

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Еколого-токсикологічна оцінка формування врожаю люцерни на
зрошуваних землях Одещини

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-19з/ф
Спеціальність 101 «Екологія»,
(шифр і назва)

Освітня програма Агроекологія
(назва)

Калугіна Наталя Михайлівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Жигайло Олена Леонідівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант _____
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент к.геогр.н., доцент
Боровська Галина Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра агрометеорології та агроекології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма Агроекологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 26 » жовтня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Калугіній Наталі Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: : Еколого-токсикологічна оцінка формування врожаю люцерни на зрошуваних землях Одещини

керівник роботи Жигайло Олена Леонідівна, к. геогр. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 16 » жовтня 2020 року № 194 «С»

2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Агроекологічні дані по Одеській області: тривалість сонячного сйва, середня та максимальна температура повітря, сума опадів, дефіцит вологості повітря, настання фаз розвитку люцерни, запаси продуктивної вологи під люцерною; агро і гідрохімічні дані по Одеській області: вміст гумусу і кислотність ґрунтів, вміст в ґрунті іонів кальцію, магнію, натрію, калію, мінералізація зрошувальних вод, вміст в ґрунті важких металів. Математична модель MODSOL6

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан моделювання забруднення ґрунтово-рослинного покриву в умовах інтенсифікації сільського господарства

Вивчити умови вирощування культури люцерни

Вивчити ґрунтово-кліматичні умови Одеської області та зрошення на Одещині

Оцінити стан забруднення важкими металами сільськогосподарських угідь Одеської області

Оптимізувати параметри та змінні моделі MODSOL6 стосовно до культури люцерни та території Одеської області

Провести чисельні розрахунки щодо продуктивності зеленої маси люцерни, що вирощується в Одеській області в богарних умовах і на зрошенні. Провести аналіз і надати екологічну оцінку.

Провести чисельні розрахунки впливу якості зрошувальних вод на продуктивність зеленої маси люцерни.

Провести чисельні розрахунки по забрудненню врожаю зеленої маси люцерни важкими металами: кадмієм (Cd), свинцем (Pb) та ртуттю (Hg) з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей області.

Надати еколого-токсикологічну оцінку щодо використання люцерни на корм сільськогосподарським тваринам.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки динаміки сухої біомаси та відносної площі листя люцерни: у Лісостеповій зоні (ПБП); у Північно-степовій зоні (ПБП і ПЗП); у Південно-степовій зоні (ПБП); Південно-сухому Степу (ПДП).

Графіки урожайності зеленої маси люцерни з урахуванням агроґрунтового районування

Графіки залежності урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошувальних вод

Карти-схеми концентрації важких металів (кадмію, свинцю та ртуті) у зеленій масі люцерни.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення текстової частини першого розділу магістерської роботи	26.10.2020 р. - 05.11.2020 р.	90	(відмінно)
2	Вивчення алгоритму моделі формування продуктивності соняшнику. Розв'язок задач дослідження на ПЕОМ	06.11.2020 р. - 10.11.2020р.	85	(добре)
3	Проведення чисельних розрахунків на ПЕОМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи.	11.11.2020р. - 15.11.2020р.	95	(відмінно)
	Рубіжна атестація	16.11.2020 р. 21.11.2020 р.	90	(відмінно)
4	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи	22.11.2020 р. - 30.11.2020 р.	90	(відмінно)
5	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	01.12.2020 р. - 07.12.2020 р.	90	(відмінно)
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

Студентка

_____ Калугіна Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Жигайло О.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Калугіна Н.М. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «**Еколого-токсикологічна оцінка формування врожаю люцерни на зрошуваних землях Одещини**»

Найважливішими галузями агропромислового комплексу в Україні є тваринництво і пов'язане з ним кормовиробництво. Кормовиробництво як галузь аграрного виробництва має забезпечувати тваринництво достатньою кількістю якісних, збалансованих за вмістом поживних речовин кормів.

Останнім часом особливу увагу у будь-якій галузі привертає екологічно чисте виробництво. Це необхідна об'єктивна й закономірна вимога до будь-якого виробництва, зумовлена впливом так званого антропогенного фактору у біогеоценозі внаслідок не завжди обачного і кваліфікованого ставлення до природи, зокрема на агроландшафтах – полях і луках.

Мета роботи – оцінити продуктивність та екологічну чистоту зеленої маси люцерни, що вирощується на сільськогосподарських угіддях Одеської області.

Основні задачі:

- Провести розрахунки й оцінити продуктивність люцерни на богарі та в умовах зрошення з урахуванням зрошувальних вод різної якості;
- Провести розрахунки по забрудненню врожаю зеленої маси люцерни важкими металами: кадмієм (Cd), свинцем (Pb) та ртуттю (Hg) з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей області.
- Надати еколого-токсикологічну оцінку щодо використання люцерни на корм сільськогосподарським тваринам.

Об'єктом досліджень є зелена маса люцерни, що вирощується на корм сільськогосподарським тваринам. Предметом досліджень є продуктивність та екологічна чистота люцерни в різних агроґрунтових районах Одеської області.

При виконанні роботи використано метод математичного моделювання формування урожаю сільськогосподарських культур в умовах зрошення, модель MODSOL 6

Досліджено забруднення ґрунтів Одеської області важкими металами: кадмієм, ртуттю і свинцем. Досліджено якість зрошувальних вод Дунай-Дністровської зрошувальної системи. Досліджено продуктивність та екологічна чистота зеленої маси люцерни на богарі та зрошенні в шести агроґрунтових районах Одеської області. Встановлено, що кадмій на якість біомаси люцерни не впливає, а ртуть і свинець чинять токсичну дію, тому зелену масу люцерни використовувати строго обмежено за висновком ветеринарної служби.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 110 сторінок машинописного тексту, в т.ч. 10 таблиць і 21 рисунок.

Ключові слова: забруднення важкими металами, ґрунт, зрошувальна вода, зелена маса люцерни, продуктивність, екологічна чистота .

ANNOTATION

N. Kalugina The theme of the master's qualification work is «**Ecological and toxicological assessment of alfalfa crop on irrigated lands of Odessa region**»

The most important branches of the agro-industrial complex in Ukraine are animal husbandry and related fodder production. Fodder production as a branch of agricultural production should provide livestock with a sufficient number of high-quality, nutrient-balanced feeds.

Recently, special attention in any industry is attracted by environmentally friendly production. This is a necessary requirement for any production, due to the influence of anthropogenic factors for fields and meadowss biogeocenosis.

The purpose of the work is to evaluate the productivity and ecological purity of alfalfa leaf mass, which grown on agricultural lands in Odessa region.

The main tasks:

- Carry out calculations and evaluate the productivity of alfalfa rain-fed and irrigation agricultures;
- Calculate the contamination of alfalfa green mass by heavy metals: cadmium (Cd), lead (Pb) and mercury (Hg) in soil and climatic conditions of Odessa region.
- Provide environmental and toxicological assessment of alfalfa feed use for animal husbandry.

The object of research is the leaf mass of alfalfa, grown for feed to livestock. The subject of research is the productivity and ecological purity of alfalfa in different agro-soil districts of Odessa region.

The method of mathematical modeling of crop formation in irrigation agriculture was used in the work, model MODSOL 6

The contamination of soils Odessa region's with heavy metals: cadmium, mercury and lead is investigated. The quality of irrigation waters in the Danube-Dniester irrigation system has been studied. The productivity and ecological purity of alfalfa leaf mass in rain-fed and irrigation agricultures in six agro-soil districts of Odessa region is investigated. It was found that cadmium does not affect the quality of alfalfa biomass, and mercury and lead have a toxic effect. Therefore, the green mass of alfalfa is strictly limited to use according to the conclusion of the veterinary service.

The work consist an introduction, 4 chapters, conclusions, list of references and appendices. The total volume of work is 110 pages of typewritten text, incl. 10 tables and 21 figures.

Key words: heavy metal pollution, soil, irrigation water, alfalfa green mass, productivity, ecological purity.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	11
2 ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЛЮЦЕРНИ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДНЯХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ	17
2.1 Ґрунтово-кліматичні ресурси Одеської області.....	17
2.1.1 Кліматична характеристика території.....	18
2.1.2 Опис основних ґрунтів Одеської області	21
2.1.3 Агропромисловий комплекс Одеської області.....	25
2.1.4 Ефективне ведення сільськогосподарського виробництва на Одещині.....	29
2.2 Виробництво люцерни на зелений корм	33
2.2.1 Відношення люцерни (<i>Medicago sativa</i>) до екологічних факторів.....	33
2.2.2 Технологія вирощування люцерни на богарі й в умовах зрошення.....	37
3 ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ	39
3.1 Джерела надходження важких металів у ґрунт.....	40
3.1.1 Природні джерела надходження важких металів у ґрунт	40
3.1.2 Техногенні джерела забруднення ґрунтів.....	42
3.2 Оцінка ступеня забруднення ґрунтів важкими металами в Одеській області.....	44
4 ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЛЮЦЕРНИ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ОДЕЩИНИ	49

4.1	Динамічна модель формування продуктивності та екологічної чистоти люцерни.....	50
4.2	Аналіз продуктивності зеленої маси люцерни в Одеській області.....	62
4.2.1	Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Лісостеповій зоні Одеської області.....	62
4.2.2	Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Північному Степу Одеської області.....	65
4.2.3	Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Південному Степу Одеської області.....	69
4.3	Аналіз впливу якості зрошуваних вод на урожайність зеленої маси люцерни	76
4.4	Аналіз екологічної чистоти зеленої маси люцерни	81
4.4.1	Аналіз забруднення зеленої маси люцерни кадмієм.....	82
4.4.2	Аналіз забруднення зеленої маси люцерни ртуттю.....	84
4.4.3	Аналіз забруднення зеленої маси люцерни свинцем.....	86
	ВИСНОВКИ	89
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	91
	ДОДАТКИ	97

*«Все есть яд, и ничто не лишено
ядовитости; одна лишь доза
делает яд незаметным»
Парацельс*

ВСТУП

Одним із важливих соціальних завдань держави є забезпечення населення безпечними та високоякісними продуктами харчування. Потужним джерелом продуктів харчування є рослинницька продовольча сировина. Поряд зі збільшенням виробництва продовольчої сировини помітно підвищуються і вимоги до її якості [42].

Якість продовольчої рослинної сировини залежить від цілого ряду чинників. Одне з провідних місць займають сільськогосподарські угіддя. Сучасний стан сільськогосподарських угідь знаходиться в умовах інтенсивного техногенного пресингу. В умовах інтенсивного землеробства, де хімізація сільськогосподарського виробництва набуває максимального рівня, цей процес є найбільш вираженим. Щорічно в ґрунти з мінеральними добривами і пестицидами потрапляє цілий ряд шкідливих речовин, в тому числі і важкі метали.

Найважливішими галузями агропромислового комплексу в Україні є тваринництво і пов'язане з ним кормовиробництво. Основна задача кормовиробництва – розробка теоретичних основ і практичних прийомів формування високоефективної кормової бази тваринництва шляхом одержання високих, сталих та якісних урожаїв кормових культур та сіяних трав, а також раціонального їх використання в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Кормовиробництво як галузь аграрного виробництва має забезпечувати тваринництво достатньою кількістю якісних, збалансованих за вмістом поживних речовин кормів. Основні напрями розвитку цієї галузі – інтенсифікація польового і лучного кормовиробництва на основі прогресивних технологій вирощування кормових культур, заготівлі та зберігання кормів, поліпшення їх структури і якості [16].

Останнім часом особливу увагу у будь-якій галузі привертає екологічно чисте виробництво. Це необхідна об'єктивна й закономірна вимога до будь-якого виробництва, зумовлена впливом так званого антропогенного фактору у біогеоценозі внаслідок не завжди обачного і кваліфікованого ставлення до природи, зокрема на агроландшафтах – полях і луках.

Для отримання придатних в їжу кормових культур необхідно грамотне вирішування питання їх вирощування. Необхідно враховувати якість зрошувальних вод, міграцію і накопичення найбільш небезпечних для життєдіяльності важких металів в різних агрофітоценозах. Це, у свою чергу залежить і від типу ґрунту, виду рослин, кліматичних умов, в яких вони вирощуються, а також від агротехнічних заходів.

Мета роботи – оцінити продуктивність та екологічну чистоту зеленої маси люцерни, що вирощується на сільськогосподарських угіддях Одеської області.

В завдання входило:

- Вивчити умови вирощування культури люцерни;
- Вивчити ґрунтово-кліматичні умови Одеської області та зрошення на Одещині
- Оцінити стан забруднення важкими металами сільськогосподарських угідь Одеської області
- Оптимізувати параметри люцерни другого року життя для першого укосу на ґрунтах Одеської області;
- Провести розрахунки й оцінити продуктивність люцерни на богарі та в умовах зрошення;
- Провести розрахунки й оцінити продуктивність люцерни при зрошенні водами різної якості;
- Провести розрахунки по забрудненню врожаю зеленої маси люцерни важкими металами: кадмієм (Cd), свинцем (Pb) та ртуттю (Hg) з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей області.

- Надати еколого-токсикологічну оцінку щодо використання люцерни на корм сільськогосподарським тваринам.

Об'єктом досліджень є зелена маса люцерни, що вирощується на корм сільськогосподарським тваринам.

Предметом досліджень є продуктивність та екологічна чистота люцерни в різних агрогрунтових районах Одеської області.

При виконанні роботи використано метод математичного моделювання формування урожаю сільськогосподарських культур в умовах зрошення [12], модель MODSOL 6 (Додаток А).

Робота виконана на основі агрокліматичних [1,22] і агроекологічних даних [24,40] Одеської області.

1. СУЧАСНИЙ СТАН МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Існування людського суспільства незмінно пов'язано з використанням довкілля як середовища проживання та створення засобів життєзабезпечення – продуктів харчування, сировини й матеріалів для побутових потреб і виробничої діяльності та інш. Проте, антропогенний вплив на природне середовище прогресивно зростає, що викликає загострення екологічних проблем здебільшого зумовлене хімічним забрудненням території внаслідок викидів і скидів промислових об'єктів повсюдним використанням добрив і пестицидів.

Для вирішення цих проблем виникла необхідність пошуку нових методів досліджень, таких що дозволять зробити системний аналіз впливу антропогенного фактору на довкілля. Таким методом має бути метод математичного моделювання. Математичні моделі використовують для кількісного описання функціонування системи. Вони складаються з одного чи декількох рівнянь, які поєднують найбільш важливі входи, виходи та характеристики систем. Математичні моделі бувають досить складними, складаються з великої кількості рівнянь та користуються різними математичними апаратами [44].

Метод моделювання традиційно властивий науковому пізнанню, і зачатки його простежуються на всіх стадіях розвитку науки. Важливою передумовою розвитку моделювання послугувала тенденція переходу від вивчення речей до вивчення процесів, характерна для другої половини ХІХ століття. За своєю суттю моделювання зводиться до побудови та аналізу моделей предметів, явищ, процесів і об'єктів. Воно служить універсальною методологією наукового пізнання і вирішення практичних завдань. Необхідна

умова моделювання - вимоги, згідно з якими будь-яка модель повинна бути спрощеною копією свого оригіналу[38].

За допомогою математичної моделі можна виразити точно встановлені фундаментальні закономірності або обмежитися описом деяких зовнішніх характеристик об'єкта. Математичним моделям притаманна такапримітна властивість, як універсальність. Накопичений при дослідженні одного кола завдань потенціал математичного моделювання можна швидко і гнучко застосувати до вирішення зовсім інших завдань. Звичайно ж будь-яка модель може бути всеосяжною. Вона повинна бути спрямована на вирішення певної задачі.

У певному сенсі будь яке застосування математичних методів являє собою математичне моделювання [38].

Моделі Кузнецова М.В. і Зими О.Г. [23] призначені для прогнозування стану забруднення ґрунтів Харківської області важкими металами. В роботі використані такі методи и моделі: метод ARIMA, метод експонентного згладжування, модифікована модель Марчука. Методи дозволяють при вивченні полів забруднення обмежитися мінімумом точок відбору проб, інтерполювати і екстраполювати значення рівнів забруднення в точках, де не було вимірювань, мати можливість оцінити розміри зони локального забруднення і прогнозувати можливі рівні забруднення в майбутньому.

Теоретична модель розчинення, перенесення, поглинання й розпаду пестицидів у ґрунтах у разі одновимірного руху розчинуописана в роботі Карпенко О.О., Муравкіна М.О. [18]. Модель передбачає визначення концентрації пестицидів в ґрунті, їх прогнозування з моменту внесення.

Проблемно-орієнтовані моделі «врожайність – динаміка вологості ґрунту», стохастичні моделі урожайності для нормування водоспоживання, моделі функцій «урожайність - полив» при зрошенні мінералізованою водою розглядаються в роботі Ковальчука П.І. [21]. Такі моделі є комплексними і використовуються в задачах оперативного управління зрошенням, також для

оцінки технологій та еколого-економічної оптимізації ресурсів в агроекосистемах.

Модель надходження і міграції в ґрунті важких металів при використанні рідких і твердих органічних відходів запропонована в роботі Кирейчевой Л.В. и Тиньгаева А.В. [19]. В моделі поряд з конвективно-дифузійним перенесенням важкого металу в ґрунтовому розчині, його сорбцією твердої фази і виносом рослинністю, враховується надходження важкого металу в рухомій та фіксованій формах з органічними відходами, а також перехід з фіксованої форми забруднювача в ґрунті в рухому форму. Модель дозволяє отримувати інформацію про можливе забруднення ґрунтового покриву при використанні твердих і рідких органічних відходів і давати рекомендації про можливість і періодичність їх використання в якості нетрадиційних органічних добрив.

Багатофакторна регресійна модель Коваленко О.В. і Сыромятникова Ю.Н. [20] дозволяє виявити численні явища взаємодії металів в ґрунті і рослинах, які характеризуються мінливістю і різноманітністю прояви в системі, і описати їх обмеженою кількістю чинників впливу. За допомогою методу математичного моделювання розроблені десяти і п'ятифакторні регресивні моделі сумарного впливу техногенного поліелементного забруднення ґрунту важкими металами на процеси транслокації мікроелементів, що дозволили знайти математичну формулу для наявних складових і їх взаємного зв'язку в системі ґрунт-рослина. Модель використовується для оцінки рівнів надходження важких металів, нормування забруднювачів і отримання продуктів агроценозів належної якості.

В роботі Яроша О.Б. [48] проведена оцінка асиміляційного потенціалу ґрунтів України. Розроблено економіко-математичну модель розподілу вагових коефіцієнтів між компонентами асиміляційного потенціалу. Проведена диференціація територій країни по асиміляційній ємності ґрунтового покриву. Виявлено критичні пороги і визначені механізми для оцінки антропогенного впливу. Отримані результати можна застосовувати для

розробки диференційованих норм щодо викидів важких металів для сільського господарства України.

У математичній моделі Шуфнаровича М.А. [47] моделюється забруднення ґрунтів важкими металами на основі теорії нейромереж, що автоматизує процес картографічного моделювання шляхом побудови дійсних значень ізоліній концентрацій металів, що містяться в ґрунтах досліджуваної території. Розроблений метод оцінки вмісту важких металів у ґрунтах дає можливість автоматизувати процес математичного моделювання шляхом побудови дійсних значень ізоліній концентрацій, а не їх середніх значень. При цьому кількість таких ліній необмежена. Це дає можливість отримати точніші, а значить і об'єктивніші екологотехногеохімічні карти.

В роботі Жигайло О.Л. [12] моделюється забруднення урожаю багаторічних трав важкими металами. Процес формування урожаю, його кількості та екологічної чистоти розглядається як складна сукупність синтезу, розпаду, взаємоперетворення основних компонентів біомаси, швидкості накопичення рослинами забруднюючих речовин. Моделюється вплив процесів засолення і осолонцювання ґрунтів в умовах зрошення на продуктивність багаторічних трав, а також токсичність важких металів в біомасі рослин.

Математичні моделі вмісту важких металів у трофічному ланцюзі «ґрунт – корми – тварина – продукція тваринництва (молоко)» розроблено і описано у роботі Болтик Н.П. [4]. За допомогою методу кореляційно-регресійного аналізу розроблено математичні моделі, що дозволяють прогнозувати вміст важких металів у кормах залежно від їх вмісту в ґрунтах. Для встановлення зв'язків впливу важких металів, що містяться в ґрунті, воді, кормах на вміст у молоці проведено кореляційний аналіз і побудовано графічну модель. Моделі моніторингу дають змогу на основі показників умісту важких металів у ґрунті прогнозувати їх кількість в кормах та продукції тваринництва (молоці).

В моделі Muller и Prohl ECOSYS -87 [49] моделюється забруднення сільськогосподарських продуктів в умовах використання радіоактивно

забруднених джерел води для поливного землеробства. В роботах [13, 37] моделювання переносу радіонуклідів в сільськогосподарських екосистемах виконувалося на основі модифікованої А.М. Польовим математичної моделі ECOSYS, запропонованої Muller і Prohl. В даних роботах моделюється накопичення радіонуклідів у рослинах на зрошуваних землях, що відбувається внаслідок безпосереднього надходження радіонуклідів з поливної води в листя, кореневого надходження радіонуклідів, які знаходяться в ґрунті внаслідок первинних випадінь чорнобильського і дочорнобильського походження, надходження радіонуклідів, що привносяться в ґрунт при поливі забрудненою водою; забруднення продуктів харчування і кормів розраховується з урахуванням зміни концентрації активності в процесі обробки і готування, а також часу обробки і збереження. Моделюється вплив на ґрунти агрохімічних заходів.

Модель міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової при фітореабілітації забруднених земель зони ЧАЕС представлена в роботі Polevoy A. [50]. Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі «ґрунт - рослина – атмосфера» і біологічних уявлень про ріст і розвиток природної чагарникової рослинності під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси і радіонуклідів у рослинному покриві.

В роботі [51] колективом авторів описано дослідження потенційної ролі поєднання польової та лабораторної спектрорадіометрії з геохімічними даними свинцю (Pb), цинку (Zn), міді (Cu) та кадмію (Cd) у кількісному вимірі та моделювання забруднення ґрунту важкими металами (HMSC) для заплави. Були зібрані польові та лабораторні спектри із забруднених ґрунтів за допомогою ASD FieldSpec® 3, побудвані спектральні бібліотеки на базі полів та лабораторій; проведено геохімічний аналіз Pb, Zn, Cu та Cd за допомогою атомно-абсорбційного спектрометра і визначено конкретні спектральні області, пов'язані з моделюванням HMSC.

На підставі експериментальних даних розроблена модель прогнозування важких металів (НМРМ) для вищезазначених забруднень, враховуючи їх спектральні особливості та концентрації в ґрунті. Було побудовано вісім НМРМ з використанням поступової багаторазової лінійної регресії. Створені моделі допомагають картографувати концентрації важких металів на величезній площі за допомогою космічних гіперспектральних датчиків.

2 ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЛЮЦЕРНИ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДДЯХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Ґрунтово-кліматичні ресурси Одеської області.

Одеська область згідно фізико-географічного районування розташована в степовій посушливій дуже теплій зоні України, у північностеповій та середньостеповій підзонах. Більша частина Одеської області лежить у межах Причорноморської низовини. Північно-західну частину займають відроги Подільської височини. У південно-західній частині області розташовані схили Центральномолдавської височини. Територія має рівнинний рельєф. Загальне зниження поверхні спостерігається в напрямку узбережжя Чорного моря [1,2].

Найвище місце зафіксоване на відрогам Подільської височини – 292 м пагорб (біля села Баштанки Кодимського району); щонайнижче – 4,0 м (рівень води Куяльницького лиману).

По території Одеської області протікають 225 річок, які належать до басейну Чорного моря. Найбільші з них – Дунай, Дністер із притокою Кучурган, Південний Буг із притоками Савранкою і Кодимою. В заплавах Дунаю та Дністра розташовані озера Кагул, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабук. У межах області - 15 лиманів, найбільші - прісний Дністровський і солоні Хаджибейський, Куяльницький, Тилігульський, Шагани, Албей, Сасик (Кундук, нині опріснене водосховище).

Область омиває Чорне море – світовий унікал. Це єдине внутрішньоматерикове море, що в умовах геохімічного панування на Землі вільного кисню майже цілком заражене сірководнем; за двокилометрової глибині Чорного моря вільним від сірководню залишається лише тонкий прошарок поверхневої води, потужність якого не перевищує 200-250 м, і тільки в цьому прошарку живе вся фауна моря.

Одеська область – найбільша по площі область України. Займає 33,3 тис. км² (5,5% території країни). На півночі вона межує з Вінницькою, на північному сході – з Кіровоградською, на сході – з Миколаївською областями України, на заході - з Молдовою, на півдні по Дунаю і його Кілійському гирлу – з Румунією. З південного сходу протягом майже 300 км її берега обмивають води Чорного моря. Довжина території області з півночі на південь 340 км, із заходу на схід – до 130 км.. У ландшафтно-географічному відношенні крайня північна частина області перебуває в лісостеповій зоні, яка на півднізмінюється зоною степу. У межах степової зони з півночі на південь виділяються підзони північного, центрального й південного степу. Більшість масивів зрошення створені в південно-степовій посушливій частині області. Тут для зрошення використовуються, в загальні, води Дунаю й Дністра. На іншій території є невеликі по площі ділянки зрошення (звичайно до 200 – 300 га) з використанням найчастіше вод місцевого стоку.

2.1.1 Кліматична характеристика території

Клімат Одеської області характеризується як помірно континентальний із тривалим пекучим літом, короткою м'якою зимою й недостатнім зволоженням[1,2].

Середньорічні величини сумарної сонячної радіації знаходяться в межах 104 ... 105 ккал/см² на півночі та змінюються до 116 ... 120 ккал/см² на півдні області, а радіаційний баланс – від 47 до 53 –54 ккал/см² відповідно. Близько 75% сонячної радіації надходить за весняно-літні місяці. Кількість ФАР (фотосинтетична активна радіація) за вегетаційний період становить 50 ккал/см².

Теплозабезпеченість і вологозабезпеченість території мають широтні змінення (рис.2.1). Середньорічна температура повітря підвищується від 8⁰С на півночі до 10 – 11⁰С на півдні й південному заході. Температура самого холодного місяця січня – від 5⁰С морозу на півночі до 1,5⁰С – 2,5⁰С нижче

нуля на півдні області. Середньомісячна температура повітря в липні (самий жаркий місяць) становить 21 і 23⁰С, відповідно, абсолютний максимум досягає 35-41⁰С. Тривалість періоду активної вегетації рослин середньодобовою температурою повітря вище 10⁰С 165 – 170 днів на півночі до 200 днів на півдні області. Сума активних температур за цей період зростає від 2850 – 2900⁰С до 3600⁰С, відповідно. Ресурси тепла території Одеської області дозволяють вирощувати районовані в лісостепу й степу культури раннього й середнього термінів дозрівання, а в підзоні південного степу – і самі теплолюбні культури, а також пожнивні культури.

На території області випадає порівняно невелика кількість опадів – 370 – 400 мм за рік - у сухостеповій підзоні. До півночі норма опадів збільшується до 480 - 520 мм у лісостеповій зоні. 60-70% річної норми опадів припадає на теплий період року із квітня по жовтень, опади носять характер зливи і випадають як правило локально.

Більшу частину року переважають вітри північних напрямків. Завдяки цьому, навіть на схили вододілів і річкових долин одержують на 15-20% опадів більше, чим підвітряні.

У багаторічному розрізі опадів відзначається чергування посушливих і вологих періодів. Відхилення річних сум опадів в 30 –40 % років вищі над 100мм, а в окремі роки досягають 200 – 300 мм .

Випаровування (по Будико) на території області оцінюється в 440 –465 мм, що приблизно відповідає річній нормі опадів у підзоні Північного степу, де ГТК Селянінова порядку 1.0 – 0.9. При таких значеннях ГТК зволоженість території оцінюється як нестійка[1,2]. У більш північній лісостеповій зоні норма опадів на 20- 50 (60) мм вище річної величини випаровування, ГТК – 1,0 - 1,1, що характеризує територію як перехідну від нестійкого до достатнього зволоження. У підзоні Центрального степу випаровування перевищує річну норму опадів на 20-40 (50) мм,

ГТК – 0,8-0,9, що типowo для районів нестійкого атмосферного зволоження. І

нарешті, у підзоні Південного степу дефіцит атмосферної вологи досягає 50- 90 мм, ГТК тут 0,7-0,8, що характеризує територію як зона недостатнього атмосферного зволоження.

