

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра екології та  
охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **ОЦІНКА БАЛАНСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В**  
**АГРОЕКОСИСТЕМАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Виконала студентка 2 курсу групи МЕЕБ-61  
спеціальності 101- Екологія  
Бабаніна Ксенія Віталіївна

Керівник к.геогр.н.доц.  
Ільїна Валентина Григоріївна

Рецензент д.геогр.н., проф.  
Берлінський Микола Анатолійович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра екології та охорони довкілля  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 101 – Екологія  
Освітня програма Екологія навколишнього середовища

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри екології та охорони  
довкілля

Сафранов Т.А.

“ 26 ” березня 20 18 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бабаніній Ксенії Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка балансу біогенних елементів в агроecosистемах  
Запорізької області

керівник роботи Ільїна Валентина Григорівна, к.геогр.н., доцент  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 02 ” листопада 2017 р. № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи Характеристики ґрунтово – рослинного  
покриву Запорізької області , гідрохімічні та гідробіологічні  
характеристики водних об'єктів , фізико – географічні характеристики  
кліматичні умови, внесення мінеральних та органічних добрив, вміст  
важких металів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) Розрахувати баланс біогенних елементів у ґрунтово –  
рослинному покриві Запорізької області, оцінити сучасний стан  
агроecosистем з урахуванням кількості та якості внесених мінеральних та  
органічних добрив, технології обробки ґрунту. Оцінити баланс біогенних  
елементів у водних об'єктах та агроecosистемах.

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

Господарська освоєність земельних угідь Запорізької області.

Мінеральна система добрива (В. П. Патики).

Органо-мінеральна система добрива (В. П. Патики.)

Фактори евтрофування водоймищ.

Джерела, що формують біогенне навантаження в природно-аграрних системах.

Динаміка вмісту розчиненого кисню, БСК5, ХСК, хлоридів, сульфатів, кальцію, нітратів, загального заліза, міді та АПАР у водах Каховського водосховища у 2015 та 2016 роках.

Динаміка посівних площ соняшника, картоплі та овочів.

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>Немає</i>		

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Оцінка ґрунтово – рослинного покриву з</i>	<i>26.03.18-</i>	90	5
	<i>урахуванням утримання біогенів у</i>	<i>31.03.18</i>		
	<i>мінеральних і органічних добривах</i>			
2	<i>Визначення вмісту біогенних елементів у ґрунтово</i>	<i>01.04.18-</i>	90	5
	<i>– рослинному покриві</i>	<i>19.04.18</i>		
3	<i>Розрахунок поглинання біогенних елементів</i>	<i>20.04.18-</i>	90	5
	<i>сільськогосподарськими рослинами в умовах</i>	<i>29.04.18</i>		
	<i>Запорізької області</i>			
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	<b><i>30.04.18-</i></b>	90	5
		<b><i>06.05.18</i></b>		
4	<i>Оцінка балансу біогенних елементів в</i>	<i>07.05.18-</i>	90	5
	<i>агроєкосистемах та водних об'єктах Запорізької</i>	<i>11.05.18</i>		
	<i>Області</i>			
5	<i>Розробка рекомендацій що до поліпшення стану</i>	<i>12.05.18-</i>	90	5
	<i>агроєкосистем та водних об'єктів Запорізької</i>	<i>16.05.18</i>		
	<i>Області</i>			
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлен-</i>	<i>17.05.18-</i>	90	5
	<i>ня остаточної електронної версії роботи та</i>	<i>24.05.18</i>		
	<i>передача її на процедуру встановлення ступеня</i>			
	<i>оригінальності, відсутності ознак плагіату та</i>			
	<i>складення протоколу і висновку керівника</i>			
7	<i>Підготовка паперової версії магістерської</i>	<i>25.05.18-</i>	90	5
	<i>кваліфікаційної роботи і презентаційного</i>	<i>-01.06.18</i>		
	<i>матеріалу до публічного захисту.</i>			
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		90,0	

(до десятих)

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Бабаніна К.В.*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

*Ільїна В.Г*

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### Бабаніна К. В. Оцінка балансу біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області

*Актуальність теми.* Із збільшенням антропогенного навантаження на агроєкосистеми за рахунок внесення мінеральних та органічних добрив виникає необхідність оцінки впливу біогенних елементів на сільськогосподарські угіддя Запорізької області, як однієї з основних що до вирощування великої кількості сільськогосподарських рослин.

*Метою роботи є* оцінка балансу біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області.

*Об'єкт дослідження* - агроєкосистеми Запорізької області.

*Предмет дослідження* - баланс біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області.

*Методи дослідження.* Математична модель формування продуктивності сільськогосподарських рослин. При виконанні роботи були використані дані про внесення мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські рослини, які вирощуються в умовах Запорізької області, та характеристики водних об'єктів, які розташовані на цій території. Для розрахунку балансу використана методика визначення виносу біогенних елементів з урожаєм сільськогосподарських рослин та стік у водні об'єкти.

*Результати дослідження.* За проаналізованими характеристиками сучасного стану агроєкосистем та водних об'єктів визначено баланс біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області та водних об'єктах, надані практичні рекомендації що до поліпшення їх стану.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає у розрахунку балансу біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області та водних об'єктах з урахуванням їх сучасного стану.

*Теоретичне і практичне значення* – можливість надання практичних рекомендацій що до поліпшення стану агроєкосистем Запорізької області та оптимізації внесення мінеральних та органічних добрив.

*Структура та обсяг роботи.* Складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел ( 33 найменування). Робота містить 27 рисунків, 36 таблиць. Загальний обсяг роботи 125 сторінки.

**Ключові слова:** біогенні елементи, агроєкосистеми, баланс біогенних елементів, оптимізація внесення добрив.

## ANNOTATION

### **Babanina K.V. Assessment of the Balance of Nutrients in Agroecosystems within the Zaporizhia Oblast**

*Actuality of theme.* With an increase in the anthropogenic load on agroecosystems due to the introduction of mineral and organic fertilizers, there is a need to assess the impact of nutrients on agricultural land in the Zaporozhye region as one of the main cultivations of a large number of agricultural plants.

*The purpose of the work* is to assess the balance of biogenic elements in the agroecosystems of the Zaporozhye region.

*Object of research* - agroecosystems of Zaporozhye region.

*The subject of research* is the balance of nutrient elements in agroecosystems of the Zaporozhye region.

*Research methods.* Mathematical model of formation of productivity of agricultural plants. In carrying out the work data on the introduction of mineral and organic fertilizers for agricultural plants grown in the conditions of the Zaporozhye region, and the characteristics of water objects located in this territory were used. To calculate the balance, the method of determining the removal of biogenic elements with the crop of agricultural plants and runoff in water objects.

*Research results.* According to the analyzed characteristics of the current state of agroecosystems and water objects, the balance of biogenic elements in agroecosystems of the Zaporozhye region and water objects was determined, and practical recommendations for improving their condition were provided.

