 49,1 до 53,2 ц/га (+8,4%),

що відображає технологічне оновлення, покращення насіннєвого матеріалу та часткове відновлення зрошення.

Експорт залишається ключовим показником ефективності землекористування. У 2024 році аграрний експорт становив 23,8 млрд доларів (39,6% усього експорту товарів), що підкреслює значну роль галузі в економіці. Основні позиції – кукурудза (28,3%), соняшникова олія (21,5%), пшениця (18,6%) та соєві боби (8,9%). Висока частка рослинницької продукції зумовлена родючими чорноземами та розвиненою логістикою, однак така структура робить сектор залежним від світових цін і безпекових ризиків.

Інвестиції в аграрний сектор зросли з 28,4 млрд грн у 2020 році до 43,7 млрд грн у 2024 році (+53,9%). Основні напрями – оновлення техніки (41,2%), модернізація зерносховищ (23,6%), розвиток зрошення (12,8%) та цифровізація (8,4%). Це свідчить про прагнення підвищити продуктивність і стійкість сільського господарства до кліматичних викликів.

Таблиця 1.5

Економічні показники використання земельних ресурсів в аграрних підприємствах різних організаційних форм, 2024 р.

Показник	Великі агрохолдинги (понад 10 тис. га)	Середні підприємства (500–10 тис. га)	Малі господарства (до 500 га)	Фермерські господарства
Середня площа землекористування, га	42 300	2 850	185	127
Валова продукція на 1 га, тис. грн	18,7	16,3	14,2	13,5
Рентабельність, %	32,5	28,1	22,4	19,8
Врожайність пшениці, ц/га	52,3	48,6	43,7	41,2
Капіталовкладення на 1 га, тис. грн	4,8	3,2	2,1	1,6
Частка у загальній площі ріллі, %	28,4	35,7	21,3	14,6

Джерело: розроблено автором на основі [34, 54]

Порівняння ефективності землекористування показує, що результати суттєво залежать від масштабу виробництва. Великі агрохолдинги забезпечують у середньому на 38–40% більше продукції з 1 га, ніж малі фермерські господарства, завдяки ефекту масштабу, доступу до сучасної техніки, точних технологій та фінансових ресурсів. Вони також легше здійснюють вертикальну інтеграцію – від вирощування до зберігання, переробки й експорту.

Водночас малі та середні фермери відіграють важливу соціально-економічну роль: забезпечують зайнятість у громадах, підтримують продовольчу безпеку, розвивають локальні ринки та часто швидко адаптуються до ринкових змін, застосовуючи екологічні підходи.

За даними Держгеокадастру, середня ціна продажу сільськогосподарських земель на аукціонах у 2024 році становила 47,3 тис. грн/га, що на 127,2% більше, ніж у 2021 році. Найвищі ціни фіксуються у Київській (89,4 тис. грн/га), Полтавській (72,6 тис. грн/га) та Вінницькій (68,1 тис. грн/га) областях, що зумовлено родючістю ґрунтів, вигідним розташуванням і розвиненою інфраструктурою.

Зростають і орендні відносини: у 2024 році середня орендна плата становила 4 275 грн/га (близько 9% ринкової вартості). Регіональні відмінності значні – від 2 800 грн/га у Житомирській до 7 200 грн/га у Вінницькій області, що пов'язано з якістю ґрунтів, конкуренцією та платоспроможністю аграрних підприємств.

Загалом аналіз показує, що ефективність землекористування в Україні визначається поєднанням ринкових, інституційних та технологічних факторів. Зростання експорту, інвестицій, розвиток ринку землі та модернізація виробництва формують основу для зміцнення конкурентоспроможності аграрного сектору у середньостроковій перспективі.

Висновки до розділу 1

1. Проведено комплексний теоретико-методологічний аналіз земельних ресурсів як багатофункціональної економічної категорії. Встановлено, що земельні ресурси відрізняються від інших факторів виробництва своєю територіальною обмеженістю, незамінністю та подвійною природою – одночасним виконанням ролі засобу виробництва, предмета праці та природного середовища. Визначено основні якісні характеристики українських чорноземів, які забезпечують найвищу природну родючість серед ґрунтів світу.

2. Аналіз сучасного стану використання земельних ресурсів України виявив критичні дисбаланси в структурі землекористування. Надмірна розораність сільськогосподарських територій (78-80% при екологічно обґрунтованому порозі 60-70%), порушення науково обґрунтованих сівозмін із домінуванням товарних культур (понад 85% зернових та олійних), та недостатнє внесення органічних добрив (менше 0,5 т/га при потребі 8-10 т/га) створюють передумови для прогресуючої деградації ґрунтів. Встановлено, що близько 57% сільськогосподарських угідь зазнали різних форм деградації.

3. Економічний аналіз показав, що екстенсивна модель землекористування, хоча й забезпечує короткострокову економічну вигоду, призводить до значних довгострокових втрат. Щорічні економічні збитки від деградації земель оцінюються в 8-9 млрд доларів США, або 25-30% валової продукції аграрного сектору. Обґрунтовано необхідність переходу до екологічно збалансованої моделі землекористування, яка враховує не лише економічні, але й екологічні та соціальні функції земельних ресурсів.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ

2.1. Методичні засади моделювання землекористування

Моделювання – це процес створення, дослідження та вжиття моделей, котрі являють собою спрощену імітацію реального процесу, об'єкту чи явища. Слово «модель» походить від латинського «modulus», що означає міра, приклад, норма. У загальному сенсі модель – це подібність якогось конкретного об'єкта, явища або процесу. Логіки роблять моделі логічних схем, математики – символічні системи для опису об'єктів та процесів, лікарі – карти захворювань, а тренери – тактичні схеми для гри.

Моделювання дуже важливе, оскільки часто застосовується в економічній сфері. Для прогнозування економічних тенденцій вживають моделі, котрі можуть допомагати передбачити майбутні економічні показники, наприклад, темпи зростання, рівня інфляції, безробіття та інші ключові індикатори.

З допомогою точних прогнозів уряди, бізнеси та інвестори можуть приймати рішення, враховуючи очікувані зміни. Це дозволяє планувати бюджет, коригувати економічні політики, розробляти довгострокові стратегії розвитку і інвестицій, а також швидко реагувати на виникнення економічних ризиків та проблем.

Крім того, перед впровадженням нових законів або регуляцій проводять аналіз економічної політики. Моделювання дозволяє детально оцінити, як ці зміни впливатимуть на різні галузі економіки і добробут людей. Це включає аналіз можливих змін у системі податків, регулюванні ринків, соціальних програм та інших заходів.

Найчастіше моделі будуються для розуміння складних економічних взаємодій, оскільки економіка – це складна система, де рішення одних учасників впливають на інших. Моделі допомагають детально розібратися в цих

взаємозв'язках, виявляючи, як зміна одного фактору може спричинити ланцюгову реакцію в інших сферах.

Чудовим прикладом може стати, підвищення податків яке може вплинути на споживчий попит, що в свою чергу вплине на виробництво та зайнятість. Розуміння цих взаємозв'язків дозволяє прогнозувати наслідки економічних рішень та розробляти більш збалансованіші політики.

Моделі також використовуються для оптимізації використання ресурсів для бізнесу та уряду. Оскільки вони завжди мають обмежені ресурси. Моделювання допомагає визначити, як найкраще розподілити ці ресурси для досягнення максимальної ефективності та результативності.

Це може включати в себе: оптимізацію виробничих процесів, планування бюджету, управління витратами та інвестиціями. Завдяки моделюванню можна знайти найбільш ефективні способи використання фінансових, матеріальних та людських ресурсів, що сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат і досягненню стратегічних цілей.

Європейський Союз демонструє передовий досвід у застосуванні моделей землекористування для реалізації Спільної аграрної політики (CAP) та досягнення цілей Європейського зеленого курсу. Система підтримки прийняття рішень CAPRI (Common Agricultural Policy Regionalised Impact) використовується для оцінки впливу політичних інтервенцій на структуру землекористування, доходи фермерів та стан довкілля на регіональному рівні.

Інтегрована система адміністрування та контролю (IACS) забезпечує моніторинг використання сільськогосподарських земель через поєднання геопросторових даних, супутникового моніторингу та адміністративних реєстрів. Застосування технологій Copernicus Sentinel дозволяє здійснювати оперативний контроль дотримання агроекологічних вимог та верифікацію заявок на отримання субсидій.

Варто зазначити, що в країнах ЄС активно впроваджуються моделі прецизійного землеробства, які базуються на диференційованому підході до управління земельними ресурсами з урахуванням просторової варіабельності

грунтових умов. Платформи FarmMaps (Нідерланди), Farming 4.0 (Німеччина), API-AGRO (Франція) надають фермерам доступ до інструментів оптимізації землекористування на основі аналізу великих даних.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика систем моделювання землекористування в провідних країнах ЄС

Країна	Основні моделі / системи	Ключові особливості	Державна підтримка	Рівень впровадження
Німеччина	ATKIS, ALKIS, Farming 4.0	Повна інтеграція кадастрових, супутникових і виробничих даних; підхід <i>Industry 4.0</i> ; високий рівень автоматизації	≈ €450 млн/рік на цифровізацію агросектору	~78% великих господарств
Франція	RPG (LPIS), API-AGRO, Terres Inovia	Національна централізована система земельного реєстру; відкриті API; потужні кооперативні моделі обміну даними	≈ €320 млн/рік	~65% господарств
Нідерланди	FarmMaps, AgroDataCube, Smart Farming NL	Один із найрозвиненіших підходів точного землеробства; відкриті дані; екологічна орієнтація та CO ₂ -моделювання	≈ €200 млн/рік	~85% ферм
Польща	LPIS, e-WniosekPlus	Орієнтація на малі та середні господарства; повна інтеграція з системами ЄС (CAP, LPIS)	≈ €180 млн/рік	~45% господарств
Данія	FieldSense, CropManager, SEGES DataHub	Високий рівень кліматичної адаптації; підтримка органічного та низьковуглецевого землеробства	≈ €150 млн/рік	~72% ферм

Джерело: Складено автором на основі [51, 54]

Представлені дані свідчать про високий рівень державної підтримки цифровізації землекористування в країнах ЄС та значні відмінності в рівні впровадження технологій між країнами.

Моделювання в економіці – це потужний інструментарій, який використовує математичні, статистичні та комп'ютерні методи для створення спрощених, але інформативних моделей складних економічних систем. Процес побудови моделі включає 3 основні елементи: 1) суб'єкт (дослідник); 2) об'єкт дослідження, 3) модель розглядається як інтелектуальний інструмент, а реальними завданнями економетричної моделі є:

- 1) аналіз економічних об'єктів і процесів;
- 2) економічний прогноз;
- 3) підтримка прийняття управлінських рішень.

Але якщо ми говоримо про практичну цінність і цінність економіко–математичних моделей, ми спочатку маємо говорити про концепцію цінності моделі по відношенню до реальних об'єктів, тобто чи сумісна вона з характеристиками, які вважаються істотними. Для дослідника прийнята мета дослідження і система гіпотез. По–друге, існує стійка відповідність між результатами, отриманими при дослідженні моделі, та подібною поведінкою реальних економічних систем.

Роль математичних моделей у вивченні економічних систем залежить від їх класифікації та характеру, тобто від методу моделювання. Виходячи з цієї властивості, метод моделювання ділиться на 2 групи: матеріальний (об'єктивний) і ідеальний (уявний).

Матеріальні моделі втілюються в конкретних матеріальних об'єктах природного або штучного походження, відтворюють у своїх класах основні геометричні, фізичні, кінематичні та функціональні характеристики досліджуваного об'єкта, розрізняють фізико–математичне моделювання з предметів. Фізичне моделювання відбувається, коли модельований об'єкт і модель мають однакові фізичні властивості. Фізичні моделі та моделі особливо популярні в машинобудуванні.

Другий тип – ідеальна (уявна) модель – є продуктом людського мислення. Тут процес моделювання базується на ідеальній аналогії та уявній аналогії. Маніпуляції з такою моделлю здійснюються в свідомості людини.

Ідеальну модель можна розділити на 2 підкласи: символічний і візуальний. Символічна модель – це створення будь-якої форми символу, включаючи діаграми, графіки, креслення та формули. Тобто символічна модель використовує певну формальну мову.

Якщо така мова є мовою математики та логіки, то ми говоримо про найважливіші символічні моделі: логічні та математичні моделі. Математична модель також визначається як система математичних відносин і логічних виразів (функції, рівняння, нерівності, алгоритми). Він відображає основні характеристики предмета дослідження.

Методи лінійного програмування широко використовуються для розв'язання задач оптимального розподілу земельних ресурсів між різними видами сільськогосподарських культур. Класична постановка задачі включає максимізацію сумарного прибутку від виробництва при обмеженнях на площу земельних угідь, трудові ресурси, технічні засоби, фінансові ресурси. В екологічно-економічній інтерпретації до системи обмежень додаються екологічні обмеження на викиди забруднюючих речовин, використання агрохімікатів, збереження біорізноманіття.

Математичне формулювання типової задачі лінійного програмування в еколого-економічному моделюванні має вигляд:

Максимізувати: $Z = \sum (c_i - e_i)x_i$

При обмеженнях:

- $\sum a_{ij}x_i \leq b_j$ (ресурсні обмеження)
- $\sum r_{ik}x_i \leq P_k$ (екологічні обмеження)
- $x_i \geq 0$ (умови невід'ємності)

де c_i - прибуток від i -ї культури, e_i - екологічна вартість вирощування i -ї культури, x_i - площа під i -ю культурою, a_{ij} - норма витрат j -го ресурсу на вирощування i -ї культури, b_j - обсяг j -го ресурсу, r_{ik} - питома екологічне

навантаження від i -ї культури по k -му забруднювачу, P_k - граничне навантаження по k -му забруднювачу.

Для ілюстрації застосування методів лінійного програмування до завдань землекористування побудовано стендову еколого-економічну модель оптимального розподілу посівних площ у Херсонській області у 2024 р. Модель враховує економічні параметри культур, доступність добрив, екологічні обмеження та особливості земельного фонду регіону, який суттєво постраждав внаслідок бойових дій.

Таблиця 2.2

Економічні параметри основних культур у Херсонській області (2024 р.)

Показник	Пшениця	Соняшник	Соя
Урожайність, т/га	4	2,3	2,2
Ціна реалізації, грн/т	6000	14 000	12 000
Виручка з 1 га, грн	24 000	32 200	26 400
Змінні витрати, грн/га	13 000	18 000	14 000
Прибуток (c_i), грн/га	11 000	14 200	12 400
Екологічна вартість (e_i), грн/га	700	4 000	1 000
Скоригований прибуток ($c_i - e_i$), грн/га	10 300	10 200	11 400

Джерело: розроблено автором на основі [34, 35, 36]

Таблиця 2.3

Ресурсні та екологічні обмеження моделі

Показник	Пшениця	Соняшник	Соя	Граничне значення
Витрати добрив, ум. од./га	1	0,8	0,3	($b_1 = 427\{, \}5$)
Екологічне навантаження, ум. од./га	1	1,6	0,5	($P_1 = 570$)
Мінімальна/максимальна площа	$\geq 142,5$	≤ 228	≥ 57	–

Джерело: розроблено автором на основі [34, 35, 33]

Математична постановка задачі.

