

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем Кафедра
Інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту (декан факультету)

Андрій Форсюк

(ім'я та прізвище)

«12» лютого 2024р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Сергій Грибков

(ім'я та прізвище)

«12» лютого 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг
на тему: Дослідження і розроблення інформаційної системи контролю якості
використання добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур

Виконав: здобувач 2 курсу, групи КМ-2-4М

Літошко Олексій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Костіков Микола Павлович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

Роман Мірневар

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Інформаційних технологій, штучного
інтелекту і кібербезпеки

Сергій Грибков

“19” грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Літошка Олексія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження і розроблення інформаційної системи контролю якості використання добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур

керівник роботи Костіков Микола Павлович, доцент, кандидат технічних наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “19” грудня 2023 року №1006-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 22.01.2024р.

3. Вихідні дані до роботи звіт з проходження виробничої та переддипломної практики на базі ФОП «Літошко М.М.»

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) системний аналіз сучасного стану системи моніторингу використання добрив та напрямки її удосконалення, функціональне моделювання бізнес-процесів ПСП «SIDUS», агрохімічна характеристика ґрунтів, методи використання та способи покращення ефективності застосування добрив, дослідження та моделювання задач моніторингу і прогнозування якісного використання добрив, математичне моделювання хімічного забруднення ґрунтів, моделювання бази даних, аналітичні дослідження, очікуваний економічний ефект від впровадження розробки

5. Перелік графічного матеріалу

Функціональна модель діяльності ПСП «SIDUS», модель бази даних, візуалізації статистичних даних підприємства, прогнозні графіки

6. Консультанти розділів роботи

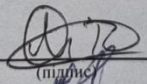
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ			
I	Костіков М.П., доцент	19.12.23	24.12.23
II	Костіков М.П., доцент	24.12.23	12.01.24
III	Костіков М.П., доцент	12.01.24	18.01.24
Висновок			

7. Дата видачі завдання 19 грудня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Передпроектне дослідження та системний аналіз діяльності сільськогосподарських підприємств щодо контролю якості використання добрив	11.11.2023	Виконано
2	Розробка функціональної моделі діяльності ПСП «SIDUS» щодо контролю якості використання добрив	21.11.2023	Виконано
3	Наукове дослідження та моделювання задач моніторингу і прогнозування екологічного стану посівних площ	15.12.2023	Виконано
4	Розробка моделей та створення бази даних	25.12.2023	Виконано
5	Виконання аналітичних розрахунків	12.01.2024	Виконано
6	Розрахунок техніко-економічного обґрунтування доцільності розробки	15.01.2024	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	18.01.2024	Виконано
8	Розробка презентації	22.01.2024	Виконано

Здобувач


(підпис)

Літошко О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Костіков М.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» освітньо-професійної програми «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг» на тему «Дослідження і розроблення інформаційної системи контролю якості використання добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур», розроблена Літошком Олексієм Миколайовичем складається з 87 сторінок, трьох розділів, 40 рисунків, 3 таблиць та 26 літературних джерел.

В кваліфікаційній роботі досліджено методи моделювання та прогнозування використання добрив на посівних площах сільськогосподарським підприємством.

За допомогою інструментів бізнес-аналізу вирішено завдання моніторингу та прогнозування використання добрив.

Розроблено аналітичні візуалізації основних показників родючості ґрунтів, використання добрив та результатів господарської діяльності підприємства.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АНАЛІТИКА, ПРОГНОЗ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, МОНІТОРИНГ СТАНУ ГРУНТІВ, MICROSOFT POWER BI, МОДЕЛЬ, БД, УРОЖАЙНІСТЬ, ПРИБУТОК.

ABSTRACT

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 122 "Computer Science" of the educational and professional program

"Computerized ecological and economic monitoring" on the topic "Research and development of an information system for quality control of fertilizer use in crop cultivation", developed by Oleksii Mykolaiovych Litoshko, consists of 87 pages, three sections, 40 figures, 3 tables and 26 references.

In the qualification work, the methods of modeling and forecasting the use of fertilizers on sown areas by an agricultural enterprise are investigated.

With the help of business analysis tools, the task of monitoring and forecasting fertilizer use was solved.

Analytical visualizations of the main indicators of soil fertility, fertilizer use and the results of economic activity of the enterprise are developed.

KEYWORDS: ANALYTICS, FORECAST, VISUALIZATION, SOIL MONITORING, MICROSOFT POWER BI, MODEL, DATABASE, YIELD, PROFIT.

Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I. АКТУАЛЬНИЙ СТАН СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ДОБРИВ НА ПОСІВНИХ ПЛОЩАХ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ	12
1.1 Загальний огляд інформації щодо ПСП «SIDUS»	12
1.1.1 Організаційно-функціональна структура підприємства	12
1.1.3 Організаційна та управлінська діяльність на підприємстві.....	13
1.2 Функціональне моделювання діяльності ПСП «SIDUS»	13
1.3 Огляд агрохімічних особливостей ґрунтів на території ПСП «SIDUS»	15
1.3.1 Агрохімічні показники посівної площі.....	16
1.4 Основні види добрив.....	17
1.5 Правила зберігання добрив	20
1.6 Правильне застосування добрив.....	23
1.6.1 Застосування органічних і мінеральних добрив	23
1.6.2 Використання засобів для захисту рослин	28
1.6.3 Сівозміна	31
1.6.4 Виробництво продукції з дотриманням екологічних стандартів.....	36
1.7 Огляд та узагальнена характеристика вивчення вченими аспектів вирішення завдань збереження родючості посівних угідь та належного використання добрив.....	39
1.8 Мета досліджень та загальна постановка задачі	42
РОЗДІЛ II. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ З МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ І ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ	44
2.1 Загальний огляд завдань щодо моніторингу стану ґрунтів та розгляд методів їх вирішення.....	44
2.1.1 Задача моніторингу стану посівних площ	48
2.2 Оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля	50
2.3 Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з використанням математичних підходів.....	53
2.3.1 Створення моделі для одновимірного поля забруднення ґрунту.....	54
2.3.2 Створення моделі для вивчення еволюції забруднення ґрунту пестицидами в часі	

.....	55
2.3.3 Точкові моделі	56
2.4 Застосування математичного моделювання для прогнозування та аналізу процесів забруднення ґрунтів у МГУА.....	58
РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ НА ПОСІВНИХ ПЛОЩАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА «SIDUS»	61
3.1 Аргументація вибору програмних інструментів для проведення досліджень	61
3.2 Створення бази даних	62
3.3 Виконання аналітичних досліджень і отримані в ході них результати.....	64
3.3.1 Підключення до бази даних	64
3.3.2 Аналіз агрохімічного стану посівних площ.....	66
3.4 Прогнозований економічний результат внаслідок впровадження розробленого рішення	77
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ ДОДАТОК А.....	87
ДОДАТОК Б.....	89

ВСТУП

Сільське господарство є однією з провідних галузей економіки України. Це зумовлено сприятливими кліматичними умовами та демографічними причинами. Об'єми українського чорнозему складають 32 мільйони гектарів, що є третьою частиною всіх родючих земель на території Європи.

В сучасних умовах сільське господарство стає все більше технологічним та орієнтованим на оптимізацію виробничих процесів. Забезпечення стійкого та ефективного вирощування сільськогосподарських культур вимагає комплексного підходу, в якому велике значення приділяється контролю якості використання добрив.

Враховуючи постійне зростання світового населення та підвищення потреб у продовольчих ресурсах, оптимізація сільськогосподарського виробництва стає ключовим завданням. З метою досягнення максимальної продуктивності та одночасного збереження довкілля, виникає необхідність у впровадженні інноваційних технологій контролю якості використання добрив.

Це дослідження присвячене створенню та розробці інформаційної системи, яка спрямована на ефективний моніторинг та контроль за використанням добрив у сільському господарстві. Інформаційна система, заснована на передових технологіях та аналітичних інструментах, сприятиме оптимізації внесення добрив, враховуючи специфіку ґрунту, потреби конкретних культур та екологічні аспекти.

Визначення точних доз добрив, враховуючи агрохімічний стан ґрунту, стане можливим завдяки інтеграції аналітичних даних та сучасних методів технологічного моніторингу. Отримання точної інформації про якість використання добрив сприятиме не лише підвищенню врожайності та якості продукції, але й зменшенню екологічного впливу сільськогосподарської діяльності.

Ця інформаційна система виступає важливим інструментом для сучасного

аграрія, допомагаючи раціонально використовувати ресурси, підвищувати ефективність виробництва та сприяти сталому розвитку сільського господарства.

Актуальність теми. З урахуванням зростання світового населення та зменшення родючості ґрунтів, ефективне використання добрив стає критичним для забезпечення продовольчої безпеки. Розробка системи контролю добрив сприяє раціональному використанню поживних речовин, покращенню врожайності та зменшенню негативного впливу на довкілля. Сільське господарство є важливою галуззю економіки. Ефективний контроль за використанням добрив сприяє зниженню витрат на агрохімікати та підвищенню економічної ефективності сільськогосподарського виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами кафедри, університету. Наукова робота виконувалась згідно з науково-дослідною роботою на кафедрі інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки «Дослідження та використання сучасних інформаційних технологій для виконання функцій та завдань виробничого і організаційного управління підприємств харчової галузі» (0120U105386 2020–2025 рр.) Національного університету харчових технологій.

Метою дослідження є пошук шляхів підвищення якості та раціональності використання добрив для запобігання зниженню родючості ґрунтів зі збереженням високої урожайності культур за допомогою сучасних інформаційних технологій.

Завданнями дослідження є:

- аналіз актуального стану системи контролю за використанням добрив на посівних площах та можливості її вдосконалення;
- дослідження та математичне моделювання завдань з моніторингу та прогнозування стану ґрунтів і використання добрив;
- реалізація програмного засобу для аналізу використання добрив на посівних площах сільськогосподарського підприємства «sidus».

Об'єктом дослідження є контроль якості використання добрив, який є вкрай важливим для подальшого використання ґрунтів та збереження родючості. Дослідження проводилось на прикладі сільськогосподарського підприємства «SIDUS» та його діяльності. Це підприємство визначено для проведення дослідження, оскільки його ситуація з використанням добрив відзначається яскравим ілюструванням загального стану справ у сфері внесення добрив на посівних площах більшості аграрних підприємств України.

Предметом дослідження є застосування методів інформаційних технологій для контролю якості використання добрив при вирощуванні сільськогосподарських культур.

У контексті глобальних викликів, таких як зростання населення, обмежені ресурси та зміни клімату, необхідно розглядати інноваційні підходи до виробництва продуктів харчування.

Забезпечення сталого та ефективного використання добрив стає пріоритетним завданням для сільськогосподарських підприємств. В даному контексті дослідження та розроблення інформаційної системи контролю є важливим етапом для оптимізації агрономічних процесів.

Ця тема виходить за рамки звичайних методів управління добривами та відкриває нові можливості завдяки використанню сучасних інформаційних технологій. Розробка системи контролю не лише спростить моніторинг використання добрив, але й дозволить більш точно адаптувати його до потреб конкретних культур та умов ґрунту.

Застосування інформаційної системи в агросекторі буде внеском у розуміння ефективних практик використання добрив, зниження витрат, а також покращення якості продукції. Враховуючи, що дане підприємство є репрезентативним для сільськогосподарських підприємств України, результати дослідження матимуть широкий практичний вплив та можуть слугувати моделлю для інших господарств.

Систематичний аналіз стану земельного фонду з використанням сучасних аналітичних інструментів дасть можливість передбачити на перспективу заходи щодо поліпшення стану земельних ресурсів і їх раціонального використання.

Методи дослідження. Для розв'язання завдань дослідження застосовувались такі методи, як аналіз, синтез, індукція, дедукція, спостереження, методи узагальнення, функціональної класифікації, математичне моделювання, прогнозування. Також використовувався системний підхід до об'єкта дослідження й алгоритми інтелектуального аналізу даних в середовищі Microsoft Power BI.

Наукова новизна одержаних результатів. Науковий внесок магістерської роботи полягає в проведенні дослідження щодо ефективності застосування аналітичних методів обробки даних у Microsoft Power BI для моніторингу використання добрив на посівних площах та його прогнозування.

Практична цінність одержаних результатів полягає у створеному програмному засобі, який використовує алгоритми інтелектуального аналізу даних для завдань моніторингу використання добрив на аграрних підприємствах.

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні аналізу процесу контролю використання добрив; дослідженні та математичному моделюванні завдань моніторингу та прогнозування стану ґрунтів і використання добрив; створенні бази даних, алгоритмів та інтерфейсу програмного засобу; розробленні візуалізацій статистичних даних щодо використання добрив та формуванні прогнозів на майбутні періоди.

РОЗДІЛ I. АКТУАЛЬНИЙ СТАН СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ДОБРИВ НА ПОСІВНИХ ПЛОЩАХ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

1.1 Загальний огляд інформації щодо ПСП «SIDUS»

ПСП «SIDUS» - сільськогосподарське підприємство, яке знаходиться в селі Клинове, у Кіровоградській області. Воно було утворене 22 червня 2004 року.

Основна сфера діяльності підприємства визначена як "Вирощування зернових та технічних культур" за класифікацією 01.11. Крім того, компанія займається додатковими видами діяльності, такими як допоміжна робота у сфері рослинництва, операції післяурожайного періоду, оптова торгівля зерном, насінням і кормами для тварин, а також утримання складського господарства.

1.1.1 Організаційно-функціональна структура підприємства

Організаційно-функціональна структура підприємства наведена нижче на Рис.1.

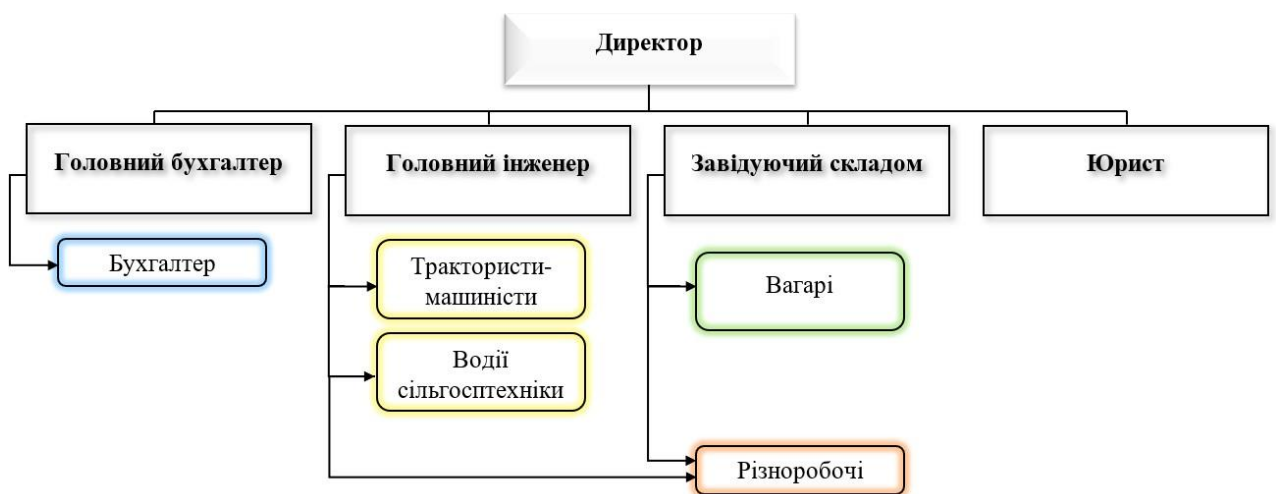


Рис.1 Організаційно-функціональна структура ПСП «SIDUS»

Загалом, на підприємстві працює постійно 20 співробітників. У разі потреби, додаткові фахівці та робітники залучаються під час проведення сільськогосподарських робіт, таких як посів чи збір врожаю.

1.1.3 Організаційна та управлінська діяльність на підприємстві

Господарство розташоване на площі 194,0 гектара і спеціалізується у вирощуванні основних культур, таких як кукурудза, соняшник, пшениця, ячмінь і ріпак. Землі, на яких знаходиться підприємство, знаходяться в оренді у власників паїв, і щороку сплачується орендна плата у різних формах.

Для проведення сільськогосподарських робіт у господарстві використовуються трактори, комбайни, грузові автомобілі, оприскувач та навантажувач. У 2014 році також був введений в експлуатацію фермерський елеватор на території ПСП «SIDUS».

Інфраструктура підприємства включає адміністративне приміщення, яке містить офіс, лабораторію, їдальню та душову, а також сушарку, автопарк, котельню, відстійник, пасіку та склади для зерна.

Адміністративна будівля виконує різні функції. Перший поверх обладнаний лабораторією, де проводять аналіз сировини, при необхідності; кухнею та їдальнею для харчування працівників підприємства; душовою для робітників, які працюють в полі. **Сушарка**, побудована недавно, призначена для висушування зерна перед відправленням на склад після збору з полів. Територія також містить **автопарк**, де знаходяться сільськогосподарські машини, такі як трактори, комбайни, маніпулятори та інші. **Котельня** обігріває адміністративний корпус протягом опалювального сезону.

Відстійник рідко використовується, але іноді використовується для тимчасового зберігання органічних рослинних відходів. **Пасіка** розташована на окраїні території підприємства. **Склади зерна**, розташовані на всій території, служать місцем для зберігання зерна до продажу або передачі як орендної плати пайовикам.

1.2 Функціональне моделювання діяльності ПСП «SIDUS»

З метою виявлення всіх позитивних та негативних аспектів існуючої

системи організації бізнес-процесів, було вирішено створити функціональну модель діяльності ПСП «SIDUS» щодо контролю якості використання добрив в існуючому стані (AS-IS) з використанням нотації IDEF0 (див. ДОДАТОК А, Рис.А.1-2). Модель включає 1 рівень декомпозиції.

Вхідними даними для втілення діяльності ПСП «SIDUS» щодо контролю якості використання добрив є (див. ДОДАТОК А, Рис.А.1):

- Дані по основних агрохімічних показників якості посівних площ;
- Дані по урожайності культур;
- Дані по використанню добрив.

Дана діяльність виконується під управлінням:

- Закон України про збереження ґрунтів та охорону їх родючості;
- Статут ПСП "SIDUS";
- Нормативно-правові акти.

Механізмами виконання зазначених функцій є:

- Зовнішній експерт;
- ПК.

Результатами діяльності є:

- Звіт з оцінки родючості ґрунтів ПСП "SIDUS";
- Рекомендації щодо регулювання родючості ґрунтів.

Декомпозиція діаграми першого рівня представлена послідовністю наступних основних функцій (див. ДОДАТОК А, Рис.А.2):

- Збір даних по урожайності, добривам та агрохімічних показниках;
- Аналіз значень показників урожайності;

- Формування звіту про оцінку родючості ґрунтів;
- Надання рекомендацій щодо регулювання родючості ґрунтів.

Процес аналізу показників якості посівних площ, врожайності культур та використання добрив проводиться під керівництвом зовнішнього експерта згідно з нормативно-правовими актами і з використанням комп'ютера. На вході отримуємо систематизовані дані про якість посівних площ, врожайність культур та використання добрив, а на виході отримуємо інформацію щодо родючості ґрунтів.

1.3 Огляд агрохімічних особливостей ґрунтів на території ПСП «SIDUS»

У господарстві переважають чорноземні ґрунти з вигідними фізико-хімічними та агрохімічними характеристиками для вирощування місцевих сільськогосподарських культур.

У середньому в орному шарі ґрунту по всьому господарству міститься 3,10% гумусу, 10,5 мг/100 г азоту, 6,6 мг/100 г рухомого фосфору та 11,3 мг/100 г обмінного калію. Рухомі форми бору, марганцю та цинку становлять відповідно 1,66, 2,4 і 0,53 мг на кілограм ґрунту. Чорноземні ґрунти в основному мають нейтральну або близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину, і їм не потрібна хімічна меліорація. Однак у сівозмінах з насиченістю цукровими буряками, де рівень рН сольового розчину менше 6,0, гідролітична кислотність перевищує 2,0 мг на 100 г ґрунту, і ступінь насичення основами менше 93%, рекомендується вапнування.

Частина оброблюваних земель займають ґрунти, що піддані ерозії. Ці ґрунти характеризуються скороченим гумусовим шаром, меншою кількістю поживних речовин та виявляють гірші фізико-хімічні та водно-фізичні властивості. Досягнення максимальної продуктивності на таких землях можливе лише в тому випадку, якщо спосіб їх використання включатиме одночасне послаблення або припинення процесу ерозії. Цьому сприятиме впровадження

системи ґрунтозахисту, яка включатиме обробіток ґрунту з контурно-меліоративною організацією території та застосування підвищених норм органічних і мінеральних добрив.

Забезпеченість ґрунтів поживними речовинами є змінною величиною, залежною від різноманітних факторів, основними з яких є рівень використання органічних і мінеральних добрив. Постійне зменшення обсягів їх використання негативно впливає на вміст елементів харчування у ґрунті. Враховуючи щорічний врожай, від 100 до 250 кг/га поживних речовин може виноситися з ґрунту. Якщо ці речовини не повертаються, ґрунт поступово втрачає свою родючість, що веде до зниження врожайності сільськогосподарських культур, особливо в умовах екстремальних років. Для здійснення ефективного землеробства та одночасного відновлення родючості ґрунту відшкодування втрат азоту повинно становити в межах від 90% до 100%.