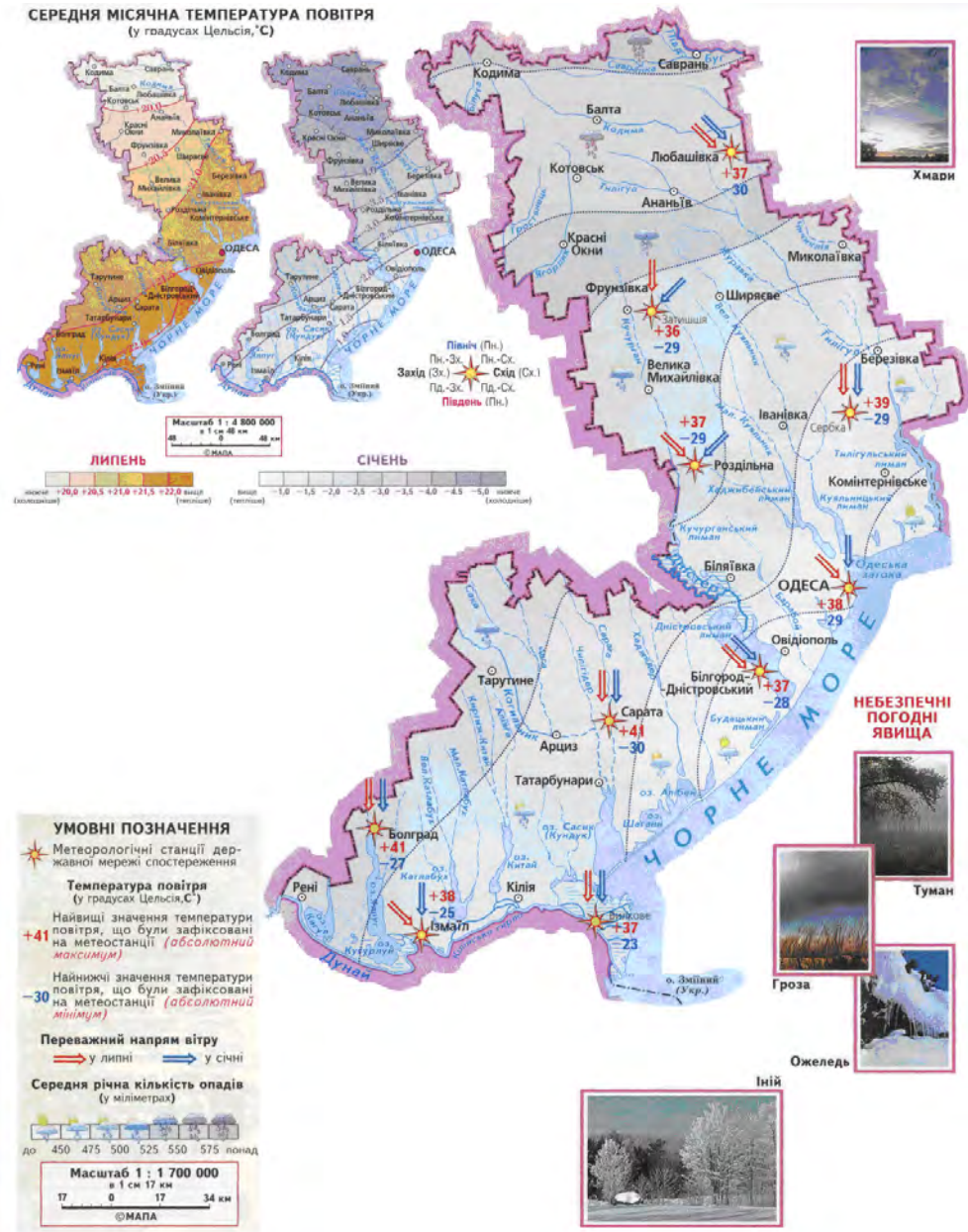


Рисунок 2.1 – Кліматична карта Одеської області[2].

За теплий період року (квітень - жовтень) випаровується 360 –400 мм вологи, що повсюдно більше кількості, що випадають у цей період опадів. Так, у лісостеповій зоні на півночі області дефіцит вологи в цей період становить 20 – 30 (40) мм. До півдня в міру зменшення кількості опадів, що випадають,

дефіцит природного зволоження за теплий період зростає до 30 – 50 мм у підзоні Північного степу, 50-70 мм у Центральньо-степовій і 70 – 90 (100) мм у південно-степовій підзоні. Дефіцит атмосферної вологи в теплий період року в Центральній і Південно-степових підзонах збільшується періодичними (один раз в 3 –5 років), а з 60-х років практично щорічними посухами – до 30-40 днів у році, часто із суховіями (10- 15 днів), коли відносна вологість повітря знижується до 30% і менш[1,2].

2.1.2 Опис основних ґрунтів Одеської області

Згідно з агроґрунтовим районуванням, проведеним з обліком великомасштабного ґрунтового обстеження, Україна чітко розподіляється на наступні агроґрунтові зони:

- Українське Полісся – зона змішаних лісів, дерново-підзолистих типових і оглеєних ґрунтів;
- Лісостеп - зона чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів;
- Степ – зона чорноземів звичайних і південних;
- Сухостепова зона темно-каштанових і каштанових ґрунтів;
- Зона буроземних ґрунтів Українських Карпат;
- Зона ґрунтів Гірського Криму [6].

У таблиці 2.1 представлені ґрунти і їх площі, у тому числі орні, Одеської області України. Основними ґрунтами, найпоширенішими в Одеській області є чорноземизвичайні переважно на лесах(25,6% ріллі), чорноземи південні на лесах (21,7% ріллі), чорноземи звичайніміцелярнокarbonатні на лесових породах (19,5% ріллі) ґрунту й чорноземи глибокі переважно на лесових породах (13,7% ріллі).

Таблиця 2.1 – Ґрунти та їх площі в Одеській області

Ґрунти	Загальна площа		У тому числі орна	
	тис. га	%	тис. га	%
Чорноземи глибокі переважно на лесових породах	330,9	12,7	268,4	13,7
Чорноземи звичайні переважно на лесових породах	647,3	24,7	503,2	25,6
Чорноземи звичайні міцелярнокарбонатні на лесових породах	467,0	17,8	383,4	19,5
Чорноземи південні на лесах	500,9	19,1	426,8	21,7
Чорноземи південні на глинах	130,0	5,0	77,8	4,0
Чорноземи глинисто-піщані й супіщані	57,4	2,2	26,3	1,3
Чорноземи остатньо-солонцюваті переважно на лесових породах	42,8	1,7	37,4	1,9
Чорноземи солонцюваті переважно на лесових породах	33,9	1,3	28,9	1,5
Чорноземи реградовані переважно на лесових породах	96,2	3,7	80,4	4,1
Лучно-чорноземні переважно на лесових породах	34,4	1,5	19,2	1,0
Лугові на делювіальних і алювіальних відкладаннях	71,4	2,8	21,5	1,1
Темно-каштанові переважно на лесових породах	14,8	0,6	12,9	0,6
Опідзолені переважно на лесових породах і глинах	50,8	1,9	38,2	1,9
Мочарні й мочаристі	17,8	0,7	11,8	0,6
Інші ґрунти й виходи порід	95,9	3,7	22,2	1,1
Разом	2610,7	100	1967,1	100

Ґрунт області представлене головним чином чорноземами; вони мають добре виражений зональний характер.

На півночі, у лісостеповій частині області, на підвищених і розчленованих ділянках поширені опідзолені та реградовані чорноземи.

Чорноземи опідзолені сформувалися на ділянках, що звільнені від лісу. На їхнє формування вплинули підзолистий і чорноземні ґрунтоутворюючі процеси, з більш інтенсивним проявленням останнього. Ґрунти родючі середньогумусні. Добре забезпечені азотом (табл. 2.2),

Таблиця 2.2 - Фізико-хімічний опис орного шару основних ґрунтів Одеської області.

№ П / П	Назва ґрунту	Потужність гумусного горизонту, см	Гумус %	Сума поглинених основ, мг·екв/100г п.	Ступінь насиченості основами, %	Рухливі, мг/100 г		
						Азот	Фосфор	Калій
1	Чорноземи опідзолені	100-120	4,3-4,7	38-42	82-92	3-10	6,9-8,6	11,9-16,9
2	Чорноземи реградовані	70-100	4,5-4,7	39,3-48	98-99	6-8	5,5-9,1	9,6-13,4
3	Чорноземи потужні	120-130	4,7-6,5	43,9-48,1	-	5-9	6,8-11,4	10,4-15,8
4	Чорноземи звичайні	65-110	3,8-6,1	31,4-49,8	-	8,8-10,0	8,2-9,6	12,1-16,2
5	Чорноземи південні	55-75	2,1-3,9	27,9-37,9	-	5,1-11,4	6,5-12,9	8,4-13,4

задовільно фосфором і калієм[6].

Чорноземи реградовані сформувалися в умовах степу під впливом чорноземного процесу ґрунтоутворення, який у результаті наступу лісу на степ поступово змінився підзолистим. Ці ґрунти більш гуміфіковані по всьому ґрунтовому профілю, ніж опідзолені.

За механічним складом вони є важкосуглинкові. Для підвищення їх родючості потрібні трохи більші норми органічних і мінеральних добрив, ніж на опідзолених.

На більш плоских і зволжених просторах лісостепової частини області поширені потужні середньогумусні чорноземи.

Чорноземи потужні сформувалися на лесах під лучно-степовою рослинністю вододільних поверхонь. Насиченість основами й перевага кальцію сприяє утворенню зернистої структури, обумовлює нейтральну або слабокислу реакцію ґрунтового розчину. Чорноземи потужні найродючіші ґрунти (табл. 2.2).

У південній степовій частині області, яка простирається уздовж Чорного моря від Дунаю до Тилігулу найпоширеніші чорноземи звичайні й південні.

Чорноземи звичайні середньогумусні розвинені в центральній степовій частині області. Глибина гумусного горизонту в них менше, чим у чорноземів потужних, що пов'язане з формуванням цих ґрунтів у посушливій зоні під різнотравно-злаковими степами. Структура зернисте - грудкувата або грудкувата. Реакція ґрунтового розчину нейтральна або близька до нейтральної. Ґрунти насичені основами з перевагою кальцію. Рухливими формами азоту ґрунти забезпечені добре, середньо - фосфором і калієм. Це родючі ґрунти, але для одержання високих урожаїв на цих ґрунтах необхідно зберігати вологу й вносити добрива.

Зміна ґрунтових різниць має зональний характер (рис. 2.2)[2]..

Чорноземи південні сформувалися на лесах у посушливих умовах при відносно зниженій продуктивності рослинної маси й енергійному процесі її мінералізації. Південні чорноземи менш родючі, ніж звичайні (табл.2.2) і мають несприятливий водний режим.

Для успішного вирощування на них усіх районованих сільськогосподарських культур необхідне накопичення й збереження вологи, зрошення й внесення мінеральних добрив, особливо фосфорних[6]..

2.1.3 Агропромисловий комплекс Одеської області

Опис рослинності Одеської області. У цей час на території області природний рослинний покрив, під яким сформувалися ґрунти, майже цілком перетворений діяльністю людини. Степові простори давно розорані, більша частина лісів вирубана й так само розорана, заплавні луки зазнали інтенсивного господарсько-меліоративного освоєння.

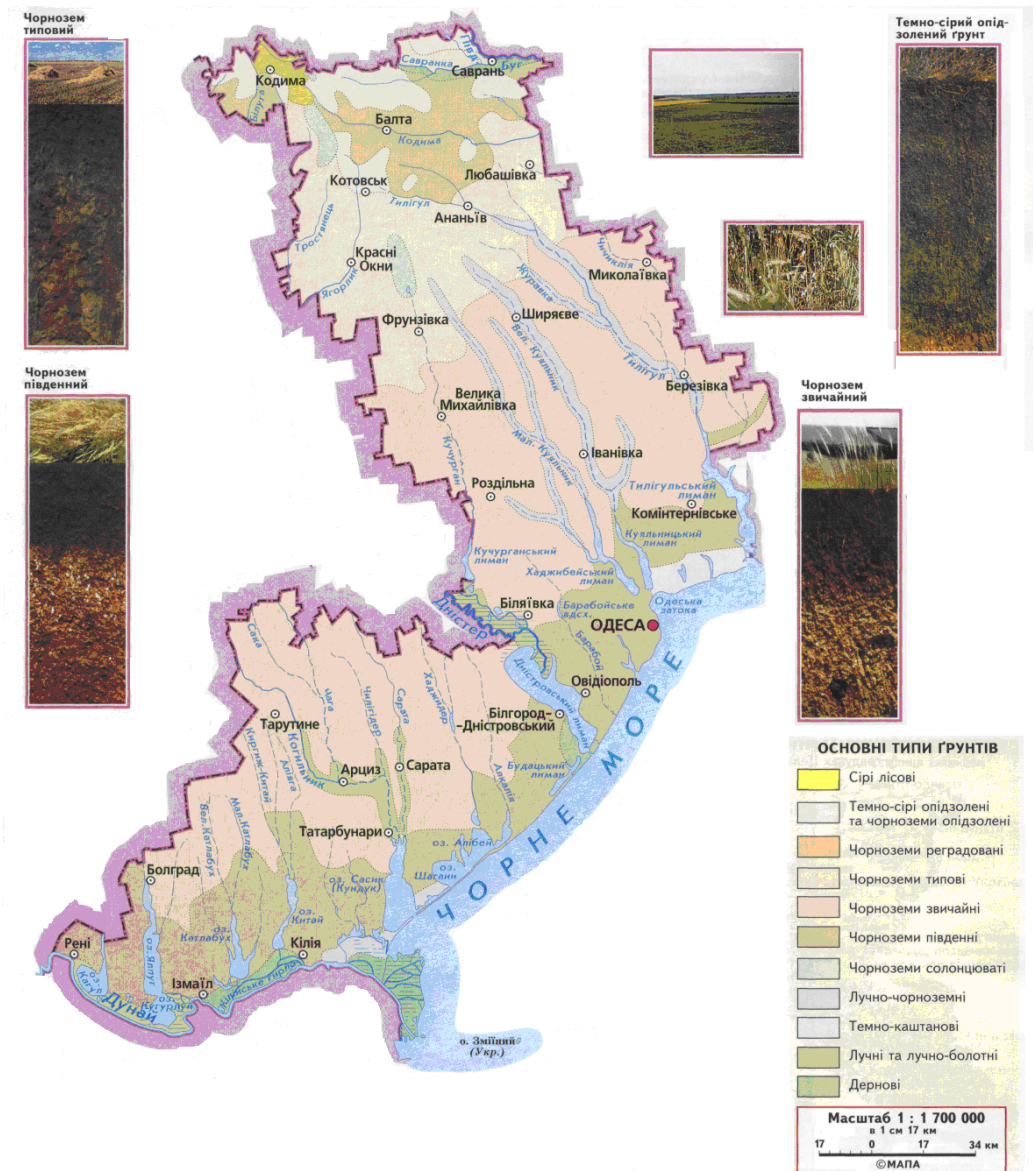


Рисунок 2.2 - Ґрунтова карта Одеської області[2].

На території області [2] з півночі на південь ретроспективно виділені наступні території :

- сільськогосподарські землі на місці дубових, грабово-дубових лісів, а також островки лісів з дуба й інших широколистяних порід;
- сільськогосподарські землі на місці лугових степів і лугів;
- сільськогосподарські землі на місці різнотравно-типчачово-ковилових степів;
- сільськогосподарські землі на місці типчачово-ковилових степів, на півдні області – з ділянками полинно-типчачово-ковилових степів.

Ареали перерахованих вище рослинних співтовариств практично збігаються з ландшафтно-географічними зонами (підзонами) – з півночі на південь лісостепу; Північного, Центрального й Південного степу.

Лісостеп у доагрокультурний час являв собою комбінацію широколистяних лісових масивів (дібров) з луговими степами. У цей час ліса займають не більш 10% (рис. 2.3). У трав'янистому покриві переважали різнотрав'я (шавлія лугова, люцерна жовта й ін.) і дернинні злаки (ковили).

На південь зона лісостепу змінюється на степ. Травостій відзначається багатством видів, у травостої домінували багаторічні ксерофіти, щільнодернинні злаки-ковили, типчак, різнотрав'я.

Для південно-степовий підзони були характерні так звані безбарвні степи з перевагою в травостої ефемерів (крупка, вероніка), ефемероїдів (гусячий лук, тюльпани, степовий гіацинт). На узбережжі Чорного моря були поширені типчак, житняк, ковила волосоподібна, полині.

У долинах малих річок і на заплавах Дунаю й Дністра розвинені заплавні луги. У трав'янистому покриві широко представлені: мятлік луговий, половиця, пирій повзучий й ін.

Опис агропромислового комплексу. Основні галузі сільського господарства в області представлені тваринництвом і рослинництвом.

На сільськогосподарських угіддях Одеської області вирощуються (рис. 2.4):

- зернові культури: пшениця, кукурудза, ячмінь, просо, рис;
- технічні культури: соняшник, льон;
- овочеві культури: капуста, томати, огірки, перець, баклажани;
- баштанні: кавун, диня, гарбуз;
- кормові культури: багато- і однорічні бобові й злакові трави, озимі на зелений корм, злаково-бобові травосуміші (віко-горохової житні й ін.), силосні культури (кукурудза, соняшник), коренеплоди, кормові баштанні та інші.



Рисунок 2.3 – Рослинність Одеської області [2].

У Кодимському, Саранському, Балтському, Любашівському, Котовському, Ананьївському, Красноокнянському та Фрунзівському районах розвинені наступні напрямки сільськогосподарського виробництва: молочно-м'ясне скотарство, свинарство; буряківництво, виробництво зерна. На основі

одержуваної сільськогосподарської продукції в цих районах працює харчова промисловість, проводиться переробка цукрового буряка на цукор, соняшника на соняшкову олію, зерна на борошно та хлібобулочні вироби, молока на масло, сири, виробляються комбікорми [2,6].



Рисунок 2.4 – Агропромисловий комплекс Одеської області [2].

В Ширяєвському, Миколаївському, Великомихайлівському, Березовському, Іванівському, Раздільнянському, Комінтернівському до перерахованих вище напрямків, приєднується ще й вирощування соняшника.

У Біляївському і Комінтернівському районах розвинене овоче-молочне господарство приміського типу.

На південь від Одеси в Білгород-Дністровському, Тарутинському, Арцизькому, Саратському, Татарбунарському, Болградському, Кілійському, та Ізмаїльському районах на виробничому рівні розвинені, також

птахівництво й вівчарство; виноградарство й овочівництво. При переробці сировини одержують із винограду - вино й соки, з овочів – плодоовочеві консерви.

Валова сільськогосподарська продукція розподіляється таким чином: сільськогосподарські тварини й птиця – 23,9 %; зерно – 23,4 %; овочі – 15,0 %; молоко – 12,0 %; технічні культури – 8,1 %; інші – 17,6 % [2].

2.1.4 Ефективне ведення сільськогосподарського виробництва на Одещині

Ефективне ведення сільськогосподарського виробництва без застосування зрошення, в особливості в Одеській області з посушливим кліматом і недостатньою кількістю опадів, в так званому регіоні ризикованого землеробства, є практично неможливим [34].

Правильність зрошення зазвичай пов'язується з ефективністю використання води. Воно тягне за собою оптимальне водокористування з метою підвищення продуктивності землеробства і поліпшення якості продуктів харчування. Висока економічна віддача на одиницю об'єму води зазвичай є головним критерієм комерційної оцінки. У господарствах Одеської області існує безліч видів поливу або зрошення. Вони відрізняються між собою принципом застосування в залежності від вирощуваних рослин, географії використання, вартості джерел водних і енергетичних ресурсів.

В основному розрізняють полив по борознах (полив затопленням), дощування (в тому числі мікродощування), шланговий полив, крапельне зрошення. Всі вище наведені види мають свої переваги і недоліки. Ефективність кожного з них наведена в таблиці 2.3.

Дощувальне зрошення в області застосовується при вирощуванні зернових, овочів, при достатньо високій густоті стояння рослин, незважаючи на широкий спектр застосування дощувальні системи призводять до дуже великих втрат води, ущільнення верхнього шару ґрунту, утворення

поверхневоїкірки з погіршенням водно – повітряного обміну. При дощуванні збільшується небезпека захворюваннярослин. Багаторічний досвід використання в регіонітрадиційних способів зрошення показав і інші їхнедоліки: через перенасичення вологою у міжряддяхзводиться до мінімуму або взагалі неможливе сучасне проведення технологічних операцій з застосуванням техніки, і різко зростає кількістьбур'янів, а також спостерігається перевитрата води (у регіоні, де вода є дефіцитним ресурсом), мінеральнихдобрив. Тому землеробство зазнає серйозних змін вобласті інноваційного зрошення, технологій внесення добрив і агрономії.

Таблиця 2.3 – Ефективність різних видів зрошення [35]

Вид зрошення	Ефективність, %
Звичайний полив	25 – 30
Оприскування	50 – 75
Дощування	70 – 80
Краплинне зрошення	85 – 98

Як видно з даних ефективності, найбільш економічно обґрунтованим і екологічно безпечним способом поливу в Одеській області є краплинне зрошення [34].

Сутність системи краплинногозрошення полягає в тому, що поливається не земля,а рослина. Такий ефект досягається завдякипопаданню води безпосередньо у прикореневузону рослин через еластичні труби. Привикористанні систем краплинного зрошенняздійснюється точне дозування надходженнявсіх елементів, які знаходяться в розчині, в тому числі контроль кількості розчину на одиницюплощі зрошення. Крім того, така системадозволяє вносити збалансовану кількістьазоту, фосфору, калію та інших елементів підживлення зурахуванням фаз росту та сезонних потреб рослин.

Спільне нормоване внесення в ґрунт води і добрив є організаційною, технологічною і екологічною основою оптимізації умов вирощування високих врожаївсільськогосподарських культур та їх якості. В основу цього методу

покладено використання різних систем крапельного зрошення з одночасною подачею розчину добрив, що дозволяє постійно підтримувати вологість ґрунту в оптимальній пропорції в системі «Вода – повітря» в ґрунті, і подавати рослинам добрива невеликими дозами. Це сприяє підвищеній їх засвоюваності, меншому вилуженню, в порівнянні з традиційними методами внесення та іригації, і, як результат, більш високому коефіцієнту засвоюваності рослинами добрив.

Крім того, така система іригації – *фертигація* – дозволяє вносити збалансовану кількість азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення з урахуванням фаз росту рослин. При використанні крапельного зрошення здійснюється точне дозування надходження усіх добрив, що знаходяться в розчині, у тому числі за допомогою систем автоматичного регулювання кількості поданих добрив і контролю електропровідності, контролю показника заданого рівня рН робочого розчину, контролю кількості розчину на одиницю площі зрошення.

Зрошувальні системи Одеської області. В області налічується 58 іригаційних систем, більшість з яких було побудовано в 60 – 80-ті роки минулого століття [25]. Загальна площа зрошувальних систем дорівнює 226861 га, загальна протяжність зрошувальних мереж – 5388,1 км. Зрошувані землі майже повністю (95 %) розташовані в центрі і південному заході області. Дощування за допомогою різних дощувальних машин є основним методом зрошення в регіоні, хоча є і іригаційні системи, де використовуються методи поверхневого зрошення.

Найбільші в області зрошувальні системи: Нижньодністровська, Татарбунарська та Дунай – Дністровська [25,34].

Татарбунарська зрошувальна система. Розміщена на землях Кілійського, Татарбунарського і Арцизького районів Одеської області, збудована у 1962 – 1975 рр. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами південними карбонатними, сформованими на льосовидних суглинках. Джерело зрошення – р. Дунай (мінералізація 0,3 – 0,4 г/л), вода з якої

підводиться до водозабору системи двома каналами: Міжгосподарським та Дунайським. Татарбунарська зрошувальна система є триярусною системою машинного зрошення, в якій підйом і розподіл води на поля господарств – водокористувачів здійснюються насосними станціями підкачування.

Нижньодністровська зрошувальна система– іригаційна будова для зрошення земель у посушливих степах Одеської області, на лівому березі Дністровського лиману, в межах Біляївського та Овідіопольського районів. Введена в експлуатацію з 1968р. Площа зрошення 1980 – 27 тис. га, в перспективі – 47 тис. га. Джерело водопостачання – р. Дністер (мінералізація – 0,45 г/л). Воду з Дністра забирають за допомогою головної насосної станції потужністю і подають по двох напірних трубопроводах до приймального басейну. З басейну вода самопливом надходить до зрошувальної мережі. Поливають сільськогосподарські культури за допомогою дощувальних машин й установок, багаторічні насадження — по борознах. Господарства, що використовують воду Нижньодністровської зрошувальної системи, спеціалізовані на виробництві овочів, картоплі, винограду та зернових культур [25,34].

Дунай – Дністровська зрошувальна система розташована на північно-західному узбережжі Чорного моря. Джерелом зрошення служить Дунай, звідки вода подавалася в озеро – лиман Сасик (мінералізація 1,5 – 2,5 г/л), що використовується як водосховище. Проект зрошення передбачав мінералізацію зрошувальних вод в межах 0,8 – 1,0 г/л, фактично ж в створах усіх водозаборів вона становила 2,2 – 2,4 г/л. Під час надходження в систему паводкової води концентрація солей зменшувалася до 1,0 г/л, але до кінця сезону знову збільшувалася до 3,0 г/л. Однією з головних причин поганої якості води, є підвищений вміст в зрошувальній воді магнію, який веде до збільшення лужності, погіршення властивостей ґрунтів і порушення надходження вологи в рослину [25,34].

2.2 Виробництво люцерни на зелений корм.

Для створення в країні міцної й збалансованої кормової бази тваринництва необхідне збільшення виробництва польових кормових культур[7].

Загальна посівна площа кормових культур у нашій країні займає 68-70 млн. га. Трави займають близько 65 % площі кормових культур. Багаторічні трави є основою створення зеленого конвеєра й широко використовуються для створення культурних пасовищ. Багаторічні трави належать до сімейства бобових і злакових. У різних ґрунтово-кліматичних зонах країни вирощують неоднакові види трав. Наприклад, з багаторічних бобових трав для північних районів країни кращим є *конюшина червона*, а для південних – *люцерна посівна й еспарцет*. Серед бобових багаторічних трав люцерна по посівній площі займає перше місце. Посівна площа люцерни на Україні становить 700-800 тис. га. Люцерна – найважливіший компонент травосумішей зрошуваних культурних пасовищ у степовому й сухостеповому районах країни[16].

Урожаї зеленої маси люцерни досягають 349 ц/га, а в умовах зрошення 652 ц/га (експериментальна база України зрошеного землеробства).

2.2.1 Відношення люцерни (*Medicago sativa*) до екологічних факторів

Морфологічні особливості люцерни. Рід люцерни (*Medicago*) поєднує багато видів [16]. На території нашої країни зустрічаються 36 видів, з них у K_2O культурі – синя, або посівна (*Medicago sativa*), жовта або серповидна (*Medicago falcate*).

Корінь стрижневої з могутньо розвиненими бічними коріннями. У перший рік життя корінь проникає на глибину 2-3 м, а в наступні роки – до 10 м і більш. Тому люцерна накопичує в ґрунті велику кількість рослинних залишків. У верхній частині кореня розташовується коренева шийка. У ній

закладаються бруньки, з яких утворюються нові стебла. Вона зберігається протягом усього життя рослини. На коріннях люцерни розвиваються клубеньки, у яких знаходяться бактерії, що фіксують азот з повітря. В умовах зрошення трирічна люцерна накопичує 300 – 400 кг/га азоту.

Стебло трав'янисте сильновитвясте. На кожне стебло має 10 (20) міжвузлів. У перший рік життя люцерна утворює 3 стебла, на другий рік – 15- 17 стебел, на третій – більш 20 стебел на одну рослину. Висота рослин досягає 30 – 50 см, на 3-й – 1 м і вище.

Лист складається із прилистка, черешка й трьох листочків. Вони сидять на коротких ніжках, у верхній половині зазубрені. Фарбування листів світло-зелене й темно-зелене.

Суцвіття - багатоквіткова кисть.

Плід – багатонасінний спіральний біб.

Насіння – ниркоподібні. Маса 1000 насіння 1,5 – 2,0г.

У фазі цвітіння люцерну скошуюють.

Особливості росту й розвитку люцерни. Люцерна – рослина ярового типу. У рік посіву вона може дати врожай насіння або 2 – 3 укуси сіна.

З насіння виростає лише одне стебло. Надалі нові пагони (стебла) виростають із бруньок, розташованих на кореневій шийці. Кожне стебло живе не більш одного року, а при багатоукусному використанні – усього кілька тижнів. Вегетативне поновлення люцерни визначається стійкістю й життєдіяльністю кореневої шийки й розташованих на ній бруньок.

Люцерна розвиває дуже велику листову поверхню. Період вегетації від відростання до початку цвітіння не перевищує 40 днів. При сприятливих умовах люцерна може рости на одному місці досить тривалий час (до 20 –30 років)[16,35].

Вимоги рослин до теплозабезпеченості й температурного режиму. Насіння люцерни починають проростати при температурі 1⁰С. Оптимальна температура їх проростання 18...20 ⁰С. Сходи здатні переносити заморозок до – 6⁰С. У зимовий період при достатньому сніжному покриві

рослини переносять морози 8...40⁰С. По морозостійкості люцерна перевершує конюшину лугову. Самі стійкі до низьких температур сорти походять із гірських районів і з районів із суворими зимами. У зимостійких сортів люцерни розетка листів розпластана, у найменш зимостійких - прямостояча, у середньозимостійких – напівпіднята[31]..

Зимостійкість багато в чому визначається терміном останнього скошування. Останній укіс люцерни треба проводити за 30...45 днів до настання стійких морозів. За цей час вона встигає відрости, сформувати розетку й нагромадити достатню кількість запасних живильних речовин. Весняне відростання починається при температурі 7...9⁰С. У першій половині літа при середньодобовій температурі 22...23⁰С період від відростання до настання цвітіння становить 42 дні, а в другій половині літа (третьої і четвертої укоси) – близько 55 днів. Від відростання до початку цвітіння люцерни необхідна сума позитивних температур близько 800⁰С.

Вимоги рослин до умов зволоження. Люцерна – засухостійке й разом з тим вологолюбива рослина. Посухостійкість її визначається надзвичайно потужною кореневою системою, що йде на більшу глибину. Тому рослини здатні споживати вологу не тільки із ґрунтового, але й підґрунтового шару. Люцерна – типовий мезофіт, тому для гарного росту стебел, листів вона потребує достатнього забезпечення вологою [28,29].

При проростанні насіння поглинає приблизно стільки води, скільки становить її маса. По цьому показнику вона перевершує бавовник, що відрізняється підвищеною потребою до води. Люцерна досить вимоглива до вологості ґрунту й досить стійка до атмосферної посухи. Для одержання високого врожаю сіна необхідно підтримувати вологість ґрунту метрового шару на рівні 80% НВ. Тому при фуражній культурі проводять рясні поливи після кожного укоси люцерни. При вирощуванні культури на насіння рекомендується підтримувати помірну вологість ґрунту.

Вимоги рослин до ґрунтів і мінерального живлення. Люцерна добре росте на родючих, пухких і на окультурених провапнованих дерено-

підзолистих ґрунтах. Вона погано вдається при високому рівні стояння ґрунтових вод, а також на кам'янистих і хрящуватих ґрунтах. Люцерна не переносить сильної кислотності ґрунту. При pH 5 клубеньки майже не розвиваються, а у тих що розвилися бактерії практично не фіксують азот з повітря. Добре росте при pH 6,5 – 7. Рослини відрізняються солестійкістю (табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Солестійкість рослин люцерни залежно від їхнього віку (%)

Для іона хлору	Перед посівом	0,20
" - " - "	У фазі бутонізації	0,60
" - " - "	Після першого укусу	0,60 і вище
Для іона SO_4	У період бутонізації	0,90
" - " - " SO_4	Після першого укусу	0,90

Хлористий натрій виявляє більш негативну дію, ніж сірчаноокислий натрій (при рівних концентраціях), а сода (Na_2CO_3) більш шкідлива, ніж хлористий натрій. При посіві люцерни на сильно засолених ґрунтах (pH 8 – 8,2 і вище) необхідне попереднє промивання їх більшою кількістю води[28].