*The scientific novelty of the obtained results* is to calculate the balance of nutrient elements in the agroecosystems of the Zaporozhye region and water objects, taking into account their current state.

*Theoretical and practical significance* - provide practical recommendations for improving state in the agroecosystems of the Zaporozhye region and optimizing the application of mineral and organic fertilizers.

*Structure and scope of work.* It consists of an introduction, six sections, conclusions, list of used literary sources (33 titles). The work contains 27 drawings, 36 tables. Total amount of work 125 pages.

**Key words:** biogenic elements, agroecosystems, balance of biogenic elements, optimization of fertilizer application.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП.....	12
1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИЗНАЧЕННЯ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ.....	15
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	24
2.1 Загальна характеристика.....	24
2.2 Кліматичні характеристики .....	26
2.3 Характеристика водних ресурсів.....	29
2.4 Характеристика ґрунтово-рослинного покриву.....	31
2.5 Сучасний стан використання земельних ресурсів.....	35
3 ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ТА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	38
3.1.Забруднення водного середовища.....	38
3.2 Забруднення ґрунтів.....	39
3.3 Забруднення рослинного покриву.....	40
3.4 Оцінка впливу мінеральних та органічних добрив на стан водних об'єктів.....	45
3.4.1 Особливості застосування добрив.....	45
3.4.2 Роль мінеральних добрив в сучасній системі землеробства.....	47
3.4.3 Особливості застосування добрив.....	50
3.4.4 Екологічні наслідки використання мінеральних добрив.....	51
3.4.5 Агроекологічна характеристика мінеральних добрив.....	58
4 МЕТОДИКА ОЦІНКИ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ .....	64

4.1 Основні фактори біогенного навантаження на водні об'єкти та його оцінка.....	64
4.2 Оцінка сучасного стану водних об'єктів Запорізької області.....	71
4.3 Розрахунок виносу біогенних речовин з поверхневим стоком.....	84
4.3.1 Розрахунок виносу біогенних речовин з рідким стоком.....	86
4.3.2 Розрахунок виносу біогенних речовин з твердим стоком .....	88
4.3.3 Визначення загального виносу біогенних елементів з поверхні ґрунту .....	89
4.4 Оцінка впливу застосування мінеральних добрив на ґрунтово-рослинний покрив .....	93
4.4.1 Азотні добрива.....	93
4.4.2 Фосфорні добрива.....	96
4.4.3 Калійні добрива.....	99
<b>5 ОЦІНКА БАЛАНСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ .....</b>	<b>102</b>
5.1 Моделювання забезпеченості елементами мінерального живлення.....	102
5.2 Оцінка біогенного навантаження на екосистеми та водні об'єкти Запорізької області .....	103
<b>6 РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ.....</b>	<b>109</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>113</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>116</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>119</b>



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НПС – навколишнє природне середовище;

ВМ – важкі метали;

СПЗ – сумарний показник забруднення ґрунту;

ГДК – гранично-допустима концентрація;

РП – рослинний покрив;

$R_S$  – радіаційний баланс поверхні ґрунту;

ПГ – поверхня ґрунту;

$Q_L$  – кількість поглиненої короткохвильової радіації РП;

$Q_S$  – кількість поглиненої короткохвильової радіації ПГ;

$F_L$  – величина балансу довгохвильової радіації РП;

$F_S$  – величини балансу довгохвильової радіації ПГ;

$F_A$  – противипромінювання атмосфери;

$\epsilon_L$  – коефіцієнт сірості листя;

$\sigma$  – постійна Стефана-Больцмана;

$T_L$  і  $T_S$  – температура листя і ґрунту;

$k$  – емпіричний параметр орієнтації листя.

$\frac{\partial \psi}{\partial t}$  – потенціал тиску ґрунтової вологи;

$C(\psi) = \frac{d\Theta}{d\psi}$  – диференціальна вологоємність;

$C(\psi)$  – об'ємна вологість;

$S(\psi)$  – поглинання вологи коренями;

$\lambda$  – нахил кривої залежності тиску насиченої водяної пари від температури повітря;

$R_L$  – радіаційний баланс РП;

$ET_{pot}$  – випаровуваність;

$C_{hydr}$  – маса вуглеводів, що утворюються при розпаді тканин, які старіють;

$R$  – витрати вуглеводів на дихання посіву;

$\Phi_{pot}$  – інтенсивність потенційного фотосинтезу;

$a$  – нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу;

$C_0$  – концентрація  $CO_2$  у повітрі;

$\Pi$  – поглинена рослинним покривом фотосинтетично активна радіація;

$a_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\Psi_\phi$  – температурна крива фотосинтезу;

$K_\phi(N^L_{str})$  – коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення;

$N_{abs}$  – кількість поглиненого з ґрунту азоту;

$N_{hydr}$  – кількість азоту, що утвориться при розпаді білка;

$N_{sen}$  – витрати на відновлення білка;

$N_{abs}^{max}$  – максимальна швидкість поглинання азоту коренем;

$\bar{N}_{s.r.}, \bar{N}_{s.w.}$  – концентрація азоту відповідно на поверхні коріння і в ґрунтовому розчині;

$K_{abs}^N$  – константа Міхаеліса-Ментен;

$K_{abs}^N(T_s)$  – функція впливу температури ґрунту на швидкість поглинання азоту коренем;

$\beta_{shoot}^m$  – співвідношення надземної і підземної частин рослин;

$\frac{\Delta A_q^{погл}}{\Delta t}$  – швидкість поглинання важких металів корінням рослини,  $mg\cdot m^{-2}\cdot доб^{-1}$ ;

$\alpha_q^{погл}$  – поглинальна здібність кореню,  $ms^{-1}$ ;

$\bar{A}_q^{гр}$  – концентрація рухомих форм  $g$ -го виду важких металів у ґрунті,  $mg\cdot g^{-1}$ ;

$a_r$  – радіус кореню., см;

$q$  – вид важкого металу;

$\mu Aq$  – зниження продуктивності рослин в інтервалі критичних величин концентрації важких металів у рослині  $A_q^{кр1}$  і  $A_q^{кр2}$  (мг кг<sup>-1</sup>)

$W_i^j$  – фактичні вологозапас ґрунту;

$\hat{W}_i^j$  – розрахований вологозапас ґрунту.

## ВСТУП

Запорізька область належить до території, яка недостатньо забезпечена водою. Вона розташована у зоні з недостатнім режимом зволоження та значною інтенсивністю випаровування за рахунок високого температурного режиму.

Для отримання високих та стійких врожаїв сільськогосподарських рослин на цій території необхідно використання мінеральних та органічних речовин, які містять велику кількість біогенних елементів. Частина біогенних елементів використовується рослинами для формування врожаю, частина зі стоком потрапляє у водні об'єкти та залишається у ґрунті.

Крім того, для більш інтенсивного використання сільськогосподарських угідь Запорізької області необхідно використовувати зрошення. Основним джерелом води для зрошення є Каховське водосховище. Каховське водосховище відрізняється відносно невеликою площею мілководних ділянок (складають біля 5% площі водного дзеркала), а також високим рівнем антропогенного впливу. Наявність промвузлів, водозаборів (у тому числі великої потужності), нижнє розташування в каскаді водосховищ Дніпра – все це істотно впливає на екологічну ситуацію у водоймі.