1.3.1 Агрохімічні показники посівної площі

Агрохімічна характеристика ґрунтів за ключовими показниками:

Гумус, %: 3,155

Рухомий фосфор, мг/100гр: 7,1

Обмінний калій, мг/100гр: 12,9

pH сольове: 6,15

Азот, що легко гідралізується, мг/100гр: 10,8

Бонітет, балів: 57.

Також в роботі надано результати бонітування ґрунтів, що представляє собою порівняльну оцінку якості ґрунтів за їхніми основними природними характеристиками. Ці характеристики мають постійний характер і важливо впливають на врожайність сільськогосподарських культур, що вирощуються в конкретних природно-кліматичних умовах. Оцінка ґрунтів здійснюється за 100-бальною шкалою, причому вищий бал призначається ґрунтам з кращими властивостями та найвищою природною продуктивністю.

Зважаючи на те, що ґрунти на господарстві мають переважно середні

показники рухомого фосфору, що обмежує отримання стабільних та високих врожаїв, бажано забезпечити позитивний баланс цього елемента. Вміст калію в ґрунті перевищує вміст азоту і фосфору, при цьому обмінні форми калію постійно поповнюються за рахунок необмінних. Тому протягом найближчих років на чорноземах можна розглядати відшкодування виведення калію в межах 50%.

Отже, однією з найважливіших задач господарства є збільшення обсягів використання добрив та ефективна організація їх збирання, зберігання та застосування. Крім того, необхідно впроваджувати технології, які спрямовані на зменшення втрат поживних речовин з ґрунту.

1.4 Основні види добрив

На підставі довгострокового досвіду використання різноманітних добрив підтверджено їх корисний вплив при правильному застосуванні. Вдається підвищити смакові характеристики вирощених культур, забезпечити зростання врожайності та зменшити негативний вплив шкідників та хвороб в сільському господарстві.

50-100 років тому використання добрив обмежувалося виключно гнієм. Сучасні технології розширили можливості застосування агрохімічних засобів, надаючи можливість вибору добрив з урахуванням типу ґрунту, вирощуваних культур, кліматичних умов регіону та інших факторів.

З ростом рослин вони витягують корисні мікро- та макроелементи з ґрунту. Дефіцит натрію, марганцю, фосфору, калію та інших елементів негативно впливає на результативність сільськогосподарської діяльності. Проблеми, такі як неправильна сівозміна, виснаження ґрунту та регіональне виснаження ґрунту, можуть бути вирішені за допомогою використання добрив.

Добрива класифікуються з урахуванням їхнього хімічного складу, способу одержання та інших характеристик. Основний поділ включає чотири групи:

1. Органічні добрива (розглядаються як натуральні речовини).

2. Неорганічні добрива (включають мінеральні добрива).
3. Стимулятори зростання.
4. Бактеріальні добавки.

Органічні добрива включають курячий послід, торф, солому, зелень, компост та гній від корів чи коней. Їх збирання та підготовка здійснюються на місці. Правильне використання цих добрив призводить до підвищення врожайності, оскільки в органічних речовинах міститься багато корисних елементів, які під час розкладання в ґрунті виділяють вуглекислоту. Регулярна обробка ґрунту сприяє його окультуренню та поліпшенню біологічних та фізичних характеристик.

Мінеральні добрива часто отримують назву від свого хімічного складу. Їх можна розділити на азотні, фосфорні, калійні, комплексні, мікроелементні та спеціальні без вмісту хлору для чутливих культур.

Ефективне використання кожного виду органічного добрива передбачає точне дотримання графіка обробки ділянки та уважне врахування рекомендацій щодо дозування.

1. Гній: Регулярне використання сприяє підвищенню кількості гумусу та забезпечує ґрунт корисними мікроорганізмами для підвищення азоту. Рекомендовані періоди застосування - восени та навесні.

2. Гнойова жижа: Ефективна для плодкових культур, містить приблизно 0,6% калію та 0,4% азоту.

3. Курячий послід: Його використання надає ґрунту значну кількість азоту, фосфатів, кальцію та магнію. Процес сушіння та подрібнення підвищує вміст поживних речовин удвічі.

4. Торф: Підходить для живлення рослин та як мульча. Класифікується з урахуванням умов утворення, складу рослинності та швидкості розкладання.

5. Зелені добрива: Спеціально висаджені рослини (сидерати), які можуть служити джерелом харчування для інших культур.

6. Компост: Складається з органічних добрив та потребує часу на підготовку

(3-9 місяців).

7. Солома: Містить цінну органіку, таку як фосфор, вуглець, мідь, кобальт, бір, марганець, цинк та інші елементи. Різану солому вносять у ґрунт на глибину 8 см та застосовують коров'як поверхнево для поліпшення хімічних та поживних властивостей ґрунту.

Хімічні добрива для рослин виготовляються промисловим способом із фосфоритів, селітри та відходів виробництва, і доступні як тверді, так і рідкі форми. Другі можуть використовуватися для обприскування рослин.

Добрива поділяються на дві основні категорії: комплексні та прості. Перші містять два чи більше елементів (наприклад, кальцій, калій, фосфор, азот, магній, сірка), які необхідні рослинам у значних кількостях. Другі включають один елемент (наприклад, бор, марганець або цинк), який потрібен рослинам у менших кількостях.

При виборі відповідних видів добрив для різних ґрунтів (для квітів, дерев, овочів та ягід), важливо розуміти їх вплив на конкретну культуру.

1. Азотні добрива: Необхідні для створення хлорофілу та накопичення вітамінів. Дефіцит азоту виявляється за світлим листям, слабкими пагонами та дрібним листям. У період зростання рослинам потрібно більше азоту, але у посуху надмір може шкодити. Сечовина та аміачна селітра є популярними видами азотних добрив.

2. Фосфорні добрива: Підвищують морозостійкість рослин та їх толерантність до посухи. Фосфор важливий для білкового обміну. Вносити фосфор рекомендується у період сходів та плодоношення. Різновиди, такі як суперфосфат та подвійний суперфосфат, широко використовуються для різних культур.

3. Калійні добрива: Впливають на термін зберігання врожаю та рівень опору хворобам.

4. Мікроелементи: Відіграють важливу роль у обміні речовин рослин. Наприклад, дефіцит заліза, магнію чи кобальту може призвести до відмирання паростків та прорідження крони. Кобальт сірчаноокислий, марганцівка та гумат -

популярні джерела мікроелементів.

5. Комплексні добрива: Найбільш ефективні, оскільки поєднують важливі речовини. Нітрофоска та азофоска є прикладами таких добрив.

6. Додатки без хлору: Виготовляються у збалансованому складі для конкретних культур.

Крім вже згаданих видів добрив, фахівці сільського господарства також використовують стимулятори росту та бактеріальні додатки. Перші призначені для прискорення укорінення, підвищення врожайності та зменшення опадіння плодів. До популярних стимуляторів росту відносять "Корневін", "Бізон" та "Мікрасса". Другі включають мікроорганізми, які поліпшують живлення рослин. Корисні бактерії вирощують у промислових умовах і продають у вигляді торф'яної маси або порошку. Один із популярних препаратів цього типу - «Нітрагін», який містить бульбочкові бактерії.

Регулярність та дозування внесення добрив залежать від стану ґрунту, культур, які вирощуються, та фази вегетації рослин. Помилки у цій області можуть завдати шкоди ґрунту, урожаю та навколишньому середовищу. Тому важливо докладно вивчати інструкції до добрив та дотримуватися рекомендацій досвідчених аграріїв.

1.5 Правила зберігання добрив

Спочатку необхідно приділити нежитлове та сухе приміщення для зберігання добрив, яке має ефективну вентиляцію. У разі, якщо використовуються різні види добрив, кожному з них слід відвести відокремлений відсік або місце на стелажі. Важливо, щоб саме приміщення розташовувалося на відстані не менше 200 метрів від житлових, громадських та промислових будівель, а також обладнане двома дверима або ворітьми, розташованими один напроти одного. Додатково слід виробити площу навколо будівлі для підготовки добрив до внесення.

Контроль за кліматом в приміщенні є важливим. Вологість не повинна

перевищувати 40% для того, щоб уникнути намокання та злипання добрив. У разі перевищення цього показника приміщення слід негайно провітрити або використовувати осушувач повітря. Температура також має бути в межах від нуля до 25-27°C.

Нормативним актом, який регулює питання зберігання, транспортування та використання добрив і пестицидів, є "Закон про пестициди і агрохімікати".

Зберігання сипучих добрив вимагає особливого підходу, зокрема, сипучі добрива, як у розсипному, так і в упакованому вигляді, слід зберігати відокремлено.

Для розсипних добрив рекомендується формувати насип висотою 2.5-3 метри, розподіляючи його за видом і формою в різних відсіках або захищаючи щитами. Важливо враховувати, що частина насипу, що прилягає до стіни, не повинна перевищувати 1.5 метра.

Щодо добрив у тарі (за винятком аміачної селітри), їх рекомендується складати у вигляді штабелів з 12-15 ярусів з мішками, розташованими у різних напрямках. Краще використовувати палети, ґратчасті настили або стелажі для цього процесу.

Кожен вид добрива слід позначати етикеткою, на якій вказано його вид, вміст і масу всієї партії.

Для зберігання рідких добрив використовують циліндричні резервуари, які можуть бути горизонтальними або вертикальними. Гнучкі ємності дозволяють зберігати карбамід, водний аміак та рідкі комплексні добрива.

У сховищі з рідкими добривами необхідно мати відповідне обладнання, таке як насоси і системи захисту від витоків. Підлогове покриття повинно надійно захищати від проникнення рідких добрив у ґрунт. Окрім того, важливо облаштувати гідроізолювані колодязі-нейтралізатори для зберігання та обробки пролитих добрив.

Оскільки аміачна селітра є речовиною, яка може вибухнути, необхідно зберігати її в окремому приміщенні або у відокремленій секції складу, яка повинна

мати глуху цегляну стіну.

Аміачну селітру слід складати шарами від 10 до 15 рядів мішків, з урахуванням відстані в 1 метр від стіни до шару та 3 метрів між шарами. Склад та секція повинні бути позначені табличками "Аміачна селітра" та "Вибухонебезпечно".

Зберігання аміачної селітри під відкритим небом, покриттям або поблизу легкозаймистих речовин (ГСМ) категорично заборонене. Питання зберігання аміачної селітри повинно бути узгоджено з органами санітарного та пожежного нагляду.

У випадках, коли немає можливості зберігати добрива в приміщенні, можна тимчасово зберігати їх на спеціально підготовленому критому майданчику. Майданчик розташовують на високому місці, підготовлюють, покривають бетоном або асфальтом, і передбачають систему відведення талої та дощової води.

Під час зберігання добрив насипом на поверхню можна додатково покласти ізоляційний матеріал, наприклад, плівку.

Терміни придатності добрив завжди зазначені на упаковці та, у середньому, складають від 1 до 3 років, залежно від виробника. Не рекомендується використовувати жодне добриво після закінчення терміну придатності.

Зберігання органічних добрив вимагає специфічних умов. Подібно до неорганічних добрив, для їх зберігання слід виділити віддалене від житлових приміщень місце. Температура зберігання повинна бути у межах 60°C, оскільки вищі температури можуть спричинити втрату корисних органічних сполук. У випадку наближення температури до максимального показника, рекомендується зволожити гній або компост рідиною, яка накопичилася, або покрити їх шаром ґрунту і перемішати.

Термін зберігання органічних добрив у сирому вигляді зазвичай не перевищує 9 місяців. Розфасований і спеціально висушений гній, компост або торф може зберігатися необмежений час, не втрачаючи своїх властивостей. Упаковка для

таких добрив повинна мати отвір для провітрювання.

1.6 Правильне застосування добрив

Ефективне використання добрив є важливим етапом в сільському господарстві. Розуміння потреб культур у поживних речовинах та правильне застосування добрив може значно покращити врожайність та якість вирощених продуктів.

Аналіз ґрунту є важливою передумовою для правильного внесення добрив. Цей процес дозволяє визначити наявність поживних речовин у ґрунті та встановити їхні концентрації. На основі цих даних можна розробити індивідуальний план добрив для кожного поля чи культури.

Дозування добрив грає ключову роль у досягненні оптимальних результатів. Занадто велика кількість добрив може призвести до перенасичення ґрунту поживними речовинами, що може впливати на якість ґрунту та врожай. З іншого боку, недостатня кількість добрив може не забезпечити культуру необхідними елементами.

При застосуванні добрив слід враховувати також фазу росту рослин. Різні культури та фази росту вимагають різних видів і кількостей добрив. Також слід враховувати погодні умови, оскільки вони можуть впливати на доступність поживних речовин для рослин.

Загальною метою є створення оптимального середовища для росту та розвитку рослин, щоб забезпечити максимальну врожайність та якість сільськогосподарської продукції.

1.6.1 Застосування органічних і мінеральних добрив

Головною метою агрохімічного обґрунтування врожаю сільськогосподарських культур є визначення необхідних доз органічних та мінеральних добрив для досягнення запланованого врожаю. Загалом відомо, що ефективність внесених добрив визначається коефіцієнтом (відсотком) їх

використання культурою, і це питання досить складне і залежить від багатьох факторів. Фактори, які впливають на ефективність використання внесених добрив, можна умовно поділити на екологічні (природні) та організаційно-технологічні.

На агропідприємстві використовуються такі види добрив:

- - Органічні добрива, які представлені поживними рештками після збору кукурудзи, пшениці, соняшника у подрібненому вигляді.
- - Мінеральні добрива, серед яких використовуються аміачна селітра, карбамід, КАС та нітроаммофоска.

У Таблиці 1.4.1 вказані рекомендовані кількості мінеральних добрив для Лісостепової зони.

Таблиця 1.4.1. Рекомендовані кількості мінеральних добрив для сільськогосподарських культур на ґрунтах середньої родючості в Лісостеповій ґрунтово-кліматичній зоні України.

Культури	Запланований урожай, т/га	Доза добрив, кг/га		
		N	P	K
Кукурудза	5,0	100	90	100
Соняшник	1,7	50	60	50
Пшениця озима	4,5	120	80	90
Ячмінь	4,0	80	70	60
Ріпак	3,0	100	90	90

Усі методи розрахунку оптимальної дози внесення добрив ґрунтуються на визначенні необхідної кількості мінеральних добрив, враховуючи прийняту дозу органічних[1]. Таким чином, визначення доз органічних добрив повинно враховувати такі умови:

- Доцільність внесення визначається залежно від виду сільськогосподарських культур.

- Доза органічних добрив може бути обмежена можливостями господарства.
- Мінімальна доза гною, при умові забезпечення бездефіцитного балансу гумусу, може бути визначена за допомогою формули (1):

$$\min \text{До} = \frac{\text{Дно} * \text{N}}{\text{n}}, \text{ т/га}, \text{ де} \quad (1)$$

$\min \text{До}$ — Мінімальна кількість гною, яку слід вносити під конкретну культуру щорічно, т/га;

Дно визначає нормативну кількість гною, яку слід щорічно вносити на гектар ріллі. У рівнянні, N представляє загальну кількість полів у сівозміні, а n вказує на кількість полів, де застосовуються органічні добрива.

При внесенні інших органічних добрив, крім гною, важливо враховувати вміст основних елементів живлення, таких як азот (N), фосфор (P), калій (K).

Після розрахунку кількості органічних добрив переходять до визначення оптимальних доз мінеральних добрив, використовуючи один із методів.

1) Балансовий метод полягає в визначенні необхідної кількості конкретного хімічного елемента, забезпечуючи збалансований внесок цього елемента. Іншими словами, кількість елемента, яку врожай виносить, повинна бути рівною сумі кількості цього елемента, яка може бути взята з ґрунту, органічних добрив і планованих мінеральних внесків.

Доза мінеральних добрив, необхідна для досягнення прийнятної врожаю, обчислюється за допомогою наступної формули. (2):

$$\text{Дм} = \frac{100 * \text{У} * \text{С} - \text{Г} * \text{К}_2 - \text{До} * \text{Со} * \text{Ко}}{\text{К}_\partial}, \quad \text{ц д. р./га} \quad (2)$$

Де Дм представляє собою необхідну (або плановану) дозу мінеральних

добрив, виражену у кількості речовин на гектар;

У вказує на очікуваний врожай культури, виражений у центнерах на гектар;

С означає винос поживного елемента основною масою продукції та відповідною кількістю бічної продукції, виміряних у кількості кілограмів на тону;

Г вказує на вміст поживного елемента в ґрунті у доступній формі, виміряний у кількості кілограмів на гектар. Для орного шару ґрунту 0–25 см необхідно помножити вміст поживного елемента в мг/100 г ґрунту на коефіцієнт 34, щоб отримати результат у кількості кілограмів на гектар. Для шару 0–22 см використовується коефіцієнт 30.

Кг представляє коефіцієнт використання елемента з ґрунту у відсотках;

До вказує на прийнятну дозу органічного добрива, виражену в тоннах на гектар;

Со позначає вміст цього елемента в органічному добриві, виміряний у кількості кілограмів на тону;

Ко є коефіцієнтом використання елемента з органічного добрива у відсотках;

Кд представляє коефіцієнт використання елемента з мінеральних добрив у відсотках.

За допомогою цих показників визначається необхідна доза кожного елемента живлення.

2) Метод нормативної окупності є модифікацією балансового методу і відрізняється тим, що враховує не коефіцієнт використання елементів живлення, але заснований на оцінці нормативної окупності добрив та балу бонітету ґрунту у відношенні до врожайності сільськогосподарської культури. Це значно спрощує практичні розрахунки.

Узагальнено, з деякими спрощеннями (без врахування післядії добрив), врожайність культури, яку можна отримати за рахунок усіх компонентів ресурсу

живлення в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, визначається згідно з залежністю (3).

$$У = Б * Ц + Дм * Ом + До * Оо, \text{ц/га}, \quad (3)$$

де У представляє запланований урожай, виражений у центнерах на гектар;
Б та Ц — бонітет поля та ціна за один бал бонітету відповідно до врожайності культури;

Дм вказує на дозу мінеральних добрив для забезпечення збалансованого повного мінерального живлення, виражену у ціні за гектар;

До представляє прийняту дозу органічних добрив, виражену в тоннах на гектар;

Ом та Оо вказують на нормативну окупність мінеральних та органічних добрив відповідно в конкретних умовах, виражену у ціні за центнер та тонну відповідно.

Необхідна кількість мінеральних добрив для досягнення запланованого урожаю визначається за допомогою формули (4):

$$Дм = (У - Б * Ц - До * Оо) / Ом, \text{ц д. р./га}. \quad (4)$$

Після отримання цієї кількості поживних елементів вони розподіляються або балансуються відповідно до їх вмісту в ґрунті та хімічного складу врожаю. У деяких випадках (в певних зонах) дози фосфору та калію, отримані таким чином, коригуються відповідно до їхнього вмісту у ґрунті.

Всі інші методи та підходи до розрахунку рівня мінерального живлення, у певному відношенні, виводяться із вказаних основних принципів і розробляються для конкретних умов і видів культур, з урахуванням відповідних обмежень та уточнень. Вибір конкретного методу розрахунку для кожної зони чи області зазвичай визначається рекомендаціями місцевих чи зональних науково-дослідних установ. Дози добрив, визначені за допомогою конкретного методу, вносяться в

грунт відповідно до термінів та методів, які визначаються технологією вирощування конкретної культури в даній зоні та враховують погодні умови.

1.6.2 Використання засобів для захисту рослин

Для досягнення високих показників врожайності необхідно здійснювати уважний догляд за кожною сільськогосподарською культурою. Мікроорганізми, шкідники та бур'яни мають суттєвий вплив на нормальний розвиток рослин, і їхні негативні впливи можуть призвести до значних втрат в урожайності. Таким чином, в сільському господарстві широко використовуються засоби захисту рослин.

На сьогодні існують різні класифікації засобів захисту рослин, які використовуються для боротьби з джерелами зараження. Зокрема, всі ці препарати можна розділити на дві основні групи: хімічні і біологічні засоби захисту рослин. Перші часто відомі як пестициди і є найбільш широко використовуваними аграріями. Крім того, існують класифікації за складом, характером дії, токсичністю та призначенням.

Методи хімічного захисту для сільськогосподарських культур передбачають використання пестицидів, які виробляються хімічно і призначені для перешкодження розвитку різних шкідливих організмів або їх знищення.

Згідно з класифікацією за типом, засоби для захисту рослин розподіляються в групи відповідно до шкідливих об'єктів, проти яких вони спрямовані. Пестициди поділяються на наступні категорії:

- Фунгіциди – викорінюють грибкові захворювання.
- Бактерициди – ефективно захищають від розвитку бактеріальних інфекцій.
- Гербіциди – призначені для знищення бур'янів.
- Інсектициди – засоби захисту рослин від комах.

- Акарициди – спрямовані на знищення кліщів.
- Інсектоакарициди – мають комбіновану дію проти комах і кліщів.
- Нематоциди – викорінюють шкідливих нематод.
- Родентициди – призначені для захисту від гризунів.
- Арборициди – спрямовані проти дерев'янистих рослин та чагарників.

Між хімічними засобами захисту рослин відзначаються регулятори росту рослин, які активізують або гальмують їхній розвиток. Ця група включає препарати, призначені для видалення листя (дефоліанти), висушування культур (десиканти), відлякування (репеленти), приваблення (атрактанти) та обмеження харчування комах (антифіданти). [1]

На посівах ПСП "SIDUS" використовують гербіциди, інсектициди, десиканти (за необхідністю) та регулятори росту.