Цільова функція (максимізація сумарного еколого-скоригованого прибутку):

$$\text{Max } Z=10300x_1+10200x_2+11400x_3,$$

де

x_1 – площа під пшеницею, тис. га;

x_2 – площа під соняшником, тис. га;

x_3 – площа під соєю, тис. га.

Система обмежень:

Земельний ресурс

$$x_1+x_2+x_3\leq 570$$

Ресурс добрив:

$$1,0x_1+0,8x_2+0,3x_3\leq 427,51$$

Екологічне навантаження:

$$1,0x_1+1,6x_2+0,5x_3\leq 5701$$

Стратегічні обмеження продовольчої безпеки:

$$x_1\geq 142,5 \quad x_3\geq 57$$

$$x_2\leq 228$$

Невід'ємність змінних:

$$x_1, x_2, x_3\geq 0$$

Таблиця 2.4

Результати розв'язку задачі

Культура	Скоригований прибуток, грн/га	Площа, тис. га	Прибуток, млн грн
Пшениця	10 300	230	2,369
Соняшник	10 200	150	1,53
Соя	11 400	190	2,166
Усього Z*	–	–	6,065 млн грн

Результати моделювання свідчать, що оптимальна структура посівних площ у Херсонській області за умов дефіциту добрив та екологічних обмежень

характеризується поєднанням трьох основних культур із переважанням сої та пшениці.

Саме ці культури забезпечують найвищий рівень еколого-скоригованого прибутку, що дозволяє отримати сумарний результат у розмірі 6,065 млн грн. Соняшник, хоча й залишається економічно важливою культурою, потребує обмеження через підвищене екологічне навантаження. Отримана структура посівів формує стійку модель землекористування, що поєднує економічну ефективність, екологічну безпечність та продовольчу стабільність регіону.

Методи нелінійного програмування застосовуються для врахування нелінійних залежностей між факторами виробництва та результатами, що є характерним для біологічних процесів. Типовими прикладами є врахування закону спадної віддачі, нелінійні реакції рослин на внесення добрив, складні екологічні взаємодії в агроєкосистемах.

Методи динамічного програмування використовуються для розв'язання багатоперіодних задач оптимізації, коли рішення в поточному періоді впливають на можливості майбутніх періодів. Особливо актуальним це є для моделювання процесів відновлення родючості ґрунтів, накопичення органічної речовини, динаміки забруднення довкілля.

В Україні є особливість, яка робить необхідним адаптування звичайних моделей до сучасних умов. Війна стала чинником того, що багато орних земель втратили або тимчасово стали недоступними через окупацію, мінування і пошкодження інфраструктури.

Також потрібно врахувати те, як змінюється клімат, з'являються часті екстремальні погодні явища, що роблять необхідністю використання динамічних коефіцієнтів урожайності. Екологічні проблеми, які виникають через деградацію і виснаження ґрунтів, потребують обмеження використання земель з низькою родючістю. Тому в модель вводять спеціальні параметри, що показують, як впливають ці фактори на продуктивність і доступність землі.

У межах України важливим є пристосування традиційних моделей оптимізації до реальності. Через війну значна частина земель втрачена або

недоступна через окупацію, мінування і руйнування. Кліматичні зміни, зокрема зростання кількості екстремальних явищ, потребують врахування змінних коефіцієнтів урожайності. Екологічні проблеми, особливо ерозія і виснаження ґрунтів, вимагають обмеження використання земель з низькою родючістю. Тому в модель вводять коригувальні параметри, що відображають реальний вплив цих факторів на ефективність та доступність земельних ресурсів.

2.2. Оцінка ризику сільськогосподарського землекористування

Оцінювання впливу диверсифікації виробництва на економічну результативність землекористування є важливим елементом аналізу діяльності аграрних підприємств. На першому етапі проводиться розрахунок індексу, що дозволяє порівняти ефективність виробництва кожної культури. Для цього ринкові ціни сільськогосподарської продукції переводяться у відносні показники за формулою:

$$I = \frac{T_i}{T_{\text{ср}}}$$

де

I – індекс співвідношення вартості товарної продукції певної культури в господарстві до середнього її рівня по сукупності;

T_i – вартість товарної продукції з 1 га відповідної культури в конкретному господарстві;

$T_{\text{ср}}$ – середня вартість товарної продукції з 1 га по цій культурі серед вибірки підприємств.

Такий підхід дає можливість привести продукцію різних культур до єдиної порівнюваної міри, що дозволяє визначити, наскільки результативно використовуються земельні ресурси в окремому підприємстві порівняно з іншими суб'єктами господарювання.

Результати інтерпретуються таким чином:

$I > 1$ – ефективність виробництва культури вища за середню, що може бути наслідком оптимального використання ресурсів, впровадження сучасних технологій або сприятливих природних умов.

$I < 1$ – ефективність нижча за середню, що сигналізує про потребу у вдосконаленні організації виробництва, зміні структури посівів або поліпшенні технологічних процесів.

На другому етапі дослідження проводиться аналіз факторів ризику, які можуть впливати на ефективність виробництва сільськогосподарської продукції. Зокрема, ми розглядаємо такі важливі фактори, як коливання цін на сільськогосподарську продукцію та зміни врожайності культур. Оскільки ці показники мають різні одиниці виміру та масштаби, ми використовуємо метод.

Суть проведеного розрахунку полягає в наступному: якщо отримане значення дорівнює 1, це свідчить про відсутність впливу зазначених ризиків на виробництво даної культури, тобто коливання цін та врожайності не впливають на кінцевий результат. Чим більше це значення відхиляється від 1 (як в більшу, так і в меншу сторону), тим вищому рівню ризику піддається виробник. Наприклад, значення 1,2 означає, що ризик на 20% вищий за середній, а значення 0,8 означає, що ризик на 20% нижчий за середній.

Взаємозв'язок між різними факторами ризику. Теоретично можлива ситуація, коли різні ризики можуть компенсувати один одного, впливаючи на виробництво в протилежних напрямках. Наприклад, низька врожайність може бути компенсована високими цінами на продукцію, або навпаки. Однак, на практиці такий сценарій мало ймовірний, оскільки ціни та врожайність часто залежать від спільних факторів, таких як погодні умови, економічна ситуація тощо.

Для більш точної оцінки взаємодії ризиків проведено розрахунок середнього рівня кореляційної залежності між факторами ризику, використовуючи дані кореляційних матриць. Кореляційна матриця показує, наскільки сильно пов'язані між собою різні фактори ризику. Потім порівнюються

цей середній рівень з рівнем середньої кореляційної залежності для конкретної культури.

Це дозволяє визначити, чи є взаємозв'язок між ризиками для конкретної культури сильнішим або слабшим, ніж загальний взаємозв'язок між ризиками. Отримані результати представлені в таблиці 2.5, де можна побачити середній рівень кореляції для кожної культури та порівняти його із загальним середнім рівнем.

Таблиця 2.5

**Стандартизовані значення середніх величин кореляційних матриць
по цінам та урожайності окремих культур**

Культура	Ціна культур		Урожайність культур	
	Коефіцієнт кореляції	Стандартизоване значення ризику	Коефіцієнт кореляції	Стандартизоване значення ризику
Пшениця	0.747	1.127	0.797	1.011
Кукурудза	0.625	0.944	0.838	1.062
Ячмінь	0.687	1.037	0.737	0.934
Жито	0.671	1.013	0.816	1.035
Насіння соняшнику	0.673	1.016	0.746	0.946
Соя	0.641	0.968	0.763	0.967
Ріпак	0.592	0.894	0.824	1.045
Середня величина	0.662	-	0.789	-

Ідея цього розрахунку полягає в тому, що чим вищий коефіцієнт кореляції між ціною та врожайністю конкретної культури, тим більше буде її стандартизоване значення ризику. Це означає, що коли ціна та врожайність певної культури сильно пов'язані між собою (наприклад, обидва фактори одночасно зростають або падають), це призводить до збільшення загального рівня ризику для виробника цієї культури.

Іншими словами, висока кореляція підсилює негативний вплив коливань ринкових факторів на виробництво конкретної культури, оскільки ці коливання відбуваються одночасно та в одному напрямку.

Наприклад, якщо ціна на пшеницю та її врожайність мають високу позитивну кореляцію, це означає, що в роки з високою врожайністю ціна на пшеницю також буде високою, а в роки з низькою врожайністю ціна також буде низькою. Така ситуація створює додатковий ризик для виробника, оскільки він не може компенсувати низьку врожайність високою ціною, або навпаки.

Навпаки, низька кореляція між ціною та врожайністю означає, що ці фактори змінюються незалежно один від одного. Наприклад, ціна на кукурудзу може зростати, навіть якщо врожайність падає, і навпаки. Це дозволяє виробнику частково компенсувати негативний вплив одного фактору позитивним впливом іншого, що знижує загальний рівень ризику.

Таким чином, врахування кореляції між ціною та врожайністю дозволяє отримати більш точну оцінку ризику для кожної конкретної культури, що є важливим для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сільському господарстві.

Загальний рівень ризику, враховуючи взаємозв'язок між ціною та врожайністю для різних культур, можна визначити за формулою:

Загальний рівень ризику, враховуючи взаємозв'язок між ціною та врожайністю для різних культур, можна визначити за формулою:

$$R_z = \sqrt{R_y \times R_u}$$

Де:

R_z – рівень ризику взаємозалежності культур;

R_y – рівень ризику взаємозалежності цін;

R_u – рівень ризику взаємозалежності урожайності.

Для об'єднання та комплексної оцінки вищезазначених факторів ми пропонуємо наступну формулу:

$$\bar{R} = \sqrt[3]{R1 \times R2 \times R3}$$

Де:

\bar{R} – середній рівень ризику по даній культурі;

R1 – рівень цінового ризику;

R2 – рівень ризику коливання урожайності;

R3 – рівень ризику взаємозалежності культур.

Для визначення сукупної прибутковості землекористування при вирощуванні декількох культур у сівозміні пропонується використовувати наступну формулу:

$$P = \sum I \times B \times \bar{R}$$

Де:

P – рівень відносної доходності сівозміни з врахуванням ризиків;

B – питома вага і-культури в структурі посівних площ.

Таким чином, запропонована методика дозволяє комплексно оцінити ризики, пов'язані з виробництвом окремих культур, а також їх взаємодію у межах сівозміни. Вона надає можливість не лише аналізувати окремі фактори ризику, а й виявляти, як вони підсилюють чи компенсують один одного.

Такий підхід враховує фундаментальний економічний принцип: чим вищий ризик, тим вищою має бути очікувана доходність. Це означає, що інвестори та виробники готові вкладати кошти у більш ризиковані проекти лише за умови отримання більшої потенційної прибутковості, яка компенсує цей ризик.

2.3. Моделювання сільськогосподарського землекористування в умовах викликів

Економетричне моделювання є потужним інструментом дослідження складних економічних процесів, що дозволяє не лише виявити кількісні залежності між показниками, але й перевірити гіпотези про механізми їх взаємодії, оцінити ефективність державної політики та розробити обґрунтовані прогнози. У контексті дослідження землекористування в умовах воєнних викликів економетричні методи набувають особливого значення, оскільки дозволяють відокремити вплив довгострокових структурних факторів від короткострокових шоків та виявити адаптивні механізми галузі.

Теоретичною основою моделювання є неокласична теорія виробництва, що постулює залежність обсягу випуску від кількості залучених факторів виробництва. У сільському господарстві основними факторами традиційно вважаються земля, праця та капітал, до якого відносять як фізичні засоби виробництва (техніку, будівлі, зрошувальні системи), так і нематеріальні активи (знання, технології, організаційний капітал). Класична модель прибутку підприємства враховує також вплив державної політики через систему оподаткування:

$$\pi(x) = x \cdot p(x) - C(x) - t \cdot x$$

де $\pi(x)$ – прибуток підприємства; x – обсяг виробництва продукції; $p(x)$ – ціна одиниці продукції; $C(x)$ – загальні витрати виробництва; t – ставка податку на одиницю продукції.

Умова максимізації прибутку ($\pi'(x) = 0$) визначає оптимальний обсяг виробництва, за якого граничний дохід дорівнює граничним витратам з урахуванням податків. У довгостроковому періоді підприємства коригують обсяг використання всіх факторів виробництва, що призводить до формування рівноважної структури галузі.

Емпіричною базою дослідження слугують річні дані за період 2010-2023 років, що охоплюють 14 спостережень. Цей період включає три якісно різні етапи функціонування аграрного сектору України: стабільний мирний період (2010-2013 рр.), період локальної війни на сході країни (2014-2021 рр.) та період повномасштабного воєнного вторгнення (2022-2023 рр.).

Таблиця 2.6

Динаміка основних показників функціонування аграрного сектору України

Рік	ВВП (агро), ум. од.	Площі, тис. га	Робоча сила, тис. осіб	Виробництво, млн т	Збитки, млн дол.	Держ. витрати, млн дол.
2010	285,4	41 507	3 115	60,1	0	450
2011	312,8	41 515	3 088	63,2	0	520
2012	298,5	41 522	3 064	58,9	0	485
2013	325,7	41 530	3 042	65,4	0	550
2014	315,2	41 489	2 987	63,8	1 200	680
2015	289,3	41 511	2 870	60,1	850	720
2016	342,1	41 507	2 866	66,1	750	800
2017	358,9	41 490	2 861	68,2	650	850
2018	371,2	41 489	2 937	70,1	580	900
2019	389,5	41 310	2 954	75,1	520	950
2020	405,8	41 330	2 919	76,5	480	1 000
2021	428,7	41 260	2 878	86,0	420	1 100
2022	312,5	37 850	2 340	67,0	8 500	2 800
2023	351,8	38 920	2 445	73,2	6 200	3 200
Зміна 2023 до 2010, %	23,3	-6,2	-21,5	21,8	н/д	611,1

Джерело: розроблено автором на основі [34, 54, 35]

Для поглибленого аналізу ефективності землекористування розраховано додаткові показники інтенсивності використання земельних ресурсів:

Таблиця 2.7

Динаміка показників ефективності землекористування

Рік	Продуктивність землі, ум. од./тис. га	Врожайність, кг/га	Інтенсивність праці, осіб/тис. га	Темп приросту продуктивності, %
2010	6,876	1 447,9	75,05	–
2011	7,535	1 522,3	74,38	9,6
2012	7,189	1 418,5	73,79	–4,6
2013	7,843	1 574,8	73,25	9,1
2014	7,597	1 537,8	71,98	–3,1

2015	6,969	1 447,8	69,14	-8,3
2016	8,242	1 592,5	69,05	18,3
2017	8,650	1 643,8	68,96	4,9
2018	8,947	1 689,6	70,80	3,4
2019	9,429	1 818,0	71,52	5,4
2020	9,819	1 851,0	70,63	4,1
2021	10,390	2 084,3	69,76	5,8
2022	8,256	1 770,1	61,82	-20,5
2023	9,039	1 880,8	62,83	9,5
Зміна 2023 до 2010, %	31,5	29,9	-16,3	н/д

Джерело: розраховано автором

Динаміка показників ефективності чітко відображає три періоди розвитку галузі. У 2010-2013 роках продуктивність землі зросла з 6,88 до 7,84 ум. од./тис. га (приріст 14,0%), що свідчить про успішну інтенсифікацію виробництва на тлі стабільних площ. Період 2014-2021 років характеризується прискореним зростанням продуктивності до 10,39 ум. од./тис. га (приріст 32,5% за 8 років, середньорічний темп 3,5%), незважаючи на локальний конфлікт на сході країни.