Основним наслідком забруднення водних об'єктів біогенними елементами є процес евтрофування. Евтрофікація – це природній процес „старіння” водоймищ, який проявляється в підвищеній продукції органічної речовини. Однак господарська діяльність людини значно прискорює процес евтрофування: за декілька десятиліть антропогенний фактор призвів до змін, які в природному ритмі відбулися б у водоймищах за декілька тисяч років. Цьому сприяло будівництво каскадів ГЕС водосховищ, рекреаційні заходи, скиди промислових, комунально-побутових і тваринницьких стічних вод [1].

Біогени беруть участь в різних геохімічних і біологічних циклах, потрапляють в водні об'єкти, причому найбільш значущі для біологічної наземної продуктивності (фосфор, азот, калій) стають в них лімітуючими, тобто набувають граничних здібностей.

Зміна стану вод зумовлена не лише зовнішнім потраплянням в них біогенних елементів, але й внутрішніми процесами, викликаними зміною екологічної рівноваги в водоймищі. Порушення рівноваги веде до дисбалансу між рівнями первинної і вторинної біологічної продуктивності. Виникає накопичення гідробіонтів, в результаті якого в водоймищі в десятки і сотні разів більше накопичується органічних речовин, ніж потрапляє внаслідок господарської діяльності. Таким чином, антропогенне потрапляння біогенів – це етап в розвитку евтрофування водоймищ, до якого в подальшому підключаються внутрішні біологічні процеси, які ведуть до інтенсивного накопичення органічних речовин у водоймищі, тобто до само забруднення. Явною ознакою евтрофування, як процесу порушення екологічної рівноваги потрібно враховувати зміну відношень між двома формами водних рослин: бентосною і фітопланктонною.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є оцінка балансу біогенних елементів в агроекосистемах Запорізької області .

Задачі:

- оцінити агроекологічні показники стану агроекосистемах Запорізької області;
- визначити поглинання біогенних елементів агроценозами Вінницької області;
- надати практичні рекомендації що до режиму внесення мінеральних та органічних добрив з ціллю поліпшення їх стану.

Об'єкт дослідження: агроекосистеми Запорізької області.

Вихідні дані для виконання магістерської кваліфікаційної роботи взяті з Регіональних доповідей про стан НПС у Запорізькій області за 2013 – 2016 роки та Головного управління статистики Запорізької області.

Приймала участь у конференції молодих вчених ОДЕКУ у 2017 та 2018 роках, за матеріалами яких були зроблені наукові тези.

Приймала участь у розробці наукової тематики кафедри екології та охорони довкілля за темою « Розробка складових геоінформаційної системи оцінки рівня техногенного навантаження на довкілля».

## 1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИЗНАЧЕННЯ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЕКОСИСТЕМИ

Мінеральні добрива набули поширення наприкінці ХІХ ст.. До того ж часу в основному застосовували органічні добрива, попіл. Рівень застосування мінеральних добрив коливався й залежав, загалом від економічних та екологічних вимог. З агроекологічного погляду, важливими для оцінки можливої негативної дії на довкілля є: кількісний та якісний склад мінеральних добрив, зокрема домішок.

Відомо, що родючість ґрунту залежить від наявності в ньому не тільки поживних речовин, а й кількості та активності агрономічно цінних мікроорганізмів. Проте вона не може витримати певних концентрацій отрутохімікатів, які застосовують у сучасних агротехнологіях. У результаті агроекосистеми руйнуються і ґрунтовий покрив утрачає природні, надзвичайно важливі властивості [1].

Застосування мінеральних добрив може бути прямою або опосередкованою причиною погіршення стану ґрунтів. Мінеральні добрива є екзогенними хімічними сполуками. Критерії агроекологічно оцінки мінеральних добрив базуються на оцінці їхнього впливу на природне середовище та здоров'я людини. Основними характеристиками, на яких мають базуватися висновки агроекологічної оцінки, є кількість та рухомість речовин у навколишньому середовищі (міграція) та вплив речовин на біологічні об'єкти.

Як зазначають Дітер Гайнріх та Манфред Гергт (2001 р.), мінеральні добрива мають повертати у ґрунт відібрані з нього поживні речовини у вигляді солей [2]. Досвід розвинених країн свідчить, що попередити можливі негативні наслідки в разі застосування мінеральних добрив можна лише за умови здійснення екотоксикологічних досліджень і розробки на дійсній основі достовірних прогнозів можливих екологічних ризиків. Саме така

робота буде гарантією отримання високоякісної сільськогосподарської продукції, якість якої буде відповідати міжнародним стандартам. Непрофесійний підхід до розв'язання такого характеру проблем може спричинити втрати урожаю сільськогосподарських рослин і зниження родючості ґрунту [1;2].

Мінеральні добрива - це екзогенні хімічні сполуки, які є джерелом надходження багатьох хімічних елементів і сполук у довкілля. Характер впливу мінеральних добрив на агроєкосистеми насамперед зумовлений їхнім хімічним складом, що у свою чергу залежить від особливостей сировини та промислових технологій виробництва. У процесі їхньої оцінки слід урахувувати як адитивні дії окремих складових мінеральних добрив на ґрунтову систему, так і їхню сумарну дію.

За класифікацією ФАО, до сучасних агрохімікатів належать засоби хімізації сільського господарства, які чинять вплив на агроєнози та їхню продуктивність. До них зараховують мінеральні добрива, хімічні засоби захисту рослин, регулятори росту рослин тощо. Використання органічних і мінеральних добрив - одна з основних умов підвищення врожайності сільськогосподарських культур [3].

За складом мінеральні добрива поділяють на прості (містять лише один компонент серед головних елементів живлення) і комплексні (містять не менше двох головних елементів живлення). Також за характером безпосередньої дії на ґрунт і рослини їх класифікують таким чином: фізіологічно й біологічно кислі, хімічно й фізіологічно лужні та фізіологічно нейтральні.

За М. Глазовською, під час вивчення адаптивних ефектів мінеральних добрив на ґрунтову систему ступінь стійкості агроєкосистеми щодо хімічних речовин-забруднювачів оцінюють для конкретної речовини, які поділяють на:



-активні речовини, які створюють кислотно-основні та окисно-відновні умови у ґрунті і впливають таким чином на загальний стан ґрунтової системи (переважно це мікроелементи та їхні сполуки -  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ );

- біохімічно активні речовини, які передусім впливають на живі організми - мікрофлору, рослини, тварини (Ав, Ссі, РЬ, Сг, 7м, Мі, Си, тощо);

- речовини, здатні перебувати у ґрунті в таких формах, що призводять до їхньої міграції у поверхневі, ґрунтові та підземні води ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_4^{4-}$  тощо).