Найпоширенішим методом внесення пестицидів та агрохімікатів у сільському господарстві є оприскування рослин. Для уникнення ризиків, пов'язаних із можливим впливом на здоров'я населення під час застосування агрохімікатів, необхідно дотримуватись вимог державного санітарного та екологічного законодавства[3].

Основні нормативні акти, що регулюють процеси транспортування, зберігання та використання пестицидів та отрутохімікатів, включають:

- Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення";
- Закон України "Про пестициди і агрохімікати";
- ДСП 8.8.1.2.001-98 "Державні санітарні правила транспортування, зберігання та використання пестицидів у народному господарстві";
- ДСП 382-96 "Державні санітарні правила авіаційного використання пестицидів і агрохімікатів в народному господарстві України".

Допускається транспортування, зберігання та використання пестицидів і агрохімікатів, які мають реєстрацію та дозвіл на використання та входять до «Переліку пестицидів і агрохімікатів, що мають дозвіл на використання в Україні».

Вимоги санітарного законодавства щодо застосування цих засобів регулюються:

1) Суб'єкти підприємницької діяльності зобов'язані попередньо, але не пізніше, ніж за дві доби до початку кожної хімічної обробки, надавати повідомлення головам сільських, селищних та міських рад, об'єднаних територіальних громад, а також власникам суміжних сільськогосподарських угідь та об'єктів про місце, терміни та методи використання пестицидів та агрохімікатів.

2) Застосування засобів для обробки рослин та інших об'єктів повинно бути виконане строго відповідно до рекомендацій, обов'язково враховуючи економічну межу шкідливості, ступінь поширення хворіб серед рослин та бур'янів, а також прогноз погоди.

3) Роботи з використанням пестицидів слід виконувати у ранковий період (до 10 години) та вечірній період (18-22 години) при мінімальних вітрових потоках. Зроблено виняток для проведення обробок у денний час під час хмарних і прохолодних днів, при температурі повітря нижче +10 градусів Цельсія.

4) Використання вентиляторних і штангових обприскувачів призначено для умов зі швидкістю вітру не більше 3 м/с (з дрібнокрапельним розпилом) і 4 м/с (з крупнокрапельним розпилом). Застосування гербіцидів за допомогою поливної води методом дощування (гербігація) дозволяється за умови швидкості вітру не вище 4 м/с.

5) Протягом виконання робіт у зоні відстані 200 метрів від меж оброблюваних ділянок слід встановити попереджувальні знаки.

6) Зона санітарного розриву від населених пунктів, тваринницьких комплексів, місць виконання ручних робіт з обслуговування

сільськогосподарських культур, водойм і зон відпочинку має становити не менше 500 метрів при використанні вентиляторних обприскувачів, а при застосуванні штангових і методів гербігації дощуванням - не менше 300 метрів.

7) Сільськогосподарські роботи на територіях, де використовувалися пестициди, і доступ людей дозволяється лише після закінчення термінів, які гарантують їхню безпеку.

8) Випас тварин, у тому числі худоби та птиці, а також сінокіс, на територіях, оброблених пестицидами, заборонений протягом періоду, визначеного в "Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні".

9) Здійснення авіаційних операцій з використання пестицидів у сільському та лісовому господарстві вимагає заздалегідь узгодження з Держпродспоживслужбою та Мінекобезпекою, не пізніше, ніж за 10 днів до початку виконання робіт.

10) Зберігання пестицидів дозволяється лише в спеціально призначених для цього складах.

1.6.3 Сівозміна

Система сівозміни включає в себе використання різних видів культур протягом визначеного часового періоду. Ця ротація сприяє оптимальному стану і структурі ґрунту, що призводить до збільшення продуктивності оброблюваних полів. Існують рекомендації щодо оптимальних періодів зміни культур, які базуються на досвіді в різних географічних зонах. Правильне дотримання принципів чергування культур у сівозміні дозволяє уникнути виснаження ґрунтів та досягти максимальних результатів. Цей метод сільського господарювання набуває все більшої популярності серед фермерів, оскільки він сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур [4].

Цикл сівозміни може варіюватися від 3 до 7 і більше років, і включати в себе висів різних видів культур у порядку чергування або парування. У випадку

останнього варіанту ділянки можуть залишатися невикористаними або використовуватися як пасовища для домашньої худоби.

Останній варіант є навіть більш перевагою, оскільки він забезпечує вироблення органічного гною від великої рогатої худоби. Ще одна система сівозміни використовує стратегію зміни видів для створення укриття і зелених добрив. Ці добрива не лише служать їжею для худоби, а й виконують функції захисту землі від ерозії та збагачення ґрунту залишками рослин.

Ключові принципи для ефективно організації сівозміни включають в себе правильний вибір попередників та оптимальне поєднання різних культур. Важливо враховувати оптимальну періодичність повернення конкретних культур на те саме поле. При виборі попередників можуть виникнути труднощі, зумовлені факторами, такими як криза тваринництва, що обмежує доступність варіантів культур для вирощування. Важливо відзначити, що ідеальної схеми сівозміни культур не існує. Проте знання основних правил вибору попередників допомагає приймати оптимальні рішення у процесі планування сівозміни.

Основні принципи проектування динамічних схем сівозмін включають:

- унікальність вибору культур, які мають схоже походження, у певному порядку (наприклад, уникання висіву бобових після інших бобових);
- дотримання оптимальних інтервалів для повернення культур на одне й те саме місце;
- врахування ґрунтово-екологічних (технологічних) груп та особливостей розташування ґрунтів;
- врахування додаткових факторів, таких як наявність техніки, оцінка ефективності господарства і економічний стан.

У виборі попередників у сівозміні важливо віддавати перевагу високоякісним та прийнятним попередникам, проте іноді ситуація може змушувати використовувати менш вигідні культури попередників.

Серед вигідних попередників вважають ті, які можуть забезпечити

стабільно високий врожай. Для допустимих попередників характерно висока врожайність за сприятливих умов, але за несприятливих умов вона може знижуватися. Умовно допустимий попередник трошки ускладнює умови для наступної культури, а недопустимий попередник може викликати виснаження ґрунту та створювати невідгідні умови для наступного вирощування культур.

Рекомендується організувати сівозміни так, щоб поля були однакових розмірів та належали до однієї технологічної групи. Це сприяє досягненню максимальної продуктивності сівозмін і ефективному використанню ресурсів. Тривалість сівозміни визначається триванням повернення на поле культури з найбільшим періодом.

У таблиці 1.4.3 подані науково обґрунтовані рекомендації щодо сівозмін в зонах українського Лісостепу з урахуванням попередників. Умовні позначення включають "Х" для найкращого попередника, "Д" для допустимого та "Н" для недопустимого.

Таблиця 1.4.3. Наукові поради щодо розташування сільськогосподарських культур за попередниками в Лісостеповій зоні.

Культури	Строк повернення на попереднє поле	Попередники				
		Пшениця озима	Кукурудза на зерно	Соняшник	Ріпак	Ячмінь
Кукурудза	Можливі повторні посіви до 3-4 років з такою ж перервою після	Х	Д	Д	Д	Д
Соняшник	7-8	Х	Д	Н	Д	Х
Пшениця озима	2-3	Д	Д	Н	Н	Н
Ячмінь	1-2	Д	Х	Д	Х	Н
Ріпак	3-4	Х	Д	Н	Н	Д

Узагальнено, якщо господарство має мету вирощування різноманітних культур, рекомендується використовувати багатопільну сівозміну. Широко відомою є ефективність восьмипільної та десятипільної сівозмін. У випадку, коли планується вирощування від 2 до 4 культур, націлюються на використання п'ятипільних або чотирипільних сівозмін з короткою ротацією.

У наші дні висока популярність викликає попит на зерно та олійні культури. Згідно з науковими дослідженнями в галузі сільського господарства, оптимальним варіантом є використання 4-пільної сівозміни з чергуванням наступних культур: багаторічні бобові трави, зернобобові чи кормові культури; пшениця озима; соняшник, зернобобові, кукурудза та інші, за винятком зернових стерньових культур; ячмінь ярий, пшениця яра, однорічні трави, однорічні трави з підсівом багаторічних трав.

Реалізація систематичних сівозмін має низку позитивних наслідків для сільського господарства, включаючи:

- 1) Поживний азот є важливим хімічним компонентом, необхідним для

здорового зростання рослин. Цей елемент використовується для синтезу білків та хлорофілу. Навіть при наявності азоту в атмосфері, його не можна використовувати для посіву. У випадку недостатку азоту в ґрунті, його можна додавати за допомогою добрив. Використання системи сівозмін передбачає використання посівів, які органічно збагачують ґрунт азотом.

2) Ефективна управління витратами на хімікати. Завдяки схемі сівозміни, немає необхідності придбати азотні добрива (нітрати та нітроти), оскільки цей елемент виділяється попередніми культурами, зокрема квасолею.

3) Збереження екосистеми. Хімічна форма азоту може стати джерелом забруднення ґрунту та води. Крім того, лише обмежена частина азоту, що міститься в добривах, поглинається рослинами, тоді як решта може завдати шкоди навколишньому середовищу.

4) Утримання води. Використання альтернативних культур у сівозміні сприяє утриманню води в глибоких шарах ґрунту. Це дозволяє рослинам використовувати запаси води в разі посухи.

5) Зменшення застосування пестицидів. Деякі культури можуть бути атаковані шкідниками, наприклад, колорадські жуки можуть завдати шкоди картоплі. Щоб знищити шкідників, використовують спеціальні хімічні речовини. Проте, при тривалому використанні цих засобів виникає надмірне забруднення природи, що негативно впливає на всі види живих організмів. Цього можна уникнути, застосовуючи систему полягальної сівозміни. Наприклад, якщо посадити кукурудзу чи пшеницю, то шкідники залишать ці поля, оскільки вони не харчуються цими рослинами. Тим часом ці комахи можуть вподобати помідори або баклажани, тож такий підхід не розв'язує проблему, а допомагає контролювати її.

б) Запобігання ерозії. Різні види насіння володіють різним типом кореневої системи - поверхневою або глибокою. Коріння проникає в ґрунт на різних глибинах, що покращує його структуру та властивості пористості. Крім того,

зелене листя рослин покриває ґрунт, захищаючи його від прямих впливів вітрів і дощів, які можуть руйнувати поверхню. Деякі коренеплоди, такі як арахіс, картопля та цукровий буряк, відрізняються низьким рівнем залишків після збору врожаю, на відміну від кукурудзи або цукрового очерету. Рослини першої групи вимагають частого обробітку, що може спричинити сильну ерозію, у той час як рослини іншої групи мають менший вплив.

7) Збільшення врожайності. Застосування альтернативного вивільнення необхідних поживних речовин сприяє підвищенню продуктивності сільського господарства в умовах сівозміни.

1.6.4 Виробництво продукції з дотриманням екологічних стандартів

Згідно із звітом Міжнародної федерації органічного сільськогосподарського руху (IFOAM), загальний обіг продукції органічного походження у всьому світі сягнув 60 мільярдів доларів. Загальна площа земель, використовуваних для органічного виробництва, становить практично 37 мільйонів гектарів, а загальна кількість зайнятих у цьому секторі досягла 1,8 мільйонів фермерів [5].

Україна спостерігає тенденції до збільшення площ сільськогосподарських посівів органічної продукції, входячи до переліку 20 країн із найбільшими сертифікованими землями. Наприклад, якщо у 2012 році площа становила 272,850 гектарів, то в 2015 році вона зросла до 410,550 гектарів. Також збільшилась кількість сертифікованих виробників органічної сільськогосподарської продукції, з 210 у 2015 році до 454 зареєстрованих операторів на сьогоднішній час.

В Україні органічне сільськогосподарське виробництво вважається перспективним напрямком аграрного господарювання. Країна має чотири невеликі регіони, де ґрунти залишаються незабрудненими до небезпечних меж і де можливе вирощування екологічно чистої продукції відповідно до найвищих світових стандартів. Ці регіони включають Північно-Полтавський (охоплює більшу частину Полтавщини, північно-західні райони Харківщини, південно-західні райони Сумщини, південно-східні райони Чернігівщини та східні райони

Київщини і Черкащини), Вінницько-Прикарпатський (простягається широкою смугою приблизно на 100 км від м. Попільня Житомирської області до півночі Вінницької, Хмельницької, та Тернопільської в напрямку до м. Львова), Південно-Подільський (включає невелику південно-східну частину Вінниччини, південно-західну частину Кіровоградщини, північ Миколаївщини і північну половину Одеської області) та Північно-східно-Луганський (охоплює два райони Луганської області).

В Україні законодавчі засади стосовно виробництва органічної сільськогосподарської продукції визначені у Законі "Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини", прийнятому 3 вересня 2013 року, та додатковими нормативно-правовими актами, виданими для розвитку цього закону. Зокрема, Постановою Кабінету Міністрів України від 31 серпня 2016 року № 587 були схвалені Детальні правила виробництва органічної продукції (сировини) рослинного походження. Ці Правила встановлюють вимоги до виробництва органічної продукції (сировини) рослинного походження та специфікації агротехнологій під час її виробництва.

Так, у законодавстві України, а саме в Законі "Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини", визначено, що загальні принципи виробництва органічної продукції (сировини) рослинного походження включають в себе:

1) застосування методів, спрямованих на оптимізацію біологічної активності ґрунтів та забезпечення рослин збалансованою кількістю поживних речовин, при цьому зберігаючи природні ресурси, необхідні для виробництва органічної продукції (сировини);

2) використання технологій охорони ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур з метою запобігання виникненню ерозійних чи інших деградаційних процесів у ґрунті;

3) забезпечення стійкості рослин за допомогою профілактичних заходів, що

включають вибір відповідних видів та сортів, які володіють стійкістю до шкідників і хвороб, застосування відповідних сівозмін, а також використання механічних, фізичних та біологічних методів захисту;

4) зростання чисельності корисних комах, мікроорганізмів та природних паразитів для забезпечення біологічного контролю над шкідниками та захворюваннями рослин;

5) використання добрив, які мають мікробіологічний, рослинний або тваринний початок і піддаються біологічному розкладанню;

6) використання тільки насіння та посадкового матеріалу, які мають сертифікат органічного виробництва;

7) застосування добрив і засобів для поліпшення ґрунту можливе лише у разі їхнього дозволу, при цьому використання мінеральних азотних добрив заборонено.

8) у випадку виявлення загрози для рослин застосування засобів захисту рослин можливе тільки при наявності відповідного дозволу.

9) Засоби для очищення та дезінфекції під час виробництва рослинницької продукції можна використовувати лише за умови дозволу в органічному виробництві.

Відповідно до Детальних правил виробництва органічної продукції (сировини) рослинного походження, у ході виробництва органічної продукції виробник зобов'язаний гарантувати:

- Здійснення господарської діяльності, яка не завдає шкоди стану земель і плодючості ґрунтів, сприяє підвищенню їх родючості та збереженню інших якісних показників, зменшує негативний вплив на ґрунти, запобігає незворотнім втратам гумусу, поживних речовин і інших елементів.
- Мінімізація використання невідновлюваних ресурсів та продуктів, які не є сільськогосподарського походження.
- Використання переваг біологізації землеробства через розширення засіву

багаторічних трав та застосування бактеріальних препаратів, а також збільшення площі сільськогосподарських культур, вирощених як зелене добриво.

- Застосування виробничих процесів, які не завдають шкоди природному середовищу та здоров'ю людей.
- Переробку відходів і додаткових продуктів рослинного походження під час виробництва органічної продукції.
- Врахування екологічного балансу на місцевому або регіональному рівні при виборі продукції (сировини) для виробництва.

Підприємства, що займаються виробництвом органічної продукції, мають застосовувати довгострокові плани чергування сільськогосподарських культур у сівозміні.

Для виробництва органічної продукції використовується насіння та садивний матеріал, які отримані згідно з принципами органічного виробництва. Це включає в себе використання материнських та батьківських форм рослин, які були вирощені протягом одного покоління, а також багаторічних культур, які пройшли два вегетаційні періоди.

Заходи, спрямовані на захист рослин під час виробництва органічної продукції, включають в себе використання сортів та гібридів, які володіють стійкістю до хвороб та шкідників, а також впровадження механічних, фізичних та біологічних методів захисту рослин.

Препарати, які використовуються для приваблення комах (за винятком розпилювачів феромонів), не повинні виливатися в природне середовище та знаходити контакт із органічною продукцією.

1.7 Огляд та узагальнена характеристика вивчення вченими аспектів вирішення завдань збереження родючості посівних угідь та належного використання добрив

Багато вчених в Україні, таких як Д.І. Бабміндра, С.Ю. Булигін, В.М.

Волощук, В.В. Горлачук, М.Д. Гродзинський, Г.Д. Гуцуляк, Д.С. Добряк, А.Г. Мартин, Л.Я. Новаковський, С.О. Осипчук, А.Я. Сохнич, О.Г. Тараріко, В.М. Трегобчук, А.М. Третяк, А.Д. Юрченко та інші, присвятили свої наукові праці проблемам раціонального використання, збереження і відтворення земельних ресурсів, а також правильного використання добрив у сучасних умовах.

Їх наукові дослідження стали фундаментом для розробки концепції раціонального використання земельних ресурсів та формування відповідної законодавчої основи, яка є необхідною для вирішення проблемних аспектів, пов'язаних із використанням земельних угідь загалом та у сільськогосподарських підприємствах зокрема.

Досвід, який накопичено на світовому та вітчизняному рівнях у раціональному використанні ґрунтів та добрив, свідчить про те, що для вирішення проблеми збереження плодючості ґрунтів необхідно впроваджувати комплексний підхід, а методологія повинна базуватися на науково обґрунтованій основі.

Ефективне використання рільництва повинно включати не лише процес обробітку ґрунту ріллею, але й розширене відновлення плодючості ґрунтів та збалансований накопичення гумусу та поживних речовин. На земельних ділянках, що піддавалися інтенсивному обробітку, рекомендується значно змінювати структуру сівозмін, спрямовуючи їх на поліпшення родючості ґрунтів під час вирощування польових культур. Доцільно в цьому контексті розширювати площі вирощування бобових, зокрема багаторічних трав, та переходити до застосування біологічних методів для підвищення родючості ґрунтів, поєднуючи їх з використанням як мінеральних, так і органічних добрив.

Важливо враховувати, що меліорація відіграє ключову роль у підвищенні результативності використання земельних ресурсів, спрямовуючись на формування екологічно збалансованої та раціональної структури земельних угідь. Досягнення ефективності меліораційних заходів залежить від взаємодії різноманітних підходів, таких як гідротехнічні, культуртехнічні, хімічні,

агротехнічні та агролісотехнічні.

Використання хімічної меліорації, такої як вапнування для корекції кислих ґрунтів та гіпсування для поліпшення солонцевих ґрунтів, є важливою складовою загальної системи управління родючістю. Ці заходи розглядаються як пріоритетні агротехнічні заходи для фундаментального поліпшення фізико-хімічних та агрофізичних властивостей ґрунтів.

Вплив вапнування на родючість ґрунту є багатофункціональним, сприяючи підвищенню його продуктивності. З економічного погляду варто відзначити, що вапнування вважається одним із найбільш бюджетних методів хімічного впливу на родючість земельних ресурсів, оскільки вапно має довготривалу позитивну дію на ґрунт. Досягнення високої ефективності вапнування обумовлене використанням якісних мелюрантів з високим вмістом діючої речовини та рівномірним розподілом мелюранта, сприяючи його взаємодії з ґрунтом. Використання мінеральних та органічних добрив разом із вапном дозволяє досягти максимального ефекту від вапнування.

Отже, ключовими шляхами підвищення результативності та економічної ефективності використання земель сільськогосподарського призначення та їх збереження є:

- відмова від обробітку земель, які страждають від надмірної ерозії, промислового або радіоактивного забруднення, підтоплення, засолення чи болотистості, з метою їх природного штучного відновлення;
- розвиток агрохімічної сфери, збільшення виробництва мінеральних, бактеріальних і грибкових добрив, хімічних мелюрантів, створення системи агрохімічного обслуговування господарств, розширення масштабів хімічної меліорації земель, удобрення ґрунтів та підвищення на цій основі їхньої родючості;
- створення в господарстві стандартних гноєзберігальних споруд, розвиток гноєзбірників, просування вермикультури, заснування спеціалізованих

установ для виробництва органічних добрив, зростання обсягів виробництва біогумусу;

- створення та впровадження системи заходів з протидії ерозії, розширення обсягів заходів з боротьби із водною та вітровою ерозією ґрунтів;
- подальше удосконалення гідромеліоративного комплексу, відновлення зношених меліоративних систем з експлуатаційного та технічного погляду, розширення обсягів поліпшення осушувальних і зрошувальних земель.
- розвиток системи лісомеліорації, формування комплексної системи лісових захисних насаджень, покращення лісовим покривом ярів, балок та інших непродуктивних та невикористовуваних земель.
- створення екологічно стійких ландшафтів на основі розробки та налагодження оптимальних поєднань різних типів земель (лісових, водних, боліт, оброблюваних полів, сіножатей, пасовищ, багаторічних насаджень тощо) з метою зменшення вразливості сільськогосподарського виробництва до природних стихій.
- створення та впровадження сучасних систем сільськогосподарського виробництва, які забезпечують збереження ресурсів, високу продуктивність та екологічну стійкість на рівні ландшафтів, зон та внутрішньозональних умов.