Потреба люцерни в елементах живлення. Люцерна споживає із ґрунту велику кількість живильних речовин. Висока потреба її в живленні визначається, насамперед, здатністю давати більші врожаї надземної маси з високим вмістом білка. На утворення 1 т сіна люцерна споживає приблизно 6 кг P_2O_5 , 17 – 20 кг K_2O , багато кальцію, магнію. У ряді випадків вона добереагує на внесення сірки[16].

У зв'язку з тим, що люцерна споживає із ґрунту багато фосфору, калію, кальцію й магнію, вона добре відзивається на внесення органічних добрив під покривну культуру.

У сівозміні гній вносять під озимі або під технічні культури з розрахунком використання люцерною післядії гною. Доза гною 15 – 20 т/га в степових районах і 25 – 40 т/га – у зволжених. На сильно засолених ґрунтах гарні результати виходять при внесенні гіпсу й органічних добрив.

Люцерна особливо чутлива до харчування фосфором у ранній період свого розвитку. Якщо вона добре забезпечена цим елементом у перший місяць життя, то це позитивно позначається на розвитку рослин у наступні роки. На чорноземних ґрунтах необхідно вносити 2 – 3 ц/га суперфосфату, у зрошуваних районах – не менш 3 ц/га суперфосфату, 1 ц/га калійних добрив. Крім того, при посіві рекомендується давати разом з насінням 50 кг/га гранульованого суперфосфату[16].

2.2.2 Технологія вирощування люцерни на богарі й в умовах зрошення

У польових сівозмінах степових районів люцерну підсівають під покрив зернових хлібів. У зрошуваному землеробстві люцерну можна розміщати практично по будь-якому попередникові [16,36].

Обробка ґрунту. Після зернових для люцерни сприятливо провести лушення стерень, через 2-4 тижня оранку.

Передпосівну обробку при посіві рано навесні під покривні зернові культури досить провести боронування. У степових районах велике значення має припосівне прикочування.

На зрошуваних землях поряд з осінньою глибокою оранкою застосовують весняне переорювання або глибоке розпушування. Обов'язкове спосіб підготовки ґрунту на зрошуваних землях – планування полів, яке забезпечує рівномірний розподіл зрошуваної води на площі й значне підвищення врожаю сіна або зеленої маси люцерни[17,35].

Добриво. Люцерна споживає із ґрунту багато фосфору, калію, кальцію й магнію. Вона добре відзивається на внесення органічних добрив під покривну культуру.

Люцерна особливо чутлива до живлення фосфором у ранній період свого розвитку. Якщо вона добре забезпечена цим елементом у перший місяць життя, то це позитивно діє на розвиток рослин у наступні роки. На чорноземних ґрунтах необхідно вносити 2-3 ц/га суперфосфату, у зрошуваних районах – не менш 3 ц/га суперфосфату, 1 ц/га калійних добрив. Крім того, при посіві рекомендується давати разом з насінням 50 кг/га гранульованого суперфосфату.

Посів. У південно-східних посушливих районах висівають 8-10 кг/га люцерни, у зволжених районах -12-16 кг/га, у зрошуваній зоні – 14-16 кг/га. Глибина посіву насіння 2-3 см.

Догляд за посівами. Після покривної культури з поля негайно звозять соломку. При доброму зволоженні ґрунту, рано восени проводять підгодівлю фосфорними (1-2 ц/га суперфосфату) і калійними добривами (0,5-1 ц/га калійної солі.). У зрошуваних районах проводять запасні поливи – 2000 м³/га. На засоленних ґрунтах - промивання. Запасні поливи підвищують урожайність сіна на 10-15ц/га[16].

У рік посіву люцерни також необхідний полив. Норма його 600-800м³/га. У зрошуваних районах від відростання люцерни до першого укусу слід проводити поливи через 1,5-2 тижня від початку весняного відростання. За 5 днів до скошування також рекомендується проводити полив. Це дозволяє уникнути пересушення ґрунту в період збирання й забезпечує швидке відростання скошених рослин. Для одержання високого врожаю люцерни необхідно підтримувати нижній поріг вологості в метровому шарі ґрунту на рівні 75-80% НВ.

Збирання врожаю. Люцерну на сіно й на зелений корм скошують у період закінчення бутонізації й початку цвітіння. При більш пізньому збиранні погіршується хімічний склад рослин, знижується якість[28,31].

3 ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Одним із важливих соціальних завдань держави є забезпечення населення безпечними та високоякісними продуктами харчування. Потужним джерелом продуктів харчування є рослинницька продовольча сировина. Поряд зі збільшенням виробництва продовольчої сировини помітно підвищуються і вимоги до її якості [42].

Якість продовольчої рослинної сировини залежить від цілого ряду чинників. Одне з провідних місць займають сільськогосподарські угіддя. Сучасний стан сільськогосподарських угідь знаходиться в умовах інтенсивного техногенного пресингу. В умовах інтенсивного землеробства, де хімізація сільськогосподарського виробництва набуває максимального рівня, цей процес є найбільш вираженим. Щорічно в ґрунти з мінеральними добривами і пестицидами потрапляє цілий ряд шкідливих речовин, в тому числі і важкі метали.

Важкі метали здатні до високого накопичення в ґрунті і перебування в необмінній формі. Надходячи у ґрунт, важкі метали утворюють зв'язки різної міцності з ґрунтовими компонентами. При цьому вони вступають у фізико-хімічні взаємодії з ґрунтово-вбирним комплексом і поглинаються ґрунтовими організмами [45].

Накопичення у ґрунті важких металів веде до зниження рН, руйнує ґрунтово-поглинальний комплекс. В дослідженнях надерново-підзолистих ґрунтах встановлено, що забруднення важкими металами супроводжувалось суттєвими змінами біоти: зменшенням загальної кількості бактерій, їх спороутворенням, різким зменшенням актиноміцетів і збільшенням кількості грибів, зменшенням кількості ґрунтових комах і дощових черв'яків [5].

Токсичність важких металів обернено пропорційна значенню рН ґрунтових розчинів. Уразі збільшення кислотності ґрунту елементиважких металів із нерозчинних солей переходять в іонну форму і стають доступними для поглинання їх рослинами. Тому важливим показником забруднення ґрунтів є їхнякислотність [8].

Відомо, що важкі метали в ґрунті можутьзнаходитися в різноманітних по розчинностіта рухомості формах, а саме: нерозчинні, яківходять до складу ґрунтових мінералів; обмінні, які перебувають у динамічній рівновазіз іонами даного металу в ґрунтовому розчині;рухомі та розчинні форми. Між ними існує нетільки тісний взаємозв'язок, а й можливе перетворення одних форм в інші. Рухомі формиметалів можуть нагромаджуватися в ґрунтідо великих концентрацій, які зумовлюютьїх токсичність як для ґрунтової біоти, так і для рослин [9].

3.1 Джерела надходження важких металів у ґрунт

3.1.1 Природні джерела надходження важких металів у ґрунт

Основними природними джерелами металів для ґрунтів служать гірські породи. Набір і вміст в них хімічних елементів визначають особливості хімічного складу ґрунтів. В результаті складних біохімічних і геохімічних процесів, що протікають в ґрунті, відбувається перерозподіл окремих елементів за генетичними горизонтами, при цьому властивості, успадковані ґрунтом від породи, зберігаються [15, 36].

Фізико-географічні умови ґрунтоутворення зумовили географію ґрунтів і структуру ґрунтового покриву України. На території країни виділяють чотири ґрунтові зони, що відносяться до двох ґрунтово-біокліматичних поясів – бореальний і суббореальний. Перший включає в себе підзону дерново-підзолистих ґрунтів, другий - підзони чорноземів, сірих лісових і каштанових ґрунтів. У ґрунтовому покриві кожної підзони виділяються характерні

домінуючі типи і підтипи ґрунтів, що формуються в автономних умовах; їм відповідають певні типи полугідроморфних і гідроморфних ґрунтів. Номенклатурний список ґрунтів України показує велику різноманітність, а тому і варіації в розподілі хімічних елементів [15].

Дані про валовий вміст і вміст рухливих форм мікроелементів у верхньому гумусовому горизонті (0-30 см) основних різновидів ґрунтів степової зони України представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Валовий вміст металів і їх рухомих форм у ґрунтах степової зони України, мг/кг

Ґрунт	Кількість зразків	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	V	Pb	Mo
Дністровсько-Дніпровська північно-стєпова провінція Область південних відрогів Подільської височини									
Чорнозем типовий важкосуглинковий	21	$\frac{52}{2,3}$	$\frac{21}{2,0}$	$\frac{16}{0,8}$	$\frac{20}{1,1}$	93	100	15	1,9
Чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинковий	27	$\frac{62}{2,2}$	$\frac{28}{1,8}$	$\frac{22}{1,2}$	$\frac{20}{0,8}$	102	89	22	1,8
Чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий	18	$\frac{58}{3,2}$	$\frac{110}{2,25}$	$\frac{34}{2,0}$	$\frac{17}{1,2}$	90	88	20	2,5
Донецька північно-стєпова провінція Область Донецької височини									
Чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинковий	11	$\frac{80}{2,6}$	$\frac{46}{5,8}$	$\frac{38}{3,9}$	$\frac{12}{1,6}$	88	78	-	1,8
Чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий	12	$\frac{109}{3,5}$	$\frac{31,8}{2,7}$	$\frac{21,4}{0,6}$	$\frac{6,26}{4,8}$	82	76	12	1,8
Причорноморська південно-стєпова провінція Бузько-Дніпровська область Причорноморської низовини									
Темно-каштановий залишковосолонцюватий важкосуглинковий	8	$\frac{72,8}{1,7}$	$\frac{25}{2,0}$	$\frac{38,4}{2,1}$	$\frac{12,8}{1,12}$	78	92	15	2,5
Каштаново-солонцюватий важкосуглинковий	4	$\frac{70}{1,8}$	$\frac{42}{2,2}$	$\frac{50}{1,9}$	$\frac{17}{1,0}$	96	91	20	1,5
Чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий	7	$\frac{80}{5,2}$	$\frac{80}{5,9}$	$\frac{28}{7,4}$	$\frac{8}{0,8}$	102	72	15	2,0

3.1.2 Техногенні джерела забруднення ґрунтів

Україна – великий європейський регіон з дуже високою концентрацією промислових, хімічних, енергетичних та інших виробництв, значним рівнем аграрного освоєння земель (70%), широким використанням водних і хімічних меліорацій [15].

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається в основному через атмосферу шляхом осадження парів, аерозолів, пилу. Вміст токсичних металів у відходах підприємств різних галузей промисловості України представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Середній вміст токсичних металів у відходах підприємств різних галузей промисловості. Україна

Домішки Галузь промисловості	Pb	Nb	Mo	V	Cu	Zn	Zr	Cd
Машинобудівна	0,8	0,1	-	0,2	0,2	10	10	-
Радіотехнічна	1,0	0,1	0,1	0,3	28,0	70	0,1	0,4
Електротехнічна	4,0	0,1	-	0,1	35,0	72	10	2,0
Приладобудівельна	963	0,1	1,1	0,9	48,0	31	0,2	1,6
Станкобудівельна	10,0	0,1	-	0,1	20,0	20	0,1	-
Автомобільна	17,0	0,1	-	0,07	26,0	66	0,07	0,05
Інструментальна	1,1	1,3	0,2	0,1	24,4	27	0,1	-
Фотоапаратурна	4,3	0,2	-	0,1	100	70	-	5,0
Телеапаратурна	3,0	0,1	-	0,1	39,0	57	-	1,6
Металургічна	0,01	-	0,02	0,02	0,08	-	0,7	-
Ферросплавна	-	-	0,2	0,01	0,02	-	0,01	-
Нікелева	0,01	-	0,01	0,05	0,2	2,0	0,3	-
Коксохімічна	0,3	0,15	0,02	0,1	0,15	1,0	2,0	-

Посилення хімізації сільського господарства обумовлює поступове накопичення важких металів в ґрунті. У землеробстві України за останні 10-15 років обсяг застосування органічних і мінеральних добрив та різних пестицидів зріс в 1,5-1,8 рази, що викликало хімічне і біологічне забруднення ґрунтів і водних джерел [15].

З фосфорними добривами в ґрунт потрапляють численні токсичні елементи, малорухливі в ґрунтовому середовищі. Досить високим вмістом забруднюючих речовин відрізняється, наприклад, суперфосфат. У таблиці 3.3 представлений список шкідливих домішок суперфосфату.

Таблиця 3.3 – Вміст токсичних домішок в фосфорних добривах (суперфосфат)

Домішки	As	Se	Co	Ni	Cu	Pb	W	Cd	Cr	Zn
Кількість, мг/кг	1.2- 2.2	0.0- 4.5	0- 9	7- 32	4- 79	7- 92	20- 180	50- 170	66- 243	50- 1430

Чималу небезпеку уявляють і калійні добрива. В калійних добривах містяться токсичні домішки, які можуть накопичуватися в живих організмах, проникати в ґрунтові води і т.д. (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вміст шкідливих домішок в калійних добривах, мг/кг

Домішки Калійні добрива	Pb	Cd	Al	Hg	Cr
KCl	6,5	0,2-0,3	1,3-7,7	-	-
K ₂ SO ₄	12,0	1,0	0,2	0,075	0,25
Сира калійна сіль	4,0	0,09	2,6	-	-
40%-на калійна сіль	4,5	0,16	4,1	-	-

Токсичні елементи в умовах сільських агломерацій можуть надходити в ґрунт при поливі, так як вода, яка використовується в цих цілях, часто містить

підвищену їх концентрацію. Середній вміст деяких металів в поливній воді становить мг/л: Cu - 0,02; Zn - 0,03; Co - 0,001; Mo - 0,005 [15].

3.2 Оцінка ступеня забруднення ґрунтів важкими металами в Одеській області

Свинець характеризується складною і багатофакторною схемою розподілу за площею. Розподіл свинцю близький до нормального закону, що проявляється врівномірному його накопиченні. Забруднення свинцем проявляється у зміні фонових концентрацій, пов'язаних з імовірним перерозподілом елемента між компонентами ґрунтів. Вміст свинцю в ґрунтах сільськогосподарських угідь в Одеській області сягає 1,4 ГДК [45].

Вважається, що іони свинцю швидко втрачають рухливість в ґрунті в результаті хімічних реакцій з утворенням важкорозчинних фосфатів, сульфатів, карбонатів, хроматів, молібдатів, гідроксидів, а також за рахунок поглинання органічними та мінеральними колоїдами. Вони міцніше, ніж інші катіони, зв'язуються гумусом. Відносно низька фітотоксичність свинцю пояснюється його малою рухливістю і наявністю в рослинах механізму інактивації елемента, що потрапляє в кореневу систему. У багатьох випадках збільшення вмісту свинцю в рослинах пов'язане не з поглинанням з ґрунту, а з адсорбцією з повітря.

Надлишок свинцю в рослинах, пов'язаний з високою його концентрацією в ґрунті, інгібує дихання і пригнічує процес фотосинтезу, іноді призводить до збільшення вмісту кадмію і зниження надходження цинку, кальцію, фосфору, сірки. Внаслідок цього знижується врожайність рослин і різко погіршується якість виробленої продукції [45].

Кадмій дуже токсичний, внаслідок забруднення ґрунтів він проникає в рослинний організм. У певних умовах іони кадмію, маючи велику рухливість в ґрунтах, легко переходять у рослини, накопичуються в них. Основним джерелом кадмієвого забруднення ґрунтів є внесення добрив (суперфосфат

містить 720,2 мкг Cd в 100 г, фосфат калію 471 мкг, селітри до 66 мкг). Забруднення ґрунту Cd зберігається тривалий час і після того, як цей метал перестає надходити знову. До 70% кадмію, який потрапляє в ґрунт, зв'язується з ґрунтовими хімічними комплексами, доступними для засвоєння рослинами.

Кадмій, який надійшов в ґрунт, в основному присутній в ньому в рухливій формі, що має негативне екологічне значення. Рухлива форма зумовлює порівняно високу міграційну здатність елемента в ландшафті і призводить до підвищеного забруднення потоку речовин із ґрунту в рослини. Токсичність кадмію для рослин проявляється в порушенні активності ферментів, гальмуванні фотосинтезу, порушенні транспірації, а також інгібуванні відновлення NO₂ до NO. Крім того, у метаболізмі рослин він є антагоністом ряду елементів живлення (Zn, Cu, Mn, Ni, Se, Ca, Mg, P). При токсичному впливі металу у рослин спостерігаються затримка росту, пошкодження кореневої системи і хлороз листя [24].

Кадмій досить легко надходить з ґрунту та атмосфери в рослини. За вмістом свинцю в ґрунтах Одеської області (табл. 3.5) не встановлено ніякого закономірного зв'язку з географічним розміщенням районів, близькістю до річки чи рівнем засолення (осолонцювання). Те ж саме можна сказати і про рівень кадмію [24]. Також можна відзначити, що підвищеному рівню Cd в ґрунті відповідає і підвищений рівень Pb. При вмісті Cd від 0,20 в Кодимському районі до 0,67 мг/кг у Великомихайлівському та Тарутинському районах вміст Pb, як правило, вище 11 мг/кг. В інших районах він не більше 10 мг/кг. Найбільший вміст Pb в ґрунтах Кодимського району – 12,7, найменший – в Березівському та Красноокнянському – по 8,8 мг/кг, також розміщених в північній частині Одеської області. Середній вміст Pb по області складає 10,2, а Cd – 0,24 мг/кг. Якщо варіювання вмісту Pb по області становить близько 23%, то для Cd цей показник наближається до 180% від середнього по області.

Таблиця 3.5 – Результати агроекологічного обстеження ґрунтів
Одеської області, 2000-2007рр. [24]

Райони	Роки обстежень	Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Co	Hg
		мг/кг						
Зона Північного Степу. Правобережна провінція								
Ананьївський	2003	8,9	0,11	26,4	0,29	4,7	6,1	0,0358
Балтський	2006	9,7	0,11	35,7	0,48	5,9	6,7	0,0631
Кодимський	2003	12,7	0,20	41,9	0,61	6,4	8,1	0,0457
Котовський	2005	9,9	0,11	32,4	0,45	5,4	6,3	0,0514
Красноокнянський	2007	8,8	0,10	42,7	0,33	5,1	6,3	0,0339
Любашівський	2000	11,8	0,33	65,1	0,60			0,0814
Савранський	2001	11,7	0,60	60,2	0,66			0,1844
Фрунзівський	2002	10,7	0,32	39,6	0,65			0,0332
Середня по району		10,5	0,24	43,0	0,51	5,5	6,7	0,0661
Зона Північного Степу. Правобережна провінція								
Березівський	2003	8,8	0,12	31,8	0,48	5,0	5,8	0,0410
Біляївський	2004	8,6	0,12	31,6	0,47	8,1	6,2	0,0385
Великомихайлівський	2002	10,7	0,67	52,6	0,76			0,1173
Іванівський	2002	12,1	0,50	46,6	0,94			0,0935
Миколаївський	2006	9,7	0,11	31,4	0,39	5,1	6,6	0,0480
Роздільнянський	2005	9,3	0,11	47,7	0,49	7,8	6,1	0,0528
Ширяєвський	2004	9,0	0,11	42,1	0,40	4,6	5,6	0,0470
Середня по району		9,7	0,25	40,5	0,56	6,1	6,1	0,0626
Зона Північного Степу. Південно-західна провінція								
Арцизький	2007	9,5	0,11	45,2	0,69	8,3	6,6	0,0382
Болградський	2004	9,4	0,12	46,6	0,43	9,1	4,7	0,0356
Саратський	2002	11,2	0,38	66,6	0,74			0,0628
Тарутинський	2001	11,1	0,67	49,0	0,67			0,1289
Середня по району		10,3	0,32	51,9	0,63	8,7	5,7	0,0664
Зона Південного Степу. Правобережна провінція								
Комінтернівський	2005	10,1	0,11	57,9	0,52	6,0	6,2	0,0421
Овідіопольський	2000	12,2	0,60	71,7	0,83			0,1760
Середня по району		11,2	0,36	64,8	0,68	6,0	6,2	0,1091
Зона Південного Степу. Придунайська провінція.								
Білгород-Дністровський	2007	9,7	0,11	37,3	0,36	7,4	6,1	0,0465
Ренійський	2001	12,1	0,57	75,8	1,01			0,1717
Татарбунарський	2006	10,0	0,11	56,8	0,69	7,8	6,8	0,0515
Середня по району		10,6	0,26	56,6	0,69	7,6	6,5	0,0899
Зона Південного Сухого Степу. Придунайська провінція.								
Ізмаїльський	2006	10,5	0,12	47,2	0,78	9,8	5,9	0,0411
Кілійський	2000	13,3	0,46	86,8	1,13			0,1264
Середня по району		11,9	0,29	67,0	0,96	9,8	5,9	0,0838
По області		10,2	0,24	47,1	0,59	4,5	4,2	0,0634
ГДК (Кларк/рух. ф.)		30,0/6,0	3,00/1,0	50,0	1,50	3,0	5,0	2,1/0,1

Ртуть потрапляє у ґрунт з пестицидами та промисловими відходами. Сумарні неконтрольовані викиди ртуті становлять 4-5 тис т щороку. Ртуть присутня у ґрунті з двох причин. По-перше, існують природні джерела надходження ртуті в ґрунт. Наприклад, ртуть надходить у ґрунт в результаті процесів вивітрювання при руйнуванні кристалічної решітки мінералів гірських порід. По-друге, за рахунок надходження ртуті з атмосфери [33].

В Одеській області вміст ртуті варіює по районах приблизно так само, як і вміст Рb. Найбільше значення спостерігається в Овідіопольському і Ренійському районах (табл. 3.5) – 0,176 і 0,1717 мг/кг відповідно, при середньому рівні по області – 0,0634 мг/кг, таким чином перевершуючи середній показник майже у 3 рази [24].

Мідь – один із найважливіших незамінних елементів, необхідних для живих організмів. У рослинах вона бере активну участь у процесах фотосинтезу, дихання, відновлення і фіксації азоту. Дані щодо токсичності елемента для рослин нечисленні. В даний час основною проблемою вважається нестача міді в ґрунтах або її дисбаланс з кобальтом. Основні ознаки дефіциту міді для рослин – уповільнення, а потім і зупинка формування репродуктивних органів, поява пустих зерен в колосках, зниження стійкості до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Найбільш чутливі до її нестачі пшениця, овес, ячмінь, люцерна, столовий буряк, цибуля та соняшник.

На території Одеської області спостерігається значне перевищення ГДК міді всередньому у 2,2 разів, а це призводить до уповільнення росту рослин та зниження врожайності (табл. 3.5).

Цинк. Надлишок цинку в рослинах виникає в зонах промислового забруднення ґрунтів, а також при неправильному застосуванні добрив, які містять цинк. Більшість видів рослин мають високу толерантність до його надлишку в ґрунтах. Однак при дуже високому вмісті цього металу в ґрунтах звичайним симптомом цинкового токсикозу є хлороз молодого листя. При надмірному його надходженні в рослини і виникає у цьому антагонізм

з іншими елементами знижується засвоєння міді та заліза і проявляються симптоми їх недостатності [45].

В Одеській області найбільше значення вмісту цинку спостерігається в Кілійському і Ренійському районах (табл. 3.5) – 1,13 і 1,01 мг/кг відповідно, присередньому рівні по області – 0,61 мг/кг, таким чином перевершуючи середній показник майже у 2 рази [8].

Техногенне надходження в довкілля міді і цинку щорічно становить 35 та 27 кг/км² відповідно. Підвищений вміст цих металів у ґрунтах спричиняє уповільнення росту рослин та зниження врожайності.

Марганець знаходиться в ґрунтах в середній кількості 0,085%. Однак в окремих випадках при високому загальному вмісті марганцю в ґрунтах, кількість засвоюваного його форм, які переходять в солянокислу або солону форму, може бути явно недостатньою. У середньому розчинна частина Mn в ґрунті становить приблизно 10% від загального його змісту.

Рухливість марганцю в орному шарі ґрунту також визначається буферністю ґрунтів по відношенню до кислот, що залежить від суми обмінних основ у них (переважно Ca і Mg).

При високій буферності ґрунтів рухливість Mn зменшується. При низькій буферній ємності ґрунтів рухливість марганцю вище. Цей важкий метал мобілізує фосфорну кислоту ґрунту [9].

На території Одеської області спостерігається перевищення значень концентрацій Mn. Максимальне значення зафіксоване у Кілійському та Ренійському районах (табл. 3.5) – 86,8 і 75,8 мг/кг відповідно. Також високий рівень виявлено і у Великомихайлівському, Кілійському, Комінтернівському, Любашівському, Овідіопольському, Ренійському, Савранському, Саратському і Татарбунарському районах.

Відношення Mn і Zn на території Одеської області не має чітко закономірного характеру (табл. 3.5). Ці елементи розподілені по області незалежно один від одного. Можна відзначити, що варіювання вмісту у ґрунті Mn частково повторює Pb, а Zn відповідно Cd. По області має місце більший вміст Zn, ніж Cd, - 96% проти 45% відповідно [24].

4 ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЛЮЦЕРНИ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ОДЕЩИНИ

Нераціональна діяльність людини в сфері агропромислового комплексу створює умови забруднення в першу чергу рослинницької продукції (первинного біологічного продукту), яка в подальшому є кормовою базою худоби (вторинного біологічного продукту) [11]. Забруднені продукти рослинного та тваринного походження в подальшому складають неякісне харчування людини, що призводить до проблем її здоров'я.

В нашій роботі для оцінки забруднення системи «грунт – рослина» використовується метод математичного моделювання, а саме – комплексна модель формування продуктивності рослин в умовах зрошення, що синтезує як вплив гідрометеорологічного режиму, так і антропогенного забруднення на формування таких показників урожаю, як кількість та екологічна чистота. У якості поллютантів розглядаються токсичні солі та важкі метали.

Модель «Формування продуктивності та екологічної чистоти сільськогосподарських культур в умовах зрошення» пов'язана з розглядом, з одного боку, єдиної суцільної біогеоценотичної системи "грунт - рослина - атмосфера", яка функціонує в умовах забруднення важкими металами за рахунок якості зрошувальних вод і мінеральних та органічних добрив, а з другого боку, описом складних і різноманітних процесів гідрометеорологічного режиму, що формується в цій системі, впливу цього режиму на найважливіші процеси життєдіяльності рослин і їх взаємозв'язок (фотосинтез, дихання, поглинання елементів мінерального живлення, ріст і розвиток рослин) та поглинання і накопичення рослиною важких металів. Основним призначенням моделі є багатоцільова оцінка та прогноз зміни рівня врожайності при різноманітній якості зрошувальних вод, зміни кількості,

якості та екологічної чистоти врожаю при можливих змінах фізико-хімічних властивостей ґрунту та збільшення вмісту важких металів в ґрунті [12].

Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі "ґрунт – рослина – атмосфера" і біологічних уявлень про ріст і розвиток сільськогосподарських культур під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси і важких металів у рослинному покриві.

Основні концептуальні положення такі: ріст і розвиток рослин визначається генотипом і факторами зовнішнього середовища; моделюється: ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу й поглинених елементів мінерального живлення з урахуванням потреб для росту в асимілятах надземної й підземної частин рослин; радіаційний, тепловий і водний режими системи "ґрунт - рослина - атмосфера"; мінеральне живлення рослин; засолення й осолонцювання ґрунтів; кореневе засвоєння важких металів рослинами і їх розподіл між окремими органами рослин і їх складовими частинами; формування якості урожаю.

Процес формування урожаю зеленої маси люцерни, його кількості та екологічної чистоти розглядається як складна сукупність синтезу, розпаду й взаємоперетворення основних компонентів біомаси, накопичення рослиною забруднюючих речовин (токсичних солей та важких металів).

4.1 Динамічна модель формування продуктивності та екологічної чистоти люцерни.

Природно-фізична система «ґрунт – рослина – атмосфера» в моделі подана трьома основними частинами (рис. 4.1).

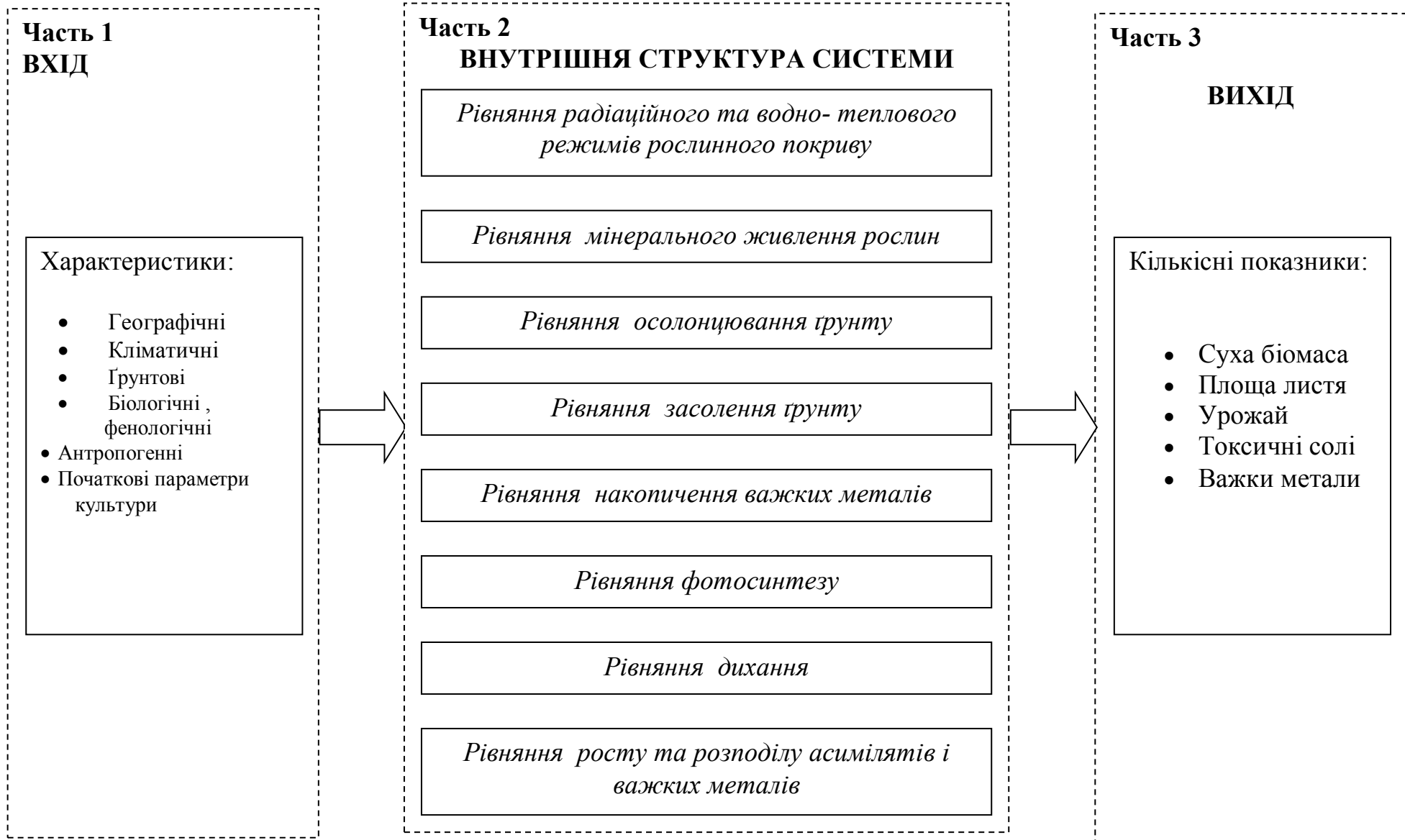


Рисунок 4.1 – Схема системи « ґрунт – рослина – атмосфера » в умовах зрошення.