Залежно від особливостей впливу мінеральних добрив на агроєкосистеми їх поділяють на добрива:

- директивної (прямої) дії - негативний вплив на природне середовище спричинений токсичними домішками мінеральних добрив, серед яких найнебезпечнішими є важкі метали, галогени, радіонукліди, що є безпосередніми забруднювачами довкілля (до цієї групи насамперед належать фосфорні добрива);
- індирективної (непрямої) дії- негативний вплив на навколишнє середовище відбувається внаслідок фізико-хімічних властивостей мінеральних добрив, які у ґрунті проявляють себе як біологічно, хімічно, фізіологічно кислі (лужні) і, таким чином впливають на стан ґрунтового комплексу, змінюючи реакцію ґрунтового розчину, та активізують процеси міграції у системах “добриво-ґрунт-природні води” та “добриво- ґрунт-рослина” (до таких переважно належать азотні добрива, які здебільшого є фізіологічно кислими чи лужними) [3].

Таке групування дає можливість визначити основні властивості мінеральних добрив. Фосфорні добрива можуть змінювати реакцію ґрунтового розчину, але цей вплив не є таким значним, як в азотних добрив. Азотні добрива можуть бути джерелом токсичних сполук, але меншою

мірою, ніж фосфорні добрива. Звідси випливає, що калійні та комплексні добрива займають проміжне місце.

Екотоксикологічна оцінка екзогенних хімічних сполук у природному середовищі базується на працях відомих вчених у галузі токсикології: Є. Гончарука, М. М. Соколова, Н. А. Макаренко та інших.

У межах визначених показників за рівнем впливу на стан агроєкосистеми проводиться поділ мінеральних добрив на чотири класи небезпечності (згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо поділу хімічних речовин): I клас - особливо небезпечні; II клас - небезпечні; III клас - помірно небезпечні; IV клас - малонебезпечні. Діапазон показників у межах класів небезпечності визначається згідно з нормативами, кількісні параметри яких визначаються за результатами експериментальних досліджень, а також шляхом адаптації чинних нормативів щодо оцінки екологічного стану екосистем та екотоксикологічної оцінки екзогенних хімічних речовин.

Класифікація мінеральних добрив за показниками впливу на агроєкосистему дає можливість провести агроєкологічну оцінку, визначити можливі негативні впливи і своєчасно ввести обмеження на використання в сільськогосподарському виробництві добрив, які не відповідають певним екологічним нормативам.

Отже, виходячи з вищенаведеного, відзначаємо, що в разі неконтрольованого та нераціонального застосування мінеральних добрив активізуються процеси міграції токсичних і біогенних елементів як вертикально, так і горизонтально, змінюється реакції ґрунтового розчину, забруднюється верхній шар ґрунту важкими металами, радіонуклідами. Всі ці причини зумовлюють погіршення якості ґрунтових вод і є основними причинами погіршення санітарно-гігієнічної якості рослинницької продукції в сільськогосподарському виробництві [4].

В табл. 1.1 представлений поділ мінеральних добрив на класи небезпечності за впливом нагромадження в ґрунті токсичних елементів стосовно ГДК.

Таблиця 1.1 Поділ мінеральних добрив на класи небезпечності за впливом на нагромадження токсичних елементів у ґрунті стосовно ГДК.

Клас небезпечності	Перевищення ГДК (рухомі форми), кратність
Високонебезпечний	> 10,0
Небезпечний	2,1-10,0
Помірно небезпечний	1,1-2,0
Малонебезпечний	<1,0

З таблиці видно, що за впливом на нагромадження токсичних елементів у ґрунті стосовно ГДК клас мінеральні добрива поділяються на 4-ри класи безпеки.

Оцінка мінеральних добрив за впливом на біологічну активність ґрунту є обов'язковою як для мінеральних добрив директивної, так і для мінеральних добрив індирективної дії, оскільки дає можливість урахувати весь комплекс можливих негативних ефектів [4].

Рівень впливу мінеральних добрив на біологічну активність ґрунту визначається за такими показниками, як *максимально нетоксична доза* й *порогова доза*. Максимально нетоксичною дозою агента (в цьому разі мінерального добрива) вважається доза, яка не викликає будь-яких змін у тест-організмі або у біологічних процесах. Порогова доза - це доза, яка викликає певні зміни тест-організмів або в біологічних процесах, що

відбуваються у ґрунтах. Важливим етапом роботи з проведення оцінки мінерального добрива за впливом на біологічну активність ґрунту є вибір чутливих тест-організмів або процесів.

За відповідною реакцією найчутливішого біологічного тесту визначається максимально нетоксична й порогова доза мінерального добрива/

Вважається, що найбільш придатними показниками стану мікробоценозу під час вивчення дії екзогенних хімічних речовин є показники динаміки загальної чисельності мікроорганізмів і “ферментативного дзеркала” ґрунту (набір ферментативних реакцій, які є індикаторами інтенсивності біологічних процесів у ґрунті). Набір ферментативних реакцій, до підтягає вивченню, не є строго обов’язковим у всіх випадках, він може змінюватися залежно від природи мінерального добрива. Згідно з дослідженнями А. Г'алстяна, активність ферментів різних груп корелятивно пов’язана між собою, тому можна обмежитися визначенням активності одного ферменту або представника з кожної групи.

Поряд з активністю ферментативних процесів ґрунту широко використовують як тест-об’єкти, активність нітрифікуючих та амоніфікуючих мікроорганізмів, а також реакцію представників мезофауни, зокрема ґрунтових черв’яків.

Для поділу мінеральних добрив на класи за показниками впливу на біологічну активність ґрунту використовують загальноприйняті методичні підходи, які передбачають визначення класу екотоксикологічної небезпечності мінерального добрива за показниками зниження активності біологічних тестів і часом відновлення попереднього стану. За таких умов В. П. Патики та Н. А. Макаренко рекомендують оцінку мінеральних добрив проводити за градацією[5].

В. Г. Мінеєю (1998 р.), підкреслюючи нераціональне використання всіх видів добрив, сформулював такі функціональні завдання, які потребують вирішення:

- \* оптимізація живлення культурних рослин біогенними макро- і мікроелементами з розрахунком підвищення діяльності фізіологічних бар'єрів, які перешкоджають надходженню токсичних елементів у рослини, особливо в генеративну їхню частину;

- \* підтримка активного балансу та малого кругообігу біогенних елементів у землеробстві з розрахунком оптимального їхнього відношення в агроєкосистемах;

- \* зниження негативних наслідків від глобального та локального техногенного забруднення агроєкосистем важкими металами та іншими токсичними елементами;

- регулювання біологічних показників агроєкосистем;

- \* поліпшення радіаційно-екологічної ситуації в агроєкосистемах; поліпшення хімічного складу й поживної цінності рослинницької продукції [5].

Усі види добрив, які застосовують у господарствах з урахуванням біологічних особливостей рослин і властивостей ґрунтів, не тільки підвищують урожайність, але і поліпшують якість сільськогосподарської продукції. На якість продукції впливає вміст у рослині мінеральних елементів, основних органічних сполук (білків, вуглеводів, вітамінів ферментів) та інших компонентів, що у свою чергу залежать від, правильного застосування добрив.