1.8 Мета досліджень та загальна постановка задачі

Метою дослідження є виявлення шляхів поліпшення якості та ефективності використання добрив для запобігання втрати родючості ґрунтів, забезпечуючи при цьому високу урожайність культур, що вирощуються на сільськогосподарському підприємстві "SIDUS". Також проводиться пошук автоматизованого рішення для ефективного моніторингу стану ґрунтів, використання добрив та запобігання втраті родючості.

Згідно з поставленою метою, передбачено вирішення таких завдань:

- викласти теоретичні засади коректного використання ґрунтів та добрив;
- проаналізувати стан посівних площ ПСП "SIDUS";
- здійснити агрохімічну оцінку ґрунтів та дослідити процес моніторингу стану посівних площ ПСП "SIDUS";
- розробити інформаційну систему для проведення моніторингу використання добрив та посівних площ ПСП "SIDUS";
- обґрунтувати ефективність впровадження інформаційної системи.

РОЗДІЛ II. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ З МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ І ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ

2.1 Загальний огляд завдань щодо моніторингу стану ґрунтів та розгляд методів їх вирішення.

Відповідно до міжнародного стандарту (СТ ІСО 4225-80), моніторинг означає проведення повторних вимірювань для спостереження за змінами будь-якого параметра протягом певного періоду часу. Це включає систему тривалих спостережень, оцінки, контролю та прогнозування стану та змін об'єктів. Термін був запропонований перед проведенням Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища у 1972 році як альтернатива або доповнення до терміну "контроль". Окрім отримання інформації та спостережень, моніторинг передбачає активні заходи, такі як оцінювання, прогнозування та розробка природоохоронних рекомендацій.

В якості галузі екологічної науки, моніторинг довкілля базується на загальних екологічних принципах і взаємодіє з природничими, географічними та технічними науками. Його мета полягає в:

- розробці та визначенні теоретичних основ практичного вирішення завдань з організації спостережень;
- науковому обґрунтуванні складу, структури мережі та методів спостережень за природним фоном, природними явищами, планетарними процесами, рівнем забруднення середовища, станом біоти (сукупністю живих організмів, які населяють певний район у певний проміжок часу), фізичними параметрами біосфери;
- визначенні методів та методик оцінки і прогнозування стану навколишнього середовища;
- формулюванні рекомендацій з управління станом складових біосфери.

Мета проведення моніторингу довкілля полягає у науковому обґрунтуванні перспектив та вдосконаленні системи спостереження за навколишнім середовищем. Цей процес спрямований на оцінку фактичного та передбаченого стану довкілля, попередження зниження біорізноманітності екосистем, уникнення порушень екологічної рівноваги та покращення умов життя людей.

Предметом вивчення в галузі моніторингу довкілля як науки є організація та функціонування системи спостереження, а також оцінка та прогнозування стану екологічних систем, їх складових, біосфери, а також впливу природних і антропогенних факторів на них.

Об'єктами досліджень у галузі моніторингу довкілля можуть бути різні компоненти: навколишнє середовище в цілому, його частини (такі як атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, ґрунт, рослинний покрив), екосистеми та їх абіотичні та біотичні елементи, а також джерела впливу на довкілля. Вибір об'єктів залежить від рівня та мети проведення досліджень.

Моніторинг довкілля використовує загальнонаукові методи досліджень, такі як аналіз і синтез, рухання від конкретного до абстрактного, узагальнення, а також математичне і статистичне оброблення інформації. Зокрема, галузь моніторингу розробляє власні методи аналізу та прогнозування стану екологічних систем і взаємодіючих в них процесів.

На основі дослідження взаємозв'язків між процесами та компонентами екосистем, а також впливу природних та антропогенних факторів, моніторинг розкриває загальні закономірності функціонування та особливості стану екосистем і складових біосфери на різних просторово-територіальних рівнях. Ця наука сприяє отриманню нових знань про навколишнє середовище, використовуючи методи оцінювання та прогнозування стану його елементів, таких як атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, ґрунтове та рослинне покриття, і розкриває їх взаємозв'язки та взаємодії.

У ході виконання своїх завдань, моніторинг довкілля використовує різноманітні підходи для збору первинної і вторинної інформації.

Методи отримання первинної інформації реалізуються шляхом проведення прямих спостережень на відповідних станціях, постах та інших місцях. До цих методів входять метеорологічні, гідрологічні, океанічні, геофізичні, біологічні та фонові спостереження. Збір інформації про стан довкілля також здійснюється за допомогою дистанційних методів спостережень, таких як прямі спостереження з супутників Землі, вертикальні зондування, фотографічні та геофізичні зйомки, а також геостаціонарні спостереження.

Отримання вторинної інформації включає в себе організацію та обробку даних, отриманих за допомогою первинної інформації. Результати аналізу фіксуються у вигляді карт, таблиць, графіків. Для систематизації та узагальнення цієї інформації використовуються географічні інформаційні системи (ГІС) — комп'ютерні бази даних, які поєднуються з аналітичними інструментами для роботи з просторовою інформацією.

Для обробки бази даних та прогнозування стану навколишнього середовища використовують різні методи, такі як метод аналогій (оцінка досліджуваного об'єкта на основі його типової моделі), емпіричне узагальнення (аналіз взаємозв'язків між явищами та процесами об'єкта дослідження) та моделювання (розробка фізичних, математичних чи цифрових моделей).

Накопичена під час моніторингу інформація надає відомості про стан навколишнього середовища на конкретний період часу, висвітлює основні процеси та тенденції, що відбуваються в ньому. Ці дані служать основою для прогнозування його подальшого розвитку, передбачення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, а також планування науково обґрунтованих заходів з охорони природи для створення безпечних умов для життя.

Відстеження антропогенних змін у природі є особливо актуальним.

Блоки "Спостереження..." та "Прогнозування..." мають тісний взаємозв'язок між собою, оскільки прогнозування змін у довкіллі можливе лише при наявності достатньої інформації про його фактичний стан (прямий зв'язок). Прогнозування передбачає розуміння закономірностей змін у природному середовищі, наявність схем і можливостей їх прогнозованого розрахунку, а також спрямованість прогнозу, яка значною мірою визначає структуру спостережень (зворотний зв'язок). Отримані в результаті спостережень або прогнозу дані, що характеризують стан довкілля, піддаються оцінці в залежності від сфери діяльності, для якої передбачається їх використання. Оцінювання включає вивчення антропогенних впливів, вибір оптимальних умов для діяльності, визначення наявних екологічних резервів за умови знання допустимих навантажень на природне середовище.

Моніторингова система може включати в себе огляд локальних територій (місцевий та регіональний моніторинг), окремих країн (національний моніторинг) і взагалі планети Земля (глобальний моніторинг).

Моніторинг відіграє ключову роль у системі управління якістю навколишнього середовища, надаючи необхідну інформацію про конкретні взаємодії людства з природним оточенням та їх наслідки. Аналіз інформації про стан довкілля і його тенденції є основою для розробки заходів з охорони природи, а також враховується при плануванні економічного розвитку. Результати оцінювання стану біосфери, як і його прогнозування, визначають комплекс вимог до підсистем спостережень.

2.1.1 Задача моніторингу стану посівних площ

У моніторингу земельна система здійснює збір, обробку, передачу, збереження і аналіз інформації про стан земель, прогнозує їхні зміни і розробляє науково обґрунтовані рекомендації для прийняття рішень з метою запобігання негативним змінам у стані земель і дотримання екологічних стандартів безпеки.

Моніторинг земель становить складову частину загальнонаціональної системи моніторингу навколишнього середовища. Його завданням є регулярний контроль за динамікою основних процесів ґрунтового покриву в природних умовах і при впливі людської діяльності, прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних угідь з метою попередження або виправлення негативних процесів.

Серед основних завдань моніторингу земель варто відзначити моніторинг земель включає довгострокові і систематичні спостереження за станом земель, аналіз екологічного стану цих територій, оперативне виявлення змін у їх стані, оцінку цих змін, прогнозування майбутніх тенденцій та розроблення рекомендацій щодо запобігання та виправлення негативних впливів. Крім того, моніторинг забезпечує інформаційну підтримку для ведення державного земельного кадастру, контролю за землекористуванням та землеустрою, а також для власників земельних ділянок. [7]

Функцією управління в галузі використання та охорони земель є моніторинг, що включає регулярні спостереження за станом земель (здійснення зйомок, проведення обстежень та вишукувань), виявлення змін та оцінку їх наслідків:

- стан використання різних категорій земель, таких як сільськогосподарські угіддя, поля, та інші ділянки;
- процеси, пов'язані із знеціненням родючості ґрунтів, заростанням сільськогосподарських угідь, та забрудненням земель токсичними речовинами;
- стан берегових ліній, річок, морів, озер, водосховищ та гідротехнічних споруд;
- процеси, пов'язані із доглядом за ярами, впливом землетрусів та іншими природними явищами;
- стан земель у населених пунктах, територіях, зайнятих нафтогазовими

об'єктами, очисними спорудами та іншими промисловими об'єктами[8].

2.2 Оцінювання та прогнозування майбутнього стану довкілля

Ефективне контролювання якості навколишнього середовища базується на адекватній інформації про рівень забруднення та зміну стану екосистем під впливом цього забруднення. Загальноприйнятим критерієм для оцінювання якості різних компонентів природного середовища (атмосферного повітря, прісних та морських вод, ґрунтів) є гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин.

Гранично допустима концентрація (ГДК) забруднюючої речовини визначає максимальну концентрацію цієї речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не має впливу на здоров'я людини і не викликає віддалених мутагенних та канцерогенних наслідків. Перші рівні ГДК для забруднюючих речовин основних компонентів біосфери були розроблені у 30-ті роки ХХ століття. Недавно почалося встановлення ГДК для токсичних речовин у ґрунтах. Загальним трендом є постійне розширення переліку ГДК для шкідливих неорганічних і органічних речовин та їх сполук.

Одночасно проводять спостереження за гідрометеорологічними і геофізичними параметрами, які необхідні для правильного тлумачення даних щодо забруднення природних середовищ, оцінки біогеохімічних циклів і циркуляцій забруднюючих речовин.

Аналіз змін у стані природного середовища дозволяє визначити можливі збитки, що виникають в результаті природних та антропогенних впливів, визначити оптимальні умови для людської діяльності та виявити додаткові природні можливості, які можуть бути використані людиною.

Внаслідок впливу людської діяльності можуть виникнути екологічні, економічні та естетичні збитки в навколишньому середовищі. Екологічні збитки визначаються через аналіз відхилень від припустимого стану екосистем,

угруповань та популяцій під впливом конкретної дії. Економічні збитки визначаються розрахунком суми коштів, необхідних для подолання наслідків негативного впливу. Естетичні збитки включають погіршення зовнішнього вигляду рослин, будівель та пам'яток архітектури.

Припустиме екологічне навантаження не викликає негативних наслідків та не призводить до змін у живих організмах, не погіршуючи якість природного середовища. Шляхом визначення відмінностей між гранично допустимим та фактичним станом екосистеми, популяцій та угруповань встановлюють їх екологічний резерв.

Екосистеми, популяції та угруповання проявляють екологічну стійкість, яка виражає їхню здатність довготривалий час опиратися впливу шкідливих антропогенних факторів. Цей потенціал дозволяє їм не негайно піддаватися деградації, руйнуванню або вимиранню.

При оцінюванні стану навколишнього середовища використовують такі показники:

- нормативи гранично допустимих концентрацій забруднювачів, які вказують на максимальну припустиму концентрацію діючої речовини в середовищі;
- гранично допустимі дози, що вказують на максимальну кількість шкідливої речовини, дія якої не викликає згубної дії на організм або екосистему. Аналіз ситуації за цими параметрами дозволяє визначити допустимий ефект впливу.
- гранично допустимі викиди речовин у атмосферу та скиди шкідливих речовин у водні об'єкти. Ці параметри встановлюються для кожного джерела забруднення атмосфери чи водного об'єкта для оцінки його інтенсивності викидів.
- гранично допустиме антропогенне навантаження, яке виникає внаслідок людської діяльності та не призводить до змін у екосистемах при тривалому впливі. Цей критерій визначає межу допустимого екологічного

навантаження на навколишнє середовище.

Прогнозування майбутнього розвитку конкретного явища є важливою функцією системи моніторингу. Усі прогнози є ймовірнісними і базуються на інформації про стан навколишнього природного середовища у конкретний момент часу і у минулому. Ця інформація отримується завдяки проведенню досліджень, спрямованих на виявлення закономірностей природних процесів, розповсюдження, міграції та трансформації забруднюючих речовин у навколишньому середовищі та їх впливу на різні організми.

Прогнози за масштабом поділяють на глобальні (всесвітні), регіональні (для певних регіонів) та локальні (місцеві).

У системі моніторингу найчастіше використовують такі методи прогнозування:

- **Експертне оцінювання:** Основна ідея полягає в отриманні та спеціалізованій обробці прогнозних оцінок об'єкта шляхом опитування висококваліфікованих фахівців (експертів) у конкретній галузі науки, техніки або виробництва. Експертні оцінки значно підвищують достовірність прогнозів, здобутих іншими методами прогнозування.
- **Екстраполяція та інтерполяція:** Ці методи ефективні при короткостроковому прогнозуванні, особливо для об'єкта, який тривалий час розвивався рівномірно без суттєвих відхилень. Екстраполяція включає поширення висновків, отриманих при спостереженні за однією частиною явища, на іншу його частину. Інтерполяція передбачає встановлення проміжних значень об'єкта на підставі відомих параметрів. Ці методи базуються на вивченні кількісних та якісних параметрів об'єкта протягом попередніх років, з подальшим логічним продовженням та визначенням тенденцій його розвитку у прогнозованому періоді.
- **Моделювання:** Цей метод передбачає побудову моделей, які ретельно розглядають імовірні чи бажані зміни прогнозованого явища на певний

період. Для цього використовуються прямі або опосередковані дані про масштаби та напрями змін. Метод моделювання використовується для розробки глобальних, локальних та інших прогнозів. У процесі побудови прогнозних моделей важливо визначити ключові фактори, від яких значно залежить прогноз, розкрити їхні взаємозв'язки з прогнозованим явищем та розробити алгоритм та програми для моделювання змін довкілля під впливом цих факторів.

Для передбачення впливу антропогенного забруднення на довкілля найчастіше використовують такі моделі:

- Модель перенесення і перетворення забруднюючих речовин в навколишньому середовищі (геофізична модель) дозволяє прогнозувати зміну стану довкілля, враховуючи процеси міграції та фізичної, хімічної та біологічної трансформації забруднюючих речовин.

Модель зміни стану екосистеми під впливом забруднення (екологічна модель) служить для отримання інформації щодо стійкості, особливостей розвитку екологічної системи. Вона також дозволяє аналізувати поведінку екологічних систем та передбачати їхні реакції на введення певних змін.

Прогнозування стану довкілля має свою унікальність у тому, що в більшості випадків воно пов'язане з ймовірнісними та випадковими аспектами розвитку процесів. Це ставить завдання по постійному удосконаленню методології прогнозування, вдосконаленню інформаційних систем та оптимізації системи спостережень, серед іншого[8].

2.3 Моделювання хімічного забруднення ґрунтів з використанням математичних підходів

Основними джерелами забруднення ґрунтів хімічними речовинами є використання сільськогосподарських хімікатів (пестициди, отрутохімікати тощо), вплив атмосферних опадів зони дії промислових підприємств, зокрема хімічних і металургійних заводів, видобуток корисних копалин, функціонування теплових і

атомних електростанцій, а також застосування мінеральних добрив [10].

Багато джерел забруднення ґрунтів мають локальний вплив, але деякі з них можуть мати регіональний або навіть глобальний характер, особливо, коли йдеться про забруднення через атмосферні опади або внаслідок використання добрив на великих територіях.

Забруднення ґрунтів хімічними речовинами відбувається головним чином за двома методами:

- Поглибленням верхнім шаром ґрунту викидів промислових джерел у атмосферу.
- Прямим внесенням хімічних речовин у вигляді меліорантів, добрив, пестицидів та гербіцидів.

У ситуації, коли забруднення відбувається через атмосферу, математична модель значно визначається структурою перенесення забруднень повітряним шляхом, висотою, потужністю джерела забруднення і відстанню від нього.

2.3.1 Створення моделі для одновимірного поля забруднення ґрунту

Припустимо, що взаємодія забруднюючих речовин з поверхнею ґрунту відбувається відповідно до закону (1):

$$\frac{\partial U}{\partial z} = \alpha U + \beta, \quad (1)$$

де передбачається можливість проникнення і відкидання забруднюючих речовин. Вихідне рівняння моделі об'єкта було встановлено у вигляді (2):

$$L(x, y, z) = M_1 \delta(x) \delta(y) \delta(Z - H) + M_2 \delta(x) \delta(y) f(z), \quad (2)$$

де $L(x, y, z)$ - рівняння дифузії в тривимірному просторі; перший доданок відображає джерело викидів на висоті H (домішки подаються через трубу); другий доданок - викиди заводу без системи управління.

Функція $f(z)$ може приймати різні форми. Наприклад, при (3):

$$f(z) = \begin{cases} c & \text{при } 0 \leq z \leq h \\ 0 & \text{при } z > h \end{cases}, \quad (3)$$

припускається, що джерело є лінійним, з постійною інтенсивністю викидів

с на відрізку $[0; h]$ і відсутнім поза цим відрізком.

Якщо (4):

$$f(z) = \begin{cases} a_0 z^2 + a_1 z + a_2 & \text{при } z \leq h \\ 0 & \text{при } z > h \end{cases}, \quad (4)$$

потужність джерела домішок (терикона, заводу) розподілена за формою параболи. Коефіцієнти у рівняннях (1) і (2) є випадковими функціями метеофакторів. Таким чином, підсумовуючи ці рівняння з використанням вагових коефіцієнтів M_i , які вибрані пропорційно часу дії метеорологічних умов i -го типу, ми також отримуємо усереднені рівняння у формі (1) або (2). Перейшовши до скінченно-різницевої форми в рівнянні (5):

$$U_{z+1} = aU_z + b \quad (5)$$

Отже, концентрація речовини, яку поглинає сніг, визначається пропорційною наземній концентрації. Подальше використання методу прямих для рівняння (2) з метою обчислення забруднення за одновимірним профілем призводить до отримання рівняння (6):

$$\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial x} + \alpha U(x) + f(x) = 0. \quad (6)$$

Для визначення загального впливу джерела та оцінки кількості домішок, які осідають на землю або водну поверхню, використовуються планшети з липкою або водяною поверхнею[10].

2.3.2 Створення моделі для вивчення еволюції забруднення ґрунту пестицидами в часі

Один із ключових підходів до визначення та комплексної оцінки впливу пестицидів на здоров'я населення включає в себе аналіз динаміки їх поширення і трансформації в різних середовищах, включаючи ґрунти[10]. Математичною моделлю процесів розчинення, перенесення, поглинання і розпаду пестицидів у ґрунтах в умовах одновимірного руху розчину в пористому середовищі є рівняння

дифузії(7):

$$m_0 \frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - V \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial t} - \alpha U + f(x), \quad (7)$$

де $D = D_M + \lambda|V|$ — дифузійна складова; α — коефіцієнт швидкості розпаду пестициду; U — концентрація пестициду в розчині; V — швидкість фільтрації; $\frac{\partial b}{\partial t}$ — швидкість розчинення пестициду у воді; $f(x)$ — функція поглинання пестициду кореневою системою.

Для стаціонарного випадку, коли швидкість фільтрації (V) не залежить від (x) і початкова концентрація (m) залишається постійною, швидкість фільтрації обчислюється за допомогою формули(8):

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (8)$$

Характеристику швидкості процесу розчинення і розпаду можна визначити за допомогою рівняння першого порядку(9):

$$\frac{\partial b}{\partial t} = v(U_m - U) - kb, \quad (9)$$

де k_1, v — сталі швидкості розпаду в сухих ґрунтах; U_m — концентрація насичення; b — концентрація пестициду в твердій фазі ґрунту.

2.3.3 Точкові моделі

На сьогодні відзначається тенденція обмежуватися аналізом "точкових" моделей, хоча таке спрощення може бути надто ризикованим: шляхом усереднення поведінки пестициду в просторі не враховується можливість його накопичення в окремих точках простору сверхнормативно щодо гранично допустимих концентрацій (ГДК)[10]. Засновуючись на механізмі явищ, що ґрунтується на тому, що процес розпаду речовини в ґрунтах відбувається пропорційно поточній концентрації цієї речовини, і враховуючи весь комплекс

факторів, які впливають на зміну концентрації пестицидів і радіонуклідів з часом, за допомогою усередненого коефіцієнта k , кінетику розпаду пестицидів можна описати рівнянням(10):

$$\frac{dU(t)}{dt} = -kU(t), \quad (10)$$

розв'язок якого має вигляд(11):

$$U(t) = U_0 e^{-kt} \quad (11)$$

де $U(t)$ — кількість пестициду на момент часу t ; U_0 — початкова концентрація пестициду; k — константа швидкості реакції розпаду пестициду; t — час. Ключовим параметром хімічної кінетики є швидкість її реакцій, яка обчислюється як (12):

$$k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{U_0}{U(t)}. \quad (12)$$

Період напіврозпаду визначає час, протягом якого пестицид розпадається на половину своєї початкової кількості.