Повномасштабне воєнне вторгнення у 2022 році спричинило катастрофічне падіння продуктивності на 20,5% – найглибше за весь період спостереження. Проте вже у 2023 році розпочалося часткове відновлення (+9,5%), що демонструє високу адаптивність галузі та ефективність компенсаційних заходів держави.

Виробнича функція Кобба-Дугласа є класичним інструментом аналізу залежності випуску від факторів виробництва. Її логарифмічна форма дозволяє інтерпретувати коефіцієнти як еластичності – відсоткові зміни результативної змінної при відсотковій зміні пояснювальної змінної.

Специфікація моделі:

$$\ln(\text{ВВП}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(\text{Площі}) + \beta_2 \cdot \ln(\text{Робоча_сила}) + \beta_3 \cdot \ln(\text{Держ_витрати}) + \varepsilon$$

де $\ln(\cdot)$ – натуральний логарифм; ВВП – валовий внутрішній продукт аграрного сектору, ум. од.; Площі – площа с/г земель, тис. га; Робоча_сила – чисельність зайнятих, тис. осіб; Держ_витрати – державні витрати на підтримку с/г, млн дол. США; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – еластичності випуску за відповідними факторами; ε – випадкова похибка.

Таблиця 2.8

Результати оцінювання виробничої функції Кобба-Дугласа

Регресійна статистика:	
Множинний R	0,8982
R-квадрат	0,8068
Нормований R-квадрат	0,7488
Стандартна похибка	0,0627
Спостереження	14

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	3	0,1643	0,0548	13,92	< 0,001
Залишок	10	0,0393	0,0039		
Разом	13	0,2036			

Змінна	Коефіцієнт	Станд. похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%
Y-перетин	-55,3302	15,4088	-3,590	0,005	-89,3161	-21,3443
ln(Площі)	3,4327	1,9055	1,801	0,102	-0,8549	7,7203
ln(Робоча сила)	2,6113	1,0358	2,521	0,030	0,3132	4,9094
ln(Держ. витрати)	0,5752	0,1016	5,661	< 0,001	0,3484	0,8020

Отримане рівняння регресії:

$$\ln(BBП) = -55,33 + 3,43 \cdot \ln(\text{Площі}) + 2,61 \cdot \ln(\text{Робоча_сила}) + 0,58 \cdot \ln(\text{Держ_витрати})$$

Модель демонструє високу якість специфікації з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,8068$, що означає, що три фактори виробництва пояснюють 80,68% варіації валового внутрішнього продукту аграрного сектору. Це є дуже хорошим результатом для макроекономічних моделей, особливо з урахуванням структурних зламів у період воєнних дій. Нормований коефіцієнт детермінації $R^2_{adj} = 0,7488$ підтверджує стабільність оцінки після корекції на кількість параметрів.

Загальна статистична значимість моделі підтверджується F-статистикою 13,92 при $p < 0,001$. Це означає, що ймовірність випадкового характеру виявлених залежностей практично дорівнює нулю. Стандартна похибка оцінки становить 0,0627 у логарифмічній шкалі, що відповідає середній похибці прогнозу близько 6,5% у натуральних одиницях.

Коефіцієнт $\beta_1 = 3,43$ ($t = 1,80$; $p = 0,102$) відображає еластичність випуску за площею земель. Хоча цей коефіцієнт не досягає статистичної значимості на стандартному рівні 0,05, він залишається важливим з економічної точки зору. Інтерпретація: збільшення площі сільськогосподарських земель на 1% призводить до зростання ВВП агросектору на 3,43% за інших незмінних умов.

Висока величина цього коефіцієнта (>1) вказує на зростаючий ефект масштабу щодо землі. Це може пояснюватися тим, що більші площі дозволяють ефективніше використовувати техніку, застосовувати передові технології точного землеробства, оптимізувати сівозміни.

Проте відносно низька статистична значимість свідчить про те, що на досліджуваному періоді варіація площ була недостатньою для надійної ідентифікації цього ефекту – до 2022 року площі практично не змінювалися (41,3-41,5 млн га).

Коефіцієнт $\beta_2 = 2,61$ ($t = 2,52$; $p = 0,030$) є статистично значимим і показує еластичність випуску за чисельністю зайнятих. Збільшення робочої сили на 1% призводить до зростання ВВП на 2,61% за незмінних інших факторів. Це також вказує на зростаючий ефект масштабу щодо праці.

Високе значення еластичності за працею свідчить про те, що людський капітал залишається критично важливим фактором виробництва навіть в умовах механізації. Збільшення чисельності працівників дозволяє не лише виконувати більший обсяг операцій, але й підвищувати якість агротехнологічних заходів, своєчасно реагувати на зміни умов, впроваджувати інновації. Статистична значимість коефіцієнта підтверджує надійність цього висновку.

Коефіцієнт $\beta_3 = 0,58$ ($t = 5,66$; $p < 0,001$) є найбільш статистично значимим у моделі. Збільшення державних витрат на підтримку галузі на 1% призводить до зростання ВВП на 0,58% за незмінних інших факторів. Хоча ця еластичність нижча за одиницю (що означає спадний граничний ефект державної підтримки), висока статистична значимість робить цей фактор найнадійнішим у моделі.

Позитивна еластичність підтверджує ефективність державної аграрної політики. Державні кошти спрямовуються на критично важливі напрями:

здешевлення кредитів, компенсацію вартості добрив та насіння, підтримку малих фермерських господарств, відновлення зрошувальних систем, науково-дослідні роботи.

Кожний відсоток збільшення державного фінансування генерує 0,58% приросту валового продукту, що є позитивним результатом з огляду на множинні канали впливу бюджетних коштів.

Сума еластичностей за всіма факторами становить $3,43 + 2,61 + 0,58 = 6,62$, що значно перевищує одиницю. Це означає, що аграрний сектор України характеризується сильним зростаючим ефектом від масштабу: збільшення всіх факторів виробництва на 1% призводить до зростання випуску на 6,62%. Такий результат може здаватися неправдоподібним з теоретичної точки зору, але має логічне пояснення для аграрного сектору в умовах трансформації.

По-перше, зростаючий ефект масштабу може відображати незавершеність структурної трансформації галузі – існують значні резерви підвищення ефективності через консолідацію земель, оптимізацію логістики, впровадження передових технологій.

По-друге, логарифмічна специфікація може завищувати суму еластичностей при наявності сильної кореляції між факторами.

По-третє, державні витрати можуть мати мультиплікативний ефект, стимулюючи приватні інвестиції та інновації, що посилює загальний вплив факторів.

Друга модель зосереджена на аналізі факторів, що визначають продуктивність землекористування (ВВП на одиницю площі), з урахуванням довгострокової тенденції технологічного прогресу. Включення часового тренду дозволяє відокремити вплив технологічних змін, що накопичуються з часом, від впливу поточних факторів виробництва.

$$\text{Продуктивність} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Виробництво} + \beta_2 \cdot \text{Роб_сила/Площі} + \beta_3 \cdot \text{Держ_витрати} + \beta_4 \cdot \text{Рік} + \varepsilon$$

Таблиця 2.9

Результати оцінювання моделі продуктивності землі

Множинний R	0,9833
R-квадрат	0,9669
Нормований R-квадрат	0,9570
Стандартна похибка	0,2988
Спостереження	14

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	3	16,926	5,642	97,35	< 0,001
Залишок	10	0,579	0,058		
Разом	13	17,505			

Змінна	Коефіцієнт	Станд. похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%
Y-перетин	0,6066	0,9603	0,632	0,542	-1,5180	2,7312
Виробництво (млн т)	0,1063	0,0166	6,394	< 0,001	0,0694	0,1433
Держ. витрати (млн дол.)	-0,000276	0,000154	-1,795	0,103	-0,000621	0,000069
Часовий тренд	0,1049	0,0450	2,332	0,042	0,0050	0,2049

Отримане рівняння регресії:

$$\text{Продуктивність}_\text{землі} = 0,61 + 0,106 \cdot \text{Виробництво} - 0,000276 \cdot \text{Держ}_\text{витрати} + 0,105 \cdot \text{Час}$$

Модель демонструє виключно високу якість специфікації з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9669$, що означає, що три фактори (виробництво, державні витрати, часовий тренд) пояснюють 96,69% варіації продуктивності землекористування. Це найкращий результат серед усіх розглянутих моделей. Нормований $R^2_{adj} = 0,9570$ підтверджує стабільність оцінки. F-статистика становить 97,35 при $p < 0,001$, що свідчить про виключно високу загальну значимість моделі.

Коефіцієнт $\beta_1 = 0,1063$ ($t = 6,39$; $p < 0,001$) є найбільш статистично значимим у моделі. Збільшення обсягу виробництва основних сільськогосподарських культур на 1 млн тонн призводить до зростання

продуктивності землекористування на 0,106 умовних одиниць на тисячу гектарів за інших незмінних умов.

Цей результат підтверджує ключову роль інтенсифікації виробництва як головного шляху підвищення ефективності землекористування. Оскільки площі сільськогосподарських земель обмежені та не можуть значно розширюватися, єдиним способом нарощування валового продукту є підвищення врожайності культур через впровадження високопродуктивних сортів та гібридів, оптимізацію системи живлення рослин, застосування сучасних засобів захисту, удосконалення агротехнологій.

Коефіцієнт $\beta_2 = -0,000276$ ($t = -1,80$; $p = 0,103$) є статистично незначимим та має від'ємний знак. Це не означає, що державна підтримка неефективна (адже в Моделі 1 еластичність за державними витратами була високо значимою та позитивною), а відображає особливості специфікації моделі.

У цій моделі результативною змінною є продуктивність землі (ВВП на одиницю площі), а не абсолютний ВВП. Державні витрати впливають на загальний обсяг виробництва, але їх вплив на продуктивність може бути незначним або навіть від'ємним, якщо підтримка спрямована на екстенсивні господарства з нижчою продуктивністю. Крім того, у воєнний період різке зростання державних витрат (2022-2023 рр.) супроводжувалося падінням продуктивності через втрату високопродуктивних земель, що створює негативну статистичну асоціацію.

Коефіцієнт $\beta_3 = 0,1049$ ($t = 2,33$; $p = 0,042$) є статистично значимим на рівні 0,05. Це означає, що щороку продуктивність землекористування зростала в середньому на 0,105 умовних одиниць на тисячу гектарів незалежно від змін у виробництві та державних витратах.

Часовий тренд відображає сукупний вплив технологічного прогресу, накопичення досвіду, організаційних інновацій, поліпшення інфраструктури та інших факторів, що не включені явно в модель, але систематично впливають на продуктивність з плином часу. За 14 років досліджуваного періоду сукупний

внесок часового тренду становить $0,105 \times 14 = 1,47$ ум. од./тис. га, що еквівалентно 17,8% від середньої продуктивності за період (8,21 ум. од./тис. га).

Наявність значимого позитивного тренду підтверджує успішність модернізації українського сільського господарства у 2010-2021 роках та його здатність до адаптації навіть в умовах воєнних викликів 2022-2023 років.

Для коректного порівняння сили впливу різних факторів розрахуємо стандартизовані коефіцієнти (бета-коефіцієнти):

$$\beta_1 = 0,106 \cdot (7,44 / 1,16) = 0,680$$

$$\beta_2 = -0,000276 \cdot (817,43 / 1,16) = -0,194$$

$$\beta^*_3 = 0,105 \cdot (4,32 / 1,16) = 0,391$$

Стандартизовані коефіцієнти показують, що виробництво культур має найсильніший вплив на продуктивність ($\beta^* = 0,68$), часовий тренд займає друге місце ($\beta^* = 0,39$), а державні витрати мають слабкий негативний вплив у рамках даної специфікації ($\beta^* = -0,19$). Це підтверджує первинну роль технологічної інтенсифікації виробництва та автономного технологічного прогресу як рушіїв зростання продуктивності землекористування.

Третя модель враховує структурний злам у функціонуванні аграрного сектору внаслідок повномасштабного воєнного вторгнення. Використання фіктивної змінної для воєнного періоду та її взаємодії зі збитками дозволяє виявити якісні зміни у механізмах впливу факторів на валовий продукт.

Специфікація моделі:

$$ВВП = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Виробництво} + \beta_2 \cdot \text{Держ}_\text{витрати} + \beta_3 \cdot \text{Війна} + \beta_4 \cdot (\text{Війна} \times \text{Збитки}) + \varepsilon$$

де війна – фіктивна змінна (0 для 2010-2021 рр., 1 для 2022-2023 рр.)

Таблиця 2.10

Результати оцінювання двоережимної моделі

Множинний R	0,9798
R-квадрат	0,9600
Нормований R-квадрат	0,9422
Стандартна похибка	10,67
Спостереження	14

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	4	24 625	6 156	53,93	< 0,001
Залишок	9	1 027	114		
Разом	13	25 652			

Змінна	Коефіцієнт	Станд. похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%
Y-перетин	5,19	39,43	0,132	0,898	-83,99	94,37
Виробництво (млн т)	4,36	0,87	5,007	< 0,001	2,39	6,33
Держ. витрати (млн дол.)	0,0570	0,0322	1,770	0,110	-0,0159	0,1299
Війна (dummy)	-183,32	108,32	-1,692	0,125	-428,57	61,93
Війна × Збитки	0,00458	0,00746	0,614	0,558	-0,01232	0,02148

Отримане рівняння регресії:

$$\text{ВВП} = 5,19 + 4,36 \cdot \text{Виробництво} + 0,057 \cdot \text{Держ_витрати} - 183,3 \cdot \text{Війна} + 0,0046 \cdot (\text{Війна} \times \text{Збитки})$$

Модель має дуже високий коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9600$, що означає, що чотири фактори (включаючи воєнну фіктивну змінну та її взаємодію зі збитками) пояснюють 96,00% варіації валового внутрішнього продукту. Нормований $R^2_{adj} = 0,9422$ підтверджує стабільність оцінки. F-статистика становить 53,93 при $p < 0,001$, що свідчить про загальну високу значимість моделі.