Перша частина системи – вхід, якій містить характеристики зовнішнього середовища: *географічні* – широта місця; *кліматичні* – сонячне сяйво, температура повітря й ґрунту, опади, дефіцит вологості повітря; *ґрунтові* – фізичні: ґрунтова волога – загальні запаси води в метровому шарі ґрунту, найменша вологоємність; фізико-хімічні – кількість легкогідролізуючого азоту, рухливі форми фосфору та калію, вміст солей у водній витяжці, натрієво-кальцієвий потенціал; *біологічні, фенологічні* – дата відновлення вегетації, дата укусу на зелений корм, тривалість вегетаційного періоду; *антропогенні* (поливна норма зрошувальних вод, їх натрієво-кальцієвий потенціал і мінералізація, кількість рухливих форм кадмію, ртуті та свинцю в ґрунті); *початкові параметри культури* (початкові маси окремих органів рослини: коріння, листя, стебел, суцвіть, а також величина площі листя; оптимальні суми ефективних температур для окремих органів; початок онтогенетичної кривої фотосинтезу та дихання, питома поверхнева щільність листя, частка окремих органів; плато та нахил світлової кривої фотосинтезу, біологічний нуль культури, оптимальна температура повітря й сума ефективних температур за період вегетації для люцерни, поглинальна здібність та радіус коріння).

Друга частина представляє внутрішню структуру системи, що описується *системою рівнянь* радіаційного, теплового та водного балансів, балансу біомаси та важких металів у рослинному покриві, рівняннями засолення та осолонцювання ґрунтово-рослинного покриву.

Основною складовою продукційного процесу рослин є **фотосинтез**. В моделі інтенсивність фотосинтезу розраховується за допомогою рівняння (4.1), з урахуванням проходження процесу в реальних умовах, тобто враховується вплив освітлення, тепла та вологи, фази розвитку рослин

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\Phi}^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_{\Phi}^j, \quad (4.1)$$

де Φ_{τ}^j – інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листя в реальних умовах середовища; α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу; Φ_o – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло та вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості ψ_{ϕ} – температурна крива фотосинтезу; E^j/E_0^j - відносна вологозабезпеченість.

Другий фундаментальний процес це **дихання**. В моделі ураховується, що витрати на дихання розподіляються на дихання, яке пов'язане з підтриманням структурної організації тканин, і на дихання, пов'язане з переміщенням речовин, фотосинтезом та утворенням нових структурних одиниць і описується виразом (4.2)

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (4.2)$$

де R^j – витрати на дихання; M^j – суха біомаса рослини; C_1 – коефіцієнт, що характеризує витрати на підтримку структури; C_2 – коефіцієнт, що характеризує витрати, зв'язані з ростом; α_R – онтогенетична крива дихання; φ_R – температурна крива дихання.

Третій фундаментальний процес – **ріст**. Фотосинтез і ріст розглядаються як взаємопов'язані процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту. Система донорно-акцепторних відносин є основним виявленням інтеграції фотосинтезу і росту на рівні цілого організму. Між донором і акцептором формуються тимчасові проміжні фонди асимілятів. Фонди можуть знаходитися в кожному органі, але більш мобільні з них, ймовірно, знаходяться в листках і стеблах. Запасні асиміляти, на більш тривалий період, переважно накопичуються в коріннях. В умовах екологічного стресу, коли пригнічується фотосинтез, величина фондів стає істотним чинником формування урожаю [38].

В моделі процес росту біомаси описується з урахуванням приросту за розрахований період часу Δt . При визначенні приростів біомаси

враховуються процеси фотосинтезу та дихання, а також антропогенний вплив за рахунок процесів осолонцювання (K_{Na-Ca}^j), засолення (K_S^j) та вмісту важких металів (K_{TM}^j) на продукційний процес рослин

$$\frac{\Delta M^j}{\Delta t} = (\Phi^j - R^j) \min \{K_{Na-Ca}^j, K_S^j, K_{TM}^j\} \quad (4.3)$$

де $\frac{\Delta M^j}{\Delta t}$ – приріст сухої біомаси посіву, г/м².

Модель дозволяє проводити розрахунки розподілу органічних речовин (асимілятів) в окремих органах рослин: коріннях (r), стеблах (s), листях (l) і плодах (p) за допомогою системи рівнянь [12]

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \mathcal{G}_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \mathcal{G}_i^j m_i^j) n^j \end{cases} \quad (4.4)$$

$$i \in l, s, r$$

Ураховується також формування фотосинтетичного апарату листя за період вегетації рослин, через визначення динаміки площі асимілюючої поверхні за формулами 4.5 і 4.6

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \text{ при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (4.5)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \text{ при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0, \quad (4.6)$$

де L^j – відносна площа листя рослини; σ_l – питома поверхнева щільність листя; k_h – параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в спільній біомасі листя.

При вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах зрошення в ґрунті набувають негативного впливу процеси осолонцювання і засолення, які негативно впливають на ґрунтово-рослинний покрив.

Як відомо[3], процес осолонцювання уявляє собою утворення солодей з солонців шляхом деградації останніх в результаті заміщення обмінного Na^+ на H^+ . Воно обумовлено натрієво-кальцієвим потенціалом зрошувальної води. В моделі вплив осолонцювання ґрунту на формування продуктивності посіви враховується за допомогою функцій впливу рівню натрієво-кальцієвого потенціалу ґрунту на приріст рослинної маси [12]

$$K_{\text{Na-Ca}}^j = 1 - (0.31P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp}(j)} - 0.4)\mu^j TSI^j n^j, \quad (4.7)$$

де $K_{\text{Na-Ca}}^j$ – функція впливу натрієво-кальцієвого потенціалу ґрунту на приріст сухої біомаси цілої рослини; $P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp}(j)}$ – натрієво-кальцієвий потенціал ґрунту; μ^j – потенційна інтенсивність росту рослин; TSI – середня за декаду ефективна температура; n – кількість днів у розрахунковій декаді.

Приймається, що величина натрієво-кальцієвого потенціалу ґрунту не змінюється до поливу, тобто

$$P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp}(j+1)} = P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp}(j)} \quad \text{при } X^j = 0, \quad (4.8)$$

В декаду вегетаційного поливу ця характеристика визначається в залежності від рівня натрієво-кальцієвого потенціалу зрошувальної води та внесення фосфогіпсу

$$P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp}(j)} = (1.25P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp.в.}(j)} - 0,125)k_{\text{Na-Ca}}(G_H)k_{\text{Na-Ca}}(G_C) \quad \text{при } X^j > 0, \quad (4.9)$$

де $P_{\text{Na-Ca}}^{\text{zp.в.}}$ – натрієво-кальцієвий потенціал зрошувальних вод, безрозмірний; $k_{\text{Na-Ca}}(G_H)$ і $k_{\text{Na-Ca}}(G_C)$ – відповідно, функції впливу внесення кількості (норм) фосфогіпсу та часу внесення фосфогіпсу (прямої дії та наслідок), які визначаються як:

$$k_{\text{Na-Ca}}(G_H) = \begin{cases} 0.060G_H + 1.0 & \text{при } G_H \leq 8 \text{ тга}^{-1} \\ 1.3 & \text{при } G_H > 8 \text{ тга}^{-1} \end{cases}, \quad (4.10)$$

$$k_{Na-Ca}(G_q) = \begin{cases} 1.0 & \text{при } G_q \leq 2 \text{ лет} \\ 1.25 - 0.1G_{\text{вп}} & \text{при } G_q > 2 \text{ лет}, \end{cases} \quad (4.11)$$

де G_H – норма внесення фосфогіпсу; G_q – порядковий номер року після внесення фосфогіпсу.

Процес засолення ґрунту, як відомо [3], уявляє собою збільшення утримання у ньому легкорозчинних солей (карбонату натрію, хлоридів, сульфатів). При зрошенні процес засолення ґрунту обумовлений кількістю мінеральних солей, які знаходяться у зрошувальній воді, тобто значенням її мінералізації.

В моделі зниження продуктивності рослин під впливом засолення ґрунту розраховується за допомогою функції впливу міри засолення ґрунту на приріст біомаси рослин [12]

$$K_S^j = 1 - q_s (S_{\text{зп}}^j - S_{\text{зп}}^{\text{крит}}) \mu^j T S 1^j n^j, \quad (4.12)$$

де K_S^j – функція впливу утримання солей у ґрунті на приріст біомаси рослин; q_s – зниження приросту біомаси на одиничний приріст засолення; $S_{\text{зп}}$ – вміст солей у водній витяжці ґрунту; $S_{\text{зп}}^{\text{крит}}$ – критичний рівень засолення.

Приймається, що утримання солей у водній витяжці ґрунту до першого вегетаційного поливу зберігається на одному рівні, тобто

$$S_{\text{зп}}^{j+1} = S_{\text{зп}}^j \quad \text{при } X^j = 0, \quad (4.13)$$

Рівень засолення ґрунту в декаду вегетаційного поливу визначається з рівняння

$$S_{\text{зп}}^j = (0.086 S_{\text{зп.в}} + 0.092) k_S(G_H) k_S(G_q) \quad \text{при } X^j > 0, \quad (4.14)$$

де $S_{\text{зп.в}}$ – мінералізація зрошувальної води; $k_S(G_H), k_S(G_q)$ – відповідно функції впливу внесення кількості фосфогіпсу та часу його внесення

$$k_s(G_H) = \begin{cases} 0,444G_H + 0,7 & \text{при } G_H \leq 9m \cdot \text{га}^{-1} \\ 3,0 & \text{при } G_H > 9m \cdot \text{га}^{-1} \end{cases} \quad (4.15)$$

$$k_s(G_q) = \begin{cases} 1,0 & \text{при } G_q \leq 2\text{лет} \\ 1,2 - 0,45G_q & \text{при } G_q > 2\text{лет} \end{cases} \quad (4.16)$$

При інтенсифікації сільськогосподарського виробництва наприклад внесення меліорантів, зрошування виникає проблема забруднення ґрунту важкими металами. Рухливі форми важких металів з ґрунтовим розчином мігрують в кореневу систему рослин і далі по окремих органах переміщуються і накопичуються в фондах асимілятіврослин.

В моделі розглядається саме утримання рухомих форм важких металів у ґрунті і накопичення їх рослиною. За формулою (4.17) визначається швидкість надходження важких металів у рослину

$$\frac{\Delta A_q^{нозлj}}{\Delta t} = \frac{86,4\alpha_q^{нозл} \bar{A}_q^{2p} m_r^j}{a_r}, \quad q \in Cd, Cu, Hg, Pb, Sr, Zn, \quad (4.17)$$

Модель дозволяє визначити накопичення важких металів всією рослиною (4.18) і окремими органами (4.19) протягом всього вегетаційного періоду

$$A_q^{poc(j+1)} = A_q^{pocj} + \frac{\Delta A_q^{нозлj}}{\Delta t} n^j, \quad (4.18)$$

де A_q^{poc} – кількість q -го виду важких металів в рослині.

$$\begin{cases} A_{qi}^{j+1} = A_{qi}^j + (\beta_{qi}^j \frac{\Delta A_q^{нозлj}}{\Delta t} - g_{qi}^j A_{qi}^j) n^i, \\ A_{qp}^{j+1} = A_{qp}^j + (\beta_{qp}^j \frac{\Delta A_q^{нозлj}}{\Delta t} + \sum_i^{l,s,r} g_{qi}^j A_{qi}^j) n^i, \end{cases} \quad , q \in Cd, Hg, Pb \quad (4.19)$$

де A_{qi}^j – кількість q -го виду важких металів в i - ому органі рослини;
 β_{qi}^j – функція розподілу важких металів в період вегетативного росту;
 \mathcal{G}_{qi}^j – функція розподілу важких металів в період репродукційного росту.

Визначається також фітотоксичний вплив важких металів

$$K_{в.м.}^j = \min \{K_q^j\}, q \in Cd, Cu, Hg, Pb, Sr, Zn, \quad (4.20)$$

$K_{ВМ}^j$ – коефіцієнт фітотоксичності

Фітотоксичність кожного металу визначається за формулою [12]

$$K_q^j = \left(\frac{\mu_{A_q}^{крит}}{\bar{A}_q^{крит2} - \bar{A}_q^{крит1}} \right) \cdot \bar{A}_q^{росj}, \quad (4.21)$$

де $\mu_{A_q}^{крит}$ – зниження продуктивності рослин в інтервалі критичних величин концентрації важких металів в рослині $\bar{A}_q^{крит.1}$ і $\bar{A}_q^{крит.2}$.

Фотосинтез рослин залежить від таких екологічних факторів життя як світло, тепло і волога. Рослини засвоюють не всю сонячну радіацію, що надходить на підстильну поверхню Землі, а лише частину, яка має назву фотосинтетична активна радіація (ФАР). Кількість поглиненої посівом сонячної радіації залежить від виду рослин. В моделі інтенсивність фотосинтетичної активної радіації у посівах обчислюється за формулою (4.22)

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + cL^j}, \quad (4.22)$$

де I_0^j – інтенсивність фотосинтетичної активної радіації на верхній межі посіву; c – показник поглинання, безр.; L^j – відносна площа листової поверхні; j – номер декади.

Фактор впливу тепла характеризує температура повітря. В моделі вплив температури повітря на інтенсивність фотосинтезу описується функцією

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774x_2 \dots npu \dots t < t_{opt1}^{\phi} \\ 1 \dots npu \dots t_{opt1}^{\phi} < t_n < t_{opt2}^{\phi} \\ 1.1323 \cos(1.5705x_3) - 0.1323 \dots npu \dots t > t_{opt2}^{\phi} \end{cases}, \quad (4.23)$$

де Ψ_{ϕ} - температурна крива фотосинтезу; t_n – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

t_0^{ϕ} – початкова межа оптимальної температури; t_{opt1}^{ϕ} – верхня межа

оптимальної температури; t_{opt2}^{ϕ} – нижня межа оптимальної температури;

t_{max}^{ϕ} - максимальна температура процесу фотосинтезу.

Вологозабезпеченість посівів залежить від температурного режиму і режиму вологи. В моделі з ціллю отримання показника зволоження посівів визначається показник випарності, або вологопотреби рослин

$$E_0^j = 0.65 d_w^j n^j \quad (4.24)$$

де n – число днів у розрахунковій декаді; d_w – середній за декаду дефіцит вологості повітря, мм.

і сумарне випаровування, або вологоспоживання

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3.})/\eta E^j}, \quad (4.25)$$

де W^j – запаси продуктивної вологи в метровому (півметровому) шарі ґрунту на початок вегетації сільськогосподарських культур; Q – сума опадів за декаду; X – норма вегетаційного поливу; V_w - витрата ґрунтової води в зону аерації; E - сумарне за декаду випаровування; U_w - інфільтрація атмосферних опадів; де $W_{H.B.}$ - найменша вологоємність, мм; $W_{B.3.}$ - волога в'янення, мм; η - безрозмірний параметр, що залежить від виду та фази розвитку рослин.

Третя частина – вихід, якій є результатом діяльності системи, має вихідну інформацію у вигляді кількісних показників: продуктивності (суха

біомаса, г/м², відносна площа листя, м²/м², урожайність, ц/га) та еколого-токсикологічної якості (вміст токсичних солей г/л, концентрація важких металів, мг/кг) у зеленій масі люцерни.

Для моделювання продуктивності люцерни на досліджуваній території були отримані змінні клімату та ґрунту Одеської області [2]. Область поділена з урахуванням агроґрунтового районування на зони (рис 4.2):

1. Лісостепова ;
2. Степова:
 - а) Північностепова підзона,
 - б) Південностепова підзона;
3. Південний Сухий Степ.

В роботі проведена оптимізація параметрів стосовно культури люцерни другого року життя для першого укусу.



Рисунок 4.2 – Агроґрунтове районування Одеської області.

4.2 Аналіз продуктивності зеленої маси люцерни в Одеській області

Люцерна – багаторічна культура (тривалість життя до 10 років). В культурі землеробства вирощується протягом трьох років, в подальшому йде пересів, тому що врожайність її стає нерентабельною [28]. В роботі досліджується люцерна другого року життя. В Одеській області на другому році життя люцерни проводять три укоси. В роботі моделюється продуктивність і забруднення зеленої маси люцерни першого укоси. Укіс здійснюють коли люцерна вступає в фазу бутонізації. Перший період починається з відновлення вегетації в Одеській області, воно настає у третю декаду березня (26. 03) і триває 67 днів, у третю декаду травня (31.05) проводять перший укіс. У степовій зоні відновлення вегетації спостерігається на 5-6 днів раніше (20.03-21.03), тому й укіс на 4-5 днів раніше (26.05-27.05). У Лісостеповій зоні, навпаки, відновлення вегетації люцерни починається на п'ять днів пізніше (31.03), укіс – 03.06. За цей період сума ефективних температур становить в цілому по області 490 °С.

Вивчення еколого-економічних умов Одеської області та умов росту та розвитку люцерни (розділ 2), умов забруднення ґрунтового-рослинного покриву важкими металами (розділ 3) дозволили оптимізувати параметри люцерни на досліджуваній території, провести чисельні розрахунки й отримати показники продуктивності та екологічної чистоти зеленої маси люцерни.

4.2.1 Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Лісостеповій зоні Одеської області

Лісостепова зона. Правобережна провінція. Ґрунти Лісостепової зони Одеської області представлені чорноземом типовим легкоглинистим, найменша вологоємність цих ґрунтів становить 129 мм (табл. 4.1). Середня температура повітря за період відновлення вегетації – перший укіс складає 11,3°С, сума опадів – 110 мм, середня кількість годин сонячного сяйва

становить 7,9 год., максимальна температура – 22,5⁰С, дефіцит насичення повітря водяною парою – 5,9 мб. Запаси вологи у ґрунті на початок періоду склали 121мм, на час укосу – 69 мм.

Сума ефективних температур за період з 31 березня по 3 червня (65 днів) складає 490 ⁰С

Вологозабезпеченість в цілому за період становить 65 %.

За результатами розрахунків встановлено, що в ґрунтово-кліматичних умовах лісостепової зони відносна площа листя на початок вегетації має значення 0,45 м²/м² (рис 4.3), на 30...40 день зростає до 2 м²/м² і на початок бутонізації досягає 6 м²/м².

Суша біомаса люцерни на період відростання становить 18,13 г/м². На початок бутонізації біомаса зростає до 386 г/м².

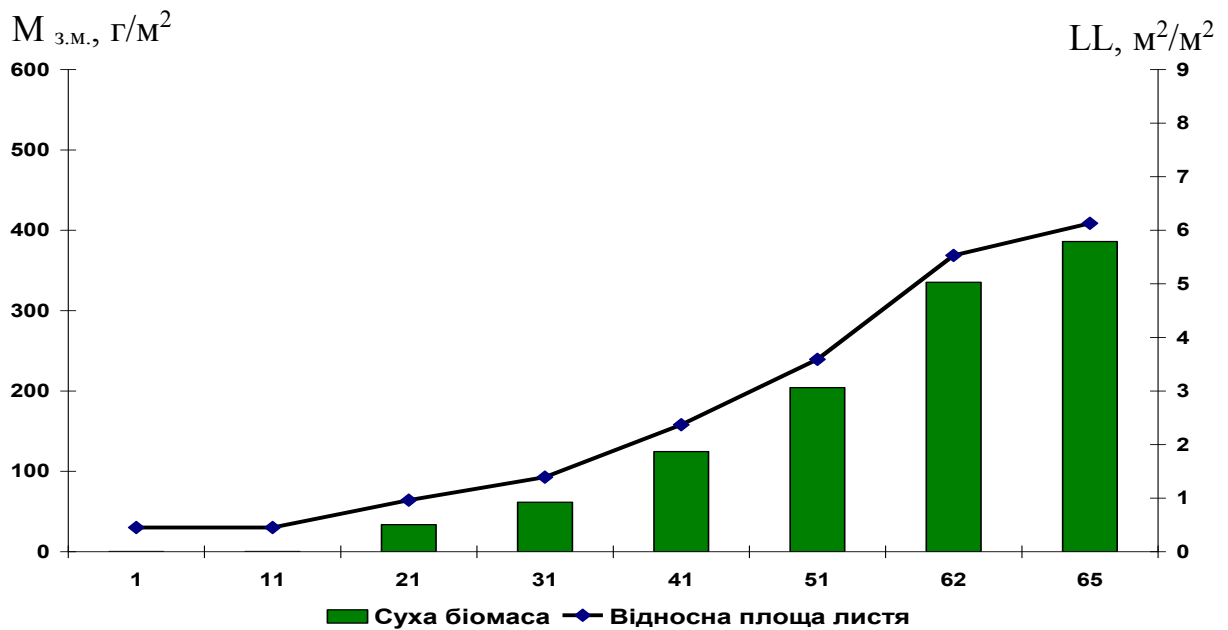


Рисунок 4.3 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листя люцерни.

Одеська область. Лісостеп. Правобережна провінція.

Урожай зеленої маси на час 1-го укосу становить 216 ц/га (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Агроекологічні показники та показники продуктивності зеленої маси люцерни. Одеська область.

Агроекологічні показники			Показники продуктивності		
Ґрунт (тип, підтип, різновид)	НВ, мм	$\Sigma_{\text{эф.}} T, ^\circ\text{C}$	LL, м ² /м ²	M _{з.м.} , г/м ²	Y, ц/га
Богара					
Лісостеп (Правобережна провінція)					
Чорнозем типовий, легкоглинистий	129		6,1	386	216
Північний Степ (Правобережна провінція)					
Чорнозем звичайний, легкоглинистий	196		4,9	302	169
Північний Степ (Південно-західна провінція)					
Чорнозем звичайний, важкосуглинковий	182		4,4	233	130
Південний степ (Правобережна провінція)					
Чорнозем південний, середньосуглинковий	183		7,0	439	246
Південний сухий степ (Придунайська провінція)					
Темно-каштановий, середньосуглинковий			5,1	310	173
Середня обласна					
		490	5,5	339	190
Зрошення					
Лісостеп (Правобережна провінція)					
Чорнозем типовий, легкоглинистий	129		-	-	-
Північний Степ (Правобережна провінція)					
Чорнозем звичайний, легкоглинистий	196		8,1	481	269
Північний Степ (Південно-західна провінція)					
Чорнозем звичайний, важкосуглинковий	182		7,6	454	254
Південний степ (Правобережна провінція)					
Чорнозем південний, середньосуглинковий	183		8,5	531	297
Південний сухий степ (Придунайська провінція)					
Темно-каштановий, середньосуглинковий	137		7,1	456	255
Середня обласна					
		490	7,7	482	270

В лісостеповій зоні Одеської області у виробництві люцерну вирощують на богарі, в зоні Степу вона вирощується як на богарі, так і на зрошенні [28, 29].

4.2.2 Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Північному Степу Одеської області

У Північному Степу Одеської області виділяють дві підзони: Правобережна провінція і Південно-західна провінція.

Зона Північного Степу. Правобережна провінція. Ґрунти цієї зони Одеської області представлені чорноземом звичайним легкоглинистим, найменша вологоємність цих ґрунтів становить 196 мм (табл. 4.1). Середня температура повітря за період відновлення вегетації – першій укіс складає 11,8 °С, сума опадів – 95 мм, середня кількість часів сонячного сяйва становить 7,9 год., максимальна температура дорівнює 29,2 °С, дефіцит насичення повітря водяною парою – 5,4 мб. Запаси вологи у ґрунті на початок періоду склали 137 мм, на час укосу 79 мм.

Сума ефективних температур за період з 28 березня по 1 червня (66 днів) складає 490 °С

Вологозабезпеченість в цілому за період становить 67 %.

Результати розрахунків по моделі показали, що у Північному Степу Правобережної провінції (рис. 4.4А) відносна площа листя зростає до 2 м²/м² на 44 день і на початок бутонізації досягає 4,9 м²/м².

Суша біомаса люцерни на період відростання становить 33,59 г/м². На початок бутонізації зростає до 302 г/м².

Урожай зеленої маси на час 1-го укосу становить 169 ц/га (таблиця 4.1).

В роботі було проведено розрахунки продуктивності зеленої маси в умовах зрошення. Експеримент передбачає, що зрошування здійснюється водами, якість яких оцінюється таким чином: мінералізація становить 0,4 г/л, Na-Ca потенціал дорівнює 1,5. Для Північного та Південного Степу

Правобережної провінції це зрошувальні води річки Дністер, для Північного та Південного Степу Придунайської провінції це води річки Дунай. Води Дністра і Дунаю відносяться до категорії низькомінералізованих слабколужних, які не є токсичними для рослин, і не впливають на зниження продуктивності люцерни.

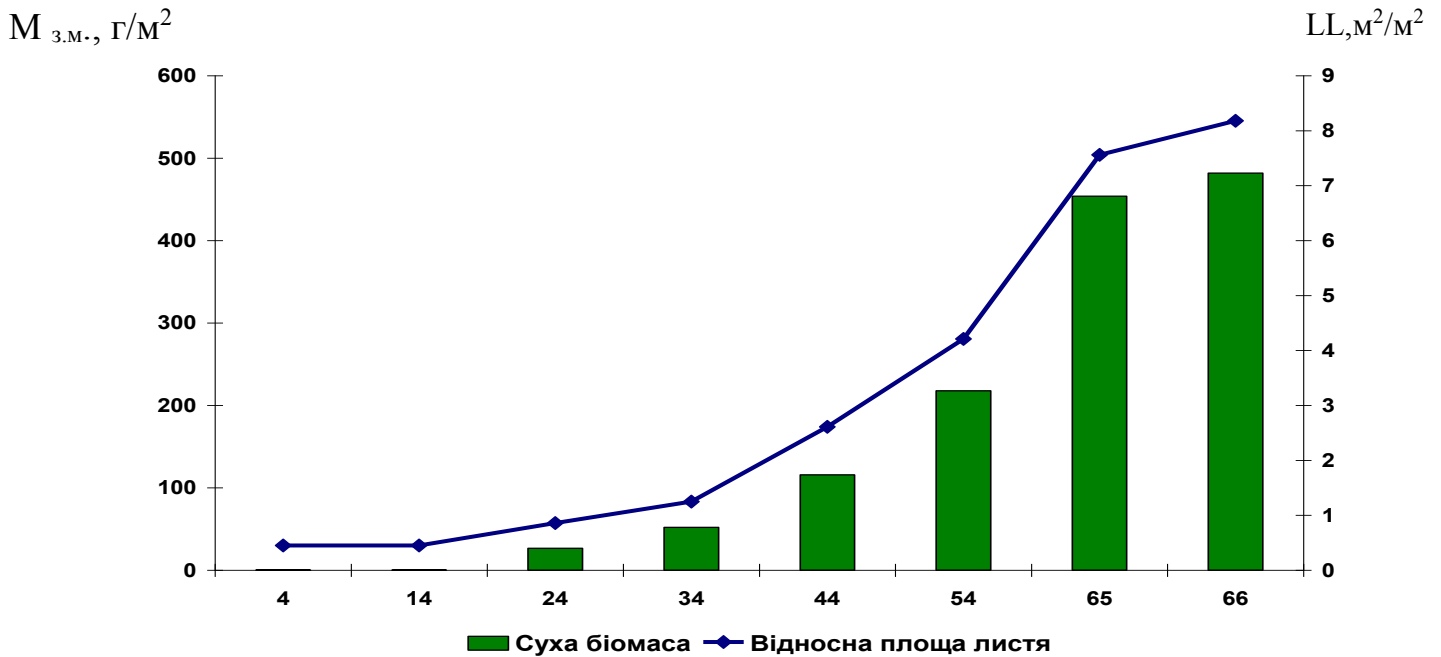
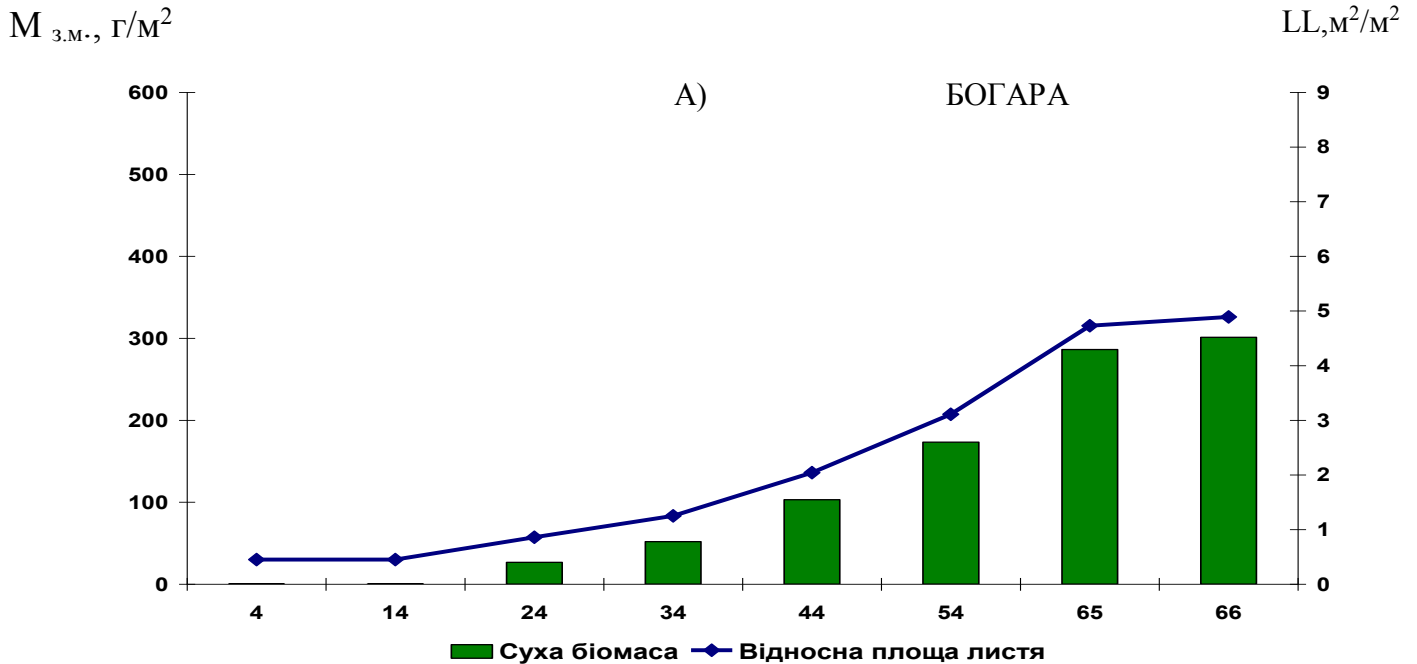


Рисунок 4.4 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листя люцерни:
 А) на богарі; Б) в умовах зрошення. Одеська область. Північний Степ. Правобережна провінція.