Унаслідок інтенсивної хімізації сільськогосподарського виробництва; відбувається забруднення довкілля шкідливими компонентами, яв містяться в мінеральних добривах або є продуктами їхнього хімічного перетворення у ґрунті [5]. Забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами в основному відбувається через:

- \* недосконалість технологій транспортування, зберігання та змішування добрив;
- \* порушення агрономічної технології їхнього внесення;
- \* недосконалість самих добрив, їхніх хімічних, фізичних та механічних властивостей [6].

З азотними мінеральними добривами, внесеними в надмірних кількостях, у ґрунт і ґрунтові води потрапляють нітрати, які вбираються кореневою системою рослин, внаслідок чого відбувається забруднення продуктів харчування та питної води. Азотні добрива одержують на промислових підприємствах з аміаку й азотної кислоти. Це кристалічні порошки білого або жовтого кольору, які добре розчиняються у воді. Залежно від форми сполуки, до якої входить азот, ці добрива поділяють на такі групи: аміачні - містять азот в аміачній (амонійній) формах ( $\text{1CH}_3$ ,  $\text{N11}$ ); нітратні - містять азот у нітратній формі - це солі азотної кислоти; аміачно-нітратні, які містять азот у вигляді аміаку й нітратів; амідні - містять азот в амідній формі  $\text{NH}_2$ .

У разі надмірного внесення фосфорних добрив відбувається забруднення ґрунту важкими металами. Так, у разі внесення 70 кг фосфорних добрива на 1 га у ґрунт потрапляє 2-3 г кадмію. Основною сировиною для виробництва фосфорних добрив є апатити, фосфорити, відходи металургійної та м'ясопереробної промисловості. Саме тому фосфорні добрива є найбільш небезпечними і в разі неправильного застосування можуть призвести до великих утрат урожаю та забруднення сільськогосподарської продукції.

Сировиною для виробництва калійних добрив є природні калійні солі, каїніт, силвініт, теніт, калімаг, полігаліт. Деякі калійні добрива мають у своєму складі хлор, що може бути причиною забруднення ґрунтового середовища. Калійні добрива мають позитивний вплив на врожай за вмісту обмінного калію на рівні до 20-120 мг/кг у некарбонатних і 50-200 мг/кг у карбонатних ґрунтах [7]



## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Загальна характеристика

Запорізька область розташована на Південному сході України. На Півночі і північному заході граничить з Дніпропетровською областю, на Заході - з Херсонською областю, на Сході - з Донецькою областю, а на Півдні її побережжя омиває Азовське море [8].

На рисунку 1.1 приведена карта Запорізької області.

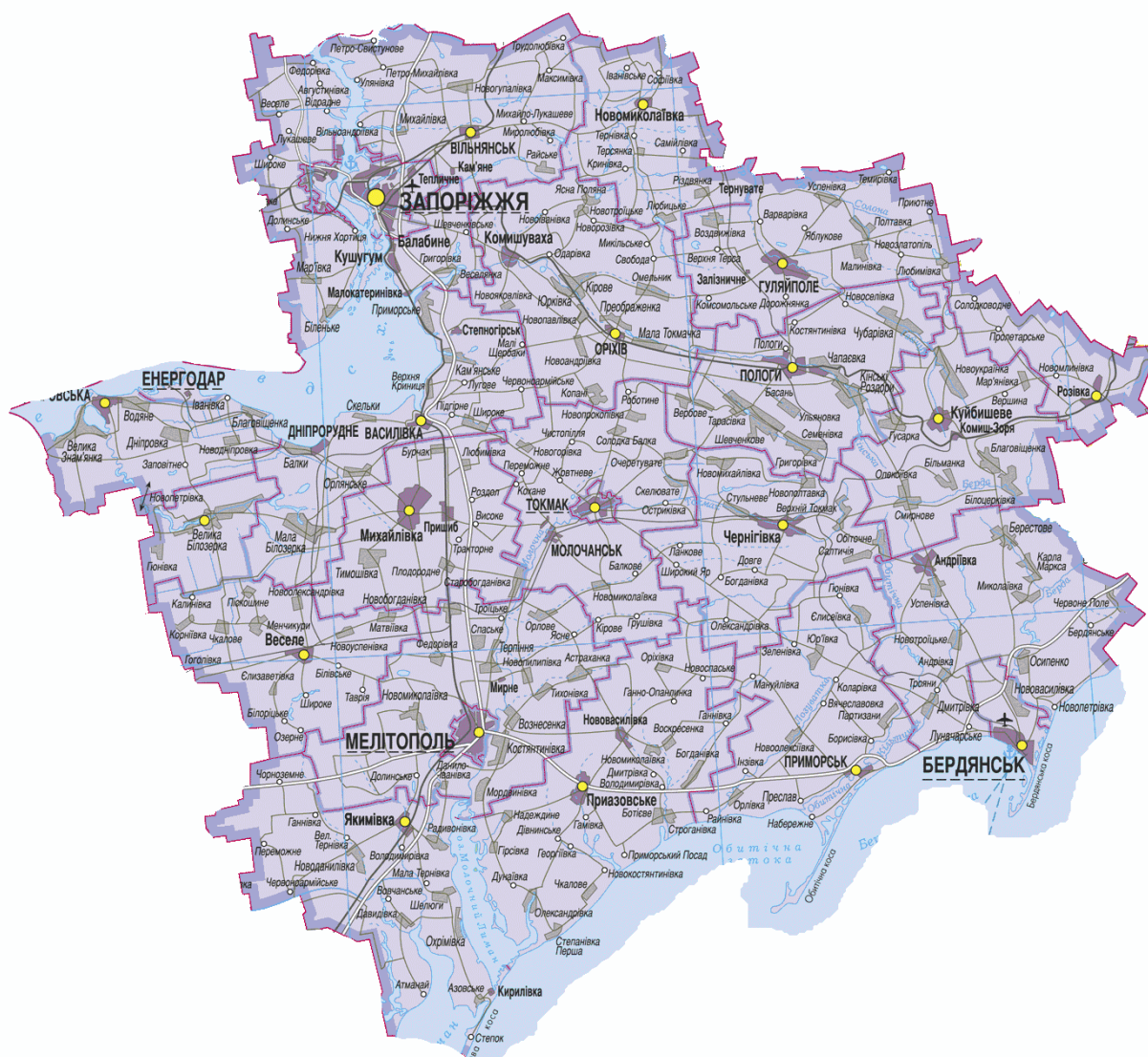


Рис. 1.1. – Карта Запорізької області



Географічно для області характерний рівнинний ландшафт. У її північно-східній частині розташована Придніпровська низовина, на півдні - Придніпровська низовина, перехідна в Причорноморську. Південно-східну частину займає Приазовська піднесеність, а уздовж побережжя тягнуться довгі вузькі піщані коси, намиті морем. Головні річки: Дніпро, Гайчур, Молочна, Обіточная, Берда.