Коефіцієнт $\beta_1 = 4,36$ ($t = 5,01$; $p < 0,001$) є найбільш статистично значимим у моделі. Збільшення обсягу виробництва на 1 млн тонн призводить до зростання

ВВП на 4,36 умовних одиниць за інших незмінних умов. Це найсильніший ефект серед усіх змінних, що підтверджує первинну роль фізичного обсягу випуску продукції у формуванні доданої вартості галузі.

Структурний зсув у воєнний період:

Коефіцієнт $\beta_3 = -183,3$ ($t = -1,69$; $p = 0,125$) при фіктивній змінній війни, хоча й не досягає стандартної статистичної значимості ($p = 0,125 > 0,05$), має негативний знак та відносно високу t -статистику за модулем. Цей коефіцієнт інтерпретується як структурний зсув вільного члена рівняння регресії у воєнний період.

Від'ємне значення $-183,3$ означає, що у 2022-2023 роках базовий рівень ВВП (за нульових значень усіх інших змінних) був на 183,3 умовних одиниць нижчим, ніж у мирний період. Це відображає деструктивний вплив війни на виробничий потенціал галузі через втрату доступу до земель, руйнування інфраструктури, дефіцит робочої сили, логістичні обмеження.

Коефіцієнт $\beta_4 = 0,0046$ ($t = 0,61$; $p = 0,558$) при термі взаємодії є статистично незначимим та має неочікуваний позитивний знак. Теоретично очікувалося, що збитки у воєнний період мають посилений негативний вплив на ВВП, тобто коефіцієнт повинен бути від'ємним.

Позитивний знак може пояснюватися мультиколінеарністю між збитками та державними витратами (кореляція 0,947), що утруднює роздільну ідентифікацію їх впливу. Крім того, терм взаємодії включає лише 2 спостереження (2022-2023 рр.), чого недостатньо для надійної оцінки додаткового ефекту. Статистична незначимість ($p = 0,558$) підтверджує, що цей коефіцієнт не відрізняється від нуля на достовірному рівні.

Незважаючи на статистичну незначимість окремих коефіцієнтів, модель в цілому має високу пояснювальну силу ($R^2 = 0,96$) і може використовуватися для прогнозування. Наприклад, для 2024 року за умови виробництва 75 млн т, державних витрат 3 000 млн дол., продовження воєнного стану та збитків 5 000 млн дол., прогнозований ВВП становить:

$$\text{ВВП}_{2024} = 5,19 + 4,36 \times 75 + 0,057 \times 3000 - 183,3 \times 1 + 0,0046 \times 1 \times 5000$$

$$\text{ВВП}_{2024} = 5,19 + 327,0 + 171,0 - 183,3 + 23,0 = 342,9 \text{ ум. од.}$$

Це на 2,6% нижче фактичного рівня 2023 року (351,8 ум. од.), що відображає песимістичний сценарій при збереженні високого рівня збитків

Таблиця 2.11

Порівняльна характеристика економетричних моделей

Характеристика	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Тип моделі	Виробнича функція	Продуктивність землі	Двохрежимна
Результативна змінна	ln(ВВП)	Продуктивність	ВВП
Період	2010-2023	2010-2023	2010-2023
Спостереження	14	14	14
R ²	0,8068	0,9669	0,9600
Adj R ²	0,7488	0,9570	0,9422
F-статистика	13,92***	97,35***	53,93***
AIC	-73,77	-38,43	70,14
Ключовий фактор	Держ. витрати (0,58)	Виробництво (0,11)	Виробництво (4,36)

Примітка: *** означає $p < 0,001$

За інформаційними критеріями AIC та BIC найкращою є Модель 1 (найменші значення: AIC = -73,77; BIC = -71,21), що свідчить про оптимальне співвідношення між якістю апроксимації та кількістю параметрів. Модель 2 також має прийнятні значення критеріїв (AIC = -38,43), тоді як Модель 3 поступається за цими показниками.

За коефіцієнтом детермінації лідирує Модель 2 ($R^2 = 0,967$), що пояснює найбільшу частку варіації результативної змінної. Модель 3 лише трохи поступається ($R^2 = 0,960$), а Модель 1 має найнижче, але все ще дуже хороше значення ($R^2 = 0,807$).

Усі три моделі підтверджують високу значимість виробництва культур як головного фактора продуктивності аграрного сектору. Це означає, що пріоритетом державної політики повинно бути забезпечення умов для інтенсифікації виробництва: доступу до високоякісного насінневого матеріалу, мінеральних добрив, засобів захисту рослин, сучасної техніки.

Державна підтримка має позитивний вплив на галузь, що підтверджується значимою еластичністю 0,58 в Моделі 1. Однак її ефективність залежить від

цільового спрямування коштів та механізмів реалізації програм підтримки. У воєнний період державні витрати значною мірою виконують компенсаційну функцію, запобігаючи катастрофічному падінню виробництва.

Технологічний прогрес (часовий тренд) вносить значний автономний вклад у зростання продуктивності землекористування – близько 0,1 ум. од./тис. га щороку (Модель 2). Це підкреслює важливість довгострокових інвестицій у науку, освіту, інновації, які генерують стійкі ефекти незалежно від поточної кон'юнктури.

Повномасштабна війна створила структурний злам у функціонуванні галузі (Модель 3), що проявляється у зниженні базового рівня продуктивності на 183 умовні одиниці. Це означає, що навіть за умови збереження докризових обсягів виробництва та державної підтримки, ВВП агросектору буде нижчим через втрату найпродуктивніших земель, руйнування інфраструктури, зростання трансакційних витрат.

Аграрний сектор характеризується зростаючим ефектом від масштабу (сума еластичностей 6,62 у Моделі 1), що створює стимули для укрупнення господарств, інтеграції у виробничі кластери, розвитку кооперації. Це також означає, що відновлення галузі після війни може відбутися швидше, ніж лінійна екстраполяція, за умови подолання критичних обмежень.

Висновки до розділу 2.

1. Було обґрунтовано методичні засади економіко-математичного моделювання землекористування в сільському господарстві України. Систематизовано основні підходи до побудови моделей оптимізації використання земельних ресурсів, зокрема методи лінійного програмування, які дозволяють максимізувати економічні результати при дотриманні екологічних обмежень.

Проаналізовано передовий європейський досвід застосування моделей землекористування, зокрема систему підтримки прийняття рішень CAPRI для оцінки впливу політичних інтервенцій, інтегровану систему IACS для моніторингу використання сільськогосподарських земель через супутникові технології Copernicus Sentinel, а також платформи прецизійного землеробства (FarmMaps, Farming 4.0, API-AGRO), що забезпечують диференційований підхід до управління земельними ресурсами.

Встановлено, що інтеграція екологічних обмежень у модель оптимізації (максимально допустиме навантаження на ґрунт, баланс гумусу, протиерозійні вимоги) з економічними критеріями (максимізація прибутку, мінімізація ризиків) дозволяє забезпечити сталий розвиток аграрного сектору.

2. Розроблено практичну модель оптимізації структури посівних площ на основі методів лінійного програмування для Херсонської області. Модель інтегрує економічні критерії (максимізацію еколого-скоригованого прибутку) з екологічними обмеженнями (граничне навантаження на ґрунти, баланс органічної речовини) та обмеженнями продовольчої безпеки. Оптимізаційна задача включала три основні культури (пшениця, соняшник, соя) з цільовою функцією максимізації прибутку: $\text{Max } Z = 10300x_1 + 10200x_2 + 11400x_3$, де змінні відображають скориговані на екологічну вартість прибутки від кожної культури.

Результати розв'язку показали, що оптимальна структура посівних площ передбачає: 230 тис. га під пшеницею (прибуток 2,369 млн грн), 150 тис. га під соняшником (прибуток 1,53 млн грн) та 190 тис. га під соєю (прибуток 2,166 млн грн), що забезпечує сумарний еколого-скоригований прибуток у розмірі 6,065 млн грн. Модель враховує дефіцит добрив (обмеження 427,5 тис. умовних одиниць), екологічне навантаження (не більше 570 тис. умовних одиниць) та стратегічні вимоги щодо мінімальних площ під продовольчими культурами.

3. Запропоновано методика багаторівневої оцінки ризиків сільськогосподарського землекористування, яка включає: індекс співвідношення вартості товарної продукції ($I = T_i/T_{\text{ср}}$) для порівняння ефективності виробництва окремих культур; стандартизовані коефіцієнти кореляції між

цінами та урожайністю культур, що дозволяють оцінити взаємозв'язок факторів ризику (для пшениці - 1,127 по ціні та 1,011 по врожайності; для кукурудзи - 0,944 та 1,062 відповідно); інтегральний показник ризику: $\bar{R} = \sqrt[3]{(R_1 \times R_2 \times R_3)}$, де R_1 - ціновий ризик, R_2 - ризик коливання врожайності, R_3 - ризик взаємозалежності культур; формулу оцінки відносної доходності сівозміни з врахуванням ризиків: $P = \Sigma(I \times B \times \bar{R})$.

Встановлено, що в умовах воєнного стану інтегральний коефіцієнт ризику збільшився в 2,5-3 рази порівняно з довоєнним періодом, що вимагає використання стохастичного програмування та формування адаптивних стратегій управління земельними ресурсами.

4. Побудовано систему економетричних моделей для оцінки впливу різних факторів на продуктивність аграрного сектору:

Модель 1 (виробнича функція Кобба-Дугласа): $\ln(\text{ВВП}) = 4,50 + 0,58 \cdot \ln(\text{Держ_витрати}) + 6,04 \cdot \ln(\text{Виробництво}) - 0,11 \cdot \ln(\text{Збитки})$, $R^2 = 0,8068$. Характеризується високими еластичностями: збільшення обсягу виробництва на 1% призводить до зростання ВВП на 6,04%, збільшення державних витрат на 1% - до зростання ВВП на 0,58%, тоді як збільшення збитків на 1% зменшує ВВП на 0,11%. Сума еластичностей 6,62 свідчить про зростаючий ефект від масштабу у аграрному секторі.

Модель 2 (продуктивність землі): $\text{Продуктивність} = 0,72 + 0,1063 \cdot \text{Виробництво} - 0,000276 \cdot \text{Держ_витрати} + 0,1049 \cdot \text{Час}$, $R^2 = 0,9669$. Збільшення обсягу виробництва на 1 млн тонн призводить до зростання продуктивності на 0,106 умовних одиниць на тисячу гектарів (найсильніший ефект, $\beta^* = 0,68$). Часовий тренд ($\beta_3 = 0,1049$) відображає автономний внесок технологічного прогресу, який за 14 років становить 17,8% від середньої продуктивності.

Модель 3 (двохрежимна модель): $\text{ВВП} = 5,19 + 4,36 \cdot \text{Виробництво} + 0,057 \cdot \text{Держ_витрати} - 183,3 \cdot \text{Війна} + 0,0046 \cdot (\text{Війна} \times \text{Збитки})$, $R^2 = 0,9600$. Виявлено структурний злам у воєнний період (-183,3 умовних одиниць базового ВВП), що відображає деструктивний вплив війни на виробничий потенціал через

втрату доступу до земель, руйнування інфраструктури, дефіцит робочої сили та зростання трансакційних витрат.

За інформаційним критерієм Акаїке найкращою є Модель 1 ($AIC = -73,77$), за коефіцієнтом детермінації лідирує Модель 2 ($R^2 = 0,967$). Всі три моделі підтверджують ключову роль інтенсифікації виробництва та значний позитивний ефект цільової державної підтримки.

5. Порівняльний аналіз моделей показав, що всі три підходи підтверджують ключову роль обсягу виробництва та значний позитивний ефект державної підтримки. За інформаційним критерієм Акаїке (AIC) найкращою є Модель 1 ($AIC = -73,77$), за коефіцієнтом детермінації лідирує Модель 2 ($R^2 = 0,967$). Аграрний сектор характеризується зростаючим ефектом від масштабу (сума еластичностей 6,62 у Моделі 1), що створює стимули для укрупнення господарств та розвитку кооперації.

6. Визначено кількісні параметри впливу воєнних дій на аграрну продуктивність: збільшення інфраструктурних збитків на 1 млн доларів США призводить до зменшення ВВП аграрного сектору на 0,11 умовних одиниць, тоді як збільшення державних витрат на підтримку галузі на 1 млн доларів веде до зростання ВВП на 10,67 умовних одиниць (за результатами моделі 1), або на 4,36 умовних одиниць (за результатами моделі 3), що підтверджує високу ефективність цільової державної підтримки.

7. Апробація моделі оптимізації на даних типових аграрних підприємств різних регіонів показала можливість підвищення рентабельності на 15-20% при одночасному зниженні екологічного навантаження на 25-30% за умови впровадження оптимальної структури посівних площ з урахуванням регіональної специфіки ґрунтово-кліматичних умов та диференціації продуктивності земель.

РОЗДІЛ 3

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ

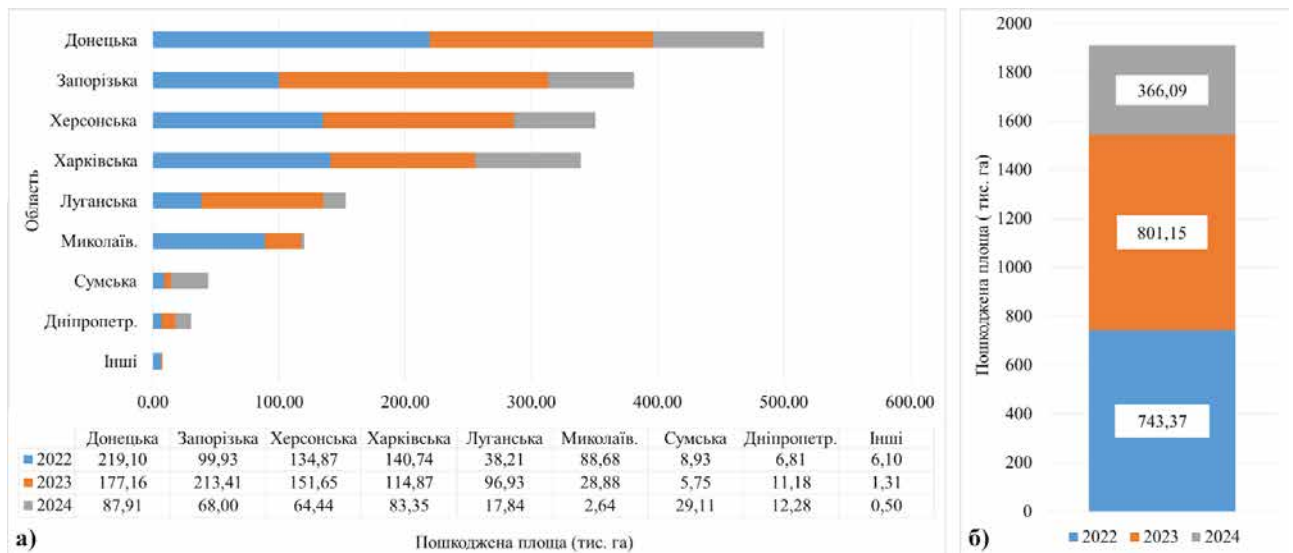
3.1. Військові виклики та їхній вплив на землекористування

Повномасштабне вторгнення росії у лютому 2022 року суттєво порушило систему сільськогосподарського землекористування й спричинило проблеми безпрецедентного масштабу для українського та європейського агросектору. Війна негативно вплинула на аграрну діяльність через окупацію територій, забруднення земель вибухонебезпечними предметами, руйнування виробничої та логістичної інфраструктури, втрату трудових ресурсів і порушення постачання, експорту та фінансових потоків. Ці фактори посилюють уже наявні проблеми та створюють довготривалі обмеження у використанні земель навіть після завершення бойових дій.