На рис. 4.4Б представлена динаміка відносної площі листя та сухої біомаси люцерни у Північному Степу, Правобережної провінції. Для першого періоду зрошувальна норма становить $1000 \text{ м}^3/\text{га}$, за поукісний період задаються 2 вегетаційних полива нормою $500 \text{ м}^3/\text{га}$. У під час першого періоду спостерігається поступовий ріст площі листя, на початок активного відростання площа листя становить $0,86 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у подальшому йде інтенсивний ріст листової поверхні, на час укусу вона досягає $8,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

У період активного відростання рослин люцерни суха біомаса зростає і на 24 добу становить $26,7 \text{ г}/\text{м}^2$, на 34 збільшується до $52,02 \text{ г}/\text{м}^2$ в подальшому біомаса зростає і на дату першого укусу дорівнює $481 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай першого укусу становить $269 \text{ ц}/\text{га}$ (табл.4.1).

Зона Північного Степу. Південно-західна провінція. Ґрунти цієї зони Одеської області представлені також чорноземом звичайним але важкосуглинковим, найменша вологоємність цих ґрунтів становить 182 мм (табл. 4.1). Середня температура повітря за період відновлення вегетації – першій укіс складає $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$, сума опадів – 91 мм , середня кількість годин сонячного сяйва $7,5 \text{ год.}$, максимальна температура дорівнює $23,7^\circ\text{C}$, дефіцит насичення повітря водяною парою – $5,9 \text{ мб}$. Запаси вологи у ґрунті на початок періоду були 118 мм , на час укусу 68 мм .

Сума ефективних температур за період з 21 березня по 27 травня (68 днів) складає $490 \text{ }^\circ\text{C}$

Вологозабезпеченість в цілому за період становить 54% .

Розрахунки показали, що на сільськогосподарських угіддях даній провінції (рис. 4.5А) відносна площа листя люцерни зростає до $2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ на 51 день і на початок бутонізації досягає $4,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Суха біомаса люцерни на період відростання становить $25,5 \text{ г}/\text{м}^2$. На початок бутонізації збільшується до $233 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай зеленої маси на час 1-го укусу становить $130 \text{ ц}/\text{га}$ (табл. Б.4.1).

В умовах зрошення показники продуктивності значно зростають (рис. 4.5Б). Для першого періоду зрошувальна норма становить 1500 м³/га, за поукісний період задаються 3 вегетаційних поливи нормою 500 м³/га.

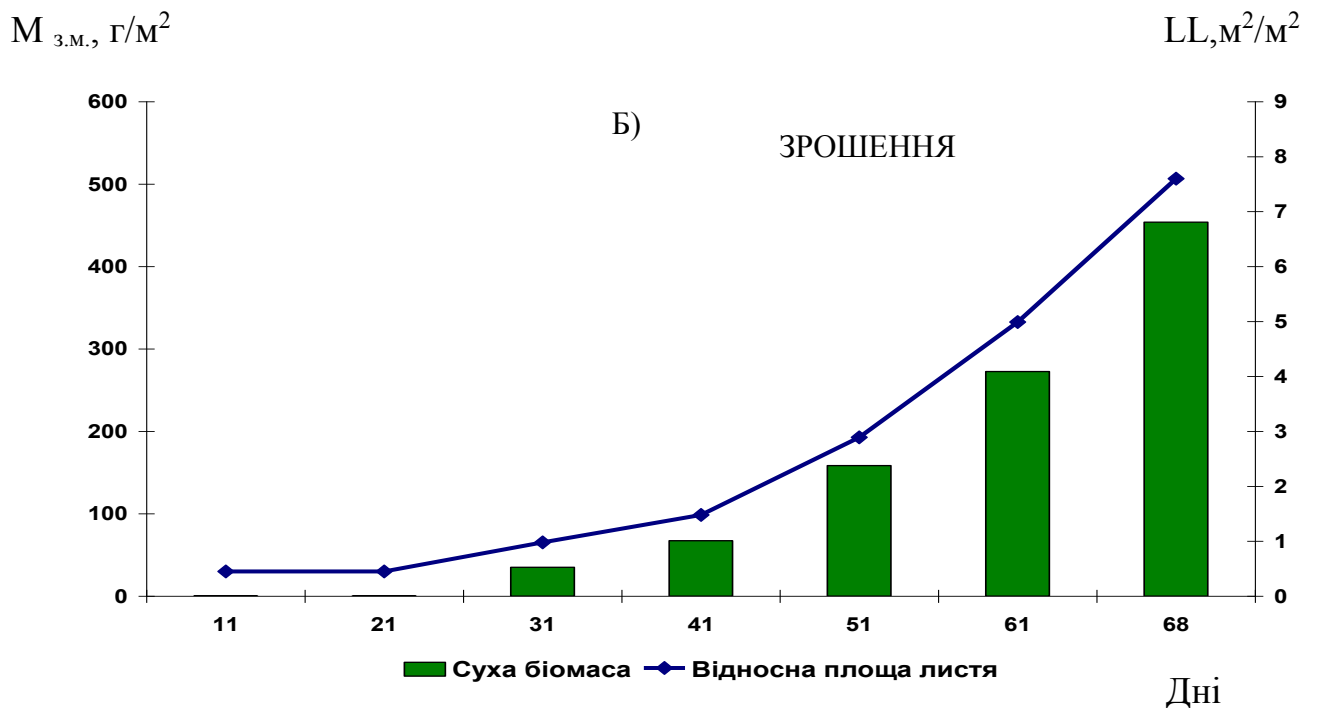
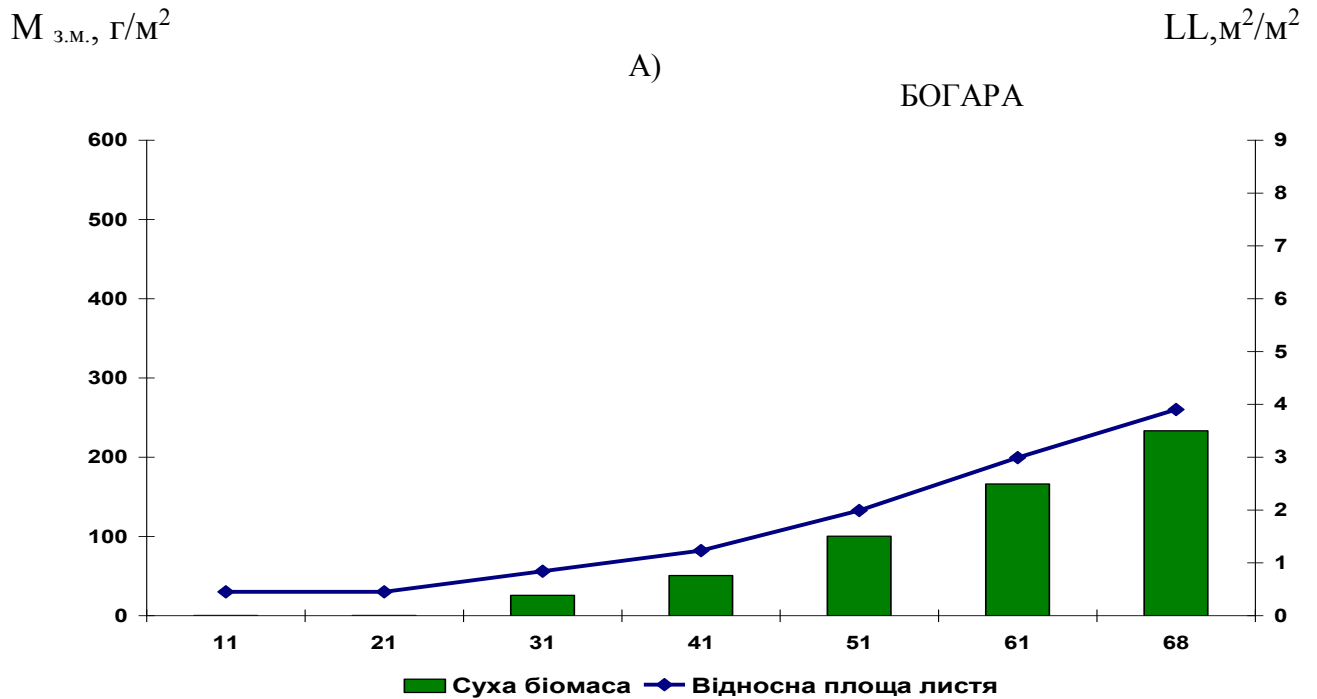


Рисунок 4.5 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листя люцерни: А) на богарі; Б) в умовах зрошення . Одеська область.

Північний Степ. Південно-західна провінція.

Під час першого періоду спостерігається поступовий ріст площі листя, на початок активного відростання площа листя становить $0,98 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у подальшому йде інтенсивний ріст листової поверхні, на час укусу вона досягає $7,6 \text{ м}^2/\text{м}^2$. У період активного відростання рослин люцерни суха біомаса зростає, на 31 добу становить $35,0 \text{ г}/\text{м}^2$, на 41-67,4 $\text{г}/\text{м}^2$ в подальшому біомаса зростає і на перший укіс досягає $454 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай першого укусу становить 254 ц/га (таб.4.1).

4.2.3 Аналіз формування урожаю зеленої маси люцерни в Південному Степу Одеської області

Зона Південного Степу. Правобережна провінція. Ґрунти цієї зони Одеської області представлені чорноземом південним середньосуглинковим, найменша вологоємність цих ґрунтів становить 183 мм (Додаток Б). Середня температура повітря за період відновлення вегетації – перший укіс складає $11,4 \text{ }^\circ\text{C}$, сума опадів – 93 мм, середня кількість часів сонячного сяйва 7,9 год., максимальна температура – $22,2^\circ\text{C}$, дефіцит насичення повітря водяною парою – 4,1 мб. Запаси вологи у ґрунті на початок періоду склали 147 мм, на час укусу 85 мм.

Сума ефективних температур за період з 25 березня по 02 червня (70 днів) складає $490 \text{ }^\circ\text{C}$.

На території Південного Степу Правобережної провінції (рис. 4.6А) відносна площа листя зростає до $2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ на 40 день і на початок бутонізації досягає $7,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Суха біомаса люцерни на період відростання становить $29,9 \text{ г}/\text{м}^2$. На початок бутонізації $439 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай зеленої маси на час 1-го укусу становить 246 ц/га (таб.4.1).

На рис 4.6Б представлена динаміка відносної площі листя та сухої біомаси люцерни в умовах зрошення. Для першого періоду зрошувальна норма становить $1000 \text{ м}^3/\text{га}$, за поукісний період задаються 2 вегетаційних поливи нормою $500 \text{ м}^3/\text{га}$. У під час першого періоду спостерігається

поступовий ріст площі листя, на початок активного відростання площа листя становить $0,91 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у подальшому йде інтенсивний ріст листової поверхні, на час укосу вона досягає $8,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$. У період активного відростання рослин люцерни суха біомаса зростає, на 27 добу становить $28,8 \text{ г}/\text{м}^2$, на 37 – $60,0 \text{ г}/\text{м}^2$ в подальшому біомаса зростає і на перший укіс досягає $531 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай першого укосу становить 297 ц/га (таб.4.1).

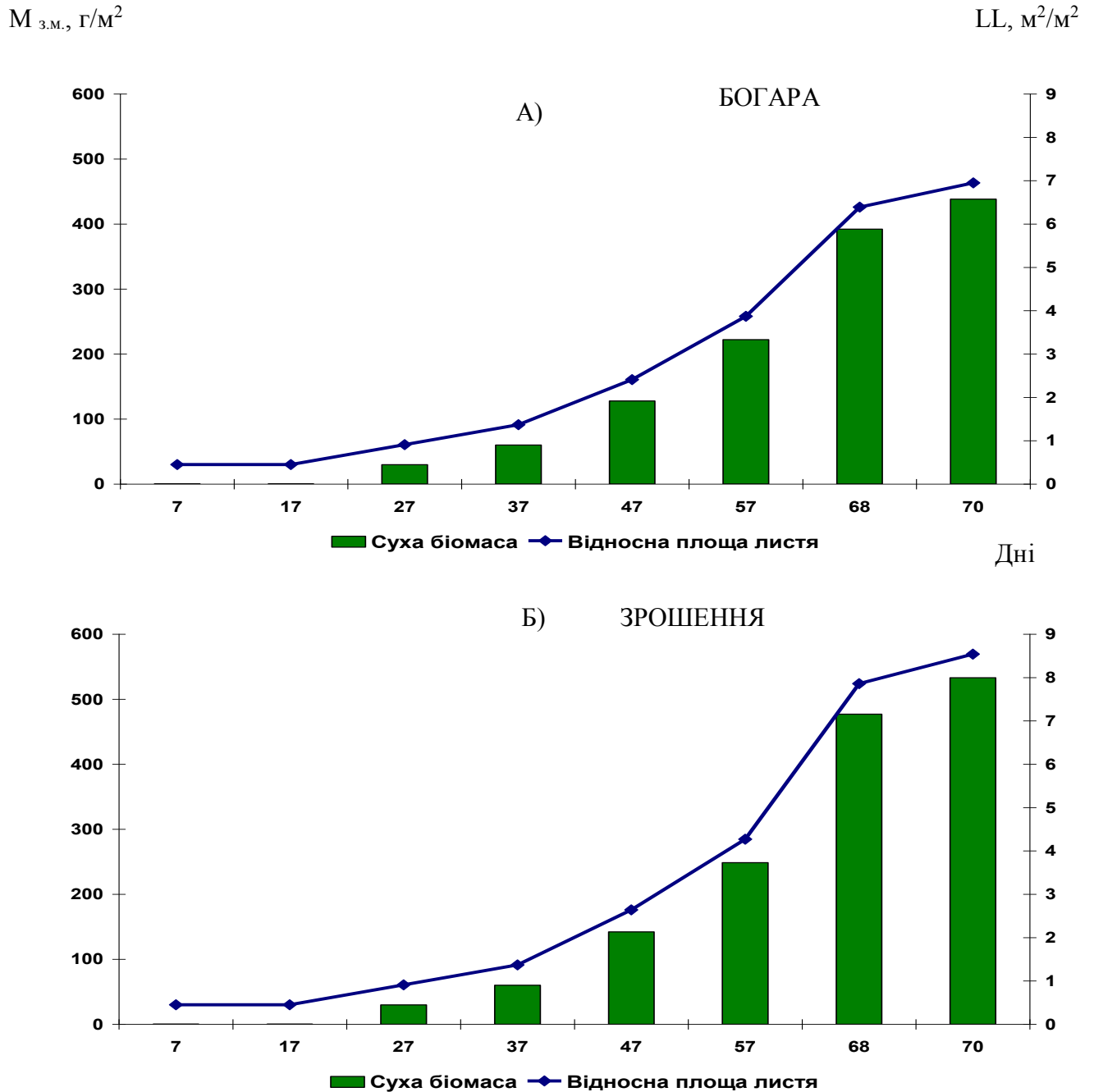


Рисунок 4.6 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листя люцерни:

А) на богарі; Б) в умовах зрошення. Південний Степ.

Правобережна провінція. Одеська область.

Зона Південного Сухого Степу. Придунайська провінція. В цій зоні розповсюджені темно-каштанові середньосуглинкові ґрунти, найменша вологоємність цих ґрунтів становить 137 мм (табл. 4.1). Середня температура повітря за період відновлення вегетації – першій укіс складає $12,5^{\circ}\text{C}$, сума опадів – 91 мм, середня кількість годин сонячного сяйва – 7,5 год., максимальна температура – $23,7^{\circ}\text{C}$, дефіцит насичення повітря водяною парою – 5,3 мб. Запаси вологи у ґрунті на початок періоду склали 112 мм, на час укусу 64 мм.

Сума ефективних температур за період з 20 березня по 27 травня (68 днів) складає 490°C

У Південному Сухому Степу Придунайської провінції встановлено (рис. 4.7 А), що відносна площа листя зростає на 51 день до $2,5\text{ м}^2/\text{м}^2$ і на початок бутонізації досягає $5,1\text{ м}^2/\text{м}^2$. Суха біомаса люцерни на період відростання становить $32,2\text{ г}/\text{м}^2$. На початок бутонізації $310\text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай зеленої маси на час 1-го укусу становить 173 ц/га (табл.4.1).

В умовах зрошення (рис 4.7Б) представлена динаміка відносної площі листя та сухої біомаси люцерни посівної у Південному Сухому Степу Придунайської провінції. Для першого періоду зрошувальна норма становить $1500\text{ м}^3/\text{га}$, за поукісний період задаються 3 вегетаційних полива нормою $500\text{ м}^3/\text{га}$. Під час першого періоду спостерігається поступовий ріст площі листя, на початок активного відростання площа листя становить $1,02\text{ м}^2/\text{м}^2$, у подальшому йде інтенсивне зростання листової поверхні, на час укусу вона досягає $7,1\text{ м}^2/\text{м}^2$. У період активного відростання рослин люцерни суха біомаса зростає, на 31 добу становить $37,3\text{ г}/\text{м}^2$, на 41 – $68,1\text{ г}/\text{м}^2$ в подальшому біомаса зростає і на перший укіс досягає $456\text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай першого укусу становить 255 ц/га (табл. 4.1).

$M_{3.M.}, \Gamma/M^2$

A)

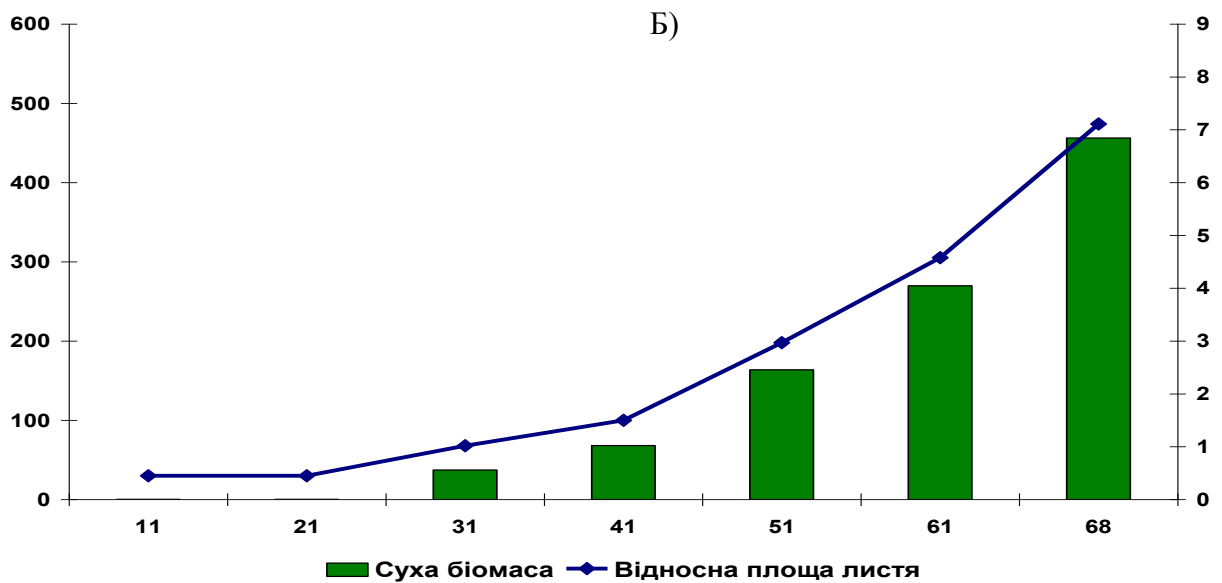
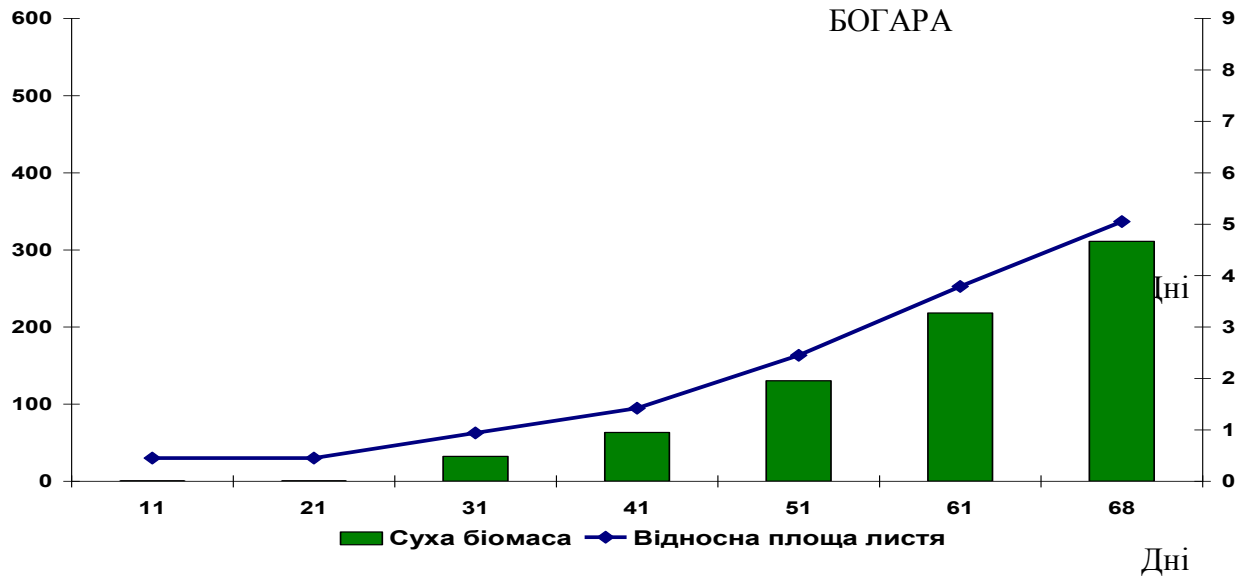
 $LL, M^2/M^2$ 

Рисунок 4.7 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листя люцерни:

А) на богарі; Б) на зрошенні . Південний Сухий Степ.

Придунайська провінція. Одеська область.

В середньому по області відновлення вегетації починається 26 березня, перший укіс відбувається 31 травня продовження періоду становить 67 днів. За цей час накопичується 490 °С.

Вологозабезпеченість в цілому за період становить 65 %.

Характеристики продуктивності урожаю зеленої маси люцерни в середньому по Одеській області такі (рис. 4.8А): відносна площа листа на фазу відростання досягає $2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і на початок бутонізації – $5,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

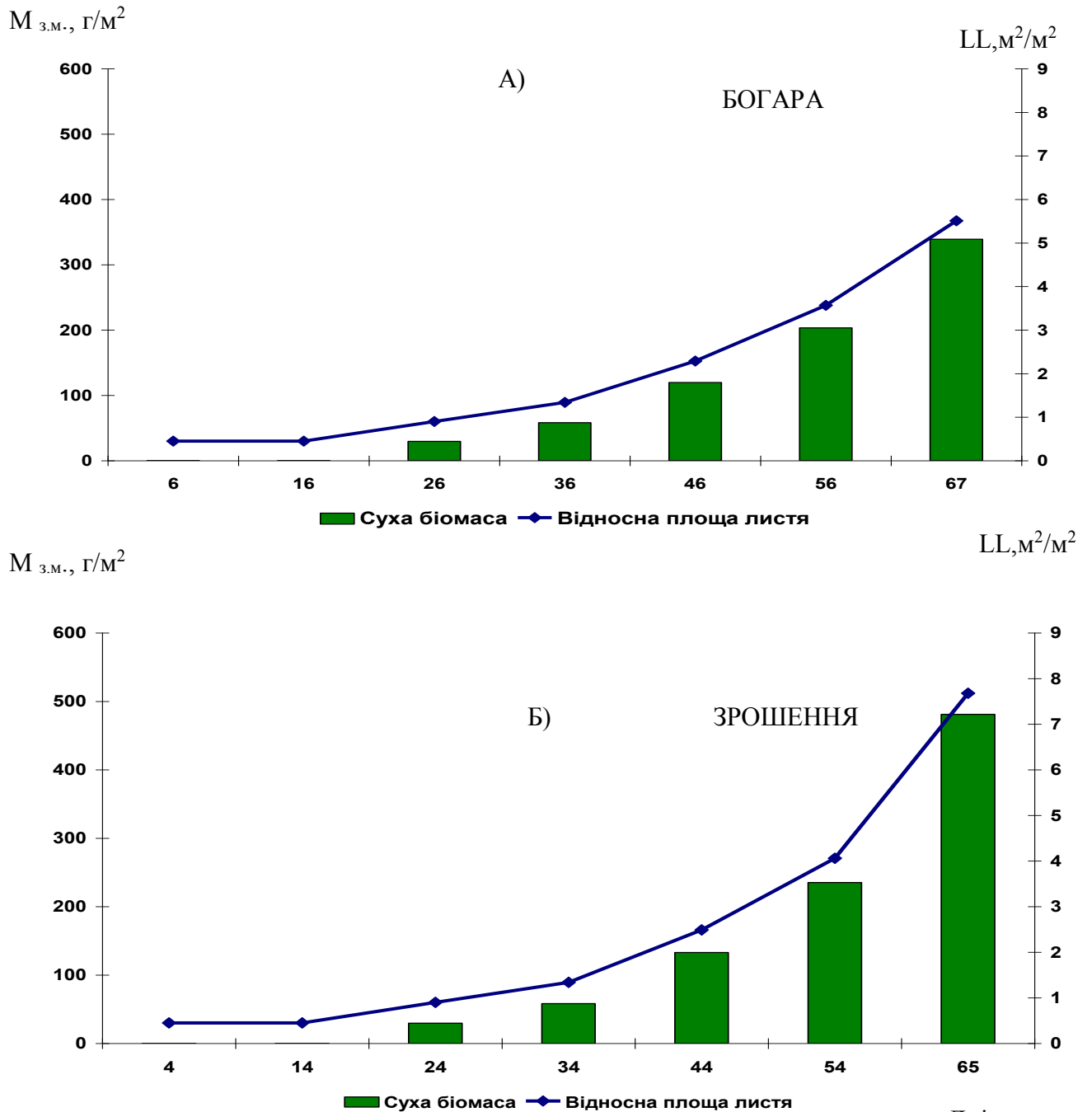


Рисунок 4.7 – Динаміка сухої біомаси та відносної площі листа люцерни:

А) на богарі; Б) на зрошенні. Середня по Одеській області.

Суха біомаса люцерни на період відростання становить $29,6 \text{ г/м}^2$. На початок бутонізації збільшується до 339 г/м^2 .

Урожай зеленої маси на час 1-го укосу становить 190 ц/га (табл.4.1).

В умовах зрошення (рис 4.8Б) середня по Одеській області динаміка відносної площі листя та сухої біомаси люцерни для першого поукісного періоду розраховується з врахуванням середньої зрошувальної норми, яка для першого періоду становить $1000 \text{ м}^3/\text{га}$, за поукісний період задаються 2 вегетаційних полива нормою $500 \text{ м}^3/\text{га}$. Під час першого періоду спостерігається поступовий ріст площі листя, на початок активного відростання площа листя становить $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у подальшому йде інтенсивний ріст листової поверхні, на час укусу вона досягає $7,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

У період активного відростання рослин люцерни суха біомаса зростає, на 26 добу становить $29,5 \text{ г}/\text{м}^2$, на 36 збільшується до $58,2 \text{ г}/\text{м}^2$ в подальшому біомаса поступово зростає і на перший укіс досягає $482 \text{ г}/\text{м}^2$.

Урожай першого укусу становить $270 \text{ ц}/\text{га}$ (табл.4.1).

В результаті розрахунків по моделі отримана врожайність зеленої маси люцерни для першого укусу (рис. 4.9). В богарних умовах (рис. 4.9А) у першому поукісному періоді найбільшу врожайність можна отримати у Південному Степу Правобережної провінції, яка становить $246 \text{ ц}/\text{га}$. Найменший урожай – у Північному Степу Південно-західної провінції ($130 \text{ ц}/\text{га}$). В середньому по області врожай зеленої маси люцерни складає $190 \text{ ц}/\text{га}$. При описанні характеристик продуктивності ми детально розібрали ґрунтово-кліматичні умови кожної зони та підзони. (див. вище). Саме ці умови впливають на зміну врожаю по області. Аналіз умов та врожайності показав, що у першому поукісному періоді найкращими вони мають бути у Південному Степу Правобережної провінції.

В Лісостепу на богарі врожайність дорівнює $216 \text{ ц}/\text{га}$. На зрошенні люцерна в цієї зоні у виробничих посівах не вирощується.