З геологічної точки зору мінеральні ресурси представлені багатими покладами рудних корисних копалин, зокрема залізних і марганцевих [8].

На території Запорізької області протікає 109 річок, найбільша з яких – Дніпро, така, що є важливою транспортною артерією України, а також води Дніпра забезпечують промисловість області, на ній побудований ряд водосховищ.

Умовно Запорізька область ділиться на три природно-сільськогосподарські зони – зона степу (50,8% територій), степова посушлива (34,8%), і сухостепову (14,4%) зони. Ґрунти переважно чорноземні, тут знаходяться значні запаси залізною і марганцевою руд, гранітів.

Клімат помірно-континентальний, з малосніжною холодною зимою і жарким посушливим літом. Природно - кліматичні умови дозволяють вирощувати в Запорізькій області майже всі сільськогосподарські культури, отримуючи високі урожаї.

Запорізька область розташована в степовій зоні України. Велика частина території області відноситься до Причорноморської низовини складеною вапняками, пісками й піщаниками, покритими четвертинними лісами і лісовидними суглинками. Північ зайнята відрогами правобережної Придніпровської піднесеності (висота до 240м), що складається з древніх кристалічних порід і піщано - глинистих відкладенні.

Рівнинна поверхня області полого знижується на південь, досягаючи 20-40м висоти над рівнем Чорного моря. Північна частина області сильно розчленована мережею ярів, балок, долин.

У ґрунтовому покриві переважають родючі південні і звичайні чорноземи, каштанові ґрунти. У південній частині області є слабо- і середньосолонцюваті ґрунти важкого механічного складу. У заплавах річок поширені алювіально-лугові ґрунти. Зустрічаються солонці, чорноземні для глею і солонцювато-осолоделі ґрунти, заболочені плавні і торф'яники. У надрічкових і приморських районах є піщані і супіщані ґрунти, місцями перехідні в сипкі піски [8].

У минулому територія області була зайнята типчакowo-ковильним степом. В даний час степ розораний і цілинна рослинність збереглася переважно після балок. Деревна і чагарникова рослинність займає дуже невеликі простори, головним чином на півночі області. Крупні лісові масиви відсутні.

## 2.2 Кліматичні характеристики

Клімат області характеризується великими запасами тепла і посушливістю. Так, суми температур вище 10° досягають в північних районах області 3000°, а в крайніх південних 3400°. Середня місячна температура повітря найтеплішого місяця (липня) 21,2—22,9°. а самого холодного (січня) —3,2, —5,0° .

Середня тривалість вегетаційного періоду вагається від 215 днів в північних районах до 225 днів в південних.

На території області спостерігається часта повторюваність посушливих періодів і суховіїв, особливо в південних і південно-східних районах області.

Інтенсивність суховіїв в окремі роки настільки велика, що в період генеративного розвитку зернових культур вони протягом 1—2 суток

здають невинуваті шкоди урожаю і негативно відбиваються на зростанні і розвитку інших сільськогосподарських культур [8].

По кількості випадних опадів і умовам випаровуваності північна і частково центральна частині території області відносяться до зони недостатнього зволоження, а південні райони до посушливої зони. Річна кількість опадів в північно-західній частині області біля 450-470 мм, в центральних районах 360-410 мм, а в південних районах 330-340 мм. Із загальної кількості опадів в теплий період року випадає близько 70%.

Сніговий покрив, особливо в південній частині території області, нестійкий. Протягом зими буває з сніговим покривом від 35 до 70 днів.

Переважаючими вітрами є в холодний період року північно-східні, а в теплий північно-західні. В окремі роки, особливо в ранній весняний період, вітри досягають величезної сили, переходячи в запорошені або чорні бурі, що служить причиною видування ґрунту і її механічного пошкодження.

Районування території області за кліматичними показниками дає можливість виробити оцінку її кліматичних ресурсів, головним чином тепла і вологи для сільськогосподарського виробництва.

У основу районування області - покладені термічні ресурси вегетаційного періоду, а саме, суми температур за період з температурою вище 10° і характеристика міри зволоження території області по гідротермічному коефіцієнту за цей же період [8].

Гідротермічний коефіцієнт дорівнює сумі опадів за період з температурою вище 10°, що ділиться на зменшену в 10 разів суму температур за той же період, остання величина умовно характеризує потребу рослин у волозі, яка зростає з підвищенням температури.

При виділенні агрокліматичних районів враховувалася також тривалість безморозного і вегетаційного періодів.

Відповідно до вказаного, на території області виділено три агрокліматичні райони: I - північний — теплий, помірно посушливий, II -

центральний — дуже теплий, посушливий, III - південний — помірно жаркий, дуже посушливий.

Слід мати на увазі, що умови погоди окремих років схильні до значних коливань, а тому метеорологічні дані за окремі роки можуть значно відхилятися від середніх величин, приведених в таблицях. Проте величини, близькі до середніх зазвичай частіше зустрічаються, чим інші значення, а з іншого боку, в більшості випадків вірогідність значень вище і нижче середньої арифметичної буває однаковою.

Дати переходу середньої добової температури повітря через 0, -4-5, 10, 15° і тривалість періодів (дні) з температурою вище і нижче вказаних меж. Дають можливість отримати характеристику теплових ресурсів області у вигляді середньої тривалості періодів з певними температурами, а також у вигляді дат початку і кінця вказаних періодів [9].

Середній декадний дефіцит вологості повітря (мб). Дефіцит вологості повітря, що виражається в мілібарах. Є різницею між максимальною пружністю пари, що насичує простір при даній температурі, і абсолютною вологістю. Дефіцит, або недолік насичення, є важливим показником вологості повітря.

Чим менше величина відносно вологості повітря і чим більше дефіцит вологості, тим сухіше повітря, тим інтенсивніше за інших рівних умов протікає процес випару води ґрунтом і рослинами.

Сухість повітря, обумовлена недоліком атмосферних опадів, сприяє інтенсивному випару і швидкому висушенню ґрунту протягом вегетаційного періоду.

Суховійними днями прийнято рахувати дні з певним поєднанням двох елементів - дефіциту вологості і швидкості вітру в 13-годинний термін спостереження.

### 2.3 Характеристика водних ресурсів

Водний фонд Запорізької області складають ріка Дніпро, розташовані на ній Каховське та Дніпровське водосховища з об'ємами води в них відповідно 18,2 і 3,3 км<sup>3</sup>, 3 середніх, 62 малих річок (довжиною більше 10 км), на яких створено 28 водо-сховищ та 1195 ставків. Загальна довжина річок складає 2877,6 км, у т.ч. в межах області 2648,7 км, із них середніх річок – 459 км, малих 2189,7 км, крім того нараховується 3151,5 км притоків та яруг. На півдні Запорізька область омивається водами Азовського моря, берегова лінія якого у межах області складає більше ніж 300 км. На території Запорізької області розташовані 4 лимани: Білозерський, Утлюкський, Тубальський та Молочний, загальна площа водного дзеркала яких становить 655,5 км<sup>2</sup> [10].