Період напіврозпаду $T_{1/2}$ визначається як інтервал часу, протягом якого початкова концентрація речовини зменшується вдвічі. З відомим значенням константи швидкості реакції (k) період напіврозпаду розраховується за формулою (13).

$$T_{1/2} = 0,693/k \quad (13)$$

Час розпаду до досягнення безпечних концентрацій визначається як інтервал часу, протягом якого початкова концентрація речовини зменшується до рівня, що відповідає гранично допустимій концентрації (ГДК), тобто $U(t) = U(\text{ГДК})$. З використанням рівняння (11) можна розрахувати час розпаду

пестициду, який визначається за формулою (14).

$$t_p = \frac{(\lg U_0 - \lg U(t)) \times 2,303}{k}. \quad (14)$$

2.4 Застосування математичного моделювання для прогнозування та аналізу процесів забруднення ґрунтів у МГУА

Зазвичай існують такі завдання у сфері моделювання та прогнозування процесів забруднення ґрунтів[6]:

- створення моделей для аналізу хімічного забруднення ґрунтів важкими металами та іншими шкідливими речовинами з промислових площадок та об'єктів для накопичення відходів;
- розробка моделей для вивчення хімічного забруднення ґрунтів органічними та неорганічними речовинами на полігонах для відходів побутового виробництва, у випадку можливого ушкодження ізоляції цих полігонів. Додатковою задачею є передбачення ймовірності переходу цих забруднень у підземні та поверхневі води;
- вивчення поширення забруднюючих речовин у ґрунтах разом із потоком води, де вологонасиченість ґрунтів грає важливу роль: чим вища вологонасиченість, тим сильніше забруднюючі речовини проникають у ґрунт; існують окремі моделі для вологонасичених та вологоненасичених ґрунтів. Зазвичай в цих моделях використовується закон ламінарної фільтрації Дарсі, що визначає, що швидкість руху води у ґрунті пропорційна гідравлічному градієнту.
- створення моделей та прогнозування передачі та осідання забруднюючих речовин на ґрунт з атмосферного повітря, враховуючи викиди від стаціонарних та рухомих джерел.
- створення моделей та прогнозування забруднення ґрунтів пестицидами на сільськогосподарських полях, включаючи оцінку ймовірності переходу цих

забруднень у підземні та поверхневі води.

- розробка моделей для вивчення поширення радіонуклідів у ґрунті та прогнозування стану довкілля.
- розробка моделей для аналізу та оптимізації параметрів технологій поливу у сільському господарстві, зокрема, застосування дощування.

Оскільки інформація з екологічного моніторингу стану ґрунтів в Україні зазвичай є обмеженою для визначення складних математичних моделей, широке застосування отримали моделі, побудовані за методом групового урахування аргументів (МГУА). Цей метод включає в себе аналіз великої кількості різних математичних моделей для даного набору експериментальних даних, які можуть відобразити цей набір. Він особливо ефективний у випадку великої кількості параметрів, обмеженої доступності інформації про об'єкт, невизначеності взаємозв'язків між його параметрами та недостатньої кількості експериментальних даних для ідентифікації математичних моделей.

Метод групового урахування аргументів (МГУА) включає в себе ітеративний процес вибору моделей, на основі яких складаються більш складні моделі. З кожним кроком рекурсії, модель ускладнюється, що призводить до підвищення точності моделювання, тобто кращої апроксимації наданих експериментальних даних [7]. Цей підхід є ефективним, особливо в умовах обмеженої кількості експериментальних даних, і широко використовується в задачах моделювання та прогнозування стану забруднення ґрунтів (а також у багатьох інших, наприклад, у математичних моделях поширення забруднюючих речовин в атмосфері від стаціонарних та пересувних джерел викидів та ін.) [6].

У роботі викладено математичні моделі, що описують процеси хімічного забруднення поверхневого шару ґрунту важкими металами на глибині до 20 см. Ці моделі застосовано для аналізу області на відстані менше 0,5 км від точки введення забруднюючої речовини в ґрунт:

– для міді(15):

$$y_1 = 0,004r^2 + 2 \frac{x_0 r}{100} + x_0 - 0,8,$$

– для цинку(16):

$$y_2 = 0,01r^2 + 0,6r + 0,9x_0,$$

– для хрому(17):

$$y_3 = 0,02r^2 + 1,2r + 0,9x_0,$$

– для нікелю(18):

$$y_4 = 0,02r^2 + \frac{x_0r}{100} + 0,9x_0,$$

де x_0 визначає початкове значення концентрації відповідного хімічного елемента у ґрунті, виражене в міліграмах на кілограм.

РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ НА ПОСІВНИХ ПЛОЩАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА «SIDUS»

3.1 Аргументація вибору програмних інструментів для проведення досліджень

Для проведення всіх необхідних аналітичних досліджень був використаний певний набір програмних інструментів:

- Засіб для функціонального моделювання – ERWin Process Modeler версії 7.3.3.1773;
- Інструмент для проектування баз даних – MySQL Workbench версії 8.0 CE;
- Система управління базами даних – MySQL;
- Аналітичний інструмент – Microsoft Power BI.

Застосування вказаних технологій обумовлене їхньою доступністю та широким спектром функціональності, що задовольняє вимоги необхідних досліджень.

З використанням середовища функціонального моделювання ERWin Process Modeler 7.3.3.1773 була створена функціональна модель діяльності сільськогосподарського підприємства “SIDUS” системи регулювання впливу на навколишнє середовище в рамках існуючого стану (AS-IS). В процесі аналізу були виявлені слабкі місця в цілому процесі, які вимагають додаткового вдосконалення.

Середовище проектування баз даних MySQL Workbench 8.0 CE використовувалося для розробки моделі бази даних, призначеної для зберігання статистичної інформації щодо використання земельних ділянок підприємства з 2005 року. Були створені таблиці, визначені їх поля та типи даних, встановлені зв'язки між таблицями, і задані правила для забезпечення цілісності даних.

З використанням побудованої моделі бази даних було автоматично створено базу даних, яка розташована на сервері MySQL. Ця база даних використовується

як джерело інформації для аналітичних додатків.

Microsoft Power BI використовувалося для проведення статистичного аналізу обсягу даних, їх графічного представлення, виявлення взаємозв'язків між даними та розробки прогнозів на майбутні періоди.

3.2 Створення бази даних

Структурна схема моделі бази даних представлена на Рис.4.

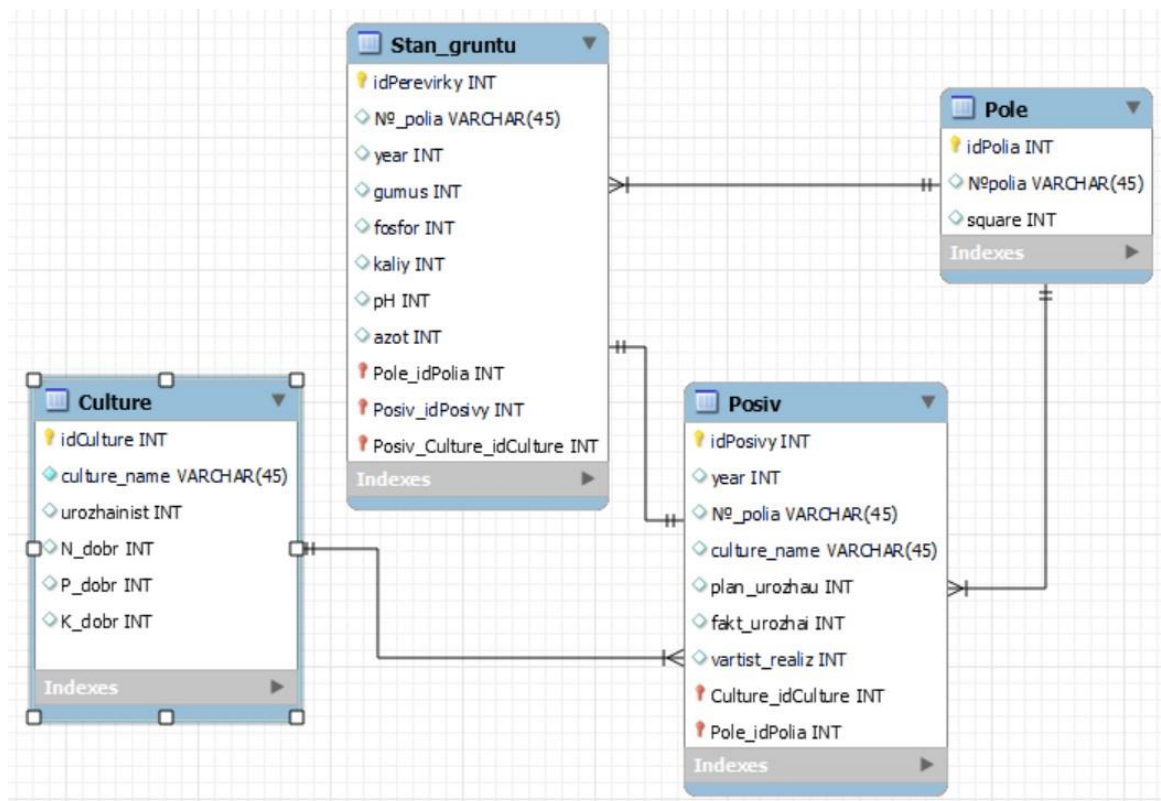


Рис. 4 Структурна схема моделі бази даних

Вона складається з чотирьох таблиць:

- "Culture" включає в себе інформацію про культури, які вирощуються на посівних площах підприємства, їх передбачену врожайність та потрібну кількість добрив.
- "Pole" включає інформацію про поля, які перебувають в обробітку підприємства, а також їхню площу.

- "Stan_gruntu" містить інформацію про щорічні аналізи ґрунтів з урахуванням основних показників родючості.
- "Posiv" включає інформація про види культур, які вирощувалися на кожному полі протягом останніх 19 років, а також прибутки, отримані підприємством від їх продажу.

Таблиця "Culture" включає наступні поля:

- "idCulture" (тип даних INT) – ключове поле;
- "culture_name" (тип даних VARCHAR(45)) – назва культури, яку вирощують;
- "urozhainist" (тип даних INT) – прогнозована урожайність у тоннах на гектар;
- "N_dobr" (тип даних INT) – необхідна кількість нітратних добрив у кількості кілограмів на гектар;
- "P_dobr" (тип даних INT) – необхідна кількість фосфатних добрив у кількості кілограмів на гектар;
- "K_dobr" (тип даних INT) – необхідна кількість калійних добрив у кількості кілограмів на гектар.

Таблиця "Pole" має наступні поля:

- "idPolia" (тип даних INT) – ключове поле;
- "№polia" (тип даних VARCHAR(45)) – номер поля відповідно до схеми розподілу полів на території Клинівської громади;
- "Square" (тип даних INT) – площа поля в гектарах.

Таблиця "Stan_gruntu" включає наступні поля:

- "idPerevirky" (тип даних INT) – унікальний ідентифікатор;
- "№polia" (тип даних VARCHAR(45)) – номер поля згідно із схемою розподілу полів на території Клинівської громади;
- "year" (тип даних INT) – рік, коли проводилась агрохімічна перевірка стану ґрунту;
- "gumus" (тип даних INT) – вміст гумусу у відсотках;

- "fosfor" (тип даних INT) – вміст рухомого фосфору у мг/100гр ґрунту;
- "kaliy" (тип даних INT) – вміст обмінного калію у мг/100гр ґрунту;
- "pH" (тип даних INT) – значення сольового рівня рН;
- "azot" (тип даних INT) – вміст азоту у мг/100гр ґрунту.

Таблиця "Posiv" містить наступні поля:

- "idPosivy" (тип даних INT) – унікальний ідентифікатор;
- "year" (тип даних INT) – рік посіву;
- "№поля" (тип даних VARCHAR(45)) – номер поля за схемою розподілу полів на території Клинівської громади;
- "culture_name" (тип даних VARCHAR(45)) – назва вирощуваної культури;
- "plan_urozhau" (тип даних INT) – розрахунковий урожай, тонни;
- "fakt_urozhai" (тип даних INT) – фактично зібраний урожай, тонни;
- "vartist_realiz" (тип даних INT) – сума, яку підприємство отримало за продаж зерна, в гривнях.

3.3 Виконання аналітичних досліджень і отримані в ході них результати

3.3.1 Підключення до бази даних

Модель бази даних, яку було описано вище, було передано на сервер MySQL (Рис. 5) і використано для створення бази даних (Рис. 6).

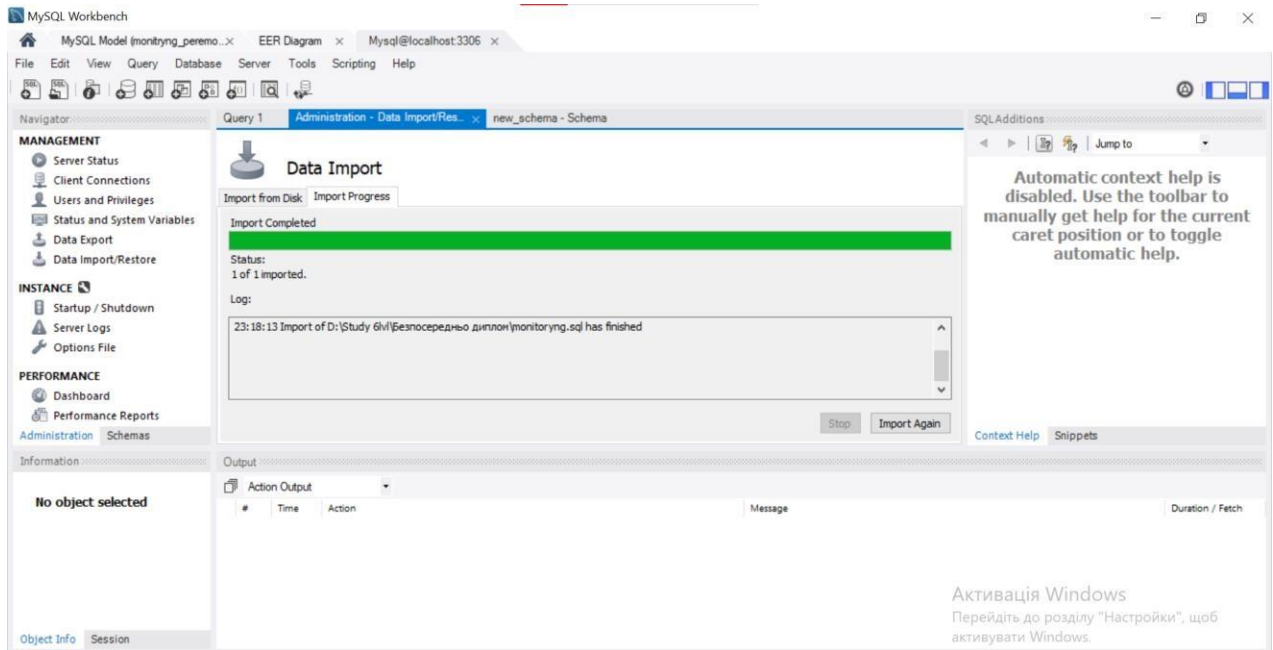


Рис. 5 Введення спроектованої моделі бази даних на сервер MySQL

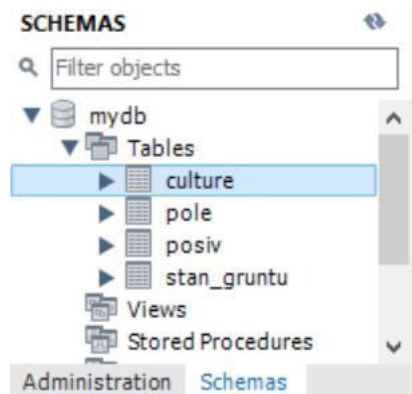


Рис. 6 Згенерована БД

Зміст таблиць бази даних представлено в Додатку Б на рисунках Б.1-2.

Створена база даних використовується в якості джерела інформації для аналітичних застосунків у Microsoft Power BI.

Підключення бази даних до аналітичної платформи Microsoft Power BI показано на Рис.7.

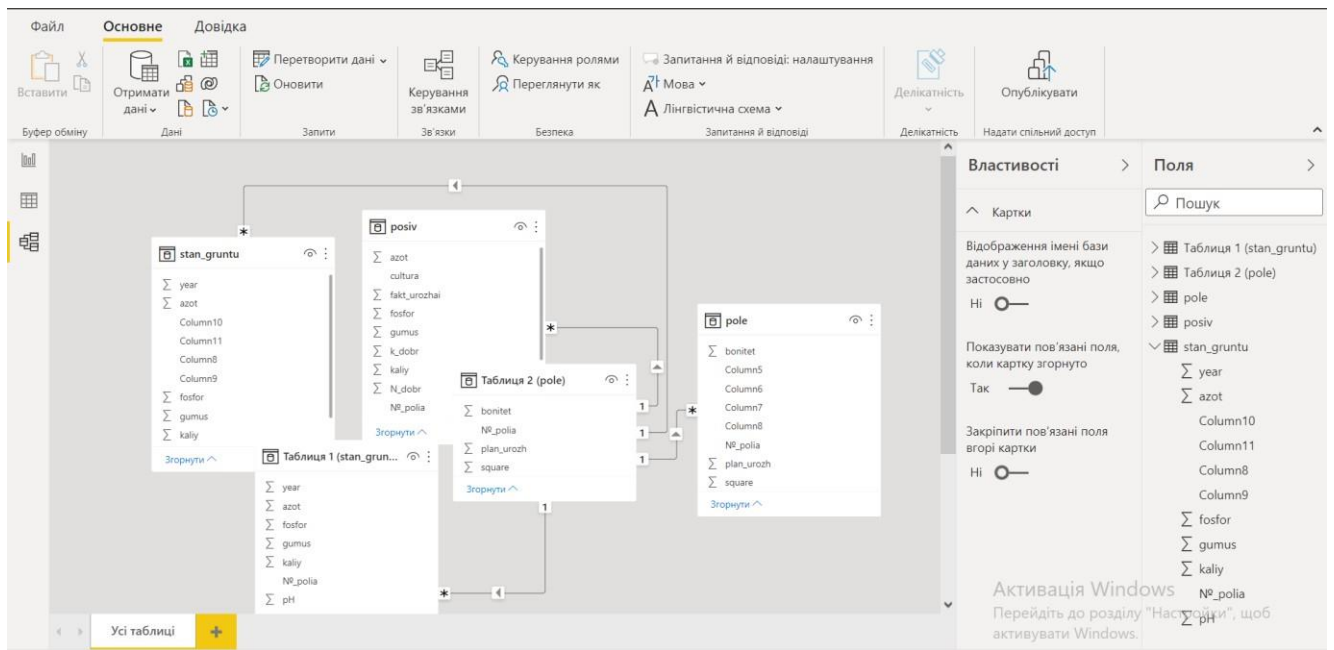


Рис. 7 Структура даних, які будуть вилучені з бази даних і використані для проведення аналітичних досліджень.

3.3.2 Аналіз агрохімічного стану посівних площ

За допомогою Microsoft Power BI було створено візуальне відображення основних агрохімічних показників якості посівних площ, таких як вміст гумусу, рухомого фосфору, обмінного калію, азоту та рівень рН сольового, за період з 2005 по 2023 роки (Рис.8).

Average of gumus, Average of kaliy, Average of azot, Average of pH and Average of fosfor by year

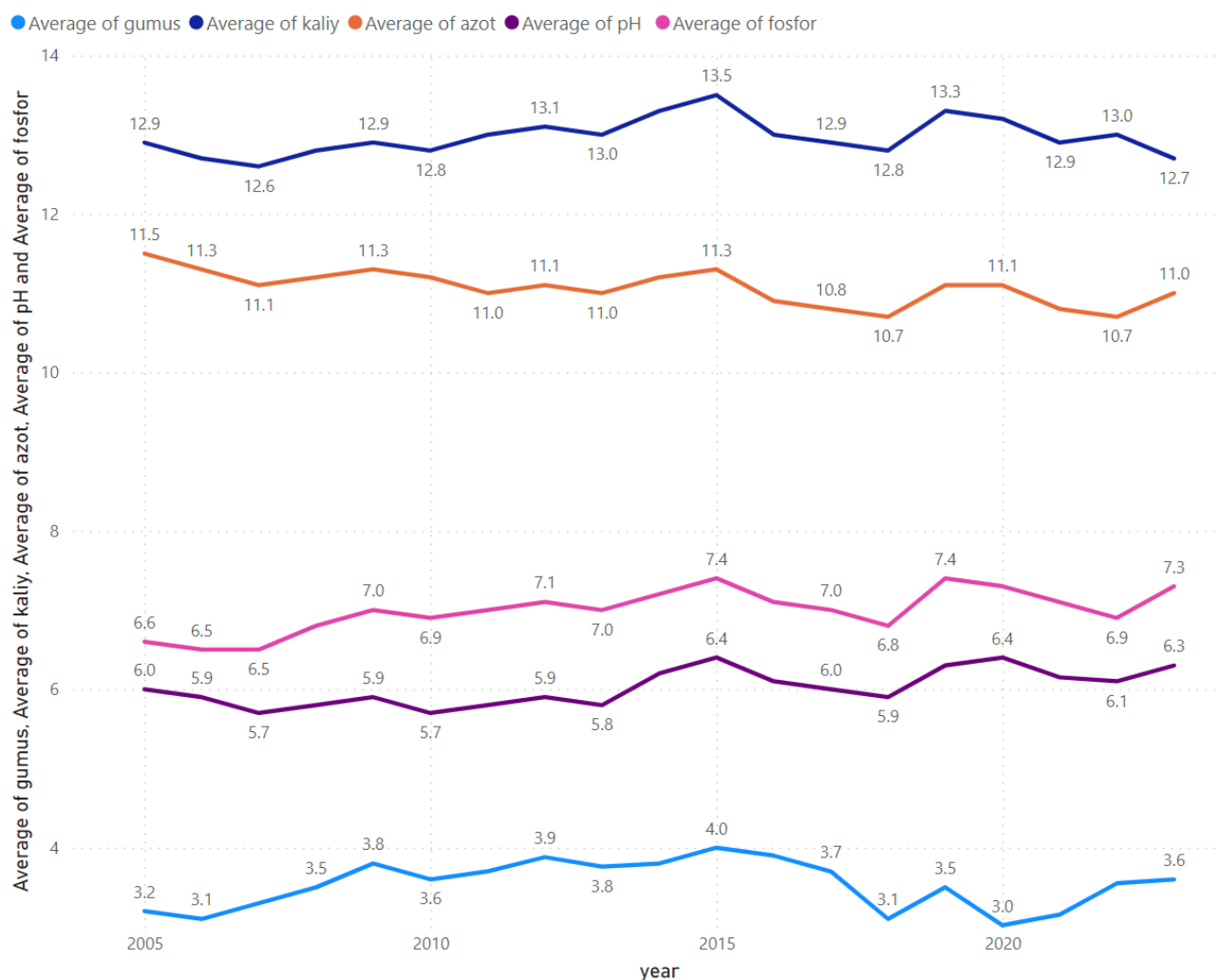


Рис.8 Середні показники агрохімічної якості ґрунтів протягом 19 років.