В умовах зрошення (рис. 4.9Б) найбільшу врожайність ($297 \text{ ц}/\text{га}$) також можливо отримати у Південному Степу Правобережної провінції. Найменший урожай ($255 \text{ ц}/\text{га}$) формується в умовах Придунайській провінції Південного Сухого Степу та Південно-західній провінції Північного Степу ($254 \text{ ц}/\text{га}$). Але при зрошенні коливання врожаю по області менше, ніж на богарі.

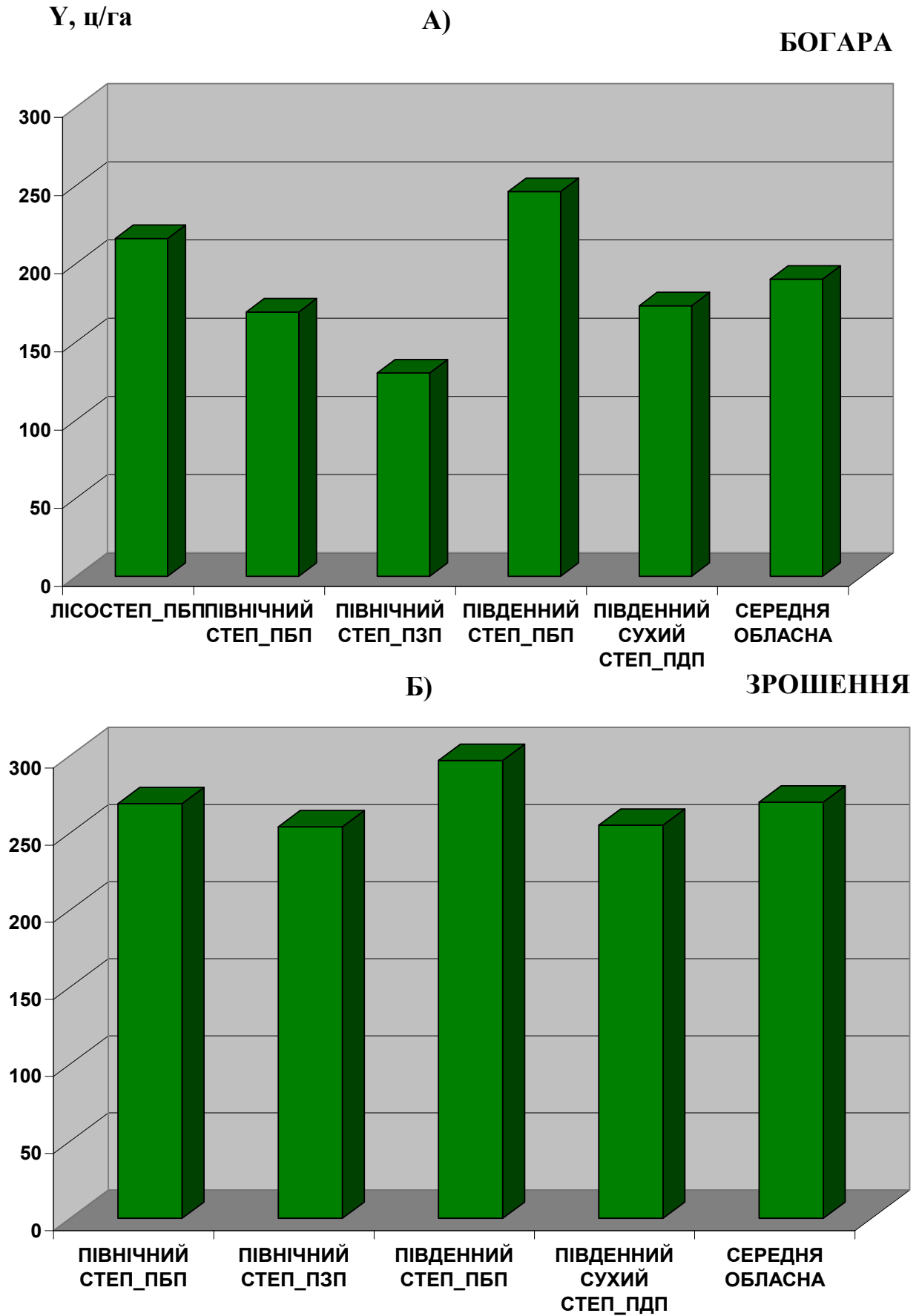


Рисунок 4.9 – Урожайність зеленої маси люцерни 1-го укосу.
Одеська область.

4.3 Аналіз впливу якості зрошуваних вод на урожайність зеленої маси люцерни посівної.

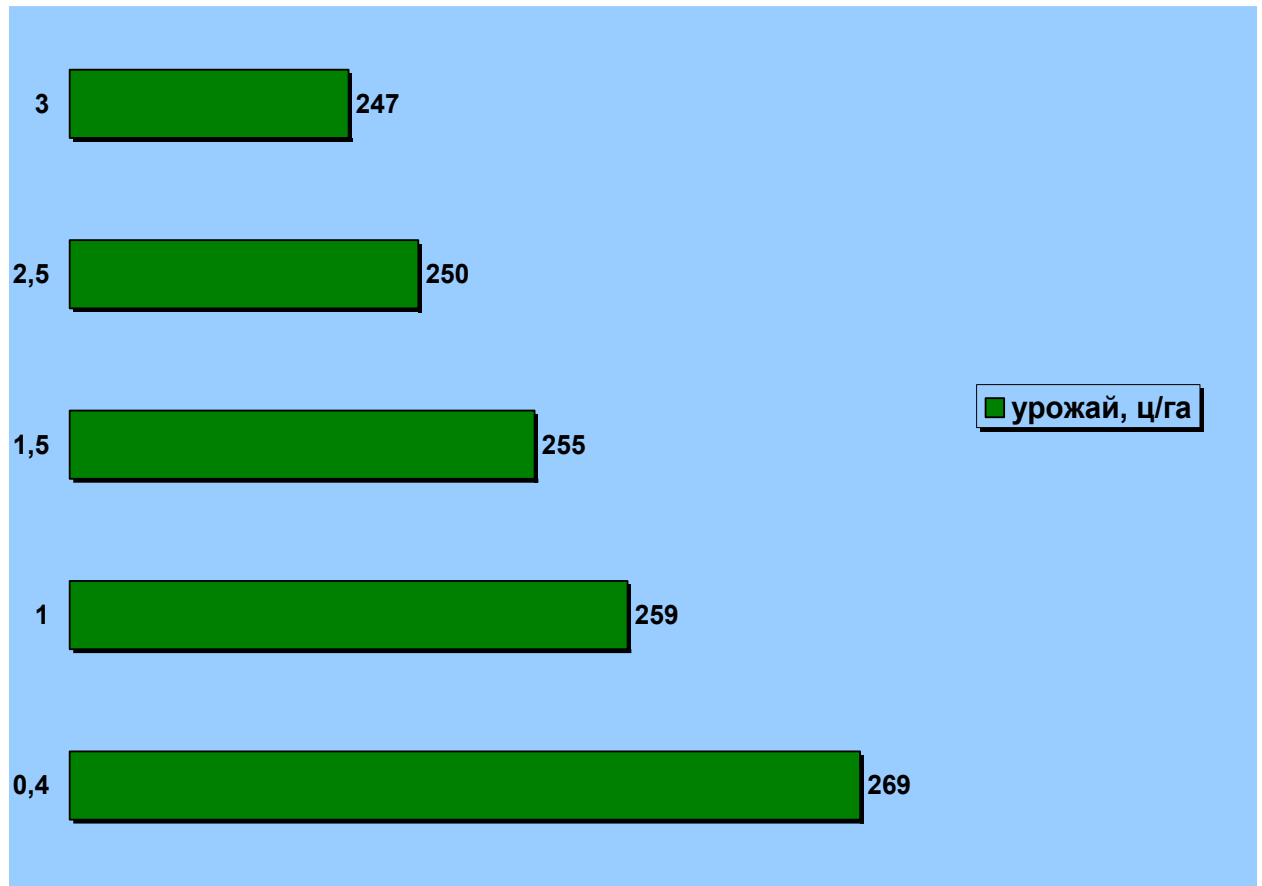
Для оцінки впливу якості зрошуваних вод на урожайність зеленої маси люцерни розглядалися п'ять варіантів:

I варіант – мінералізація води	0,4 г/л,
II варіант – мінералізація води	1,0 г/л,
III варіант – мінералізація води	1,5 г/л,
IV варіант – мінералізація води	2,5 г/л,
V варіант – мінералізація води	3,0 г/л.

Якість зрошувальних вод I-го варіанту відповідає зрошувальним водам з річок Дністра та Дунаю. II-го та III-го варіантів відповідає зрошувальним водам Барабойського та Санжейського водосховищ р.Дністер, Дракулівського та Нерушайського водосховищ р. Дунай. Якість зрошувальних вод IV та V варіантів спостерігається у Біляївському водосховищі р. Дністер та Татарбунарському каскаді водосховищ р. Дунай.

Розрахунки одержані для урожайності першого укусу зеленої маси люцерни.

На рисунку 4.10 показана залежність урожаю люцерни від мінералізації зрошувальних вод у Північному Степу Правобережної провінції. Найбільший урожай спостерігається у випадку, коли мінералізація зрошувальної води складає 0,4 г/л і становить 269 ц/га. При зростанні мінералізації до 1,0 г/л урожайність знижується до 259 ц/га. Зрошування водами з мінералізацією 1,5 г/л призводить до зменшення урожайності на 11 ц (255ц/га) у порівнянні з першим варіантом. При мінералізації води 2,5 г/л, урожайність знижується до 250 ц/га. За найвищої концентрації солей (3 г/л) в зрошувальній воді урожайність, у порівнянні з першим варіантом, знижується на 22 ц з га (247 ц/га).

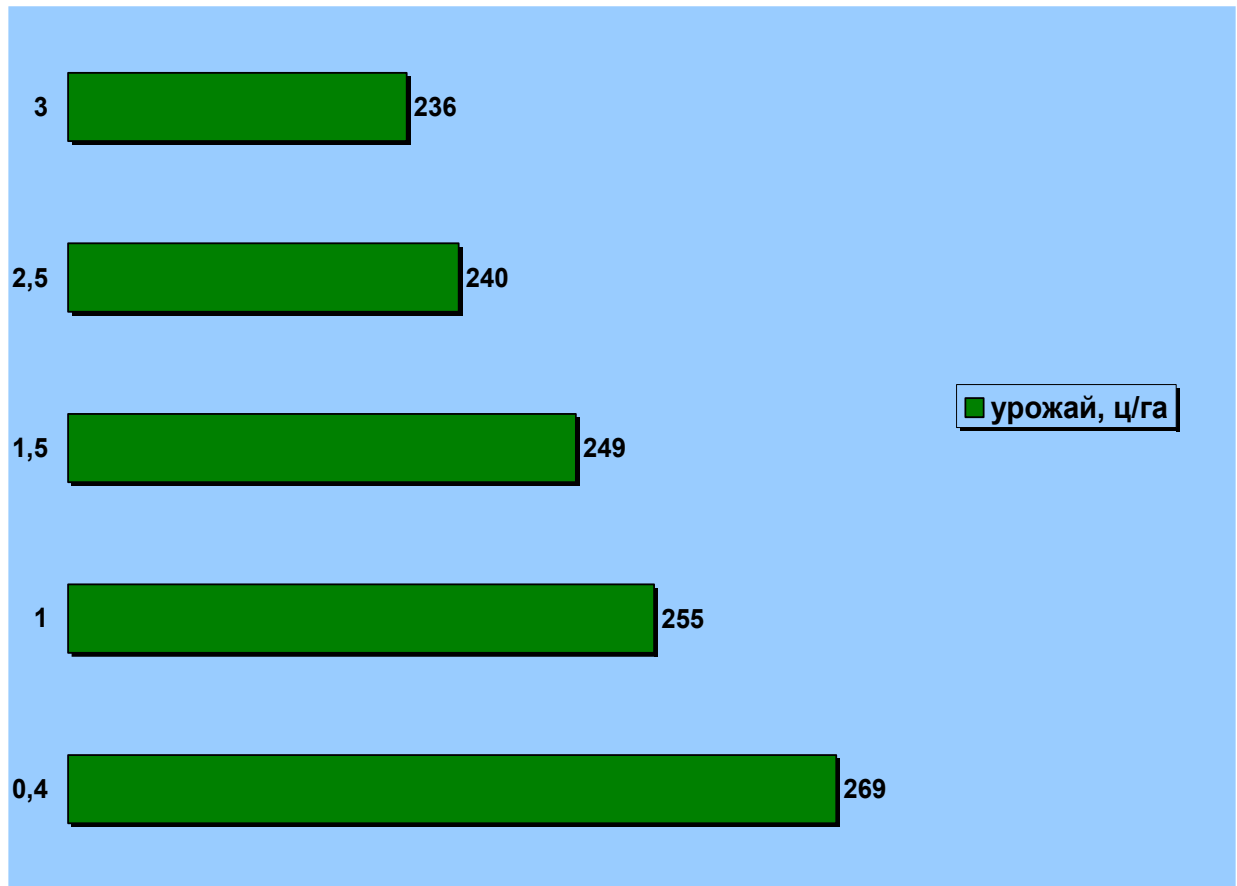


0,4; 1; 1,5; 2,5;3 – мінералізація поливної води в г/л

Рисунок 4.10 – Залежність урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошуваних вод. Одеська область. Північний Степ. Правобережна провінція.

На рисунку 4.11 показана залежність урожаю люцерни від мінералізації зрошувальних вод у Північному Степу Південно-західної провінції. Найбільший урожай спостерігається у випадку, коли мінералізація зрошувальної води складає 0,4 г/л і становить 269 ц/га. При зростанні мінералізації до 1,0 г/л урожайність знижується до 255 ц/га. Зрошування водами з мінералізацією 1,5 г/л призводить до зменшення врожайності на 20 ц (249ц/га) в порівнянні з першим варіантом. При мінералізації води 2,5 г/л урожайність знижується до 240 ц/га. За найвищої концентрації солей (3 г/л) в

зрошувальній воді врожайність в порівнянні з першим варіантом знижується на 30 ц з га (236 ц/га).

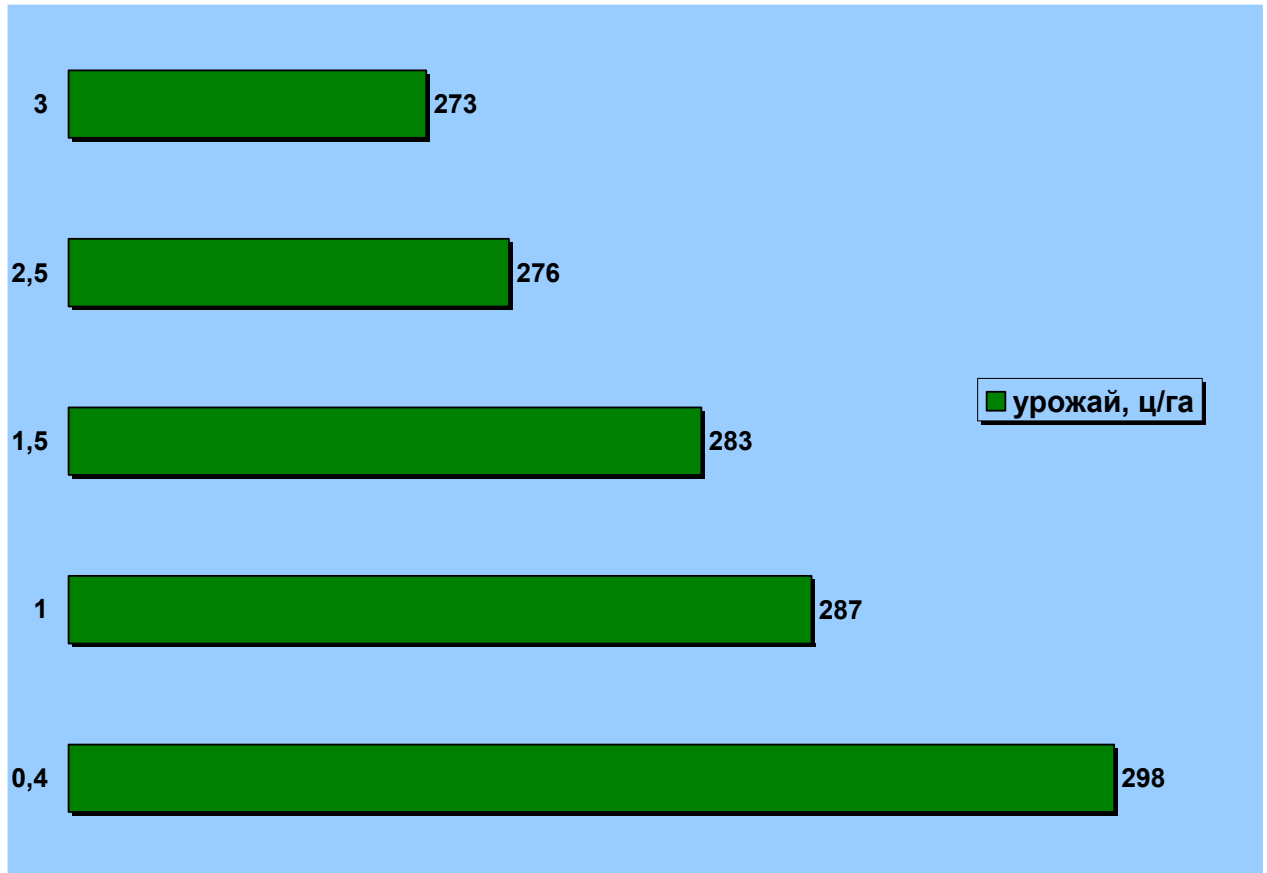


0,4; 1; 1,5; 2,5; 3 – мінералізація зрошувальних вод, г/л

Рисунок 4.11 – Залежність урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошуваних вод. Одеська область. Північний Степ. Південно-західна провінція

На рисунку 4.12 показана залежність урожаю люцерни від мінералізації зрошувальних вод у Південному Степу. Найбільший урожай спостерігається у випадку, коли мінералізація зрошувальної води складає 0,4 г/л і становить 298 ц/га. При зростанні мінералізації до 1,0 г/л урожайність знижується до 287 ц/га, відповідно. Зрошування водами з мінералізацією 1,5 г/л призводить до зменшення врожайності на 15 ц при першому укосі (283ц/га) в порівнянні з

першим варіантом. При мінералізації води 2,5 г/л урожайність знижується до 276 ц/га. За найвищої концентрації солей (3 г/л) в зрошувальній воді врожайність в порівнянні з першим варіантом знижується на 25 ц з га (273 ц/га).

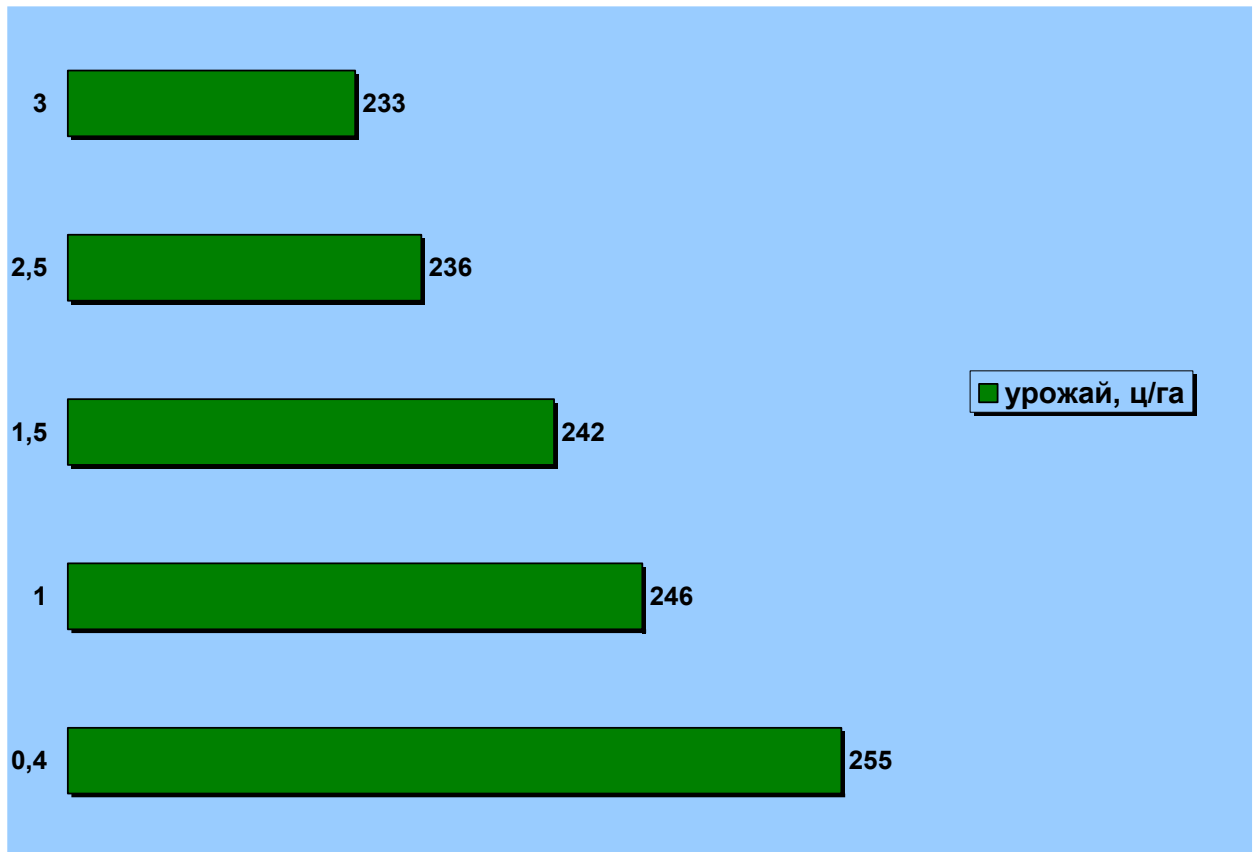


0,4; 1; 1,5; 2,5; 3 – мінералізація зрошувальних вод, г/л

Рисунок 4.12 – Залежність урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошуваних вод. Одеська область. Південний Степ.

На рисунку 4.13 показана залежність урожаю люцерни від мінералізації зрошувальних вод у Південному Сухому Степу Придунайської провінції. Найбільший урожай спостерігається у випадку, коли мінералізація зрошувальної води складає 0,4 г/л і становить 255 ц/га. При зростанні мінералізації до 1,0 г/л урожайність знижується до 246 ц/га. Зрошування водами з мінералізацією 1,5 г/л призводить до зменшення урожайності на 13 ц при першому укосі (242 ц/га) у порівнянні з

першим варіантом. При мінералізації води 2,5 г/л, врожайність знижується до 236 ц/га. За найбільшої концентрації солей (3 г/л) в зрошувальній воді врожайність, в порівнянні з першим варіантом, знижується на 22 ц/га (233 ц/га).

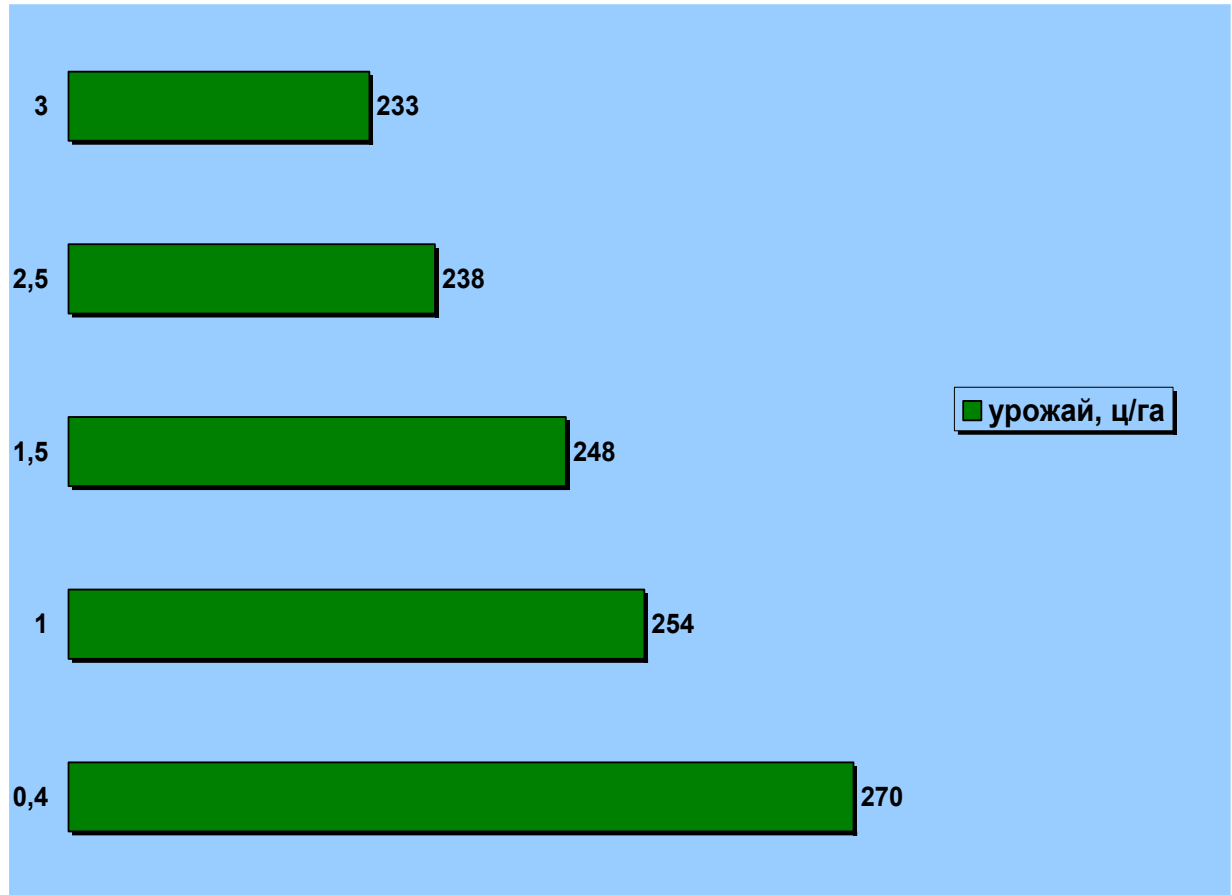


0,4; 1; 1,5; 2,5; 3 – мінералізація зрошувальних вод, г/л

Рисунок 4.13 – Залежність урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошуваних вод. Одеська область. Південний Сухий Степ. Придунайська провінція.

У середньому по області (рис. 4.14) найбільший урожай спостерігається при мінералізації зрошувальної води 0,4 г/л і становить 270 ц/га. При мінералізації 1,0 г/л урожайність, знижується до 254, 243, 197 ц/га, відповідно. Зрошування водами з мінералізацією 1,5 г/л зменшує урожайність на 28 ц при першому укосі (248 ц/га), на 7 ц при другому (241 ц/га), на 3 ц при третьому (196 ц/га) в порівнянні з першим варіантом. При мінералізації води 2,5 г/л

урожайність знижується до 238 ц/га. При концентрації солей (3 г/л), у зрошувальній воді урожайність в порівнянні з першим варіантом знижується на 37 ц з га (233 ц/га).



0,4; 1; 1,5; 2,5; 3 – мінералізація зрошувальних вод, г/л

Рисунок 4.14 – Залежність урожайності зеленої маси люцерни від мінералізації зрошуваних вод(середня по Одеській області).

4.4 Аналіз екологічної чистоти зеленої маси люцерни

Вміст важких металів в рослинах, що перевищує гранично допустиму концентрацію, негативно впливає на продуктивність рослин. Урожай може знижуватися, через гальмування процесів життєдіяльності рослин до 30% і більше. При цьому, якість такого врожаю, так само, не відповідає санітарно-гігієнічним нормам і, одержувана продукція повинна бути переглянута й

визначені заходи, щодо запобігання влучення такої продукції в раціон харчування тварин.

В роботі виконані розрахунки накопичення важких металів: кадмію, ртуті та свинцю в зеленій масі люцерни в залежності від вмісту рухомих форм цих металів в ґрунтах Одеської області. Накопичення важких металів в рослинній масі люцерни розраховувалось з урахуванням маси коріння рослин, їх поглинальної здатності та радіуса кореню.

4.4.1 Аналіз забруднення зеленої маси люцерни кадмієм

Концентрація кадмію в ґрунті (Додаток Г, таблиця Г.4.1) в Лісостеповій зоні знаходиться в кількості 0,16 мг/кг ґрунту, у Північному та Південному Степу ПБП вміст кадмію становить 0,21 мг/кг ґрунту, у Північному Степу ПЗП та Південному Сухому Степу 0,17 мг/кг ґрунту. В середньому по області концентрація кадмію в ґрунті складає 0,18 мг/кг. Гранично допустима концентрація у ґрунті не перевищує 1,00 мг/кг .

Концентрація кадмію у зеленій масі люцерни (Додаток В, таблиця В.4.1) розраховувалась у двох варіантах:

I варіант – накопичення кадмію в богарних умовах (рис. 4.15, у чисельнику);

II варіант – накопичення кадмію в умовах зрошення (рис. 4.15, у знаменнику).

Розрахунки проведені для врожаю першого укусу.

У першому варіанті концентрація кадмію в зеленій масі люцерни становить у Лісостепу – 0,014 мг/кг. У Північному Степу ПБП – 0,018 мг/кг. В Північному Степу ПЗП – 0,013 мг/кг. У Південному Степу – 0,017 мг/кг. У Південному Сухому Степу – 0,013 мг/кг.

Тому що у Лісостепу у виробництві зрошення немає, розрахунки у другому варіанті не виконувались.