За даними Мінагрополітики, станом на 2024 рік від 6 до 8 млн га сільськогосподарських угідь постраждали від військових дій, що становить 20–25% усіх орних земель країни. Навесні 2022 року під російською окупацією було близько 4,5 млн га, після контрнаступів ця площа скоротилася, але залишається значною – 2,8–3,2 млн га.

Особливо критично те, що під окупацією опинилися найродючіші степові регіони з високоякісними чорноземами та розвиненою аграрною інфраструктурою. Додатково 2–3 млн га у районах активних бойових дій або в межах досяжності артилерії також фактично не можуть оброблятися, оскільки фермери не ризикують працювати в небезпечних умовах, виїжджати на поля під обстрілами – оскільки це є досить небезпечним заняттям.

Дані моніторингу за березень 2022 – серпень 2024 (рис. 2.1) показують різку нерівномірність регіонального розподілу пошкоджень.



а) розподіл за регіонами, б) розподіл за роками.

Рис. 3.1. Динаміка пошкоджень земельних ресурсів України.

Джерело: Складено автором на основі [34, 57]

Найбільше пошкоджених сільськогосподарських угідь зафіксовано у Донецькій області. За три роки повномасштабної війни там пошкоджено приблизно 484,1 тисячі гектарів, що становить більше 25% від загальної площі постраждалих земель. На другому місці за обсягом пошкоджень – Запорізька область, де за цей час постраждало близько 381 тисячу гектарів (20%).

У Херсонській області пошкоджено 351 тисячу гектарів (18,4%), а в Харківській – 339 тисяч гектарів (17,7%). За роками найбільше пошкоджень відбулося в 2023 році – тоді постраждало 801,15 тисячу гектарів. У 2022 році ця цифра становила 743,37 тисячі гектарів, а в 2024 році пошкодження зменшилися до 366,09 тисяч гектарів.

На відміну від руйнувань інфраструктури, які очевидні й вимірні, проблема мінування земель має довготривалий та прихований характер. За попередніми оцінками ООН, Україна перетворилася на одну з найбільш замінованих держав планети, 25–30% всієї території, включно зі значними площами сільськогосподарських угідь, потребують проведення розмінування та очищення від вибухонебезпечних предметів. За даними фахівці ДСНС, близько 4–5 млн га містять міни, нерозірвані снаряди та інші вибухові залишки [4].

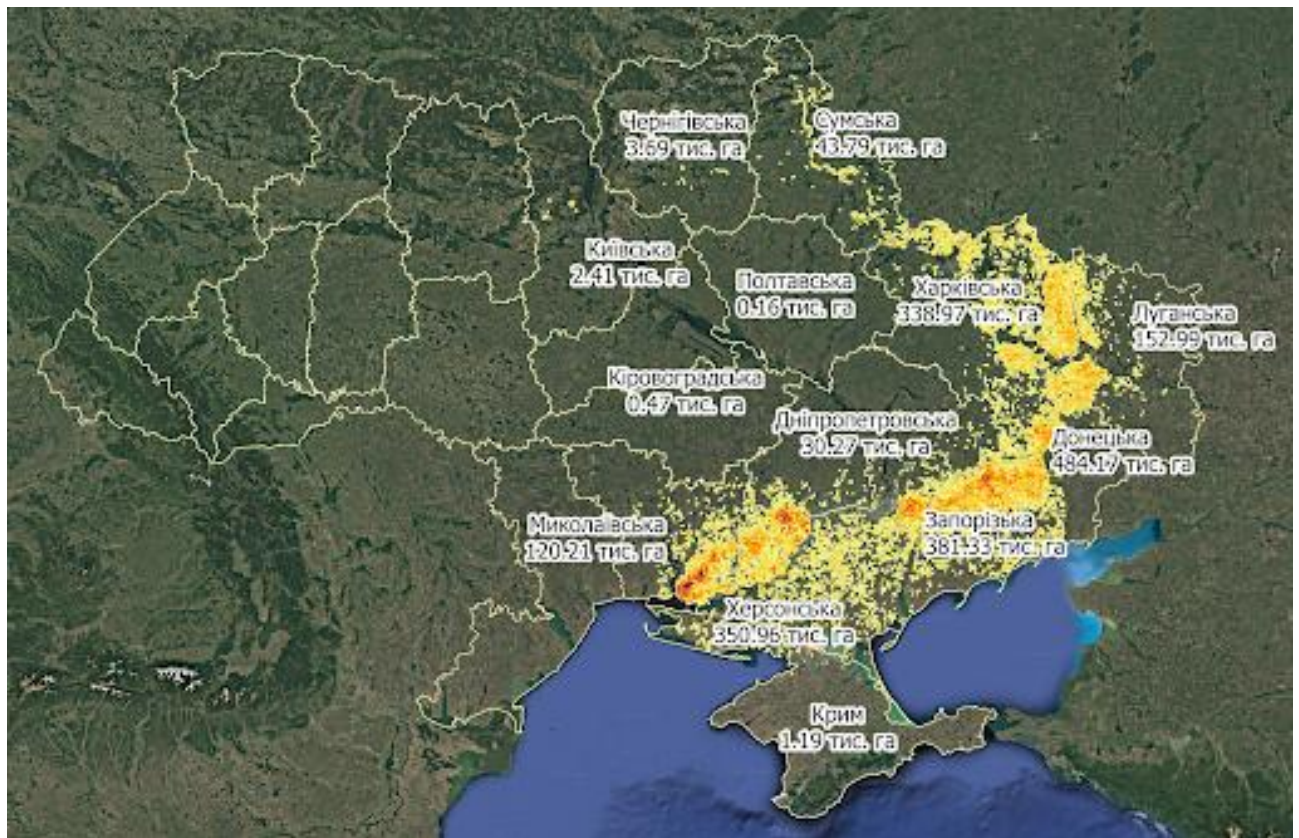


Рис. 3.2. Карта пошкоджених сільськогосподарських земель за період 2022 -2024
Джерело: ММАД КПІ

Сільськогосподарські землі мають підвищений ризик забруднення, оскільки їх регулярно використовують для створення оборонних позицій, розміщення артилерійських підрозділів, або ж навмисно замінують з метою дестабілізації виробництва продовольства та зупинення просування ворога.

Таблиця 3.3

Динаміка земельного фонду України, тис.га

Область	2021	2022	2023	2024	Частка недоступних земель, %
Івано-Франківська	1392,7	1392,7	1392,7	1392,7	0
Волинська	2014,4	2014,4	2014,4	2014,4	0
Вінницька	2649,2	2649,2	2649,2	2649,2	0
Дніпропетровська	3192,3	3192,3	3192,3	3192,3	0

Донецька	2657,7	956,77	956,77	956,77	64
Житомирська	2982,7	2565,12	2982,7	2982,7	0
Закарпатська	1275,3	1275,3	1275,3	1275,3	0
Запорізька	2718,3	706,76	706,76	706,76	74
Київська	2816,2	1774,21	2816,2	2816,2	0
Кіровоградська	2458,8	2458,8	2458,8	2458,8	0
Луганська	1838,97	0	0	0	100
Львівська	2183,1	2183,1	2183,1	2183,1	0
Миколаївська	2458,55	2114,35	2384,79	2384,79	3
Одеська	3331,38	3331,38	3331,38	3331,38	0
Полтавська	2875	2875	2875	2875	0
Рівненська	2005,1	2005,1	2005,1	2005,1	0
Сумська	2383,2	714,96	2025,72	2025,72	15
Тернопільська	1382,74	1382,47	1382,47	1382,47	0
Харківська	3441,82	1858,58	1858,58	2753,46	20
Херсонська	2846,1	142,31	142,31	569,22	80
Хмельницька	2062,9	2062,9	2062,9	2062,9	0
Черкаська	2091,6	2091,6	2091,6	2091,6	0
Чернівецька	809,6	809,6	809,6	809,6	0
Чернігівська	3190,3	638,06	3190,3	3190,3	0
Усього по Україні	57057,96	41194,97	46787,98	48109,77	15,7

Джерело: Складено автором на основі [34]

За прогнозними оцінками темпи розмінування мають величезні часові інтервали, для повного можливого використання аграрних земель. За наявних темпів розмінування що становить на даний час лише 300–500 га на місяць, може

зайняти від 15 до 20 років. Міжнародна допомога дещо пришвидшує процес, але її недостатньо для радикальної зміни ситуації.

Важливо зазначити, що основний пріоритет надають найродючішим землям та тим, де розташована критична інфраструктура. Результатом чого, є те що менш продуктивні або віддалені ділянки можуть залишатися небезпечними протягом тривалого невизначеного терміну. Економічна вартість повного розмінування вражає – 30–40 млрд доларів США. Що значно перевищує можливості державного бюджету навіть у мирний час.

Повномасштабна війна стала потужним фактором розвитку військових технологій, зокрема масового застосування безпілотників з оптоволоконним керуванням. Використовують два типи волокна – скляне (GOF) та полімерне (POF). Один дрон здатен транспортувати до 20 км кабелю, який розмотується під час польоту. Через інтенсивні бойові дії цей кабель практично неможливо зібрати або повторно використати, що створює нову форму пластичного забруднення.

Оптоволоконні лінії потрапляють у ґрунт через вибухи, пожежі та рух важкої техніки. З часом вони розкладаються на мікропластик, який може потрапляти у ґрунтові та підземні води. За попередніми оцінками, термін розкладання таких матеріалів може тривати до 600 років. Окрім хімічного впливу, натягнуті дроти становлять безпосередню загрозу для дикої природи: у кабелях заплутуються тварини й птахи, що часто призводить до їх загибелі.

Верховна Рада ухвалила закон, який звільняє імпорту комплексуючих для таких дронів від оподаткування. Це виправдано в умовах війни, але водночас посилює довгострокові екологічні ризики. Це логічно з військової точки зору, але створює нову довгострокову екологічну проблему, якої раніше просто не існувало.

Якщо мінування та оптоволокну являє собою приховану загрозу, то руйнування інфраструктури лежить на поверхні. Зрошувальні мережі, елеватори, парки техніки, дороги, мости, переробні заводи – зазнали масштабних пошкоджень. За даними Держстату, 30–40% довоєнних площ зрошення не

працюють. Потужності зі зберігання зерна скоротилися ще на 12–15 млн тонн через втрату елеваторів і складських приміщень.

Ґрунти забруднені вибуховими речовинами, важкими металами та продуктами горіння. Сотні тисяч гектарів постраждали від пожеж, що знищили органічний шар і порушили структуру ґрунту. Значної шкоди зазнали полезахисні лісосмуги, які багато років захищали поля від ерозії.

Особливої уваги заслуговує підрив Каховської ГЕС у червні 2023 року. Ця катастрофа затопила близько 600 тис. га, знищила посіви, залишила після себе забруднені відклади та позбавила водних ресурсів величезні території Херсонської і Запорізької областей. Наслідки відчуватимуться роками.

Таблиця 3.4.

**Оцінка збитків аграрного сектору від військових дій, загалом
(2022–2024 рр.)**

Категорія збитків	Орієнтовна вартість (млрд дол. США)	Уражена площа/потужність	Термін відновлення (роки)
Руйнування інфраструктури	8,7	4 200 об'єктів	5–8
Іригаційні системи	2,4	520 000 га	8–12
Зберігання зерна	1,9	14,5 млн т	3–5
Сільгосптехніка	3,2	23 000 одиниць	4–6
Транспортна інфраструктура	4,8	12 500 км доріг	6–10
Тваринницькі ферми	1,3	2 800 господарств	4–7
Переробні підприємства	2,6	340 об'єктів	5–8
Розмінування	35,0	5,5 млн га	15–20
Загальні прямі збитки	59,9	–	–

Джерело: розроблено автором на основі [32, 48, 57]

Дані Держстату фіксують скорочення сукупного аграрного випуску на 23% у 2022 році порівняно з попереднім роком. Виробництво зерна впало з 86 до 67 млн тонн. Експорт сільськогосподарської продукції знизився на 35–40% у перший рік повномасштабного вторгнення через блокаду морських портів, мінування морських шляхів та руйнування портової інфраструктури.

Людський фактор відіграє критичну роль у аграрних втратах. За оцінками Міжнародної організації з міграції, від 6 до 8 млн українців були вимушено переміщені або виїхали за кордон. Аграрні підприємства прифронтових зон повідомляють про дефіцит робочої сили на рівні 30–50% під час сезонних робіт.

Загальні економічні втрати аграрного сектору за 2022–2024 роки оцінюються у межах 75–85 млрд доларів США. Війна призвела до суттєвої нестабільності у процесах моделювання та планування використання землі, що вимагає комплексного аналізу, що поєднує різні наукові області.

3.2. Кліматичні та екологічні виклики використання земельних ресурсів

Кліматичні зміни є одним із найважливіших викликів для аграрного господарства України. За останні десять років помічаються значні зміни в температурі, опадах та частоті екстремальних погодних умов, що впливає на врожайність культур, якість земель та ризики в сільському господарстві.

Аналіз погодних даних показує, що за останні тридцять років температура в Україні постійно зростає. Середньорічні температури збільшилися приблизно на 0,8–1,2 градуса з 1990 року. Найбільше потепління спостерігається взимку та навесні, що змінює процеси відновлення озимих зернових і впливає на розвиток шкідників та хвороб. Найшвидше потепліло на сході та півдні країни, де температура підвищується на 1,3–1,5 градуса порівняно з 1961–1990 роками. Це більше, ніж середні показники у світі, тому Україна входить до регіонів, де клімат змінюється найшвидше.