Всі ці показники знаходяться в нормальних межах, але за останні два роки спостерігається виражена тенденція до зниження, що в подальшому може призвести до зменшення родючості посівних площ.

Також можна відстежити, як ці показники змінюються в залежності від культури, яку вирощують.

В зоні Лісостепу оптимальний вміст гумусу знаходиться в межах від 2,0% до 4,3%. Найвищий рівень гумусу на вивчених посівних площах зафіксовано після вирощування кукурудзи у 2015 році і становить 4,0% (див. ДОДАТОК Б, Рис.Б.6); найнижчий - 3,0% після вирощування озимої пшениці у 2020 році (див. ДОДАТОК Б, Рис.Б.7). Рівень гумусу можна вважати задовільним.

Прогнозовані результати середнього вмісту гумусу на наступну сівозміну (протягом 3 років) вказують на прийнятні значення для забезпечення ефективного господарювання, а саме в діапазоні від 3,48% до 3,96% (див. Рис.9).

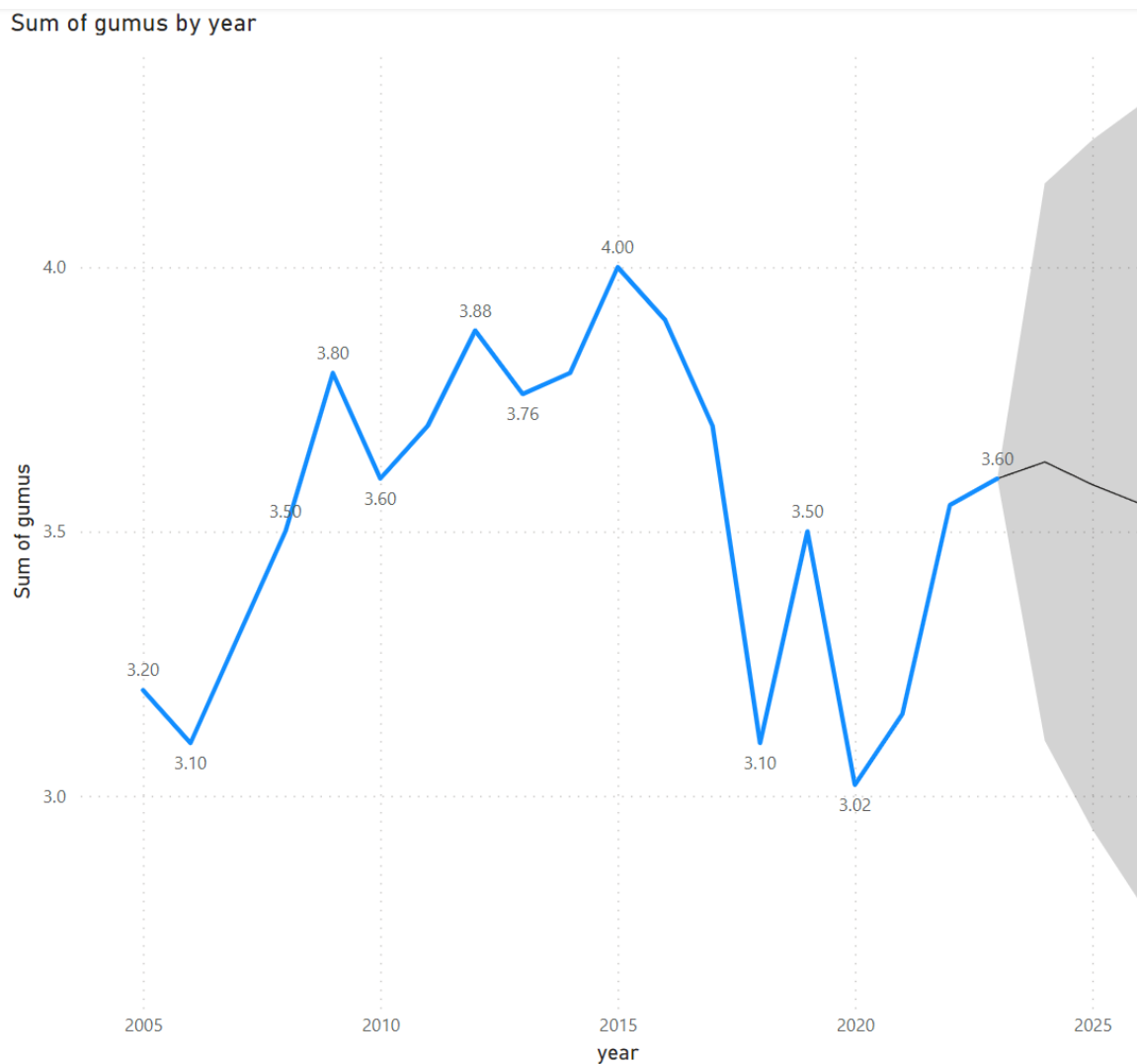


Рис. 9 Прогнозування середнього вмісту гумусу на період з 2024 по 2026 роки.

Оптимальний вміст обмінного калію, визначений за Чиріковим, повинен перевищувати 4,1 мг/100 грам ґрунту. Максимальний рівень обмінного калію на вивчених посівних площах був зафіксований після вирощування соняшнику у 2015 році - 13,5 мг/100 грам ґрунту (ДОДАТОК Б, Рис.Б.8), в той час як найнижчий рівень становив 12,6 мг/100 грам ґрунту після вирощування озимої пшениці у 2008 році (ДОДАТОК Б, Рис.Б.9). Ці дані свідчать про високий вміст обмінного калію

в обох випадках.

Прогнозовані результати щодо середнього вмісту обмінного калію на наступні три роки показують прийнятні значення для здійснення ефективного господарювання, коливаючись в межах 12,7-13,00 мг/100 грам ґрунту (Рис.10).

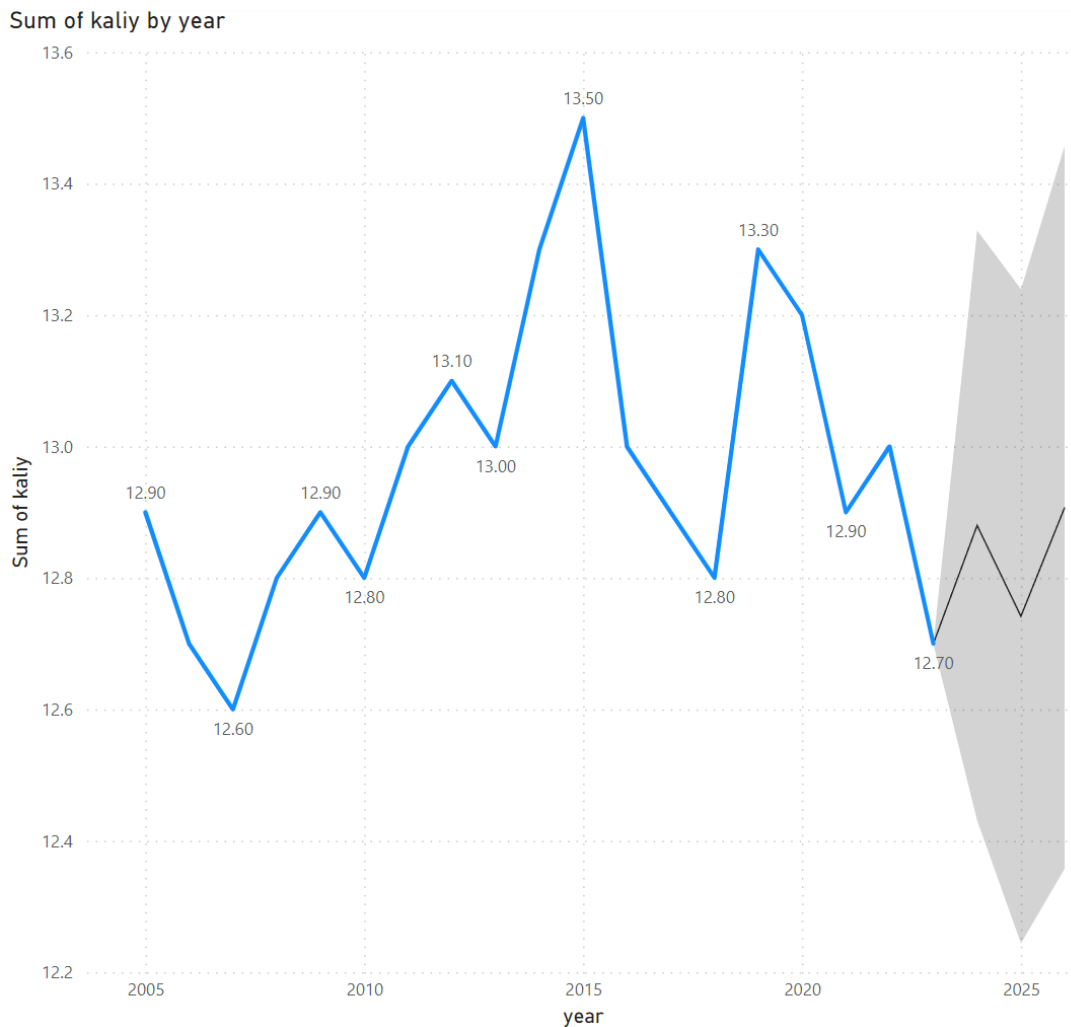


Рис. 10 Прогнозовані результати стосовно середнього вмісту обмінного калію на період з 2024 по 2026 роки

Найбільший показник рН сольового був зафіксований після вирощування ріпаку у 2015 році і склав 6,4 (див. ДОДАТОК Б, Рис.Б.10), в той час як найнижчий – 5,7 був зафіксований після вирощування кукурудзи у 2010 році (див. ДОДАТОК Б, Рис.Б.11). Обидва ці значення свідчать про нейтральний рівень рН сольового.

Прогнозовані середні значення рН сольового на наступні три роки (сівозміна) демонструють прийнятні показники для забезпечення ефективного господарювання і становлять від 6,12 до 6,18 (див. Рис.11 у ДОДАТКУ Б).

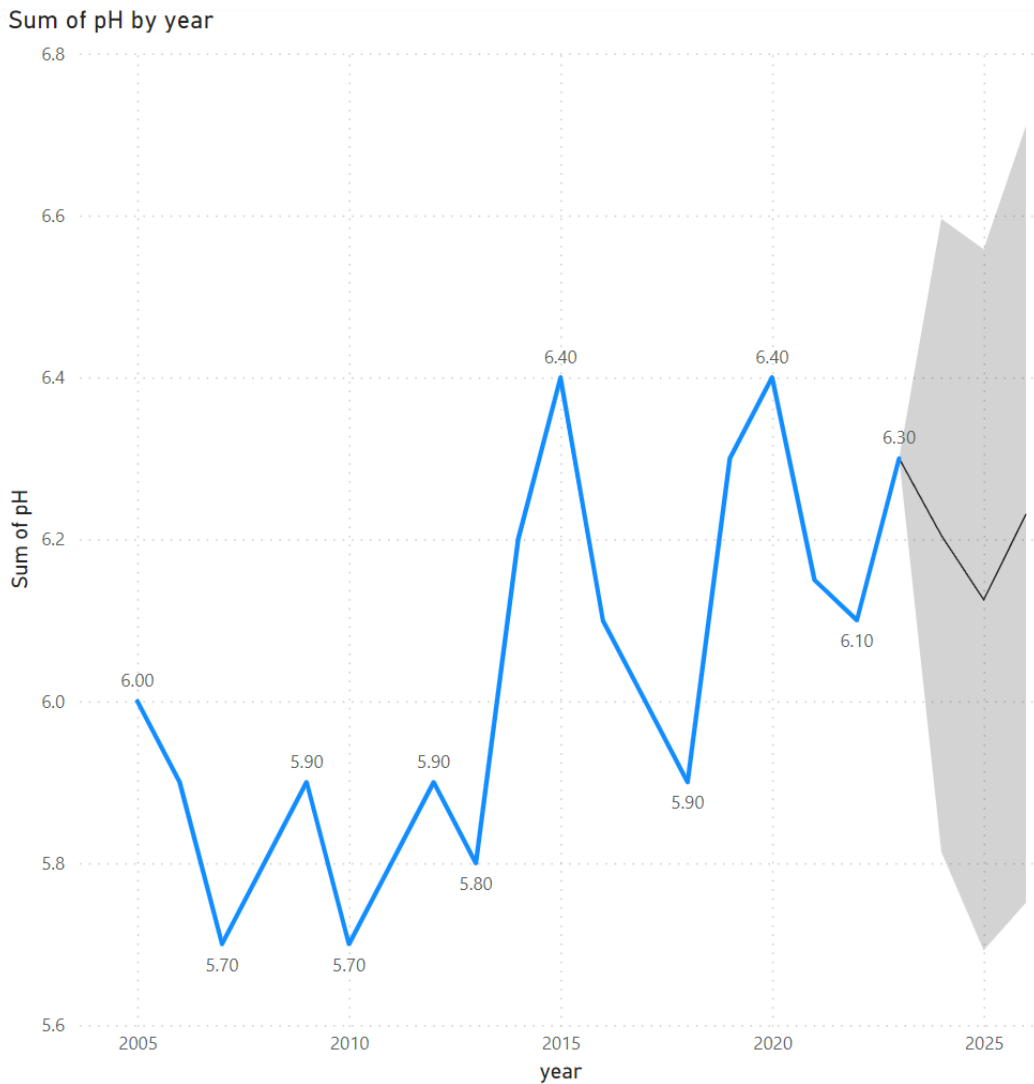


Рис. 11 Прогнозовані середні значення рН сольового на період від 2024 до 2026 років.

Максимальний показник був зафіксований після вирощування кукурудзи у 2005 році - 11,5 мг/100 г ґрунту (ДОДАТОК Б, Рис.Б.12), тоді як мінімальний

показник склав 10,7 мг/100 г ґрунту після вирощування кукурудзи у 2018 році (ДОДАТОК Б, Рис.Б.13). Ці дані свідчать про низьку насиченість азотом у ґрунтах.

Прогнозовані середні значення вмісту азоту на наступну сівозміну (протягом 3 років) вказують на невеликі значення для здійснення продуктивного господарювання – в діапазоні 10,65-10,95 мг/100 г ґрунту (Рис.12).

Sum of azot by year

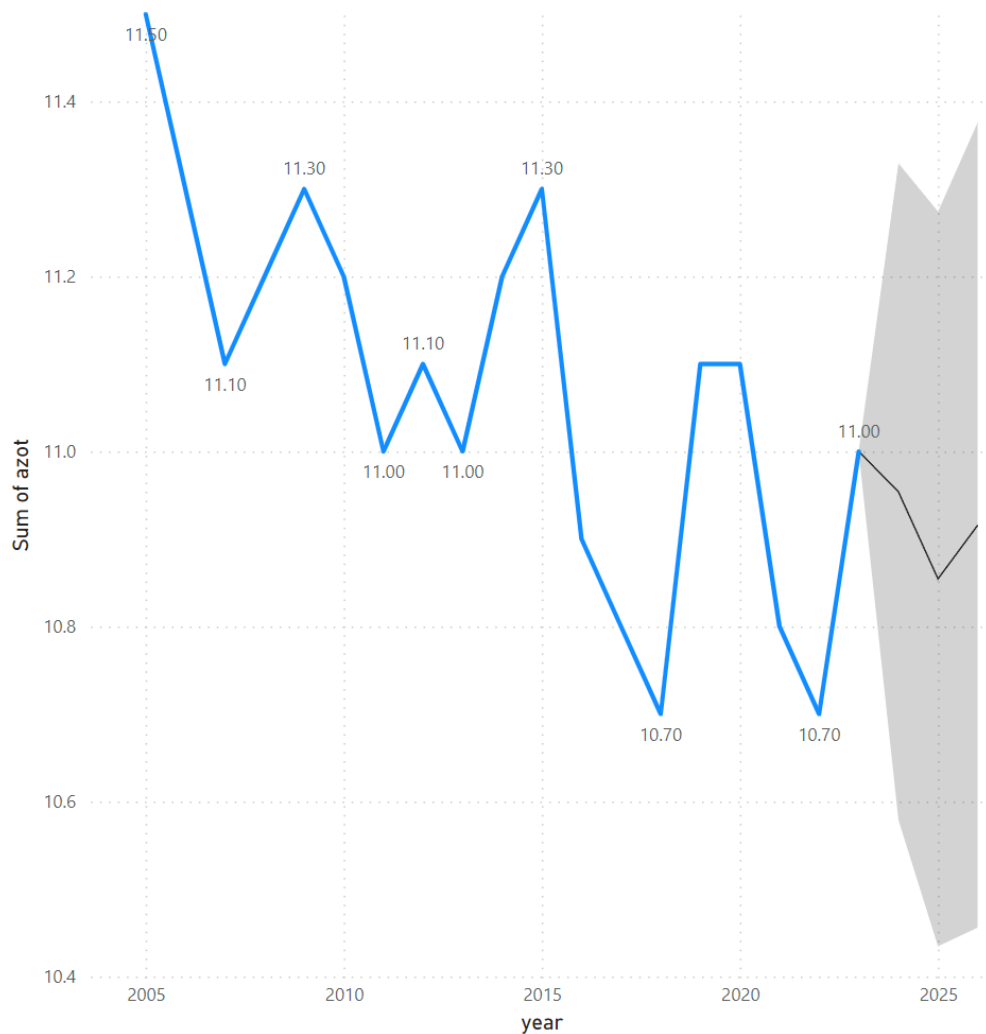


Рис. 12 Прогнозовані середні значення азоту на період від 2024 до 2026 років.

Вміст рухомого фосфору, що є оптимальним для ґрунту, коливається від 5,1 до 10 мг/100 г ґрунту. Максимальне значення було зафіксоване після вирощування ріпаку у 2015 році і складало 7,4 мг/100 г ґрунту (ДОДАТОК Б, Рис.Б.14), тоді як мінімальне – 6,5 мг/100 г ґрунту після вирощування озимої

пшениці у 2006 році (ДОДАТОК Б, Рис.Б.15). Другий показник є критичним і вказує на необхідність коригування рівня рухомого фосфору.

Прогнозовані середні значення вмісту рухомого фосфору на наступні три роки вказують на прийнятні показники для забезпечення ефективного господарювання, і складають від 7,0 до 7,2 мг/100 г ґрунту (Рис.13).