Водні об'єкти використовуються для судноплавства, гідроенергетики, промислового, залізничного, сільськогосподарського і побутового водопостачання, зрошування, розведення риби, водоплавного птаха і для інших потреб населення.

Гідрологічні відомості про режим річок і водоймищ потрібні для правильного і якнайповнішого використання водних ресурсів у всіх областях народного господарства, пов'язаних з водою, у тому числі в сільськогосподарському виробництві. Вони дозволяють правильно вирішувати завдання зрошування, водопостачання і обводнення.

Недоліки води в маловоді ріки влітку і осінь можуть бути покриті із запасів води, що збирається в періоди весняної повені і дощових паводків, або за рахунок попередніх багатоводних років. Для цього необхідно мати точні характеристики мінливості водоносності річки в часі, дані про можливі втрати води на випар, фільтрацію і дані про замулювання водосховищ.

Річкова мережа області слабо розвинена. Середня густина більшої частини її басейнів складає без врахування річок завдовжки менше 10 км.

0,08 - 0,12 км/км<sup>2</sup>, з врахуванням їх - 0,15- 0,16 км/км<sup>2</sup> і лише на північному сході області вона декілька вище (0,17- 0,23 км/км<sup>2</sup>) [9,10].

По території області протікають в основному річки завдовжки від 50 до 150 км.; тут же розташовані пониззя таких крупних річок, як Південний Буг, Інгул і Інгулець.

Долини малих річок переважно V-образні, шириною від 0,2 до 3 км., переважно 1-2 км.; долини крупніших річок головним чином асиметричні, шириною до 4-8 км .

Схили переважно круті і дуже круті, заввишки 20-40 м, місцями вони досягають 60-100 м висоти. Круті і дуже круті схилами на закрутах крупних річок чергуються з крутими і пологими схилами протилежного берега.

Найчастіше схили покриті луговою, рідше чагарниковою рослинністю, зручні ділянки їх зайняті садами і городами, частково розорані. Схили деяких річок терасують.

Заплави річок двосторонні, такі, що чергуються по берегах, на деяких річках місцями переривисті. Ширина їх змінюється від 30-80 м до 0,5-2 км. На малих річках і від 1,5-2 до 2,3-3,2 км. в низов'ях крупних річок. Вони переважно сухі, лугові, рідше заболочені. Південні Буг і Інгул місцями є плавнями з густою осокою і іншою водолюбивою рослинністю. Поверхня заплави зазвичай рівна, непересічна, використовується під пасовища і сінокоси, в селищах — під городи [8].

Русла річок звивисті, переважно нерозгалужені, характеризуються чергуванням плес і перекочувань. Малі річки на перекочуваннях влітку, як правило, пересихають.

По своєму режиму річки відносяться до типу рівнинних, переважно снігового живлення. Дощове і ґрунтове живлення грає малу роль. Унаслідок недоліку ґрунтових вод малі річки літом пересихають, а взимку перемерзають.

Характерною в режимі річок області є яскраво виражена весіння повінь, низька літня межень, (що переривається в окремі роки невисокими дощовими паводками), і декілька підвищене стояння рівнів в дощові роки осінню і при відлизі взимку.

#### 2.4 Характеристика ґрунтового-рослинного покриву

Чорноземи південні, різко домінуючі за площею в межах міжліманно - міждолинних вододілів, відрізняються порівняно однорідною гумусовою прокраскою профілю. Потужність гумусового горизонту зазвичай дорівнює 45-55 см, в північній частині - до 60 см. Вміст гумусу у верхніх горизонтах 3-3.5%, до низу профілю воно поступово зменшується і на глибині 60-70 см. складає 1-1.5%. У ґрунтовому профілі до глибини 2-3 м не міститься скільки-небудь помітні кількості легкорозчинних солей і гіпсу. Поглиблювальний комплекс на 75-85% насичений кальцієм. Вміст натрію у верхніх горизонтах менше 1 %, лише у приморській зоні з глибиною воно збільшується до 1.5-2 %.

Як відомо, в чорноземній зоні разом з підзональними чітко просліджуються і фаціальні відмінності ґрунтів із заходу на схід. Для даної території характерні чорноземи теплої південноєвропейської фації, що формуються в умовах м'якого теплого клімату, що створює специфічний водно-тепловий і біологічний режим ґрунтів, сприяє вельми активній сезонній міграції карбонатів [9].

Результати аналітичного вивчення чорноземів південних теплих і помірно-континентальній фації розкривають ряд генетичних відмінностей чорноземів залежно від фаціальної приналежності. Чорноземи теплої фації відрізняються декілька більшою потужністю профілю і гумусового горизонту. В той же час вміст гумусу у верхніх горизонтах тут нижче, ніж в чорноземах, поширених східне Дністра, що пояснюється високою

біоактивністю ґрунтів і швидкою мінералізацією органічної речовини. Для чорноземів характерна також глибша злужованість ґрунтової товщі - зазвичай до глибини 4-6 м. У поглинаючому комплексі ґрунтів вельми незначний вміст змінного натрію (зазвичай не більше 0.5% від ємкості обміну). М'який теплий клімат сприяє трансформації верхніх горизонтів, у наслідок чого вміст мула тут зазвичай декілька вище, ніж в нижчележачих горизонтах профілю. У чорноземах помірно - континентальної фації закономірність зворотна: верхні горизонти об'єднані мулом, донизу за профілем починаючи з горизонту кількість його істотно збільшується. Особливо чітко це просліджується в чорноземах прибережної частини підзони. Тут же кількість змінного натрію донизу за профілем збільшується до 1.5-2%, підвищується також і вміст змінного магнію. Все це підтверджує залишкову (а правильніше - фізичну) солонцюватість чорноземів південних на побережжі Чорного моря [10].

Чорноземи звичайні на відміну від південних характеризуються рівномірним темно-сірим забарвленням профілю до глибини 40-45 див. Загальна потужність гумусового горизонту - дорівнює 50-60 (до 70) див. Вміст гумусу у верхніх горизонтах 3.5-4.5%, кількість його з глибиною поступово зменшується. Профіль ґрунтів не засолений до глибини 3-4м, а інколи і глибше.

Червоно-коричневі ґрунти сформувались в його крайній східній частині, в умовах відносно сухого клімату. Потужність гумусового горизонту складає 40-45 див. Вміст гумусу у верхніх горизонтах 2.1-2.5%, з глибиною воно різко зменшується. Ґрунти різною мірою солонцеві, комплексуються з плямами солонців, які складають 5-10% площ, відрізняються безструктурністю і розпиленістю верхніх горизонтів. Глибше 1,5-1.8 м ґрунтова товща зазвичай засолена.

Наявність потенційна високородючих чорноземів і червоно-коричневих ґрунтів на міжліманно - міждолинних хвилясто-рівнинних вододілах,



достатня кількість сонячного світла і тепла забезпечують в роки оптимального атмосферного зволоження хороші урожаї зернових і інших культур. Проте засухи останніми роками усе більш часті і тривалі, істотно лімітуючи врожайність культур, які вирощуються, є причиною значних коливань валових зборів зерна, кормів і іншої сільськогосподарської продукції.