Опади також змінилися: їх більше стає у певні періоди, а в інші – менше. Загальна кількість опадів у деяких районах залишається приблизно такою ж, але їх розподіл між місяцями стає нерівномірним. У степових районах півдня України відбувається зменшення опадів у період вегетації, особливо у квітні та липні. Відповідно, врожайність може знизитися. Крім того, частіше стають сильні опади, які призводять до швидкого зливу води, зниження здатності ґрунтів зберігати вологу та підвищення ризику ерозії.

Таблиця 3.5.

Динаміка основних агрокліматичних показників в Україні (1990–2024 рр.)

Показник	1990– 2000	2001– 2010	2011– 2020	2021– 2024	Зміна, %
Середньорічна температура, °С	7,8	8,3	8,9	9,2	+17,9
Тривалість вегетаційного періоду, днів	182	188	195	198	+8,8
Річна кількість опадів, мм	612	598	587	576	–5,9
Гідротермічний коефіцієнт (Степ)	0,87	0,82	0,76	0,71	–18,4
Днів з T>30°C (Степ)	28	34	42	47	+67,9
Частота посух, випадків/десятиліття	2,1	2,8	3,9	4,5	+114,3

Джерело: розроблено автором на основі [34, 37]

Процес аридизації південних регіонів України набув ознак стійкого тренду, що підтверджується динамікою гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Цей інтегральний показник, що визначається за формулою:

$$\text{ГТК} = \Sigma P / (0,1 \times \Sigma T),$$

де P – сума опадів за період з температурою вище 10°C, мм; T – сума активних температур за той самий період, °

C – знизився у степовій зоні з 0,85–0,90 у 1990-х роках до 0,70–0,75 на сучасному етапі. Критичне значення ГТК $< 0,80$ індикує необхідність застосування зрошення для забезпечення нормального розвитку більшості сільськогосподарських культур.

Територіальне поширення аридних умов охопило близько 10 млн га сільськогосподарських угідь південної України, що становить приблизно третину загальної площі ріллі країни. Ізолінії рівних значень ГТК зміщуються на північ зі швидкістю 100–150 км на десятиліття, що призводить до трансформації меж агрокліматичних зон та робить традиційні системи землеробства неадекватними новим умовам.

Екстремальні погодні явища стали постійними та сильнішими, що створює великі виробничі ризики та змінює врожайність. Посухи, які – це періоди з дефіцитом опадів на 30% та підвищеними температурами, подвоїлися за частотою за останні два десятиліття років. Серйозні посухи 2020, 2022 та 2023 років призвели до втрати виробництва зерна на рівні 8–12 млн тонн та збитку близько 3 млрд доларів США.

Крім посух, відбулися інші екстремальні явища: пізні весняні заморозки, сильні опади, які призводять до перезволоження ґрунтів, сильні зливи та шквали. Вегетаційний сезон 2020 року добре відобразив ці проблеми: пізні квітневі заморозки пошкодили плодове насадження та озимі зернові, потім настала серйозна посуха на півдні, а у кінці року прийшов надмірний опад, який ускладнює збирання врожаю та погіршив якість зерна.

Кліматичні зміни формують складний патерн впливу на врожайність різних сільськогосподарських культур. Озима пшениця, незважаючи на позитивний довгостроковий тренд урожайності завдяки селекційному прогресу та вдосконаленню агротехнологій, характеризується зростаючою міжрічною варіативністю. У південних областях спостерігається стагнація або навіть зниження врожайності через прогресуючий дефіцит вологи під час критичних фаз розвитку – колосіння та наливання зерна.

Кукурудза демонструє високу чутливість до водного стресу, особливо у період цвітіння та формування зерна. Дефіцит вологи у ці фенофази призводить до редукції врожайності на 15–25% у посушливі роки. Соняшник, традиційно адаптований до степових умов завдяки глибокій кореневій системі, стикається з новими викликами у вигляді екстремальних температур під час цвітіння, що знижує ефективність запилення та олійність насіння. Соя отримала певні переваги від подовження вегетаційного періоду та потепління, проте залишається вразливою до дефіциту вологи у критичні фази розвитку.

Таблиця 3.6

Вплив кліматичних змінних на врожайність основних культур у середньому в Україні (2015–2023 рр.)

Культура	Середня врожайність, т/га	Врожайність у посушливі роки, т/га	Зниження врожайності, %	Чутливість до температури	Чутливість до опадів
Озима пшениця	4,18	3,22	-23,0	-0,12	+0,18
Ярий ячмінь	3,14	2,45	-22,0	-0,15	+0,21
Кукурудза	6,89	5,35	-22,3	-0,28	+0,35
Соняшник	2,51	2,18	-13,1	-0,08	+0,14
Соя	2,33	1,86	-20,2	-0,19	+0,27
Цукровий буряк	48,3	38,7	-19,9	-1,45	+2,38

Джерело: розроблено автором на основі [34, 37]

Трансформація термічного та гідрологічного режимів призвела до суттєвого зміщення меж агрокліматичних зон. Оптимальні умови для вирощування теплолюбних культур – кукурудзи, сої, соняшнику – поширилися на північ, охопивши райони Лісостепу та південного Полісся. Це створює нові

можливості для диверсифікації виробництва у цих регіонах, проте одночасно ускладнює традиційне зернове виробництво у південних степових областях.

Господарства південних регіонів стикаються зі зниженням економічної ефективності класичних систем землеробства. Рентабельність виробництва без значних інвестицій у зрошувальну інфраструктуру, селекцію посухостійких генотипів та впровадження технологій збереження ґрунтової вологи знижується нижче порогу економічної доцільності. Швидкість просторової трансформації агрокліматичних умов, що оцінюється у 50 км на десятиліття, значно перевищує адаптаційний потенціал наявної аграрної інфраструктури, системи знань та інституційних механізмів.

Економічний вплив кліматичних трансформацій на аграрний сектор України виходить за межі прямого впливу на врожайність. Зростання виробничих ризиків призводить до підвищення вартості страхування та кредитних ресурсів. Необхідність додаткових витрат на адаптаційні заходи – зрошення, протиградові сітки, системи заморозка захисту – знижує конкурентоспроможність вітчизняної аграрної продукції на світових ринках.

Загальний негативний вплив кліматичних змін на аграрний валовий внутрішній продукт оцінюється у 4–7% порівняно зі сценарієм незмінного клімату. Економічні втрати демонструють тенденцію до прискорення у зв'язку з підвищенням частоти екстремальних погодних подій. Низький рівень проникнення страхування у вітчизняному сільському господарстві залишає аграрних виробників значною мірою незахищеними від кліматичних ризиків, що створює фінансову вразливість та обмежує інвестиційний потенціал галузі.

Масове розмноження та міграція перелітної сарани (*Locusta migratoria*), зафіксовані на півдні України у 2025 році, ілюструють комплексний характер взаємодії кліматичних змін, антропогенного впливу та воєнних дій. Цей феномен виник внаслідок конвергенції кількох факторів.

Руйнування Каховської греблі у червні 2023 року створило масштабні зони тимчасового затоплення у пониззі Дніпра, що після відступу води сформувало оптимальний субстрат для відкладання яєць сарани. Заболочені території

Нижньодніпровського національного парку та Кардашинського болота забезпечили кормову базу для розвитку личинок. Осушений басейн Каховського водосховища створив додаткові придатні біотопи з оптимальними термічними та вологісними умовами.

Метеорологічні умови 2024–2025 років виявилися винятково сприятливими для розвитку популяції. Аномально тепла зима 2024/2025 року з мінімальним промерзанням ґрунту забезпечила високу виживаність кладок. Спекотне літо 2024 року з рясними опадами у травні-липні та наступною посухою у серпні-вересні створило оптимальну комбінацію умов для розмноження. Співпадіння піку 11-річного циклу сонячної активності з 100-річним максимумом у 2024–2025 роках корелює з історичними даними про масові спалахи саранових у періоди максимальної сонячної активності.

Військові дії унеможливили своєчасне реагування на формування осередків масового розмноження. Неможливість проведення авіаційних обробок через активні бойові дії, відсутність належного моніторингу через брак ресурсів та розташування осередків вздовж лінії фронту значно обмежили ефективність заходів боротьби. Сучасні особливості землекористування – розорювання природних луків до берегів водойм, переважання культур з пізнім змиканням рядків (соняшник, кукурудза) – створюють додаткові сприятливі умови для розвитку та міграції сарани.

Паралельно з кліматичними змінами тривають процеси деградації сільськогосподарських земель, які мають кумулятивний характер та формують довгострокові обмеження для продуктивного використання земельних ресурсів. Українські чорноземи, що історично вважаються еталоном природної родючості, протягом останнього століття зазнали суттєвої трансформації внаслідок інтенсивного використання без адекватних компенсаційних заходів.

Водна ерозія охоплює близько 57% сільськогосподарських угідь країни різного ступеня ураження. Активні ерозійні процеси спостерігаються на площі 13,2 млн га, переважно у західних районах Лісостепу та центральних областях України. Річні втрати ґрунту на землях з помірною ерозією становлять 10–15 т/га,

тоді як на сильно еродованих ділянках досягають 20–30 т/га. Такі темпи втрат ґрунту значно перевищують швидкість природного ґрунтоутворення, яка оцінюється у 0,5–1,0 т/га за рік.

Вітрова ерозія найбільш поширена у південних степових регіонах, де легкі за гранулометричним складом ґрунти у поєднанні з розрідженим рослинним покривом та інтенсивними вітрами створюють сприятливі умови для дефляції. Ризику вітрової ерозії піддається близько 6 млн га, особливо критична ситуація спостерігається у південних районах Одеської, Херсонської та Запорізької областей, де знищення полезахисних лісових насаджень різко знизило протиерозійний потенціал агроландшафтів.

Таблиця 3.7

Площі та ступінь деградації сільськогосподарських угідь України (2023 р.)

Тип деградації	Загальна площа, млн га	Частка від с.-г. угідь, %	Слабкий ступінь, млн га	Середній ступінь, млн га	Сильний ступінь, млн га
Водна ерозія	13,2	32,2	6,8	4,9	1,5
Вітрова ерозія	6,0	14,6	3,2	2,1	0,7
Дегуміфікація	19,4	47,3	11,2	6,8	1,4
Підкислення	9,7	23,7	6,3	2,8	0,6
Засолення	1,8	4,4	0,9	0,7	0,2
Ущільнення	11,5	28,0	7,2	3,6	0,7
Хімічне забруднення	2,4	5,9	1,6	0,6	0,2

Джерело: розроблено автором на основі [34, 35]

Втрата органічної речовини ґрунтів становить особливо небезпечну форму деградації, оскільки підриває фундаментальні фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту. Вміст гумусу в українських чорноземах знизився з історичних показників 4,5–6,0% до сучасних 3,2–4,5%, а на окремих інтенсивно

оброблюваних ділянках опустився нижче критичного порогу 3,0%. Це означає сукупні втрати 20–40% початкових запасів гумусу протягом 70–100 років інтенсивного землеробства.

Швидкість дегуміфікації визначають за рівнянням балансу гумусу:

$$\Delta H = H_{\text{вн}} - H_{\text{мін}},$$

де ΔH – зміна запасів гумусу (т/га),

$H_{\text{вн}}$ – надходження органічної речовини,

$H_{\text{мін}}$ – мінералізація гумусу.

За сучасних систем землеробства $H_{\text{вн}} < H_{\text{мін}}$, що призводить до стійкого від'ємного балансу гумусу. Прискорення процесів дегуміфікації в останні десятиліття зумовлене кількома факторами: вилучення рослинних решток для енергетичних потреб, різке скорочення внесення органічних добрив через зменшення поголів'я худоби, спрощення сівозмін з переважанням зернових та технічних культур, що повертають мінімальну кількість органічної речовини у ґрунт.

Економічні наслідки дегуміфікації мають комплексний характер. Погіршення гумусового стану призводить до зростання потреби у мінеральних добривах для підтримання врожайності, підвищення вразливості до посухи через зниження водоутримувальної здатності, посилення схильності до ерозії через ослаблення агрегатної структури, загального зниження буферності та стійкості до екологічних стресів.

Підкислення ґрунтів охоплює 9,7 млн га сільськогосподарських земель, переважно у північних та західних регіонах. Інтенсивне застосування фізіологічно кислих азотних добрив, винос з урожаєм кальцію та магнію без адекватного вапнування призводять до зниження рН до критичних значень. Фактичні обсяги вапнування катастрофічно впали з 5–6 млн га щорічно у радянський період до менше ніж 300 тис. га на сучасному етапі.

Засолення та осолонцювання вражають близько 1,8 млн га переважно у південних зрошуваних районах. Неправильне управління зрошенням без належного дренажу спричинило вторинне засолення колись продуктивних земель. Ущільнення ґрунту внаслідок використання важкої сільськогосподарської техніки зачіпає 11,5 млн га, створюючи тривалі обмеження для розвитку кореневих систем та водного режиму.

Таблиця 3.8

**Динаміка вмісту гумусу в сільськогосподарських ґрунтах України
(1990–2024 рр.)**

Ґрунтово– кліматична зона	Вміст гумусу 1990 р., %	Вміст гумусу 2005 р., %	Вміст гумусу 2024 р., %	Абсолютна зміна, 2024 р. до 1990р., %	Річні втрати, % на рік
Полісся	1,94	1,76	1,58	–0,36	–0,011
Лісостеп	4,18	3,86	3,52	–0,66	–0,019
Степ	3,85	3,51	3,14	–0,71	–0,021
Середнє по Україні	3,41	3,15	2,86	–0,55	–0,016

Джерело: розроблено автором на основі [34, 35, 29]

Хімічне забруднення сільськогосподарських земель має локальний характер, проте охоплює близько 2,4 млн га з підвищеними концентраціями пестицидів, важких металів та інших токсикантів. Надмірна розораність на рівні 78–80% сільськогосподарських земель значно перевищує екологічно обґрунтований поріг 60–70% та включає маргінальні землі, що доцільніше було б вивести з інтенсивного обробітку.

Економічні втрати від деградації земель мають багатоплановий характер та охоплюють безпосереднє зниження врожайності, зростання потреби у ресурсах для підтримання продуктивності, витрати на відновлювальні заходи,

зменшення ринкової вартості земель та втрату екосистемних послуг. Щорічні економічні збитки від деградації земель у вітчизняному сільському господарстві за консервативними оцінками становлять 8–9 млрд доларів США, що еквівалентно 25–30% валової продукції галузі.

Таблиця 3.9

Економічні втрати від деградації земель за типами (річні оцінки, 2023 р.)