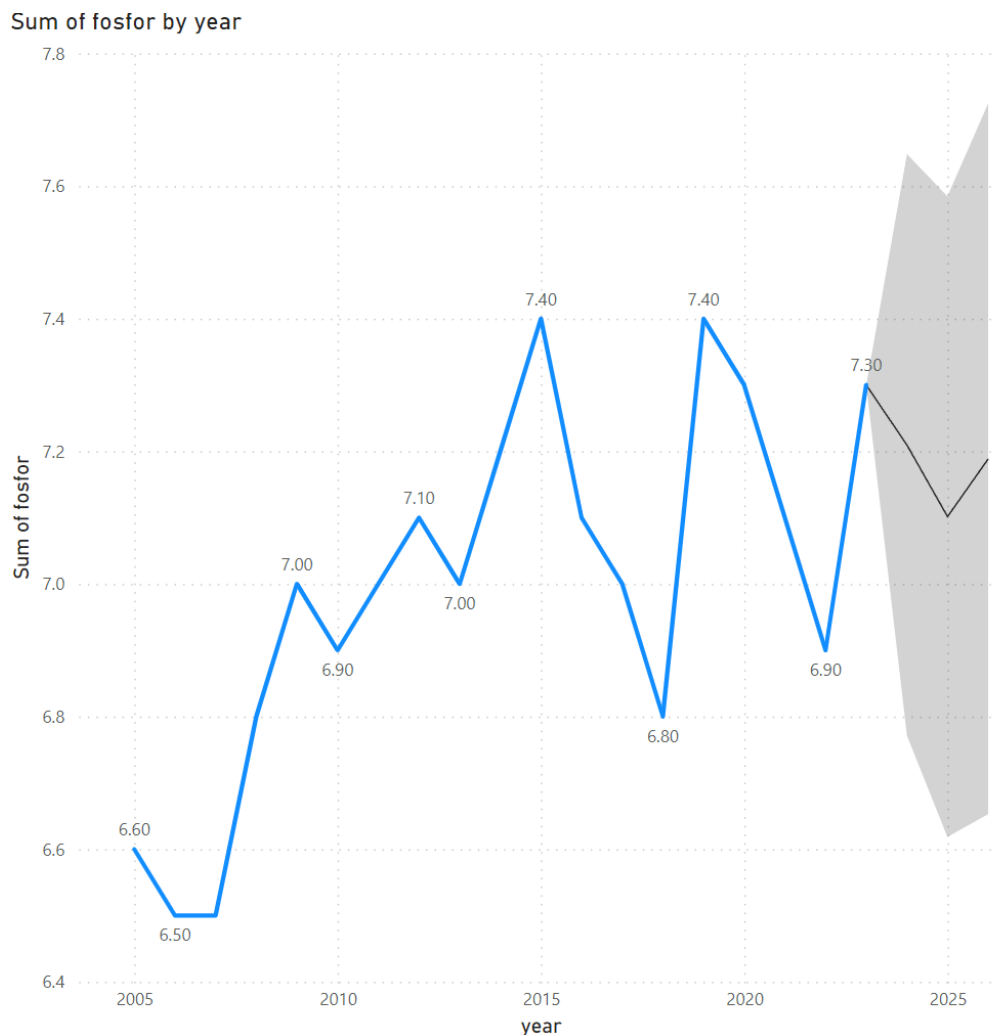


Рис. 13 Прогнозовані середні значення рухомого фосфору на період від 2024 до 2026 років.

Нижче представлений графік, що відображає співвідношення запланованого урожаю у тоннах до фактичного протягом останніх 19 років (Рис.14).

Sum of fakt_urozhai and Sum of plan_urozhai by year

● Sum of fakt_urozhai ● Sum of plan_urozhai

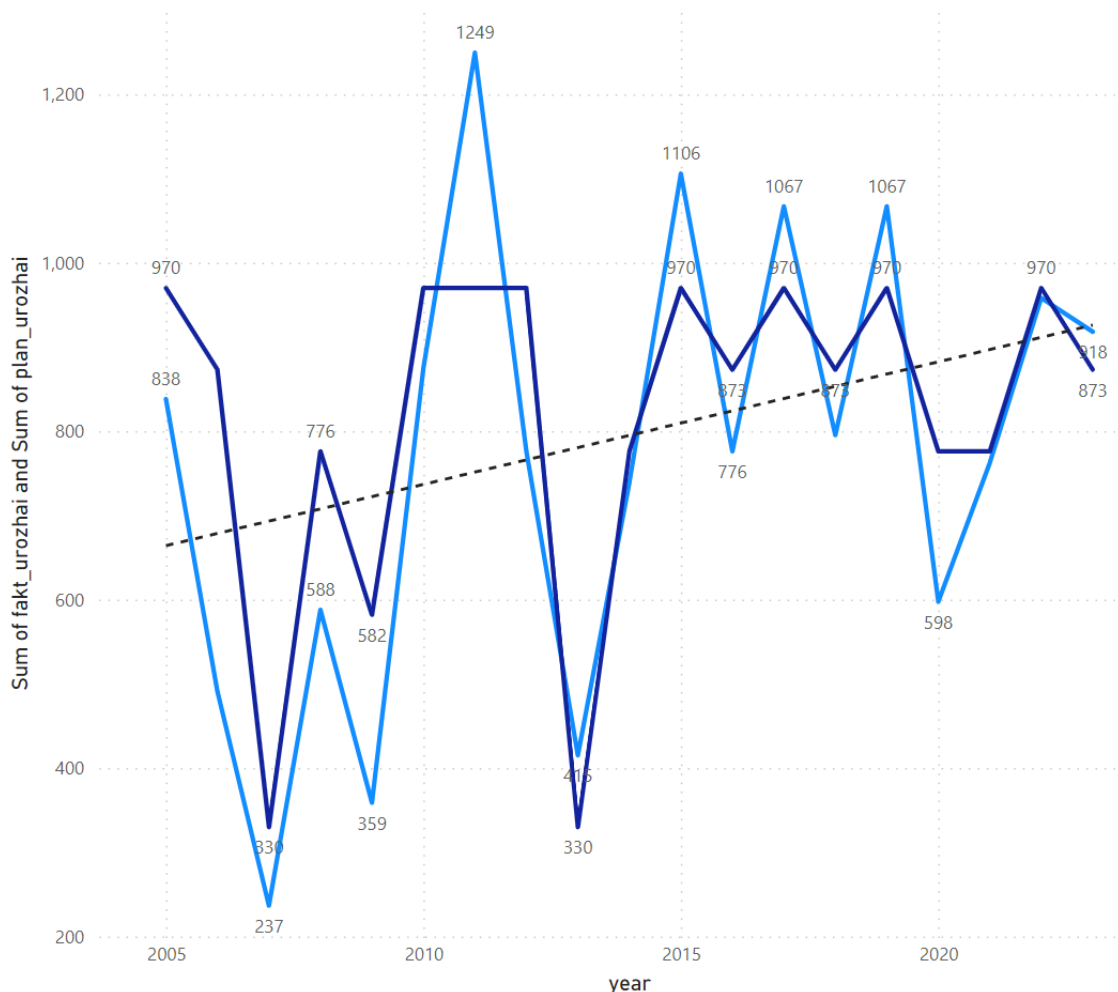


Рис. 14 Графік, який відображає порівняння запланованого та фактичного урожаю протягом років.

Після аналізу даних виявлено значну розбіжність між фактичним та запланованим урожаєм, а саме: 3514 тону не вдалося зібрати, при цьому запланований урожай був перевищений лише на 1024 тон. Загалом втрачено 2657 тон зерна. Розбіжність в урожаї в різні роки виглядає наступним чином:

- 2005: втрата -142 тон;
- 2006: втрата -503 тон;

- 2007: втрата -97 тон;
- 2008: втрата -192 тон;
- 2009: втрата -236 тон;
- 2010: втрата -265 тон;
- 2011: надлишок +345 тон;
- 2012: втрата -235 тон;
- 2013: надлишок +125 тон;
- 2014: надлишок +127 тон;
- 2015: надлишок +108 тон;
- 2016: надлишок +14 тон;
- 2017: втрата -62 тон;
- 2018: надлишок +95 тон;
- 2019: втрата -7 тон;
- 2020: втрата -85 тон;
- 2021: втрата -73 тон;
- 2022: втрата -89 тон;
- 2023: втрата -24 тон.

Під час прогнозування врожайності наступних трьох років були отримані такі результати (Рис.21):

- 2024: 902,52 тон;
- 2025: 887,78 тон;
- 2026: 1154,89 тон.

Sum of fakt_urozhai by year

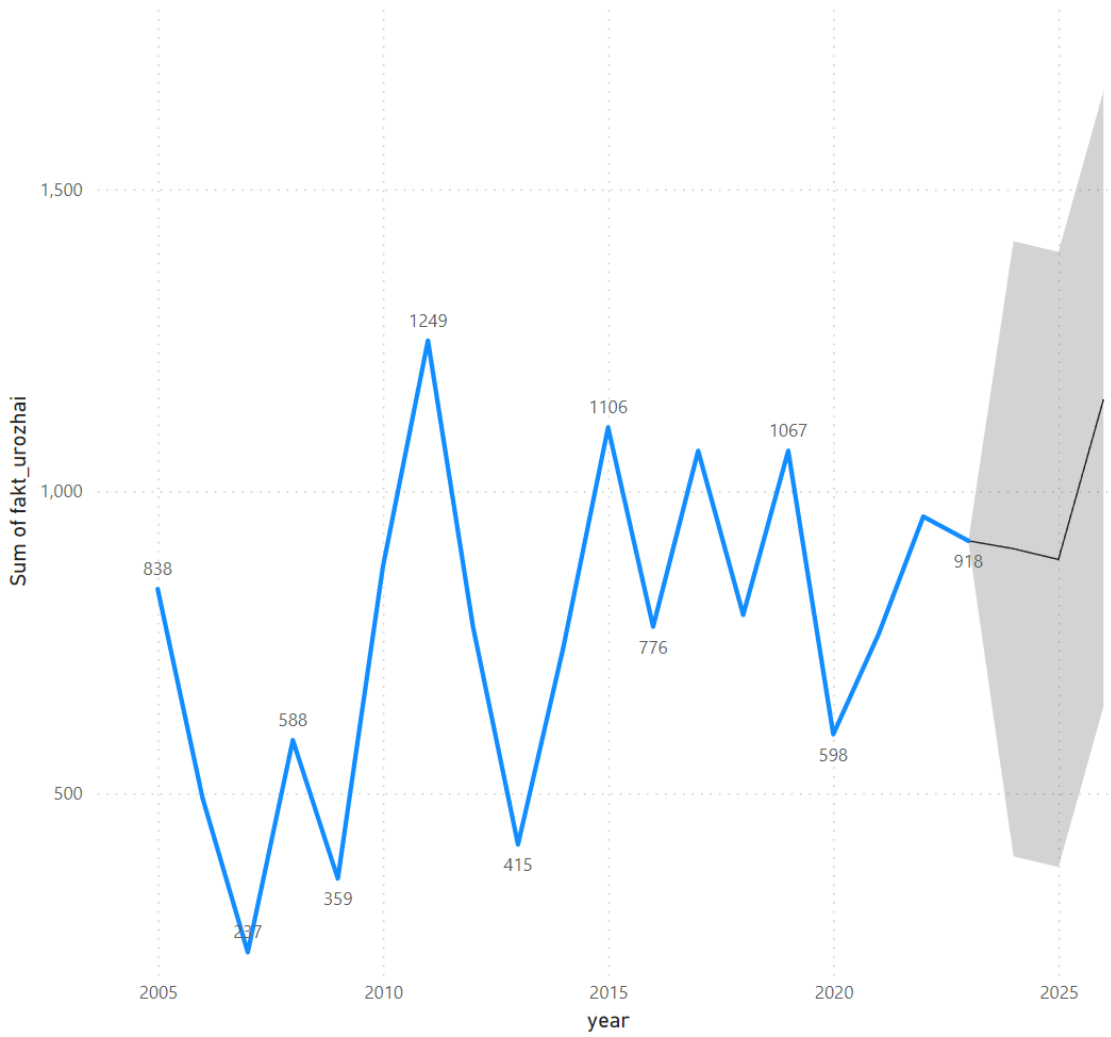


Рис.21 Передбачення урожайності на період з 2024 по 2026 роки.

Інформація про прибуток від продажу кожної культури за роками подана на графіку, представленому на Рис. 22.

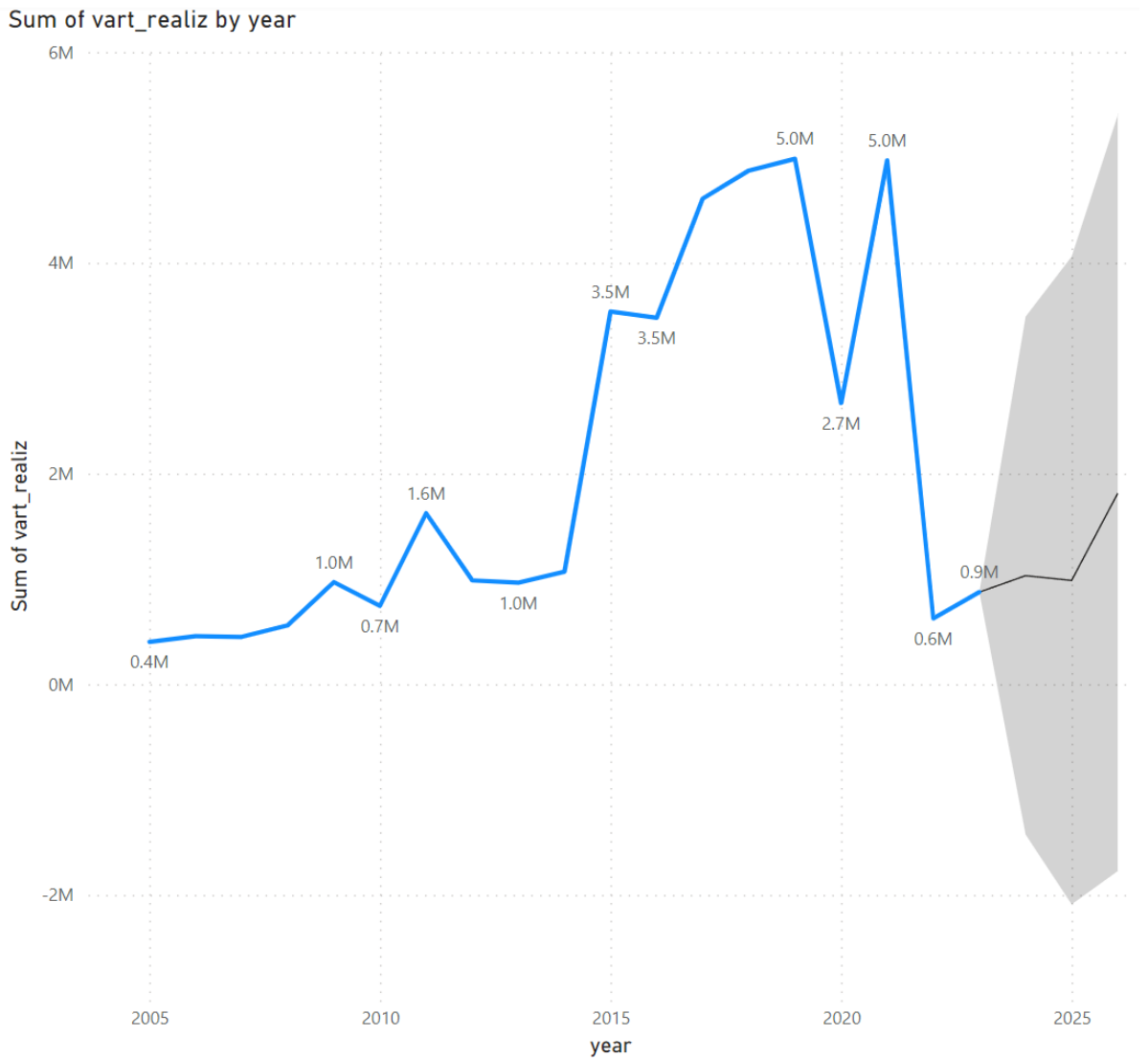


Рис. 22 Дохід від продажу зерна в різні роки

Згідно з передбаченою урожайністю, доходи підприємства протягом наступних трьох років складуть:

- 2023 рік: 1 000 157,25 грн;
- 2024 рік: 987 025,98 грн;
- 2025 рік: 1 687 214,25 грн.

3.4 Прогнозований економічний результат внаслідок впровадження розробленого рішення

Економічний ефект від впровадження інформаційної системи визначається відношенням між витратами на розробку системи та отриманими прибутками внаслідок її впровадження.

Витрати на створення системи включають витрати на розробку програмного забезпечення, витрати на закупівлю та встановлення комп'ютерів, витрати на підготовку приміщення і витрати на навчання персоналу.

Можливими джерелами прибутку від впровадження є такі фактори, як зменшення кількості працівників у відповідних підрозділах, можливість ефективніше обробляти більший обсяг інформації, а також зменшення кількості виробничих дефектів (помилки) і т.д.

Починаючи з визначення оплати праці, спершу потрібно вибрати категорію новизни завдань, які планується розробляти.

Категорія А передбачає розробку набору завдань, які включають в себе застосування зовсім нових методів розробки та проведення науково-дослідних робіт.

Категорія Б включає в себе створення стандартних проектних рішень, унікальних завдань і систем, які не мають аналогів.

Категорія В охоплює розробку проектів з використанням стандартних проектних рішень за умови їх модифікації, а також створення проектів, які мають аналогічні рішення.

Категорія Г передбачає використання стандартних проектних рішень без їх значущих модифікацій.

В цьому дипломному проекті використовувалася категорія В.

Далі необхідно визначити категорію складності алгоритму.

- 1 - Алгоритми для оптимізації та моделювання систем і об'єктів;
- 2 - Алгоритми, пов'язані з обліком, звітністю і пошуковою статистикою;

3 - Алгоритми, які використовують стандартні методи рішень і не потребують використання складних числових і логічних методів.

У цій роботі було встановлено складність на рівні 1.

Тепер визначимо кількість годин, яку слід виділити на процес, враховуючи новизну розроблюваних задач, згідно з Таблицею 4.

Таблиця 4. Визначення витрат часу

Ступінь новизни/Вид системи	Стадія розробки системи	
	Ескізний проект, T1	Технічне завдання, T2
Розробка комплексу задач, що передбачають проведення науково-дослідних робіт	В	В
Статистичні дослідження та аналітика	46	15

Винагорода працівникам обчислюється відповідно до наступної формули(19):

$$V = Ч * М * ЗП \quad (19)$$

При цьому, враховуючи вказані параметри (Ч - число виконавців проекту, М - кількість місяців розробки, ЗП - місячна заробітна плата), отримаємо вираз (20).

$$V = 1 * 2 * 8000 = 16\ 000 \text{ грн} \quad (20)$$

Розрахунок витрат, пов'язаних із розробкою програми для персонального комп'ютера, включає в себе параметр (21) - Дійсний річний фонд роботи ПК.

$$T(PC) = 2000 - (6 * 8 + 5 * 12) = 1892 \text{ год.} \quad (21)$$

Розрахунок витрат на придбання і установку персональних комп'ютерів здійснюється шляхом визначення балансової вартості ПК, використовуючи формулу (22).

$$\text{Ц (PC)} = \text{Цр} * (1 + \text{Кун}) = 10\ 000 * (1 + 0.25) = 12\ 500 \text{ грн} \quad (22)$$

Обчислення амортизаційних відрахувань для використання персональних комп'ютерів визначається за формулою (23), де враховується ринкова ціна ПК (Цр) та коефіцієнт витрат на установку і налагодження ПК (Кун).

$$\text{Z(A)} = \text{Ц (PC)} / \text{На} = 12500 / 4 = 3125 \text{ грн}, \quad (23)$$

Розрахунок витрат на електроенергію визначається формулою (24), де На позначає норму амортизаційних відрахувань.

$$\text{Z (E)} = \text{P(PC)} * \text{T'(PC)} * \text{C(e)} * \text{A} = 0.4 * 31 * 1.8 * 0.68 = 15 \text{ грн}, \quad (24)$$

Розрахунок витрат на поточний ремонт здійснюється відповідно до формули (25), де P(PC) вказує на потужність ПК, C(e) представляє вартість 1 кВт год електроенергії, що дорівнює 1.8 ₴/кВт, та А – коефіцієнт інтенсивного використання.

$$\text{Z(R)} = 12500 * 0.07 = 875 \text{ грн} \quad (25)$$

Непрямі витрати визначаються за формулою (26).

$$\text{Z(M)} = 12500 * 0.04 = 500 \text{ грн} \quad (26)$$

Отже, загальні витрати на експлуатацію визначаються за допомогою формули (27).

$$\text{V}' = \text{Z(O)} + \text{Z(A)} + \text{Z(E)} + \text{Z(R)} + \text{Z(M)} = 7500 + 3125 + 15 + 875 + 500 = 12\ 015 \text{ грн} \quad (27)$$

Отже, вартість загальних витрат на розробку програмного забезпечення розраховується за допомогою формули (28).

$$\text{V1} = \text{V} + \text{V}' = 16\ 000 + 12\ 015 = 28\ 015 \text{ грн} \quad (28)$$

У середньому процес навчання персоналу займе два тижні, тому вартість навчання персоналу розраховується за формулою (29).

$$\text{V4} = 2800 \text{ грн} \quad (29)$$

Сумарні витрати на розробку та впровадження складають (30).

$$V(\text{SUMM}) = V_1 + 0 + 0 + 2800 = 30815 \text{ грн} \quad (30)$$

Оскільки норма амортизаційних втрат для комп'ютерних систем становить 4, то для визначення річного економічного ефекту використовується дана формула (31).

$$V(Y) = V(\text{SUMM}) / 4 = 7703,75 \text{ грн} \quad (31)$$

Якщо річний прибуток $P(Y)$ складатиме 3 000 000 грн, то коефіцієнт економічної ефективності буде розрахований за формулою (32).

$$K(E) = P(Y)/V(Y) = 389,42 \quad (32)$$

Отже, термін окупності розробки розраховується відповідно до формули (33).

$$T(O) = 1/K(E) = 0.002 \quad (33)$$

Отже, проект повністю окупиться протягом двох днів.

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи було проведено аналіз використання земельних площ та застосування добрив на аграрному підприємстві "SIDUS".

З метою досягнення визначеної цілі проводилися дослідження математичних методів моделювання для вирішення завдань моніторингу використання ґрунтів та добрив і прогнозування майбутнього стану посівних площ.