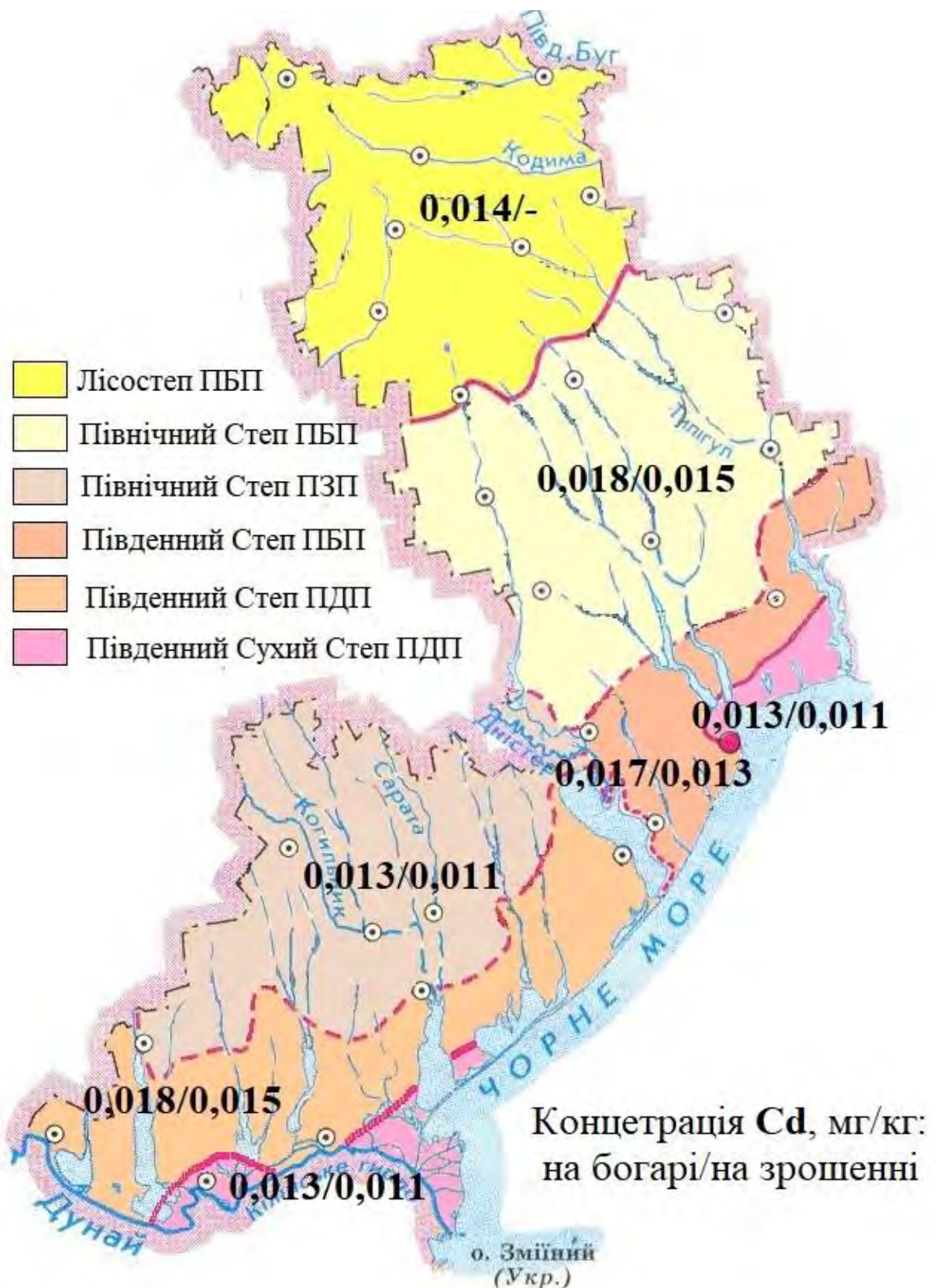


Рисунок 4. 15 – Карта-схема концентрації кадмію(мг/кг) у зеленій масі люцерни. Одеська область.

У другому варіанті вміст кадмію в зеленій масі в Північному Степу ПБП зменшується до 0,013 мг/кг, в Північному Степу ПЗП – до 0,011 мг/кг, у Південному Степу – 0,015 мг/кг, у Південному Сухому Степу – 0,011 мг/кг .

Отже, в умовах зрошення концентрація кадмію знижується за рахунок розбавлення зрошувальною водою.

Аналіз впливу кадмію на урожайність (Додаток В, таблиці В.4.1) показав, що до такої концентрації рослини люцерни ставляться толерантно, тому урожайність зеленої маси не змінюється.

Ураховуючи, що ГДК в рослинній масі дорівнює 0,03 (Додаток Г, таблиця Г.4.1), можна зробити висновок, що токсикологічної дії у кормах кадмій надавати не буде.

4.4.2 Аналіз забруднення зеленої маси люцерни ртуттю

Концентрація ртуті в ґрунті (Додаток Г, таблиця Г.4.2) в Лісостеповій зоні знаходиться в кількості 0,0098 мг/кг ґрунту, у Північному та Південному Степу ПБП вміст ртуті становить 0,0122 мг/кг ґрунту, у Північному Степу ПЗП та Південному Сухому Степу 0,0108 мг/кг ґрунту. В середньому по області концентрація кадмію в ґрунті складає 0,011 мг/кг ґрунту. Гранично допустима концентрація у ґрунті не перевищує 0,10 мг/кг ґрунту.

Концентрація ртуті у зеленій масі люцерни (Додаток В, таблиці В.4.2) розраховувалась у двох варіантах:

І варіант – накопичення ртуті в богарних умовах (рис. 4.16, у чисельнику);

ІІ варіант – накопичення ртуті в умовах зрошення (рис. 4.16, у знаменнику).

Розрахунки також проведені для урожаю першого укусу.

У першому варіанті концентрація ртуті в зеленій масі люцерни становить у Лісостепу – 0,029 мг/кг, у Північному Степу ПБП – 0,035 мг/кг, в Північному Степу ПЗП – 0,029 мг/кг, у Південному Степу – 0,033 мг/кг, у Південному Сухому Степу – 0,028 мг/кг.

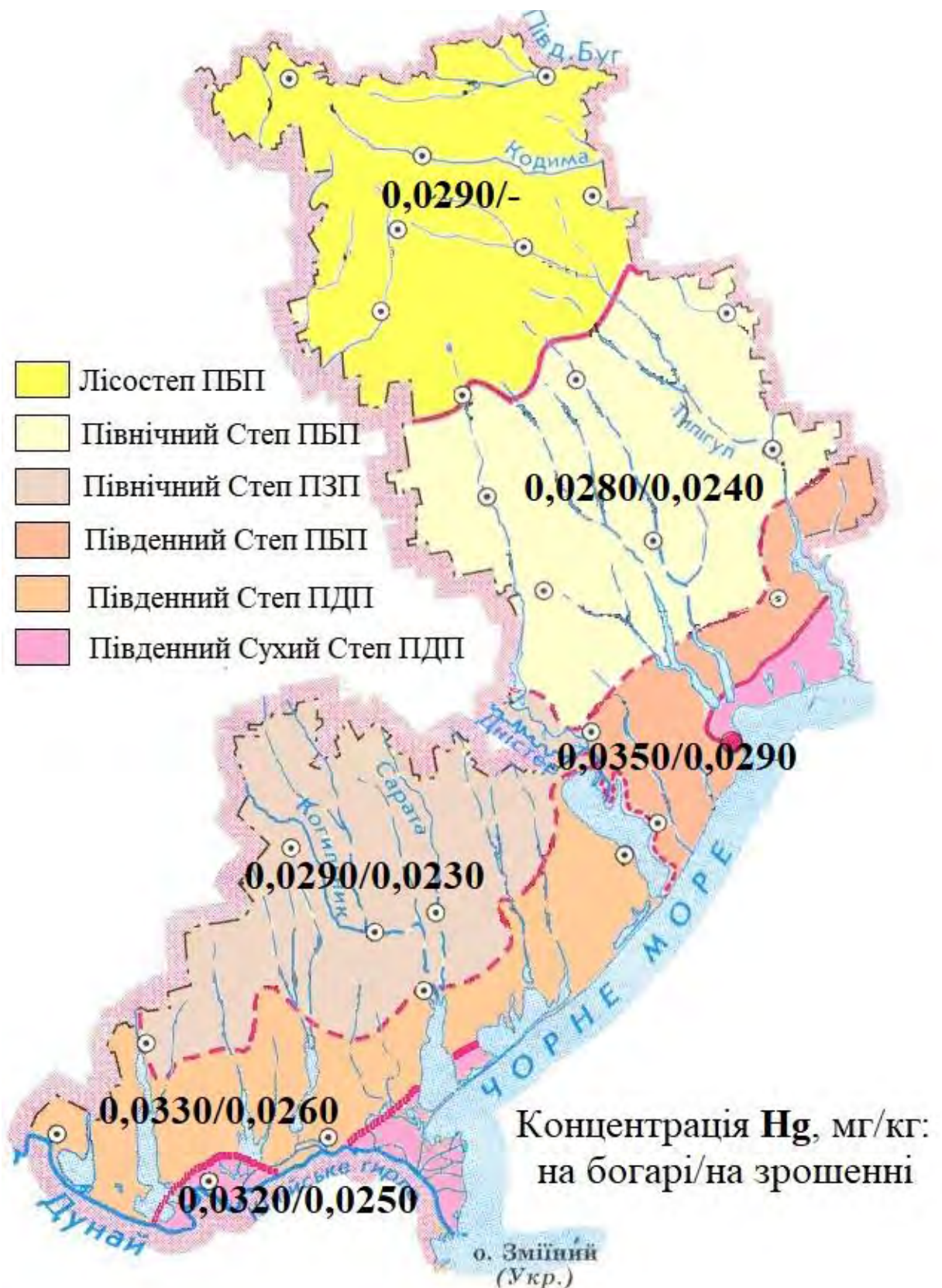


Рисунок 4. 16 – Карта-схема концентрації ртуті (мг/кг) у зеленій масі люцерни. Одеська область

Ртуть легко поглинається кореневою системою та переміщується в самійрослині [17].

Встановлено, що при ГДК ртуті в рослинній масі 0,02 мг/кг (Додаток Г, таблиця Г.4.2), зелена маса люцерни першого укусу має надмірну концентрацію ртуті по всій області, вона є токсичною при вживанні її в їжу тваринами у свіжому вигляді.

У другому варіанті вміст ртуті в зеленій масі в Північному Степу ПБП – 0,026 мг/кг, в Північному Степу ПЗП – 0,023 мг/кг, у Південному Степу – 0,029 мг/кг, у Південному Сухому Степу – 0,024 мг/кг.

Концентрація ртуті в зеленій масі за рахунок зрошення знижується, однак, рівень її в окремих зонах знаходиться близько рівня ГДК, що надає підставу для обережного застосування люцерни в раціоні годування тварин.

Аналіз впливу ртуті на урожайність (Додаток Г, таблиці Г.4.2) показав, що до такої концентрації рослини люцерни ставляться толерантно, тому урожайність зеленої маси не змінюється. З літературних джерел [17, 30] відомо, порушення метаболічних процесів в рослинах під впливом ртуті починаються, коли її концентрація збільшується до 2 мг/кг.

4.4.3 Аналіз забруднення зеленої маси люцерни свинцем

Концентрація свинцю в ґрунті (Додаток Г, таблиця Г.4.3) в Лісостеповій зоні знаходиться в кількості 11,1 мг/кг ґрунту, у Північному та Південному Степу ПБП вміст свинцю становить 15,6 мг/кг ґрунту, у Північному Степу ПЗП та Південному Сухому Степу 10,8 мг/кг ґрунту. В середньому по області концентрація кадмію в ґрунті складає 12,4 мг/кг ґрунту. Гранично допустима концентрація у ґрунті не перевищує 2,0 мг/кг ґрунту.

Концентрація свинцю у зеленій масі люцерни (Додаток В, таблиці В.4.3) розраховувалась також у двох варіантах:

І варіант – накопичення свинцю в богарних умовах (рис. 4.17, у чисельнику);

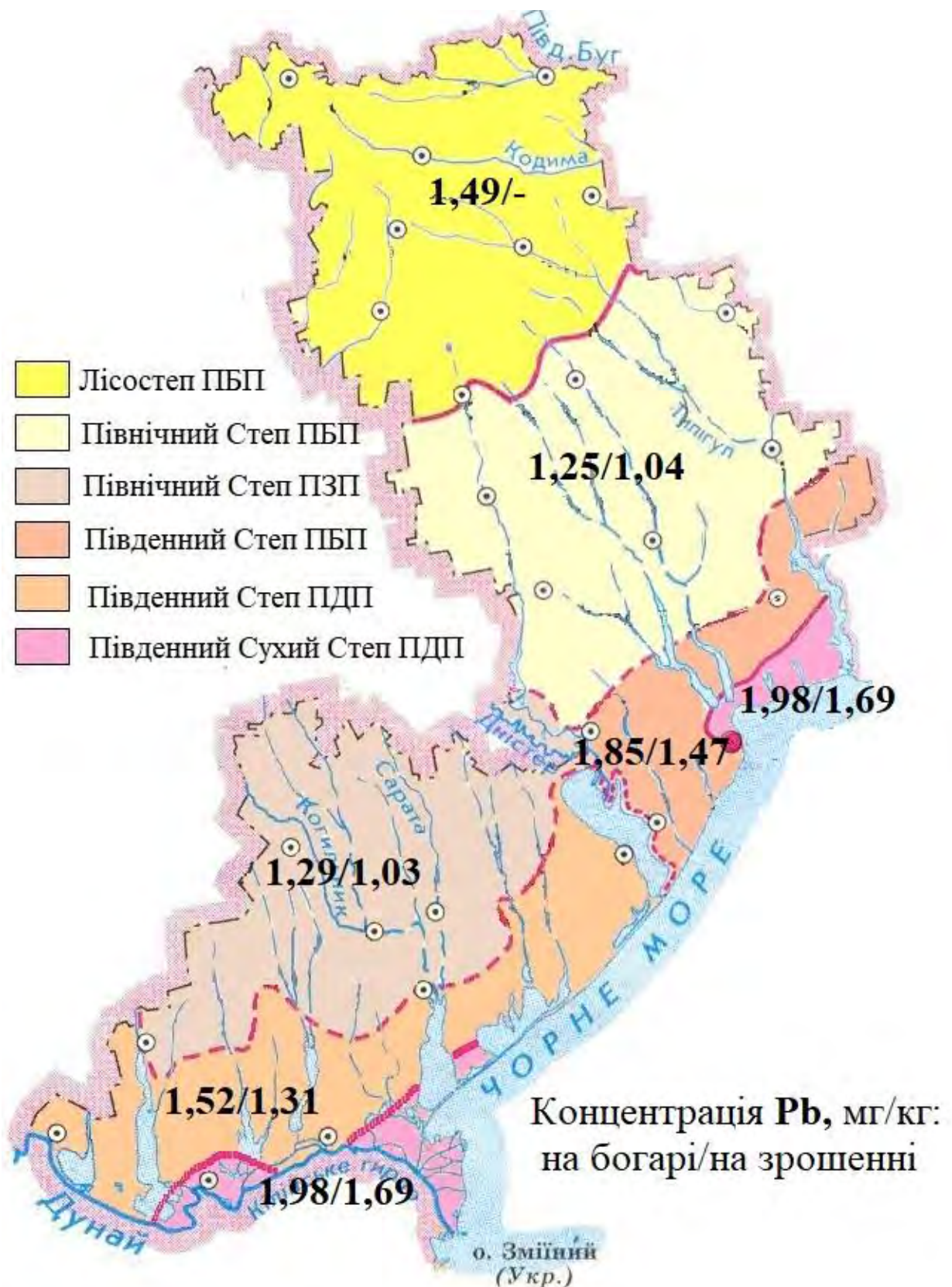


Рисунок 4. 17 – Карта-схема концентрації свинцю (мг/кг) у зеленій масі люцерни. Одеська область.

II варіант – накопичення свинцю в умовах зрошення (рис. 4.17, у знаменнику).

Розрахунки також проведені для урожаю першого укосу.

У першому варіанті концентрація свинцю в зеленій масі люцерни становить у Лісостепу – 1,49 мг/кг, у Північному Степу ПБП – 1,98 мг/кг. В Північному Степу ПЗП – 1,29 мг/кг, у Південному Степу – 1,85 мг/кг, у Південному Сухому Степу – 1,25 мг/кг.

За результатами розрахунків встановлено, що при ГДК свинцю в рослинній масі 0,5 мг/кг (Додаток Г, таблиця Г.4.3), зелена маса люцерни першого укосу має надмірну концентрацію свинцю по всій області. В середньому по області у зеленій масі люцерни концентрація для першого укосу становить 1,7, що більш ніж у 1,5 рази ГДК. Така концентрація має бути токсичною, а трава небезпечною для годування худоби в сирому вигляді.

У другому варіанті вміст свинцю в зеленій масі в Північному Степу ПБП – 1,47 мг/кг, у Північному Степу ПЗП – 1,03 мг/кг, у Південному Степу – 1,69 мг/кг. У Південному Сухому Степу – 1,04 мг/кг.

Концентрація свинцю в зеленій масі за рахунок зрошення знижується, однак рівень його є вищим за ГДК, що надає підстави для обережного застосування зеленої маси люцерни в раціоні годування тварин. Така концентрація вже є токсичною для тварин.

Аналіз впливу свинцю на урожайність (Додаток В, таблиці В.4.3) показав, що до такої концентрації рослини люцерни ставляться толерантно, тому урожайність зеленої маси не змінюється.

Таким чином, оцінка екологічної чистоти зеленої маси люцерни показала, що для годування худоби в сирому вигляді вона є токсичною, тому що вміст ртуті та свинцю в сирій масі мають надмірну концентрацію.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі наведено теоретичні узагальнення досліджень формування продуктивності й екологічної чистоти люцерни, що вирощується на сільськогосподарських угіддях Одеської області. Наведено рішення даної наукової задачі за допомогою методу математичного моделювання, а саме:

1. Вивчено сучасний стан моделювання забруднення ґрунтово-рослинного покриву в умовах інтенсифікації сільського господарства.
2. З літературних джерел встановлено, що Одеська область поділена на агроґрунтові зони, підзони і провінції. В кожній з них під впливом кліматичних умов і рослинності сформувались свої особливі ґрунти: від темно-сірих лісових на півночі до темно-каштанових на півдні. Зрошувальні води в Одеській області мають різну якість: від доброї у річках до незадовільної в озерах.
3. Встановлено, що за результатами агроекологічного обстеження ґрунтів Одеської області в середньому по області забруднення ґрунтів свинцем досягає 10,2 мг/кг, кадмієм дорівнює 0,24 мг/кг, а ртутью становить 0,0634мг/кг.
4. Вивчено модель «Формування продуктивності та екологічної чистоти сільськогосподарських культур в умовах зрошення». Проведена оптимізація параметрів для культури люцерни, ґрунтів зон, підзон і провінцій Одеської області.
5. Виконано розрахунки та аналіз продуктивності зеленої маси люцерни. Встановлено, що на момент першого укусу у люцерни на богарі середня по області площа листя дорівнює $5,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, урожайність становить 190 ц/га. В умовах зрошення площа листя зростає в 1,5...2 рази, тому й урожайність збільшується. Середня по області врожайність становить 270 ц/га.
6. За результатами розрахунків проведено аналіз зміни рівня урожаю зеленої маси люцерни при різній якості зрошуваних вод.

Встановлено, що при мінералізації 1,5 г/л урожайність знижується в середньому по області на 32 ц/га. При мінералізації 3,0 втрати складають до 43 ц/га.

7. Визначено концентрації кадмію (Cd), ртуті (Hg) та свинцю (Pb) в зеленій масі люцерни:

1) Встановлено, що в середньому по області концентрація: кадмію складає на богарі 0,02 мг/кг, в умовах зрошення 0,01 мг/кг, ураховуючи, що ГДК в рослинній масі дорівнює 0,03 мг/кг, тому токсикологічної дії на корма кадмієм надавати не буде; концентрація ртуті на богарі становить 0,03 мг/кг, тому у зеленій масі ртуть має надмірну концентрацію по всій області та є токсичною при вживанні її в їжу тваринами у свіжому вигляді, концентрація ртуті в зеленій масі за рахунок зрошення знижується, однак рівень її в окремих зонах знаходиться близько рівня ГДК, що небезпечно для застосування люцерни в раціоні годування тварин; концентрація свинцю для першого укусу становить 1,7 мг/кг, що більш ніж у 1,5 рази ГДК. Така концентрація є токсичною для тварин, а трава небезпечною для годування худоби в сирому вигляді, концентрація свинцю в зеленій масі за рахунок зрошення знижується, однак рівень його є вищим за ГДК (1,3 мг/кг), що також небезпечно для застосування люцерни в раціоні годування тварин.

2) Встановлено, що до концентрації кадмію, ртуті та свинцю, яка вміщується в зеленій масі люцерни, рослини ставляться толерантно, тому урожайність зеленої маси не змінюється.

Отже, отримані результати рекомендовано використовувати для проведення профілактичних заходів, щоб запобігти забрудненню ґрунтів. А зелену масу люцерни використовувати строго обмежено за висновком ветеринарної служби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Одеській області: (1986-2005)/ М-во надзвичайних ситуацій України; Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів; за ред.. В.М. Ситова, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011, 204 с.
2. Атлас Одеської області /Під ред. Топчієва О.Г. Київ: Тов. «Видавництво"Мапа"», 2002. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://mapaedit.com.ua/ua/katalog_produkcii/navch_produkcija/geografichni_atlasi/odeska_oblast_geografichnij_atlas.html
3. Балюк С.А. Зрошувальні землі. В кн. Родючість ґрунтів / Моніторинг та управління. К.: Урожай, 1992, с. 164-174.
4. Болтик Н.П. Математичне моделювання прогнозування вмісту важких металів у продукції тваринництва /Агроєкологічний журнал. 2014, № 2, с. 103-107. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2014_2_22
5. Важкі метали в ґрунтах / Нова екологія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.novaecologia.org/voecos-1128-1.html>.
6. Вернандер П.Б., Тютюнин Д.А. Природа УССР Почвы. К.: Наукова Думка, 1986, 214с.
7. Гаврилов А.М., Филин В.И. Интенсивные технологии возделывания кормовых культур на орошаемых землях. // Интенсивные возделывания кормовых культур: теория и практика. М.: 1990, с. 49 –60.
8. Довгалюк А. Забруднення довкілля токсичними металами та його індикація за допомогою рослинних тестових систем / А. Довгалюк // Біологічні студії. – № 1, 2013, Том 7. – С. 197 – 204.
9. Довгопола К. А. Екологічна оцінка вмісту важких металів у ґрунті. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe? – Назва з екрану.

10. Довідник з агрокліматичних ресурсів України /Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. К.: Держкомгідромет України. 1993, Серія 2, Ч. 2, с. 567 - 573
11. Жигайло О.Л. Агрометеорологическая оценка продуктивности люцерны на богаре и на орошаемых землях Одещины /Український гідрометеорологічний журнал, 2012, №11, С. 170-177. [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://uhmj.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2012/10/21.pdf>
12. Жигайло О.Л. Контроль забруднення важкими металами багаторічних трав на зрошуваних землях Одещини /Український гідрометеорологічний журнал, 2011, №8, с. 155-161. [Електронний ресурс]. Режим доступу:<https://uhmj.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2011/05/20.pdf>
13. Жигайло Е.Л. Метод агроэкологической оценки радиоактивного загрязнения первичной биологической продукции // Украинський гідрометеорологічний журнал. 2007. №2. С. 16-23. [Електронний ресурс] Режим доступу:<https://uhmj.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/2-Zhigailo-statia.doc.pdf>
14. Жигайло Е.Л. Оценка антропогенного загрязнения сельскохозяйственных культур в Украине. //Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Одесса. 2008, № 3 (7), с. 73 - 80.
15. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К.: Наукова думка, 2002, 213с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?
16. Зінченко О. І. Кормовиробництво: Навчальне видання. 2-е вид., доп. і перероб. К.: Вища освіта, 2005. 448 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://www.isgkr.com.ua/images/sampled/data/doc/-literatura/kormovirobnictvo_zinchenko_o_i.pdf
17. Кабате – Пендиас., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. –379 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.pochva.com/?content=3&book_id=0579

18. Карпенко О.О., Муравкіна М.О. Оцінка еколого-економічних наслідків від нераціонального використання пестицидів на регіональному рівні. // Економічні інновації: збірн.наук. праць. 2012. вип. 48. С.140-149. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/67174/15-Karpenko.pdf?sequence=1>
19. Кирейчева Л.В., Тиньгаев А.В. Моделирование миграции тяжелых металлов в почве при использовании органических отходов. // Природообустройство. 2009. №3. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-migratsii-tyazhelyh-metallov-v-pochve-pri-ispolzovanii-organicheskikh-otходов/viewer>
20. Коваленко О.В., Сыромятников Ю.Н. Математическое моделирование процессов транслокации микроэлементов-метаболитов в системе почва-растение в условиях ее полиэлементного загрязнения тяжелыми металлами. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. №11(169). [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskoe-modelirovanie-protsessov-translokatsii-mikroelementov-metabolitov-v-sisteme-pochva-rastenie-v-usloviyah-ee/viewer>
21. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навч. Посібник. К.: Либідь, 2003, 208 с.
22. Краткий агроклиматический справочник Украины. Л.: Гидрометеиздат, 1976, 256с.
23. Кузнецов М.В., Зима О.Г. Моделювання та прогнозування стану забруднення ґрунтів Харківської області важкими металами. // Системи обробки інформації: збірн.наук. праць. Харків. 2010. випуск 5 (86). С. 239-242. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
[file:///C:/Users/JDS/Downloads/soi_2010_5_58%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/JDS/Downloads/soi_2010_5_58%20(2).pdf)
24. Кулиджанов Г.В. Экологическое состояние почвенного покрова Одесской области // Агроэкологічний журнал. – 2010. – №4. – С.60-64.

25. Кулибабин А.Г., Незвинский А.Ф., Кичук И.Д. Эколого-экономические аспекты орошения и рационального природопользования в зоне Дунай-Днестровской оросительной системы Одесской области. Одесса: Укр. экологическая академия наук. 1997, 85 с.
26. Легкоступ С.С., Поспелов Н.А. Организация производства кормов на индустриальной основе. М.: Колос, 1984, 207 с.
27. Лысогоров С.Д. Орошаемое земледелие. М.: Колос, 1971, 371 с.
28. Люцерна /Сост. М. И. Тарковский. М: Колос, 1974.
29. Маркин Б.К. Оценка кормовых культур на орошении. // Степные просторы. 1981, № 2, с. 101-102.
30. Мартенюк Г.М. Накоплення мікроелементів та важких металів у кормових культурах залежно від строків збирання і удобрення. // Вісник/Державна агроекологічна академія України. 2001, Вип. 1, с. 57 –59.
31. Могилева А. М. Погода и травы. Л.: Гидрометеиздат. 1957, 58 с.
32. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей)/ за наук. ред. С.А. Балюка, Р.С. Трусковецького. Харків: «Стильна типографія», 2018. 116 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://issuu.com/ukraineards/docs/>
33. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 1997 р. – К.: Видавництво Раєвського, 1998.
34. Орошение на Одещине /Почвенно-экологические и агротехнические аспекты. Одесса.: Ред.-изд. Отдел Областного управления по печати, 1992, 435 с.
35. Петренко С.Д., Петренко О.В. Кормовиробництво [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://agrosience.com.ua/sites/default/files/library/files/user585/kormovyrobnyctvo.pdf>
36. Пинский Д.Л., Анталова С.Т., Папура Т.В. Формы нахождения тяжелых металлов в почве и их транслокация в растения //Тр. республ. науч.-

- практ. конф. «Подвижные формы токсичных элементов в почвах Украины». – Киев: ИГМР АН Украины, 1993. – с. 149-153.
37. Полевой А.Н. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиационного загрязнения агроэкосистем. // Метеорология и гидрология. 1993. № 3. с. 97 - 105.
38. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. - Л.: Гидрометеиздат, 1988, 320с.
39. Полуектов Р.А. Динамические модели агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат – 1991.
40. Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.2020 № 1595// Офіційний вісник України. 2020. №64. Ст. 2084. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>
41. Просяникова О.И., Анохин В.С. Тяжелые металлы в почве и урожае // Агрохимический вестник. - 1999 - № 4 – с. 10 – 13.
42. Разанов С. Ф., Ткачук О. П. Інтенсивність забруднення ґрунту важкими металами за вирощування бобових багаторічних трав [Електронний ресурс] – Режим доступу:http://nbuv.gov.ua/UJRN/avpol_2017_10_11
43. Сачко Р.Г., Лесик Я.В., Пилипець А. З. та ін. Вміст важких металів у доквіллі, кормах та продукції ВРХ в біогеохімічній провінції Прикарпаття. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ntbibt_2014_15_2-3_38.pdf
44. Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Математическое моделирование экологических процессов. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 280 с.
45. Флоря Л.В. Оцінка рівня забруднення ґрунтів важкими металами та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур у Північно-Західному Причорномор'ї /Вісник Одеського державного екологічного університету, 2012, вип.13, с. 131-141. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodeu_2012_13_18

46. Франс Дж., Торили Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропримиздат, 1987.
47. Шуфнаревич М.А. Картографічне моделювання розповсюдження важких металів в ґрунтах на основі нейромереж // Матеріали ІV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця, 20-21 червня 2019 року. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А. 2019. С. 345–348. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28943>
48. Ярош О.Б. Механизмы оценки ассимиляционного потенциала почв Украины // ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. 2014. Том 27 (66). №4. С. 176-184. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-otsenki-assimilyatsionnogo-potentsiala-pochv-ukrainy/viewer>
49. Muller H., Prohl G. ECOSYS -87. A dynamik model for the assessment of the radiological consequences of nuclear accidents//Health Phys. 1993.V. 64. P. 232-252.
50. Polevoy A. Description of growth model and radionuclide uptake model.//PHYTOR Evaluation of Willow Plantations for the Phytorehabilitation of Contaminated Arable Land and Flood Plane Areas. Intermediary report #2. – Belgium, INCO-COPERNICUS, 2000. P. 66 – 79.
51. Salim Lamine, George P. Petropoulos, Paul A. Brewer, Nour-El-Islam Bachari, Prashant K. Srivastava, Kiril Manevski, Chariton Kalaitzidis and Mark G. Macklin. Heavy Metal Soil Contamination Detection Using Combined Geochemistry and Field Spectroradiometry in the United Kingdom. Sensors 2019, 19, 762. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://res.mdpi.com/d_attachment/sensors/sensors-19-00762/article_deploy/sensors-19-00762.pdf