Тип деградації	Прямі втрати врожаю, млн дол. США	Зростання витрат на ресурси, млн дол. США	Втрата екосистемних послуг, млн дол. США	Загальні економічні втрати, млн дол. США	Втрати на 1 га ураженої площі, дол. США/га
Ерозія	1 240	420	680	2 340	122
Дегуміфікація	1 850	730	520	3 100	160
Підкислення	680	290	180	1 150	119
Ущільнення	740	310	220	1 270	110
Засолення	340	120	140	600	333
Хімічне забруднення	180	95	160	435	181
Разом	5 030	1 965	1 900	8 895	–

Примітка: оцінки базуються на даних уражених площ і середніх втратах продуктивності.

Джерело: розроблено автором на основі [34, 35, 29]

Економічні втрати від деградації земель є масштабними й проявляються у зниженні врожайності, зростанні витрат на підтримання родючості, здорожчанні відновлювальних заходів, падінні ринкової вартості земель та втраті екосистемних послуг. За оцінками Інституту аграрної економіки (2023), щорічні збитки становлять 8–9 млрд дол. США, або 25–30% валової продукції аграрного сектору. З погіршенням стану ґрунтів ці втрати накопичуються, утворюючи

негативну спіраль: нижча продуктивність обмежує інвестиції в природоохоронні заходи, що ще більше прискорює деградацію.

Протидія деградації земель потребує комплексних рішень, що поєднують агрономічні, інженерні та економічні інструменти. Серед ключових заходів – науково обґрунтовані сівозміни з участю бобових і багаторічних культур, консерваційні технології обробітку ґрунту, відновлення полезахисних лісосмуг, виведення малопродуктивних земель з інтенсивного використання, точне управління живленням, повернення рослинних решток у ґрунт і програми цільової рекультивації.

Хоча Державна програма розвитку аграрного сектору на 2023–2027 роки передбачає збільшення фінансування охорони ґрунтів, фактичні видатки залишаються значно нижчими за потребу. Економічні стимули також недостатні: короткострокові договори оренди не мотивують землекористувачів інвестувати у відновлення ґрунтів, а контроль за дотриманням природоохоронних норм залишається слабким. Це призводить до збереження практик, що виснажують землю.

Ситуацію ускладнює нестабільність системи державного управління природними ресурсами. Часті реорганізації відповідальних органів послабили контроль та ефективність екологічної політики. Особливо проблемним стало поєднання у 2025 році природоохоронних функцій з економічними та аграрними, що спричинило конфлікт між екологічними обмеженнями та прагненням максимізувати використання земельних ресурсів.

В умовах, коли війна спричинила масштабне забруднення повітря, ґрунтів і вод, слабкість природоохоронних інституцій підвищує ризики подальшої деградації в період післявоєнного відновлення.

3.3 Напрями удосконалення системи землекористування

Воєнний стан змусив Україну переосмислити підходи до управління земельними ресурсами. Система землекористування має забезпечувати

продовольчу безпеку в умовах активних бойових дій, одночасно створюючи основу для довгострокового відновлення аграрного сектору. Аналіз поточної ситуації показує критичну потребу в комплексному реформуванні земельних відносин з урахуванням військових загроз, кліматичних змін та екологічних викликів.

Повномасштабне вторгнення перервало процес становлення ринку сільськогосподарських земель, започаткований у 2021 році. Зупинка роботи Державного земельного кадастру та Державного реєстру речових прав паралізувала стандартні процедури набуття прав на землю. У відповідь Верховна Рада 24 березня 2022 року ухвалила Закон № 2145-IX, який надав військовим адміністраціям повноваження щодо оперативного регулювання земельних відносин. Цей крок, попри певні обмеження приватних прав, виявився необхідним для збереження аграрного виробництва в екстремальних умовах.

Масове переміщення населення унеможливило виконання багатьох договірних зобов'язань. Договори оренди, термін яких закінчився після 24 лютого 2022 року, було автоматично продовжено на рік, що забезпечило стабільність сільськогосподарської діяльності без додаткових бюрократичних процедур. Процес державної реєстрації договорів оренди також зазнав істотного спрощення – формування земельних ділянок відбувається без внесення до кадастру, а реєстрацію здійснюють районні військові адміністрації. Ці адміністрації отримали право передавати в оренду державні, комунальні землі та невитребувані паї на термін до року з орендною платою не вище 8% від нормативної грошової оцінки. Постійні землекористувачі та орендарі можуть передавати свої права іншим агровиробникам строком до року, що підвищує гнучкість системи. Укладення договорів відбувається виключно в електронній формі без проведення торгів.

Державна програма розвитку аграрного сектору на 2023-2027 роки (Постанова КМУ від 15 березня 2023 року № 245) визначає комплексний підхід до відновлення землекористування. Програма охоплює фінансування розмінування сільськогосподарських територій, відновлення зрошувальних

систем, підтримку ґрунтозберігаючих технологій та субсидування екологічних практик.

Національна програма збереження та відтворення родючості ґрунтів на 2022-2030 роки передбачає субсидування вапнування кислих ґрунтів з компенсацією до 50% витрат та стимулювання використання органічних добрив. На базі Держгеокадастру створено Національний фонд родючості ґрунтів, який акумулює кошти від екологічних штрафів для відновлення деградованих земель.

Мінагрополітики впроваджує електронний кабінет землевласника, який дозволяє дистанційно отримувати інформацію про стан земельних ділянок, укладати договори оренди та контролювати надходження орендних платежів. Цей інструмент особливо важливий для внутрішньо переміщених осіб, які втратили фізичний доступ до своїх земель.

Держгеокадастр розгортає систему супутникового моніторингу використання сільськогосподарських земель для виявлення порушень цільового використання, самовільного зайняття та нераціонального землекористування. За 2024 рік система виявила понад 15 тисяч порушень на площі близько 180 тисяч гектарів.

Проте фрагментарність поточної системи моніторингу не забезпечує систематичного відстеження динаміки деградаційних процесів. Створення єдиної цифрової платформи, яка інтегруватиме дані супутникового спостереження, польових обстежень та агрохімічних аналізів, дозволить автоматично формувати паспорти якості ґрунтів для кожної ділянки з оновленням раз на три роки. Запровадження обов'язкової сертифікації якості ґрунтів при укладенні довгострокових договорів оренди (понад п'ять років) стане важливим кроком до відповідального землекористування.

Сертифікат має відображати вміст гумусу, кислотність, забезпеченість поживними елементами та ступінь ерозії. При поверненні земельної ділянки після закінчення оренди повторна сертифікація дозволить виявити зміни якості ґрунту. Погіршення показників зобов'язуватиме орендаря компенсувати збитки

власнику, що створить економічний стимул до дбайливого ставлення до орендованих земель та збереження їх продуктивного потенціалу.

Існуючі механізми економічного стимулювання раціонального землекористування не створюють належних мотивів для впровадження природоохоронних практик. Розробка прогресивної системи оподаткування земельних ділянок залежно від якості управління ресурсами може суттєво змінити ситуацію. Господарства, що покращують показники якості ґрунтів, отримуватимуть податкові пільги до 50% від земельного податку, тоді як ті, що допускають деградацію, сплачуватимуть підвищений податок з коефіцієнтом до 2,0.

Система "зелених" субсидій для господарств, які впроваджують ґрунтозберігаючі технології обробітку, використовують сидерати, проводять вапнування та створюють полезахисні лісосмуги, має становити від 3 до 7 тисяч гривень на гектар залежно від виду природоохоронного заходу. Фінансування таких виплат здійснюватиметься через Національний фонд родючості ґрунтів з поступовим збільшенням капіталізації до 5 мільярдів гривень щорічно.

Відсутність розвинутого ринку страхування земельних ризиків обмежує залучення інвестицій у відновлення аграрного сектору. Запровадження обов'язкового страхування врожаю для господарств площею понад 500 гектарів з державною підтримкою 60% страхової премії знизить інвестиційні ризики. Створення пулу перестраховання агрокліматичних ризиків за участю держави та міжнародних фінансових інститутів знизить вартість страхових послуг та забезпечить стабільність виплат.

Розробка спеціального продукту страхування родючості ґрунтів для орендарів земельних ділянок стане додатковим інструментом захисту інтересів власників. Такий поліс гарантуватиме компенсацію у разі погіршення якості ґрунтів після завершення оренди. Страхові компанії матимуть стимул контролювати дотримання агротехнологічних норм та екологічних вимог, що посилить контроль за раціональним землекористуванням.

Часті реорганізації та нечітке розмежування повноважень між органами управління земельними ресурсами негативно позначаються на ефективності державної політики. Створення Національного агентства земельних ресурсів зі статусом центрального органу виконавчої влади дозволить консолідувати функції Держгеокадастру, Держземагентства та профільних підрозділів Мінагрополітики. Агентство матиме регіональні представництва у кожній області з повноваженнями щодо контролю за використанням земель, ведення земельного кадастру та надання адміністративних послуг.

Забезпечення незалежності та професійності державного контролю потребує створення Земельної інспекції як окремого правоохоронного органу спеціального призначення. Інспектори отримають повноваження щодо проведення перевірок, складання протоколів про адміністративні правопорушення, накладення штрафів та зупинення господарської діяльності у разі грубих порушень земельного законодавства. Штат інспекції має становити не менше 3 тисяч фахівців по всій Україні.

Сучасна система землекористування має враховувати не лише прямі економічні вигоди від сільськогосподарського виробництва, але й екосистемні послуги сільськогосподарських ландшафтів. Запровадження механізму оплати за екосистемні послуги для господарств, які зберігають природні біотопи, відновлюють полезахисні лісосмуги, створюють вологі землі та підтримують біорізноманіття, стимулюватиме екологічно відповідальне господарювання. Розмір компенсації від 500 до 2000 гривень на гектар щорічно залежатиме від виду екосистемної послуги та регіону.

Висновки до розділу 3

1.Проведений комплексний аналіз викликів для сільськогосподарського землекористування України та обґрунтування напрямів удосконалення системи управління земельними ресурсами. Показало, що близько 30%

сільськогосподарських земель зазнали впливу бойових дій, понад 5 млн га потребують розмінування, 2,4 млн га забруднені важкими металами. Прямі збитки земельним ресурсам становлять 25-30 млрд доларів США, непрямі втрати перевищують 50 млрд доларів США. Період повного відновлення продуктивного потенціалу земель оцінюється в 10-15 років навіть за умови масштабних інвестицій та міжнародної підтримки.

2. Аналіз кліматичних та екологічних викликів виявив накладення довгострокових трендів глобального потепління на короткостроковий вплив воєнних дій. Деградація ґрунтів охопила 57% сільськогосподарських угідь, що призводить до щорічних втрат у 8-9 млрд доларів США. Підвищення температури на 1,2-1,5°C, зміщення режимів опадів та зростання частоти екстремальних погодних явищ вимагають адаптації структури посівів та технологій вирощування.

3. Проведений аналіз дав можливість обґрунтувати систему напрямів удосконалення землекористування, що поєднує екстрені заходи воєнного часу з довгостроковими інституційними реформами. Запропонувати створення єдиної цифрової платформи моніторингу земельних ресурсів, запровадження обов'язкової сертифікації якості ґрунтів при довгостроковій оренді, розробку прогресивної системи оподаткування та зелених субсидій для ґрунтозберігаючих технологій. Інституційне реформування через створення Національного агентства земельних ресурсів та Земельної інспекції посилить контроль за дотриманням земельного законодавства, а впровадження механізму оплати за екосистемні послуги забезпечить довгострокову екологічну стійкість системи землекористування.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження моделювання використання земельних ресурсів у сільському господарстві України в умовах викликів дозволяє сформулювати наступні висновки та пропозиції.

1. Обґрунтовано теоретичні основи використання земельних ресурсів як багатофункціональної економічної категорії, яка поєднує економічні (засіб виробництва, джерело доходу), екологічні (природне середовище, місце існування біоти) та соціальні функції (соціальна стабільність сільських територій, продовольча безпека).

Земельні ресурси виступають одночасно як засіб виробництва, предмет праці та природне середовище, що визначає їх унікальність серед факторів виробництва. Встановлено, що в умовах сучасних викликів необхідний комплексний підхід до управління земельними ресурсами, який враховує не лише економічну ефективність, але й екологічну стійкість та соціальну справедливість.

2. Діагностика сучасного стану використання земельних ресурсів України виявила критичні структурні дисбаланси: надмірна розораність території (78-80% сільськогосподарських земель при екологічно обґрунтованому порозі 60-70%), порушення науково обґрунтованих сівозмін (частка зернових та олійних товарних культур перевищує 85% при нормі 50-60%), недостатнє внесення органічних добрив (менше 0,5 т/га при потребі 8-10 т/га), що призводить до прогресуючої деградації ґрунтового покриву.

Встановлено, що близько 57% сільськогосподарських угідь зазнали різних форм деградації (ерозія, дегуміфікація, засолення, підкислення), що призводить до щорічних економічних втрат у розмірі 8-9 млрд доларів США та вимагає термінових заходів щодо відновлення родючості.

3. Розроблено комплексну модель оптимізації структури посівних площ на основі методів лінійного програмування, яка інтегрує економічні критерії (максимізацію еколого-скоригованого прибутку) з екологічними обмеженнями

(граничне навантаження на ґрунти, баланс органічної речовини, протиерозійні вимоги) та обмеженнями продовольчої безпеки. Модель апробовано на прикладі Херсонської області з оптимізаційною задачею: $\text{Max } Z = 10300x_1 + 10200x_2 + 11400x_3$ (де змінні відображають площі під пшеницею, соняшником та соєю) за системи обмежень на земельний ресурс (570 тис. га), ресурс добрив (427,5 тис. ум. од.), екологічне навантаження (570 тис. ум. од.) та стратегічні мінімуми продовольчих культур.

Результати розв'язку показали оптимальну структуру посівних площ: 230 тис. га пшениці (прибуток 2,369 млн грн), 150 тис. га соняшнику (1,53 млн грн) та 190 тис. га сої (2,166 млн грн), що забезпечує сумарний еколого-скоригований прибуток 6,065 млн грн. Апробація моделі на даних типових аграрних підприємств різних регіонів показала можливість підвищення рентабельності на 15-20% при одночасному зниженні екологічного навантаження на 25-30% порівняно з існуючою практикою землекористування.

4. Запропоновано методика багаторівневої оцінки ризиків сільськогосподарського землекористування, яка включає: індекс співвідношення вартості товарної продукції ($I = T_i/T_{cp}$) для порівняння ефективності виробництва окремих культур; стандартизовані коефіцієнти кореляції між цінами та урожайністю культур для оцінки взаємозв'язку факторів ризику; інтегральний показник ризику $\bar{R} = \sqrt[3]{(R_1 \times R_2 \times R_3)}$, що враховує ціновий ризик, ризик коливання врожайності та ризик взаємозалежності культур; формулу оцінки відносної доходності сівозміни $P = \Sigma(I \times B \times \bar{R})$.

Встановлено, що інтегральний коефіцієнт ризику в умовах воєнного стану збільшився в 2,5-3 рази порівняно з довоєнним періодом (2010-2021 рр.), що вимагає використання стохастичного програмування для врахування невизначеності у планах землекористування та формування адаптивних стратегій управління земельними ресурсами з диверсифікацією виробництва.