Спочатку проводилось дослідження організаційно-функціональної структури підприємства, його діяльності взагалі та особливостей галузі.

З використанням CASE-засобу All Fusion Process Modeler було створено функціональну модель діяльності ПСП "SIDUS" щодо контролю якості використання добрив у режимі AS-IS у нотації IDEF0. Ця модель підкреслила недостатній рівень контролю, що підприємство здійснює щодо показників ґрунту та обсягу використаних добрив, оскільки перевірки проводяться лише залучаючи зовнішнього експерта та не входять у постійний процес планування господарської діяльності.

Було проведено аналіз посівних площ з огляду на агрохімічні показники, що прямо впливають на плодючість ґрунтів. Розглянуті методи використання та шляхи поліпшення екологічного стану посівних площ, включаючи процес внесення органічних та мінеральних добрив, використання засобів захисту рослин, розробку плану сівозміни та методології вирощування екологічно чистої продукції.

Було розглянуто дослідження вчених як в Україні, так і за кордоном, щодо вирішення проблеми збереження родючості посівних площ. Усі вони вказують на необхідність застосування системного підходу та використання методів, що ґрунтуються на адаптованій розрахунковій основі, для успішного вирішення цієї проблеми.

Відповідно до цього було сформульовано ціль досліджень та визначено загальну постановку завдання.

Подальше дослідження включало вивчення завдань, пов'язаних з моніторингом та прогнозуванням стану ґрунтів і використання добрив. Були описані завдання моніторингу навколишнього середовища та методи їх вирішення, проаналізовано особливості оцінки та прогнозування майбутнього стану довкілля. Досліджено методи математичного моделювання хімічного забруднення ґрунтів, включаючи моделювання одновимірної області забруднення, динаміку забруднення ґрунтів пестицидами, точкові моделі та моделювання та прогнозування процесів забруднення ґрунтів за методологією МГУА.

Математичні дослідження, проведені, утворили підґрунтя для аналізу екологічного стану, використання добрив та посівних площ на сільськогосподарському підприємстві «SIDUS». Для виконання всіх необхідних аналітичних досліджень використовувались такі інструменти: середовище функціонального моделювання ERWin Process Modeler 7.3.3.1773; середовище проектування баз даних MySQL Workbench 8.0 CE; система управління базами даних MySQL; аналітична платформа Microsoft Power BI. Була розроблена база даних, що включає чотири таблиці та містить інформацію про вирощуванні культури на посівних площах підприємства, їх заплановану урожайність та необхідну кількість добрив; дані про оброблювані поля підприємства та їх площі; результати щорічних аналізів ґрунтів за основними показниками родючості; інформацію про те, які культури вирощувались на кожному полі протягом останніх 19 років, а також які прибутки підприємство отримало від їх продажу.

Microsoft Power BI використовувалася для проведення статистичного аналізу об'ємного набору даних, їх візуалізації, виявлення залежностей між різними даними та розробки прогнозу на майбутні періоди. Був візуалізований стан ключових агрохімічних показників якості посівних площ, таких як вміст гумусу, рухомий фосфор, обмінний калій, азот та рівень рН сольового, за період з

2005 по 2023 рік. Також був розроблений прогноз їхніх майбутніх значень на наступні 3 роки. В ході дослідження було звернуто увагу до питань урожайності полів, і проведено графічне відображення відношення запланованого та фактичного урожаю протягом останніх 19 років. Результати виявили високу розбіжність фактичного та запланованого урожаю - 4661 тон недовиконання збору та 1414 тон перевиконання, що свідчить про недоотримання 3247 тон зерна загалом.

Була проведена аналіз середньої урожайності кожної культури на її відповідних полях, визначені оптимальні поля для вирощування кожної культури та здійснено прогноз майбутнього урожаю для кожної з них. На основі цього був розроблений прогнозний графік прибутків на наступні три роки, який показує наступне: у 2023 році очікується дохід в розмірі 20,167,318.41 грн; у 2024 році - 23,531,872.25 грн; у 2025 році - 23,435,625.24 грн.

Був розрахований ефект від впровадження системи та визначено терміни її окупності. Отримані результати досліджень в майбутньому будуть використовуватися для більш ефективного аналізу господарської діяльності підприємства, здійснення обґрунтованих прогнозів на майбутнє та моніторингу екологічного стану посівних площ. Це допоможе у попередженні деградації ґрунтів, забезпеченні їхньої родючості на високому рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Режим доступу до ресурсу - <https://eos.com/uk/blog/sivozmina/>
2. Бриндзя О. Методичні положення еколого-економічного оцінювання сільськогосподарського землекористування на ландшафтній основі // Галицький економічний вісник — Тернопіль : ТНТУ, 2014. — Том 45. — № 2. — С. 5-9.
3. Жигайло О.Л. Моделювання антропогенного забруднення ґрунтово-рослинного покриву та методи його контролю: Конспект лекцій. – Одеса, 2005. – 107 с.
4. Папушин Ю. Л., Білецький В.С.; Основи автоматизації агропромисловості. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2007
5. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Лабораторний практикум. – Електронний навчальний посібник / Під ред. В.Б. Мокіна. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 84 с.
6. Режим доступу до ресурсу - <http://agro-business.com.ua/agro/u-pravovomu-poli/item/11002-vyrobnytstvo-orhanichnoi-produktsii-pravyly-i-normy.html>
7. Богатирчук-Кривко С.К. Удосконалення еколого-економічного механізму управління земельними ресурсами у сільському господарстві // Збалансоване природокористування, № 1 2016, с. 120-127.
8. Булигін С.Ю. Економічне стимулювання охорони земель / С.Ю. Булигін // Вісник аграрної науки. - 2003. - № 10. - С. 59- 61.
9. Вайда В. Економічний механізм регулювання раціонального землекористування / В. Вайда, І. Любезна // Розвиток аграрного бізнесу в умовах глобалізації : матеріали Міжнар. наук.-практ.конф. за участю іноз. студ. [м. Тернопіль, 15-17 квіт. 2016 р.]. - Тернопіль : Астон, 2016. - С. 41-42.

10. Вплив сучасного аграрного землекористування на стан ґрунтів: негативні чинники та їх просторова диференціація // Науково-аналітична доповідна записка, 2010.
11. Режим доступу до ресурсу - <https://oceaninvest.ua/blog/news/plant-protection-products-types-characteristics>
12. Головіна О.Л. Еколого-економічний аналіз використання земель сільськогосподарського призначення в Україні/ О.Л. Головіна // Збалансоване природокористування. – 2013. – № 4. – С. 62–67.
13. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: Підручник / М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. – К.: Видавничий центр «Академія», 2005. – 359 с.
14. Режим доступу до ресурсу - <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/15290-rozrakhunok-normy-dobryv-pid-zaplanovanyi-urozhai.html>
15. Гудзь В.П., Примак І.Д., Рошко В.Г. та ін. Рациональні сівозміни в сучасному землеробстві. — Б.Церква, 2003. — 384 с.
16. Сивухин Л. В. (1977). Общий курс физики. Том III. Электричество. Москва: Наука.
17. Режим доступу до ресурсу - <https://nmykolaivskagromada.gov.ua/news/1617360786/>
18. Дацько Л.В. Екологічні та економічні аспекти сталого землекористування для відтворення родючості ґрунтів / Л.В. Дацько, М.І. Майстренко // Охорона родючості ґрунтів. – 2012. - № 8. – С. 24-40.
19. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України /Б.С.Носко, Б.С.Прістер, М.В.Лобода та ін.; За ред. Б.С.Носка, Б.С.Прістера, М.В.Лободи. —К.: Урожай, 1994. —336с.
20. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М.

- Мірошниченко, Є.В. Скрильник, Д.О. Тимченко, А.І. Фатєєв, А.О. Христенко, Ю.Л. Цапко // Український географічний журнал - 2012. – т. 2. – С. 38 – 42.
21. Економіка землекористування: Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни. / Павлов В.І., Гарнага О.М., Веремеєнко Т.С., Фесіна Ю.Г. – Рівне: НУВГП, 2012. – 188 с.
22. Закон України «Про охорону земель» Відомості Верховної Ради, 2003, №39.
23. Ільків Л.А. Еколого-економічні проблеми землекористування у сільському господарстві Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – Режим доступу: <http://elibrary.nubip.edu.ua/12742/1/111la.pdf>
24. Кононенко Ж.А. Наукові основи економіко-екологічного землекористування / Ж.А. Кононенко // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – Випуск 5. Том 1. – С. 124-128.
25. Лазеба Є. С. Підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення в Україні / Є. С. Лазеба. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3062>
26. Методичні рекомендації щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівознах різних ґрунтово-кліматичних зон України / Затверджено наказом Мінагрополітики та УААН від 18 липня 2008 р. № 440/71. – К, 2008. – 70 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

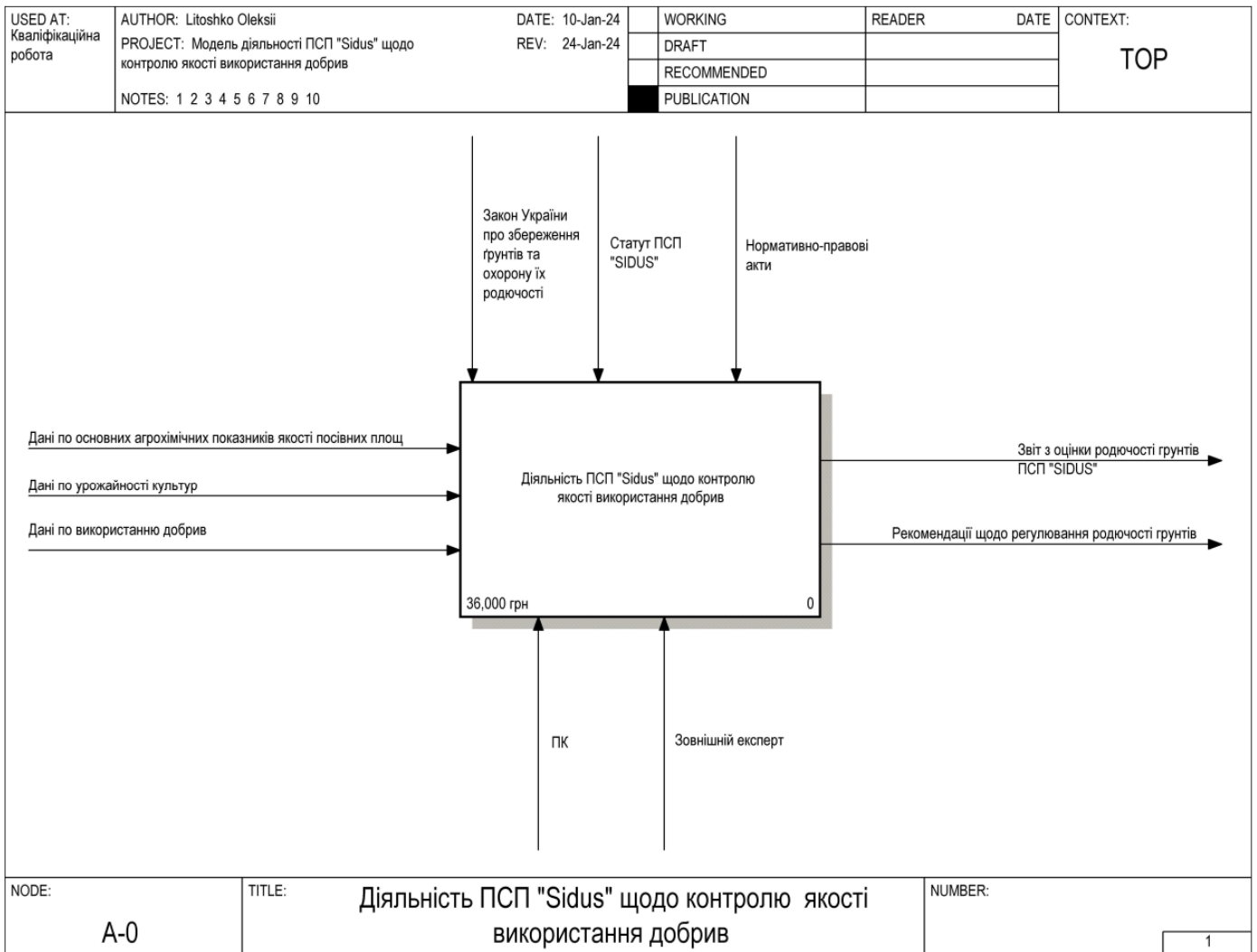


Рис.А.1 Модель діяльності ПСП «SIDUS» щодо контролю якості використання добрив

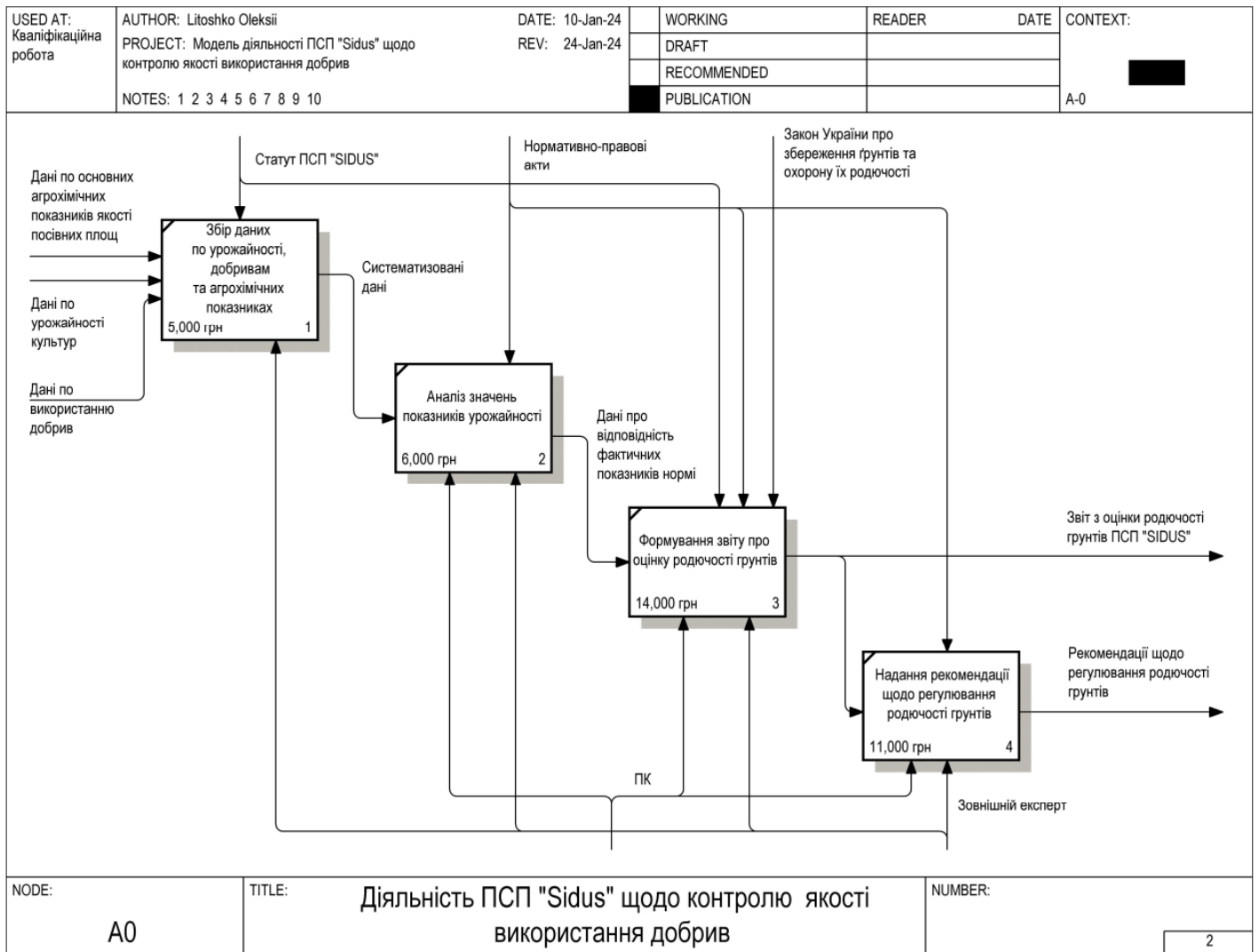


Рис. А.2 Перший рівень декомпозиції Моделі діяльності ПСП «SIDUS» щодо контролю якості використання добрив

ДОДАТОК Б

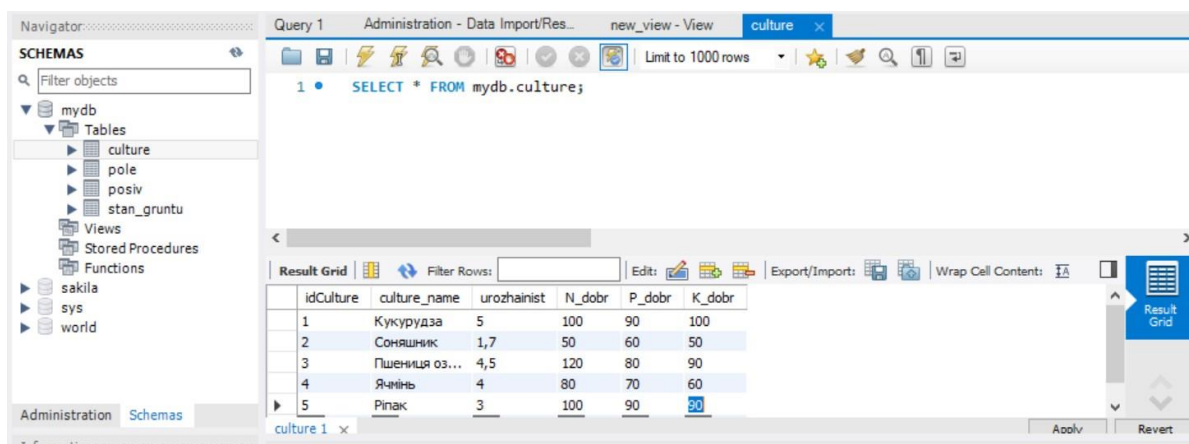


Рис.Б.1 Вміст таблиці culture на сервері

2005	I	kukurudza	100	90	100	970	838.08	402278.4	3.2	6.6	12.9	6	11.5
2006	I	pshenitsa	120	80	90	873	490.82	456462.6	3.1	6.5	12.7	5.9	11.3
2007	I	sunflower	50	60	50	329.8	236.68	449549.992	3.3	6.5	12.6	5.7	11.1
2008	I	yachmin	80	70	60	776	587.82	558429	3.5	6.8	12.8	5.8	11.2
2009	I	ripak	100	90	90	582	358.9	969030	3.8	7	12.9	5.9	11.3
2010	I	kukurudza	100	90	100	970	874.94	743699	3.6	6.9	12.8	5.7	11.2
2011	I	kukurudza	100	90	100	970	1249.36	1624168	3.7	7	13	5.8	11
2012	I	kukurudza	100	90	100	970	776	985520	3.88	7.1	13.1	5.9	11.1
2013	I	sunflower	50	60	50	329.8	415.16	963586.36	3.76	7	13	5.8	11
2014	I	yachmin	80	70	60	776	739.14	1068796.44	3.8	7.2	13.3	6.2	11.2
2015	I	kukurudza	100	90	100	970	1105.8	3538560	4	7.4	13.5	6.4	11.3
2016	I	pshenitsa	120	80	90	873	776	3478032	3.9	7.1	13	6.1	10.9
2017	I	kukurudza	100	90	100	970	1067	4609440	3.7	7	12.9	6	10.8
2018	I	pshenitsa	120	80	90	873	795.4	4875802	3.1	6.8	12.8	5.9	10.7
2019	I	kukurudza	100	90	100	970	1067	4988225	3.5	7.4	13.3	6.3	11.1
2020	I	yachmin	80	70	60	776	597.52	2668524.32	3.021	7.3	13.2	6.4	11.1
2021	I	yachmin	80	70	60	776	762.42	4972503.24	3.155	7.1	12.9	6.15	10.8
2022	I	kukurudza	100	90	100	970	958.21	625411	3.55	6.9	13	6.1	10.7
2023	I	pshenitsa	120	80	90	873	490.82	874521	3.6	7.3	12.7	6.3	11

Рис. Б.2 Вміст таблиці росів, завантаженої у додаток Microsoft Power BI

2005	3.2	6.6	12.9	6	11.5
2006	3.1	6.5	12.7	5.9	11.3
2007	3.3	6.5	12.6	5.7	11.1
2008	3.5	6.8	12.8	5.8	11.2
2009	3.8	7	12.9	5.9	11.3
2010	3.6	6.9	12.8	5.7	11.2
2011	3.7	7	13	5.8	11
2012	3.88	7.1	13.1	5.9	11.1
2013	3.76	7	13	5.8	11
2014	3.8	7.2	13.3	6.2	11.2
2015	4	7.4	13.5	6.4	11.3
2016	3.9	7.1	13	6.1	10.9
2017	3.7	7	12.9	6	10.8
2018	3.1	6.8	12.8	5.9	10.7
2019	3.5	7.4	13.3	6.3	11.1
2020	3.021	7.3	13.2	6.4	11.1
2021	3.155	7.1	12.9	6.15	10.8
2022	3.55	6.9	13	6.1	10.7
2023	3.6	7.3	12.7	6.3	11

Рис. Б.3 Вміст таблиці stan_gruntu, завантаженої у додаток Microsoft Power BI