ДОДАТКИ

Program MODSOL 6

```

common
w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15),os(15)
common
sol(35),pnor(15),wncp(15),zslw(15),dww(15)
common n,t0,n2,n1,fi
Character*4 a1,a2,a3,a4
character*12 flout
real inf
integer t0,dv
kb=1
c      print *,',ÿI□ÈBΓ È~π д ©« aΓ§Г«MB B®ÿ:'
c      read *,fileout
open
(unit=5,file='uprmod.dat',status='old',form='formatted'
)
c      open
(unit=6,file='result.dat',status='new',form='formatted')
Open (UNIT=6,FILE='uprmod.res')
c      open (unit=6,file=flout)
read(5,100)kb
do 30 i=1,kb
read(5,116) a1,a2,a3,a4
read(5,100)n,t0,n1,n2,fi
read(5,102)(tmax(j),j=1,n)
read(5,102)(w0(j),j=1,n)
read(5,102)(ts(j),j=1,n)
read(5,102)(ss(j),j=1,n)
read(5,102)(os(j),j=1,n)
read(5,115)(dv(j),j=1,n)
read(5,103)(pnor(j),j=1,n)
read(5,103)(wncp(j),j=1,n)
read(5,103)(zslw(j),j=1,n)
read(5,103)(dww(j),j=1,n)
read(5,101)(inf(j),j=1,38)
read(5,101)(sol(j),j=1,33)
close (unit=5)
write(6,117)
117 format(10x,' input information ')
write(6,118)
write(6,116) a1,a2,a3,a4
write(6,100) n,t0,n1,n2,fi
write(6,102) (tmax(j),j=1,n)
write(6,102) (w0(j),j=1,n)
write(6,102) (ts(j),j=1,n)
write(6,102) (ss(j),j=1,n)
write(6,102) (os(j),j=1,n)
write(6,115) (dv(j),j=1,n)
write(6,103) (pnor(j),j=1,n)
write(6,103) (wncp(j),j=1,n)
write(6,103) (zslw(j),j=1,n)
write(6,103) (dww(j),j=1,n)
118 format(4x,33('-'))
write(6,118)
write(6,101)(inf(j),j=1,38)
write(6,101)(sol(j),j=1,33)
write(6,119)
119 format(1x,70('*'))
write(6,120)

120 format(1x,'
Results
)
write(6,119)
call dmpp
100 format(4i3,f6.2)
101 format(7f11.6)
102 format(14f5.1)
103 format(9f8.3)
115 format(24i3)
116 format(4a4)
30 continue
stop
end
subroutine dmpp
dimension llm(15),qm(15),ts1m(15),ts2m(15)
common
w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15),os(15)
common
sol(35),pnor(15),zslw(15),dww(15),wncp(15)
dimension
j1m(15),gim(15),flm(15),ksi(15),gamfm(15),blm(15),
1
bsm(15),brm(15),bpm(15),af1m(15),ar1m(15),tss(150)
,ts11(15),
2
blmzn(15),bsmzn(15),brmzn(15),bpmzn(15),f2ncp(1
5),zslf2(15),
3
eakt(15),epot(15),otwlag(15),obnk(15),obpk(15),obk
k(15)
dimension
pmzn(15),pmlzn(15),pmszn(15),pmpzn(15),pmrzn(15
),
1 fil(15)
real ksi,llm,dmpzn,ncp,ncp1
real*8 ksifl,top,td
integer t0,dv,gi,g2,gim
common n,t0,n1,n2,fi
real m,ml,ms,mr,mp,ll,ls,lp,mu,ksifp,inf,j0,jj
dimension
znlk(15),znsk(15),znpk(15),znrk(15),znmk(15)
real mzn,mlzn,mszn,mrzn,mpzn,znmm
drost(ts2,topt,cc)=(2.3026*(2./topt)*10.**((2.-
(2./topt)*ts2)*
* 1000.*cc)/(1.+10.**((2.-((2./topt)*ts2))**2
ff0l(bk,b,jj,ob)=bk*ob*b*jj/(bk*ob+b*jj)
j1=1
-----
dmpzn=0.
fl=0.
f0l=0.
gi=0
ml=inf(1)
ms=inf(2)
mr=inf(3)
mp=inf(4)
-----
mlzn=inf(31)
mszn=inf(32)

```

```

mrzn=inf(33)
mpzn=inf(34)
-----
sss=inf(25)
sss1=inf(26)
ll=inf(5)
ts2=0
-----
j2=0
c write(6,331)ml,ms,mr,mp,mlzn,mszn,mrzn,mpzn
331 format(1x,4f7.3)
write(6,121)
121 format(' ')
write(6,122)
122 format(10x,'          Biomass ')
write(6,120)
109
format(4x,'i',1x,'dek',1x,'i',1x,'cyt',2x,'i',4x,'ml',3x,'i',4
x,
1'ms',3x,'i',4x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,'i',3x,'m',4x,'i')
write(6,109)
120 format(4x,62('-'))
c write(6,125)
125 format(10x,'          Z Biomass ')
c write(6,500)
500
format(4x,'i',1x,'dek',1x,'i',1x,'cyt',2x,'i',3x,'mlzn',2x,'i'
,
13x,'mszn',2x,'i',3x,'mrzn',2x,'i',2x,'mpzn',2x,'i',3x,
2'mzn',2x,'i')
write(6,120)
C write(*,120)
C write(*,120)
do 300 j=1,n
nn=dv(j)
do 310 i=1,nn
ts1=ts(j)-5
if(ts1.lt.0)ts1=0
ts2=ts2+ts1
tss(i+j2)=ts2
310 continue
j2=j2+dv(j)
ts11(j)=ts1
300 continue
c .....
ncp=sol(1)
ncp1=sol(1)
zslp=sol(17)
zslp1=sol(17)
c .....
do 99 j=1,n
s1=0
s2=0
s3=0
s4=0
s5=0
s6=0
s7=0
s8=0
s9=0
s10=0
s11=0

```

Продовження Додатку А

```

s12=0
s13=0
s14=0
s15=0
ts1=ts11(j)
-----
m=ml+ms+mr+mp
-----
mzn=mlzn+mszn+mrzn+mpzn
fmzn=mlzn+mszn
fm=ml+ms
c write(6,334)m
334 format(1x,f10.2)
nn=dv(j)
do 400 i=1,nn
444 format(1x,i5,2x,f8.3)
ts2=tss(gi+1)
c write(*,444)gi,tss(gi)
-----
delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-0.196e-
2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
*(t0+gi)**3-0.616)
a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
tz=12+3.8197*acos(-a/b)
tv=24-tz
-----
s1=s1+delta
s2=s2+a
s3=s3+b
s4=s4+tz
s5=s5+tv
c write(6,335)tv,delta
335 format(1x,2f8.2)
-----
a1=-100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)
af1=exp(-a1*((ts2-inf(8))/10)**2)
a1=-100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
ar1=exp(-a1*((ts2-inf(9))/10)**2)
-----
dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
dms=drost(ts2,inf(11),inf(22))
dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
dmlzn=drost(ts2,inf(10),inf(27))
dmszn=drost(ts2,inf(11),inf(28))
dmrzn=drost(ts2,inf(12),inf(29))
rlzn=ts2-inf(14)
r1=ts2-inf(14)
if(r1.lt.0) goto 62
dmp=drost(r1,inf(13)-inf(14),inf(24))
dmpzn = drost(rlzn,inf(13)-inf(14),inf(30))
goto 63
62 dmp=0.0
63 s6=s6+af1
s7=s7+ar1
s8=s8+dml
s9=s9+dms
s10=s10+dmr
s11=s11+dmp
s12=s12+dmlzn

```


Продовження Додатку А

```

s13=s13+dmszn
s14=s14+dmrzn
s15=s15+dmpzn
gi=gi+1
400 continue
delta=s1/dv(j)
a=s2/dv(j)
b=s3/dv(j)
tz=s4/dv(j)
tv=s5/dv(j)
taud=tz-tv
afl=s6/dv(j)
arl=s7/dv(j)
dml=s8/dv(j)
dms=s9/dv(j)
dmr=s10/dv(j)
dmp=s11/dv(j)
dmlzn=s12/dv(j)
dmszn=s13/dv(j)
dmrzn=s14/dv(j)
dmpzn=s15/dv(j)
dm=dml+dms+dmr+dmp
dmzn=dmlzn+dmszn+dmrzn+dmpzn
c
write(6,336)dml,dms,dmp,dmr,dm,dmlzn,dmszn,dmr
zn,dmpzn
336 format(1x,5f10.3)
bl=dml/dm
bs=dms/dm
br=dmr/dm
bp=dmp/dm
blzn=dmlzn/dmzn
bszn=dmszn/dmzn
brzn=dmrzn/dmzn
bpzn=dmpzn/dmzn
if( n2.eq.1 ) goto 1
if( n2.eq.2 ) goto 2
if( n2.eq.3 ) goto 3
nn1=30-n1+1
if( gi.le.nn1 ) goto 7
Продовження Додатку А
if( gi.le.nn1+31 ) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
1 nn1=31-n1+1
if( gi.le.nn1 ) goto 4
if( gi.le.nn1+30 ) goto 5
if( gi.le.nn1+61 ) goto 6
if( gi.le.nn1+91 ) goto 7
if( gi.le.nn1+122 ) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
2 nn1=30-n1+1
if( gi.le.nn1 ) goto 5
if( gi.le.nn1+30 ) goto 6
if( gi.le.nn1+61 ) goto 7
if( gi.le.nn1+92 ) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
3 nn1=31-n1+1
if( gi.le.nn1 ) goto 6
if( gi.le.nn1+30 ) goto 7
if( gi.le.nn1+61 ) goto 8
td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
-----
4 td=tmax(j)-3.
goto 9
5 td=0.835*tmax(j)-1.365
goto 9
6 td=0.856*tmax(j)-1.008
goto 9
7 td=0.891*tmax(j)-1.081
goto 9
8 td=0.823*tmax(j)+0.559
9 q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
j0=0.5*q/(taud*60)
top=inf(38)
w1=w0(j)/inf(7)
ksifl=((td+10)/32)**(0.11174*(td-top)/10)*
1 ((36-td)/14)**(0.9041*(td-top)/10)
-----
if( ksifl.gt.1 ) ksifl=1
if( ksifl.lt.0.1 ) ksifl=0.1
if( inf(7).le.85 ) gamf=2.899*exp(-0.9117*w1)-
3.64*exp(-2.73*w1)
if( inf(7).gt.85 ) gamf=4.200*exp(-0.703*w1)-
5.48*exp(-1.648*w1)
if( gamf.gt.1 ) gamf=1
if( gamf.lt.0.1 ) gamf=0.1
fgncf1=0.06*sol(3)+1.0
if( fgncf1.gt.1.3 ) fgncf1=1.3
fgncf2=-0.1*sol(4)+1.25
if( sol(4).lt.2. ) fgncf2=1
c .....
if( pnor(j).ne.0 ) ncp1=(1.25*wncp(j)-
0.125)*fgncf1*fgncf2
ncp=ncp1
c .....
14 flncp=-0.31*ncp+0.4
if( flncp.lt.0. ) flncp=0
a=(2.3026*(2/(inf(13)-inf(14))))*10**(2-
(2/(inf(13)-inf(14))))*
*(ts2-inf(14)))**2*ts1*dv(j)
b=(1+10**(2-(2/(inf(13)-inf(14))))*(ts2-
inf(14))))**2
rgr=a/b
if( ts2.lt.inf(14) ) rgr=0.
f2ncp(j)=1.-flncp*rgr
fgzlf1=0.444*sol(3)+0.7
if( fgzlf1.gt.3. ) fgzlf1=3.
fgzlf2=-0.45*sol(4)+1.2
if( fgzlf2.gt.1. ) fgzlf2=1.
c .....
if( pnor(j).ne.0 )
zslp1=(0.086*zslw(j)+0.092)*fgzlf1*fgzlf2
zslp=zslp1
c .....
zslf1=sol(8)*(zslp-sol(7))
if( zslf1.lt.0. ) zslf1=0.
goto 17

```

Продовження Додатку А

```

16 zslf1=0.
17 zslf2(j)=1.-zslf1*rgr
   if (f2ncp(j).LT.zslf2(j)) goto 18
   f2min=zslf2(j)
   goto 19
18 f2min=f2ncp(j)
-----
19 dmm=(fl-ar1*(0.015*m+0.20*fl))*f2min
   filt(j)=w0(j)+os(j)+pnor(j)-inf(7)
   if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
   epot(j)=0.65*dww(j)*dv(j)*0.75
   eakt(j)=(2*w0(j)+(os(j)+pnor(j)))/
1 (1+(2*(inf(7)-sol(9)))/(epot(j)))
   w0(j+1)=w0(j)+os(j)+pnor(j)-eakt(j)-filt(j)
   otkolw=pnor(j)/epot(j)
   e=eakt(j)/epot(j)
-----
   if(e.gt.1.) goto 20
   otwlag(j)=e
   if(e.gt.1)e=1
   if(e.lt.0.5)e=0.5
   goto 21
20 otwlag(j)=1
21 ftl=af1*f0l*ksifl*otwlag(j)
   sumn=sol(19)
   p=sumn/sol(13)
   obnk(j)=p**1.35*exp(1.1*(1-p))
   if(obnk(j).gt.1)obnk(j)=1
   if(obnk(j).lt.0.1)obnk(j)=0.1
   sump=sol(20)
   p1=sump/sol(14)
   obpk(j)=p1**1.35*exp(1.1*(1-p1))
   if(obpk(j).gt.1)obpk(j)=1
   if(obpk(j).lt.0.1)obpk(j)=0.1
   sumk=sol(21)
   p2=sumk/sol(15)
   obkk(j)=p2**1.35*exp(1.1*(1-p2))
   if(obkk(j).gt.1)obkk(j)=1
   if(obkk(j).lt.0.1)obkk(j)=0.1
   if(obnk(j).lt.obpk(j)) goto 22
   if(obpk(j).lt.obkk(j)) goto 23
   goto 24
22 if(obnk(j).lt.obkk(j)) goto 25
   goto 24
23 obmin=obpk(j)
   goto 26
25 obmin=obnk(j)
   goto 26
24 obmin=obkk(j)
26 obnpkk=obmin
   jj=j0/(1.+0.5*ll)
   f0l=ff0l(sss,sss1,jj,obnpkk)
   fl=0.68*fl1*ll*taud*0.1
   dmmzn=(172.8*inf(35)*inf(36)*mr)/inf(37)
-----
   v1=0.3*ml*ts1/(tss(j2)-2.*inf(10))
   v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-2.*inf(11))
   v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-2.*inf(12))
-----
   if(ts2.lt.2*inf(10)) v1=0
   if(ts2.lt.2*inf(11)) v2=0
   if(ts2.lt.2*inf(12)) v3=0
-----
   ml=ml+(bl*dmm-v1)*dv(j)
ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)
mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)*f2min
mg=mp*0.75
-----
mlzn=mlzn+(blzn*dmmzn-v1/ml*mlzn)*dv(j)
mszn=mszn+(bszn*dmmzn-v2/ms*mszn)*dv(j)
mrzn=mrzn+(brzn*dmmzn-v3/mr*mrzn)*dv(j)
mpzn=mpzn+(bpzn*dmmzn+v1/ml*mlzn+v2/ms*mszn+v3/mr*mrzn)*dv(j)
c
write(6,337)ml,ms,mp,mr,mlzn,mszn,mrzn,mpzn
znlk(j)=mlzn/ml
znsk(j)=mszn/ms
znrk(j)=mrzn/mr
znpk(j)=mpzn/mp
znmk(j)=mzn/m
337 format(1x,4f10.3)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).ge.0) ll=ll+(bl*dmm-
v1)*dv(j)/inf(20)
if((bl*dmm-v1)*dv(j).lt.0) ll=ll+(bl*dmm-
v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
if(ll.lt.0) ll=0.001
j1m(j)=j
jim(j)=gi
flm(j)=fl
ksij(j)=ksifl
gamfm(j)=gamf
blm(j)=bl
bsm(j)=bs
brm(j)=br
bpm(j)=bp
blmzn(j)=blzn
bsmzn(j)=bszn
brmzn(j)=brzn
bpmzn(j)=bpzn
aflm(j)=afl
arlm(j)=arl
llm(j)=ll
qm(j)=q
ts1m(j)=ts1
ts2m(j)=ts2
write(6,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,m
139
format(4x,'i',i5,'i',i4,2x,'i',f8.3,1x,'i',1x,f8.3,'i',1x,f8.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
pmlzn(j)=mlzn
pmszn(j)=mszn
pmrzn(j)=mrzn
pmpzn(j)=mpzn
pmzn(j)=mzn
c write(6,139)j,gi,mlzn,mszn,mrzn,mpzn,mzn
j1=j1+1
c
ncpl=ncp
zslp1=zslp
c
99 continue
write(6,121)
write(6,120)
write(6,125)

```

Продовження Додатку А

```

write(6,120)
write(6,500)
write(6,120)
do 999 j=1,n

write(6,931)j,gim(j),pmlzn(j),pmszn(j),pmrzn(j),pmp
zn(j),pmzn(j)
931
format(4X,'i',i5,'i',i4,2x,'i',f8.3,1x,'i',1x,f8.3,'i',1x,f8.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
999 continue
write(6,120)
write(6,1200)
1200 format(4x,64('-'))
write(6,121)
write(6,929)
929 format(20X,'Concentration')
write(6,1200)
write(6,930)
930
format(4X,'i','dek','i','cyt','i',3X,'kznl',3X,'i',3X,'kzns',3
X,
1'i',3X,'kznr',3X,'i',3X,'kznp',3X,'i',3X,'kznm',3X,'i')
write(6,1200)
do 9999 j=1,n

write(6,932)j,gim(j),znlk(j),znsk(j),znrk(j),znpk(j),zn
mk(j)
932 format(4X,'i',i3,'i',i3,'i',5(f10.3,'i'))
9999 continue
write(6,1200)
j1=j-1
write(6,121)
write(6,170)
170 format(10x,' Leaf area index . Temperature.
Soilmoisture ')
write(6,140)
write(6,143)
143
format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',2x,'i',2x,'ll',1x,'i',3x,'q',4x,
1'i',2x,'ts1',2x,'i',3x,'ts2',2x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1x
1,'i', gamf',i')
write(6,140)
do 154 ji=1,j1

write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(ji),qm(ji),ts1m(ji),ts2
m(ji)
1,flm(ji),ksi(ji),gamfm(ji)
154 continue
151 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',f5.2,
1'i',f8.3,'i',f7.3,'i',f8.3,'i',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5.2,'i')
write(6,121)
write(6,140)
write(6,153)
153 format(15x,' Grow ')
write(6,140)
write(6,149)
write(6,140)
149 format(4x,'i','dek',1x,'i',1x,
'cyt',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',
13x,'bs',3x,'i',3x,'br',3x,'i',3x,'bp',3x,'i',2x,'af1',2x,'i',3x,
1'ar1',3x,'i')

do 141 i5=1,j1
write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blm(i5),
1 bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),af1m(i5),ar1m(i5)
141 continue
write(6,121)
write(6,140)
write(6,503)
503 format(15x,' ZGrow ')
write(6,140)
write(6,504)
write(6,140)
Продовження Додатку А
504 format(4x,'i','dek',1x,'i',1x,
'cyt',1x,'i',2x,'blzn',2x,'i',
12x,'bszn',2x,'i',2x,'brzn',2x,'i',2x,'bpzn',2x,'i',3x,'af1',2
x,
2'i',3x,'ar1',2x,'i')
do 1411 i5=1,j1
write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blmzn(i5),
1 bsmzn(i5),brmzn(i5),bpmzn(i5),af1m(i5),ar1m(i5)
1411 continue
write(6,140)
150 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',2x,
1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
21x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i')
140 format(4x,66('-'))
write(6,121)
write(6,120)
write(6,1250)
1250 format(10x,'Zasolenie')
write(6,120)
write(6,5000)
5000 format(1x,'i','dek','i','cyt','i',2x,'f2ncp',1x,'i',
12x,'zslf2',1x,'i',2x,'eakt',2x,'i',2x,'epot',2x,'i',1x,'otwla
g',
21x,'i')
write(6,120)
do 45 j=1,n

write(6,459)j,gim(j),f2ncp(j),zslf2(j),eakt(j),epot(j),ot
wlag(j)
459 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',f8.6,'i',4(f8.3,'i'))
45 continue
write(6,120)
write(6,5333)
5333
format(1x,'i','dek','i','cyt','i',2x,'obnk',2x,'i',2x,'obpk',2
x,
1'i',2x,'obkk',2x,'i', filt i w0 i')
write(6,120)
do 88 j=1,n

write(6,222)j,gim(j),obnk(j),obpk(j),obkk(j),filt(j),w0
(j)
222 format(1x,'i',i3,'i',i3,'i',3(f7.3,'i'),f5.2,'i',f5.0,'
i')
88 continue
write(6,120)
close (unit=6)
return
end

```

Таблиця Б.4.1 – Залежність урожаю зеленої маси люцерни від якості зрошувальних вод. Одеська область (1-й укіс)

Зрошувальна норма, м ³ /га	Норма вегетаційно го поливу, м ³ /га	Кількість поливів	УРОЖАЙ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ , ц/га				
			S _{ZAS} = 0,4 S _{OSSL} = 1,5	S _{ZAS} = 1,0 S _{OSSL} = 0,6	S _{ZAS} = 1,5 S _{OSSL} = 0,4	S _{ZAS} = 2,5 S _{OSSL} = 0,2	S _{ZAS} = 3,0 S _{OSSL} = 0,1
ПІВНІЧНИЙ СТЕП(Правобережна провінція)							
1000	500	2	269	255	249	240	236
ПІВНІЧНИЙ СТЕП(Південно-західна провінція)							
1500	500	3	254	245	241	235	232
ПІВДЕННИЙ СТЕП(Правобережна провінція)							
1000	500	2	298	287	283	276	273
ПІВДЕННИЙ СУХИЙ СТЕП(Придунайська провінція)							
1500	500	3	255	246	242	236	233
СЕРЕДНЯ ОБЛАСНА							
1000	500	2	270	254	248	238	233

S_{ZAS}—мінералізація зрошувальної води, S_{OSSL}— Na-Сапотенціал зрошувальної води, відн.од.

Таблиця В.4.1 – Залежність урожаю зеленої маси люцерни від концентрації Cd. Одеська область

Агрогрунтова зона (підзона, провінція)	Концентрація Cd в зеленої масі, мг/кг	Урожай, ц/га 1-й укіс	
		БОГАРА	ЗРОШЕННЯ
Лісостеп(Правобережна провінція)	Відсутня	0,00	-
		216	-
	Фактична	0,014	-
		216	-
	ГДК	0,03	-
		216	-
Північний Степ (Правобережна провінція)	Відсутня	0,00	0,00
		169	269
	Фактична	0,018	0,013
		169	269
	ГДК	0,03	0,03
		169	269
Північний Степ (Південно-західна провінція)	Відсутня	0,00	0,00
		130	254
	Фактична	0,013	0,011
		130	254
	ГДК	0,03	0,03
		130	254
Південний Степ (Правобережна провінція)	Відсутня	0,00	0,00
		246	298
	Фактична	0,017	0,015
		246	298
	ГДК	0,03	0,03
		246	298
Південний сухий Степ (Придунайська провінція)	Відсутня	0,00	0,00
		173	255
	Фактична	0,013	0,011
		173	255
	ГДК	0,03	0,03
		173	255
Середня обласна	Відсутня	0,00	0,00
		190	270
	Фактична	0,014	0,013
		190	270
	ГДК	0,03	0,03
		190	270

Таблиця В.4.2 – Залежність урожаю зеленої маси люцерни від концентрації Нг. Одеська область

Агрогрунтова зона, підзона	Концентрація Нг зеленої маси, мг/кг	Урожай, ц/га 1-й укос	
		БОГАРА	ЗРОШЕННЯ
Лісостеп (Правобережна провінція) Любашівка	Відсутня	0,00	-
		216	-
	Фактична	0,0290	-
		216	-
	ГДК	0,02	-
		216	-
Північний степ (Правобережна провінція) Роздільна	Відсутня	0,00	0,00
		169	269
	Фактична	0,0280	0,0240
		169	269
	ГДК	0,02	0,02
		169	269
Північний степ (Південно-західна провінція) Болград	Відсутня	0,00	0,00
		130	254
	Фактична	0,0290	0,0230
		130	254
	ГДК	0,02	0,02
		130	254
Південний степ (Правобережна провінція) Одеса	Відсутня	0,00	0,00
		246	298
	Фактична	0,0350	0,0290
		246	298
	ГДК	0,02	0,02
		246	298
Південний сухий степ (Придунайська провінція) Измаил	Відсутня	0,00	0,00
		173	255
	Фактична	0,0320	0,0250
		173	255
	ГДК	0,02	0,02
		173	255
Середня обласна	Відсутня	0,00	0,00
		190	270
	Фактична	0,0310	0,0254
		190	270
	ГДК	0,02	0,02
		190	270

Продовження Додатку В

Таблиця В.4.3 – Залежність урожаю зеленої маси люцерни від концентрації Рв. Одеська область

Агрогрунтова зона, підзона	Концентрація Р _в зеленої масі, мг/кг	Урожай, ц/га 1-й укос	
		БОГАРА	ЗРОШЕННЯ
Лісостеп (Правобережна провінція) Любашівка	Відсутня	0,00	-
		216	-
	Фактична	1,49	-
		216	-
	ГДК	0,50	-
		216	-
Північний степ (Правобережна провінція) Роздільна	Відсутня	0,00	0,00
		169	269
	Фактична	1,25	1,04
		169	269
	ГДК	0,50	0,50
		169	269
Північний степ (Південно-західна провінція) Болград	Відсутня	0,00	0,00
		130	254
	Фактична	1,29	1,03
		130	254
	ГДК	0,50	0,50
		130	254
Південний степ (Правобережна провінція)Одеса	Відсутня	0,00	0,00
		246	298
	Фактична	1,85	1,47
		246	298
	ГДК	0,50	0,50
		246	298
Південний сухий степ (Придунайська провінція) Измаил	Відсутня	0,00	0,00
		173	255
	Фактична	1,98	1,69
		173	255
	ГДК	0,50	0,50
		173	255
Середня обласна	Відсутня	0,00	0,00
		190	270
	Фактична	1,56	1,31
		190	270
	ГДК	0,50	0,50
		190	270

Таблиця Г.4.1 – Концентрація Cd у зеленій масі люцерни. Одеська область

Ґрунт	Концентрація Cd у ґрунті, мг/кг		Концентрація Cd у зеленій масі, мг/кг	
			<i>БОГАРА</i>	<i>ЗРОШЕННЯ</i>
1-й укіс				
ЛІСОСТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем типовий, легкоглинистий	Факт.	0,24	0,014	-
	ГДК	1,00	0,03	-
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем звичайний, легкоглинистий	Факт.	0,25	0,018	0,015
	ГДК	1,00	0,03	0,03
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Південно-західна провінція)				
чорнозем звичайний, важкосуглинковий	Факт.	0,17	0,013	0,011
	ГДК	1,00	0,03	0,03
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем південний, середньосуглинковий	Факт.	0,21	0,017	0,013
	ГДК	1,00	0,03	0,03
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
чорнозем південний, важкосуглинковий	Факт.	0,26	0,018	0,015
	ГДК	1,00	0,03	0,03
ПІВДЕННИЙ СУХИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
темно-каштановий, середньосуглинковий	Факт.	0,17	0,013	0,011
	ГДК	1,00	0,03	0,03
СЕРЕДНЯ ОБЛАСНА				
чорнозем та каштановий	Факт.	0,24	0,014	0,013
	ГДК	1,00	0,03	0,03

Таблиця Г.4.2 – Концентрація Hg у зеленій масі люцерни. Одеська область

Ґрунт	Концентрація Hg у ґрунті, мг/кг		Концентрація Hg у зеленій масі, мг/кг	
			БОГАРА	ЗРОШЕННЯ
1-й укіс				
ЛІСОСТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем типовий, легкоглинистий	Факт.	0,0661	0,029	-
	ГДК	0,10	0,020	-
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем звичайний, легкоглинистий	Факт.	0,0626	0,0280	0,0240
	ГДК	0,10	0,0200	0,0200
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Південно-західна провінція)				
чорнозем звичайний, важкосуглинковий	Факт.	0,0664	0,0290	0,0230
	ГДК	0,10	0,0200	0,0200
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем південний, середньосуглинковий	Факт.	0,1091	0,0350	0,0290
	ГДК	0,10	0,0200	0,0200
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
чорнозем південний, важкосуглинковий	Факт.	0,0899	0,0330	0,0260
	ГДК	0,10	0,0200	0,0200
ПІВДЕННИЙ СУХИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
темно-каштановий, середньосуглинковий	Факт.	0,0838	0,0320	0,0250
	ГДК	0,10	0,0200	0,0200
СЕРЕДНЯ ОБЛАСНА				
чорнозем та каштановий	Факт.	0,0634	0,031	0,0254
	ГДК	0,10	0,020	0,020

Таблиця Г.4.3 – Концентрація Рb у зеленій масі люцерни. Одеська область

Ґрунт	Концентрація Рb у ґрунті, мг/кг		Концентрація Рb у зеленій масі, мг/кг	
			БОГАРА	ЗРОШЕННЯ
1-й укіс				
ЛІСОСТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем типовий, легкоглинистий	Факт.	10,5	1,49	-
	ГДК	6,0	0,5	-
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем звичайний, легкоглинистий	Факт.	9,7	1,25	1,04
	ГДК	6,0	0,5	0,5
ПІВНІЧНИЙ СТЕП (Південно-західна провінція)				
чорнозем звичайний, важкосуглинковий	Факт.	10,3	1,29	1,03
	ГДК	6,0	0,5	0,5
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Правобережна провінція)				
чорнозем південний, середньосуглинковий	Факт.	11,2	1,85	1,47
	ГДК	6,0	0,5	0,5
ПІВДЕННИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
чорнозем південний, важкосуглинковий	Факт.	10,6	1,52	1,31
	ГДК	6,0	0,5	0,5
ПІВДЕННИЙ СУХИЙ СТЕП (Придунайська провінція)				
темно-каштановий, середньосуглинковий	Факт.	11,9	1,98	1,69
	ГДК	6,0	0,5	0,5
СЕРЕДНЯ ОБЛАСНА				
чорнозем та каштановий	Факт.	12,4	1,56	1,31
	ГДК	6,0	0,5	0,5