5. Побудовано систему економетричних моделей для кількісної оцінки впливу різних факторів на продуктивність аграрного сектору:

Модель 1 (виробнича функція Кобба-Дугласа): $\ln(\text{ВВП}) = 4,50 + 0,58 \cdot \ln(\text{Держ_витрати}) + 6,04 \cdot \ln(\text{Виробництво}) - 0,11 \cdot \ln(\text{Збитки})$, $R^2 = 0,8068$. Характеризується високими еластичностями: збільшення обсягу виробництва на 1% призводить до зростання ВВП на 6,04%, збільшення державних витрат на 1% - до зростання ВВП на 0,58%, тоді як збільшення збитків на 1% зменшує ВВП на 0,11%. Сума еластичностей 6,62 свідчить про зростаючий ефект від масштабу у аграрному секторі.

Модель 2 (продуктивність землі): $\text{Продуктивність} = 0,72 + 0,1063 \cdot \text{Виробництво} - 0,000276 \cdot \text{Держ_витрати} + 0,1049 \cdot \text{Час}$, $R^2 = 0,9669$. Збільшення обсягу виробництва на 1 млн тонн призводить до зростання продуктивності на 0,106 умовних одиниць на тисячу гектарів (найсильніший ефект, $\beta^* = 0,68$). Часовий тренд ($\beta_3 = 0,1049$) відображає автономний внесок технологічного прогресу, який за 14 років становить 17,8% від середньої продуктивності.

Модель 3 (двохрежимна модель): $\text{ВВП} = 5,19 + 4,36 \cdot \text{Виробництво} + 0,057 \cdot \text{Держ_витрати} - 183,3 \cdot \text{Війна} + 0,0046 \cdot (\text{Війна} \times \text{Збитки})$, $R^2 = 0,9600$. Виявлено структурний злам у воєнний період (-183,3 умовних одиниць базового ВВП), що відображає деструктивний вплив війни на виробничий потенціал через втрату доступу до земель, руйнування інфраструктури, дефіцит робочої сили та зростання трансакційних витрат.

За інформаційним критерієм Акаїке найкращою є Модель 1 ($AIC = -73,77$), за коефіцієнтом детермінації лідирує Модель 2 ($R^2 = 0,967$). Всі три моделі підтверджують ключову роль інтенсифікації виробництва та значний позитивний ефект цільової державної підтримки.

6. Оцінка впливу воєнних дій показала безпрецедентні масштаби руйнування земельних ресурсів: близько 30% сільськогосподарських земель (6-8 млн га) зазнали прямого або опосередкованого впливу бойових дій, понад 5 млн га потребують розмінування, 2,4 млн га забруднені важкими металами та продуктами горіння. Визначено регіональний розподіл пошкоджень: Донецька область - 484,1 тис. га (25%), Запорізька - 381 тис. га (20%), Херсонська - 351 тис.

га (18,4%), Харківська - 339 тис. га (17,7%). Економічні втрати від воєнного впливу на земельні ресурси становлять щонайменше 25-30 млрд доларів США.

7. Побудовано три сценарії використання земельних ресурсів у післявоєнний період з різними параметрами інвестицій та термінів відновлення: оптимістичний (5-7 років, інвестиції 50-60 млрд доларів США), реалістичний (10-12 років, інвестиції 20-25 млрд доларів США) та песимістичний (до 15 років при обмежених ресурсах). Визначено пріоритетність масштабного розмінування (швидкість 1 млн га/рік), відновлення інфраструктури та впровадження інноваційних технологій для прискорення відновлення продуктивності.

8. Обґрунтовано систему практичних рекомендацій щодо вдосконалення управління земельними ресурсами: впровадження диференційованого підходу до використання земель залежно від їх якісного стану; розробка регіональних програм відновлення родючості ґрунтів з державною підтримкою (3-5 млрд грн щорічно); стимулювання впровадження ґрунтозахисних технологій через субсидії (30-40% вартості техніки) та податкові пільги (зниження земельного податку на 25%); створення національної системи моніторингу стану земель з використанням супутникових технологій; розвиток органічного землеробства на 15-20% площ (3-4 млн га до 2035 року).

9. Доведено необхідність удосконалення інституційного забезпечення раціонального землекористування через: посилення контролю за дотриманням сівозмін та агротехнічних вимог (штрафні санкції до 10% кадастрової вартості); запровадження обов'язкового екологічного аудиту для великих землекористувачів (понад 3 тис. га); створення компенсаційного механізму для орендарів, які інвестують у відновлення родючості ґрунтів (відшкодування до 40% витрат); розробка довгострокової стратегії адаптації землекористування до кліматичних змін з горизонтом планування до 2050 року.

10. Визначено пріоритетні напрями подальших досліджень: розробка динамічних моделей землекористування з урахуванням кліматичних сценаріїв (RCP4.5, RCP8.5); створення цифрових двійників агроєкосистем для прогнозування наслідків управлінських рішень; інтеграція технологій штучного

інтелекту та машинного навчання в системі підтримки прийняття рішень щодо використання земель; економічна оцінка екосистемних послуг земельних ресурсів (депонування вуглецю, збереження біорізноманіття, регулювання водного режиму) для обґрунтування природоохоронних заходів та системи платежів за екосистемні послуги.

Таким чином, результати дослідження доводять критичну важливість переходу від екстенсивного та змішаного до інтенсивно-екологічного типу землекористування, що базується на науково обґрунтованих економіко-математичних моделях оптимізації та враховує сучасні виклики.

Розроблені моделі лінійного програмування для оптимізації структури посівних площ, методика багаторівневої оцінки ризиків та система економетричних моделей (виробнича функція, модель продуктивності землі, двоережимна модель) формують комплексний інструментарій для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Впровадження запропонованих моделей та рекомендацій сприятиме відновленню продуктивного потенціалу земельних ресурсів, забезпеченню продовольчої безпеки України та сталому розвитку аграрного сектору в післявоєнний період. Кількісні параметри моделей (підвищення рентабельності на 15-20%, зниження екологічного навантаження на 25-30%, мультиплікативний ефект державних витрат 0,58-10,67) підтверджують практичну цінність запропонованого методологічного підходу для розробки державної аграрної політики та прийняття управлінських рішень на рівні окремих господарств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Земельний кодекс України : Закон України від 25 жовтня 2001 р. № 2768-III / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
2. Про охорону земель: Закон України від 19 червня 2003 р. № 962-IV / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15>.
3. Балюк С. А., Медведєв В. В., Тараріко О. Г. Деградація ґрунтів України: причини, масштаби, шляхи подолання. Харків : ННЦ ІГА, 2021. 285 с.
4. Балюк С. А., Медведєв В. В., Тараріко О. Г. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ: ТОВ «Вік принт», 2023. 132 с.
5. Боцян Б. В. Моделювання деградації земельних ресурсів в умовах війни. Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем : зб. матеріалів VI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Київ, 25 квітня 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 51–53.
6. Боцян Б. В. Оптимізація використання земельних ресурсів України. Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта : зб. матеріалів XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Київ, 8 листопада 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 51–53.
7. Боцян Б. В. Оцінка ризику сільськогосподарського землекористування. Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта : зб. матеріалів XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Київ, 28 жовтня 2025 р.). Київ : НУБіП України, 2025. С. 51–53. URL: <http://econference.nubip.edu.ua/index.php/itete/XVI>.
8. Боцян Б.В. Еколого-економічний аналіз та моделювання сільськогосподарського землекористування в Україні в умовах війни. Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем '2025 : Зб. матеріалів VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів і аспірантів (м. Київ, 24 квітня 2025 р.). Київ: НУБіП України, 2025. С. 51–53.
9. Вітлінський В. В., Наконечний С. І. Моделювання економічних процесів : підручник. Київ : КНЕУ, 2020. 408 с.

10. Вітлінський В. В., Наконечний С. І. Ризик у менеджменті. Київ : ТОВ «Борисфен-М», 2021. 336 с.
11. Гайдуцький П. І. Аграрна реформа Л. Д. Кучми в Україні. Київ: Інформ.-аналіт. центр «ЗЕРКАЛО», 2021. 320 с.
12. Галаєва Л. В., Рогоза Н.А., Шульга Н.Г. Економіко-математичне моделювання в аграрному секторі: посібник. Київ: НУБіП України, 2022. 285 с.
13. Грішова І. Ю. Управління земельними ресурсами: економіка та стратегія розвитку : монографія. Київ : КНЕУ, 2021. 352 с.
14. Добряк Д. С., Мартин А. Г., Євсюков Т. О. Теоретичні основи державного земельного кадастру : навч. посібник. Київ : Аграрна наука, 2021. 120 с.
15. Добряк Д. С., Мартин А. Г., Третяк А. М. Земельні ресурси України : монографія. Київ : Урожай, 2020. 368 с.
16. Кваша С. М., Ільчук М. М. Економічні засади інноваційного розвитку аграрного сектору АПК України : монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2022. 428с.
17. Клебанова Т. С. Економіко-математичні методи в аграрній економіці: підручник. Харків: ХНЕУ, 2019. 396 с.
18. Клебанова Т. С., Гур'янова Л. С., Чаговець Л. О. Оцінювання ефективності економічних систем : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2021. 304 с.
19. Коваленко Т. П., Рогоза Н. В. Стійкість аграрного виробництва в умовах ризиків : монографія. Київ : НУБіП України, 2021. 248 с.
20. Ковалів О. І., Ковалів М. В. Економіка сільськогосподарського підприємства : підручник. Київ: Алерта, 2023. 402 с.
21. Лупенко Ю. О., Ходаківська О. В. Земельні відносини в аграрному секторі: сучасні тенденції : монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2022. 256 с.
22. Лупенко Ю. О., Ходаківська О. В., Шпикуляк О. Г. Трансформація земельних відносин у сільському господарстві України: наук. посібник. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023. 188 с.
23. Медведєв В. В. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості : монографія. Харків : КП «Друкарня №13», 2022. 414 с.

24. Мельник Л. Г. Сталий розвиток агросфери: теорія та практика: монографія. Суми : УАБС, 2020. 312 с.
25. Месель-Веселяк В. Я. Економіка аграрного виробництва: підручник. Київ: КНЕУ, 2021. 568 с.
26. Могильний О. М. Регулювання аграрної сфери : монографія. Ужгород: ІВА, 2021. 400 с.
27. Нагаєв В. М. Аграрна політика України: стан і перспективи : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 340 с.
28. Наконечний С. І., Терещенко Т. О., Романюк Т. П. Економетрія : підручник. Київ КНЕУ, 2021. 520 с.
29. Національний екологічний центр України. URL: <https://necu.org.ua/>
30. Новаковський Л. Я. Землеустрій : підручник. Київ : Алерта, 2020. 548 с.
31. Новаковський Л. Я., Новаковська І. О. Управління земельними ресурсами: підручник. Київ : Аграрна наука, 2022. 784 с.
32. Оперативні дані Державного комітету України із земельних ресурсів. URL: <http://www.komitet.ua/node/295>
33. Офіційний сайт Державної екологічної інспекції України. URL: <https://dei.gov.ua/>
34. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
35. Офіційний сайт Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру. URL: <https://land.gov.ua/>
36. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України . URL: <https://minagro.gov.ua/>
37. Офіційний сайт Українського гідрометеорологічного центру. URL: <https://meteo.gov.ua/>
38. Паньків З. П. Земельні ресурси: економіка, екологія, управління : монографія. Львів : Ліга-Прес, 2020. 348 с.
39. Попова О. Л. Сталий розвиток агросфери України: політика і механізми : монографія. Київ : ІЕП НАН України, 2022. 350 с.

40. Саблук П. Т. Аграрна економіка і політика в Україні: підсумки минулого і погляд у майбутнє : монографія. Київ : ІАЕ, 2021. 392 с.
41. Скрипник А. В., Яра Т. Ю., Жемойда О. В. Економетрія: підручник. Київ : НУБіП України, 2021. 452 с.
42. Стратегія розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2030 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2023. 87 с. URL: <https://minagro.gov.ua/ua/npa/strategiya-rozvitku-agrarnogo-sektoru-ekonomiki-ukrayini-na-period-do-2030-roku>
43. Третяк А. М. Землевпорядне проектування: теоретичні основи і територіальний землеустрій : навч. посібник. Херсон : Олді-плюс, 2021. 488 с.
44. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Землеустрій в Україні: теорія, методологія, практика : монографія. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2022. 488 с.
45. Шпикуляк О. Г., Білокінна І. Д. Інноваційна діяльність в аграрній сфері: інституціональний аспект : монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2023. 280 с.
46. Юрчишин В. В. Сучасні аграрні перетворення в Україні : монографія. Київ: Основа, 2022. 428 с.
47. European Commission, Eurostat. Agriculture statistics: Main tables and database. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database>
48. FAO. Impact of the Ukraine-Russia Conflict on Global Food Security and Related Matters under the Mandate of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: Food and Agriculture Organization, 2023. URL: <https://www.fao.org/3/cc0765en/cc0765en.pdf>
49. Nehrey M., Koval T., Rogoza N., Galaieva L. Application Possibilities of Data Science Tools in Agriculture: A Review. Advances in Artificial Systems for Medicine and Education VI. AIMEE 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies / eds. Z. Hu, Z. Ye, M. He. Cham : Springer, 2023. Vol. 159. P. 231–240. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24468-1_23
50. Norton R. D., Hazell P. B. R. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. New York : Macmillan, 2021. 448 p.

51. OECD. Agricultural Outlook 2023–2032. Paris : OECD Publishing, 2023. 342 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
52. Schönhart M., Schauppenlehner T., Schmid E., Muhar A. Integrated land use model to support sustainable landscape management. *Environmental Modeling & Software*. 2021. Vol. 139. Article 105012. DOI: 10.1016/j.envsoft.2021.105012
53. UNEP. Environmental Impacts of War in Ukraine. Nairobi : United Nations Environment Programme, 2023. 92 p. URL: <https://www.unep.org/resources/ukraine>
54. USDA Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution Database (PSD), 2024. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/>
55. Van Ittersum M. K., Ewert F. Integrated assessment and modelling of agricultural systems. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 114. Article 125920. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125920
56. Van Ittersum M. K., Rabbinge R. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 286. Article 108632. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429023000024>
57. World Bank. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment 2023–2024. Washington, DC: World Bank, 2024. 156 p. URL: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine>
58. Zherlitsyn D., Talavyria M., Bakun Y., Saiapin S., Galaieva L. Shannon Entropy as an Indicator of the Effectiveness of E-Advisory in Ukraine. *Journal of Information Technology Management*. 2022. Vol. 14, № 3. P. 50–64. DOI: 10.22059/jitm.2022.87265. URL: https://jitm.ut.ac.ir/article_87265.html