В даний час можливості богарного землеробства по підвищенню врожайності і стабілізації валових зборів, оброблюваних культур в степовій зоні півдня України практично повністю вичерпані. Річ у тому, що з випадних тут в середньому 350-450 мм опадів в рік приблизно третина, а то і половина витрачаються на випар, поверхневий стік і інфільтрацію і лише 250-300 мм використовуються рослинами для формування урожаю. При коефіцієнті транспірування порядку 1000 максимально можливий багатолітній урожай зерна може складати 25-30 ц/га. Вищі урожаї озимої пшениці (50-60 ц/га) тут можуть бути отримані лише за умови додаткового надходження вологи в ґрунт за рахунок зрошування. Вочевидь, зрошування в степовій зоні Причорномор'я є основною умовою інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

Широкомасштабний розвиток зрошування в районі, що характеризується, почався 20-25 років тому. В даний час питома вага зрошуваних земель в регіоні дорівнює 4-5% [9,10].

Допустима глибина ґрунтових вод на масивах зрошування в автономних ландшафтах визначається не небезпекою вторинного засолення ґрунтів, а необхідністю підтримки оптимального водно-повітряного режиму в шарі мешкання. Без використання дренажу можна підтримувати рівень низькомінералізованих (до 3-5 г/л) іригаційному ґрунтових вод на глибині 1.5-2 м, при вищій їх мінералізації — на глибині 2-2.5 м. За наявності дренажу рівень іригаційно-ґрунтових вод залежно від їх мінералізації доцільно підняти до 1.2-2 м від поверхні, що дозволить оптимізувати водний

режим рослин за рахунок використання неглибоко залягаючих ґрунтових вод. При визначенні глибини стояння ґрунтових вод на ділянках з розвинутим мікрорельєфом слід керуватися ситуацією, яка створюється в пониженнях рельєфу [10].

Підвищення біоактивності червоно-коричневих ґрунтів чорноземів при зрошуванні і зменшення кількості гумусу, що разом з вимиванням частини активного гумусу з верхніх горизонтів донизу може бути причиною зменшення їх гумусированості в перших 3-5 років зрошування.

Прогресуюче осолонцювання і порівняно швидке зменшення активності гумусу, які разом з переміщенням важких машин по перезволожених полях є причиною погіршення фізичних і водно-фізичних властивостей, порушення структури, а часто ущільнення зрошуваних ґрунтів.

Проблемі родючості чорноземів у зв'язку з інтенсифікацією їх використання. У цьому плані важливе значення набуває якості зрошувальних вод. Рекомендовано не використовувати для поливів, води підвищеної мінералізації (1 г/л) з несприятливим співвідношенням катіонів кальцію і натрію, і також лужні. Необхідно мінімізувати, режим зрошування дренажу, а також низхідне промивання ґрунтів при зрошуванні. Як практичні заходи щодо запобігання погіршенню складу і властивостей ґрунтів при зрошуванні рекомендується вживання з перших років підвищених доз органічних добрив (80 - 100 г/га), кальцій меліорантів, що містять, зокрема гіпсу, збільшення долі багатолітніх трав в сівозмінах на зрошуваних землях.

Заслуговує на увагу пропозиція перекласти зрошування на схили, де ґрунти різною мірою змитості. Це дозволить зберегти в богарному використанні чорноземи і південно-каштанові ґрунти рівнинних вододілів, родючі зональні степові ґрунти на вододілах і обробляти тут коштовні сорти зернових і технічних культур.

Досить складний рельєф територій схилів, розчленована їх глибокою балочною для яру мережею, значна строкатість ґрунтового покриву і умов

зволоження істотно утрудняють використання земель схилів. Залежно від природно - меліоративної обстановки, що склалася, використання тих або інших ділянок (контурів) на схилах має бути диференційованим [10].

## 2.5 Сучасний стан використання земельних ресурсів

Ґрунтовий покрив області представлений такими зональними ґрунтами, як чорноземи звичайні малогумусні, чорноземи звичайні малогумусні малопотужні, чорноземи південні, темно-каштанові та каштанові. Вони розрізняються за умовами залягання, морфологічними ознаками та фізико-хімічними властивостями. В комплексі з зональними, особливо по південній межі області, широко представлені солонці і солонцюваті ґрунти, рідше – солончаки.

Зміна зональних ґрунтів на території області відбувається з північного сходу на південний захід. В цьому напрямку збільшується вміст рухомого фосфору, що пов'язано, з більш тривалим теплим періодом і більшою сумою активних температур в південних районах і, відповідно кращими умовами для проходження мікробіологічних процесів мінералізації фосфатів. В загальних рисах в цьому напрямку змінюється ступінь забезпеченості ґрунтів обмінним калієм, в середині типів та підтипів ґрунтів залежить від механічного складу та інших особливостей [11].

Гумус є важливим джерелом елементів живлення, але динаміка цього показника незадовільна. В цілому по області вміст гумусу знизився на 0,1%. У більшості районів присутня тенденція до зниження вмісту гумусу. Головною причиною зниження гумусу є дуже мале внесення (0,1 т/га) в останні роки органічних добрив, недостатнє надходження органічних речовин за рахунок поживних та кореневих залишків, посилена мінералізація органічної речовини в результаті інтенсивного вирощування просапних культур, змиття родючого гумусового шару ґрунту в результаті водної ерозії.

Зменшення вмісту гумусних речовин у ґрунті зумовлює погіршення їх фізичних властивостей і, насамперед, структурного стану і водопроникності. Погано-оструктурені ґрунти легше піддаються водній і вітровій ерозії. Внаслідок ерозії посилюється процес дегуміфікації. Вміст гумусу в ґрунтах змінюється залежно від структури посівних площ, від площі просапних культур і багато-річних трав у сівозміні.

На зрошуваних землях також спостерігаються зменшення вмісту гумусу і перерозподіл його за профілем. В орному горизонті вміст його зменшується, а в перехідному – збільшується. Одночасно, в складі гумусу зменшується відносний вміст гумінових кислот. Зміна якісного складу гумусу при зрошенні спричинює погіршення структурного стану і появу ознак злитості ґрунтової маси, особливо у чорноземів. Надзвичайно високий рівень господарської освоєності земель області обумовлено наявністю у земельному фонді угідь із родючими ґрунтами, високою щільністю населення та значною концентрацією продуктивних сил [10].

За станом на 01.01.2015 сільськогосподарські угіддя займають площу 2241,7 тис. га (82,5% від загальної площі області), з них ріллі – 1903,8 тис. га (70,0%), багаторічний насаджень – 38,5 тис. га (1,4%), сіножатей і пасовищ – 299, 371 тис. га (11,0%); забудовані землі – 95,8 тис. га (3,5%), інші- 25,7 тис. га – 0,95% (від загальної площі області) [11].

Господарська освоєність земельних угідь Запорізької області показана на діаграмі( рис. 2.1).

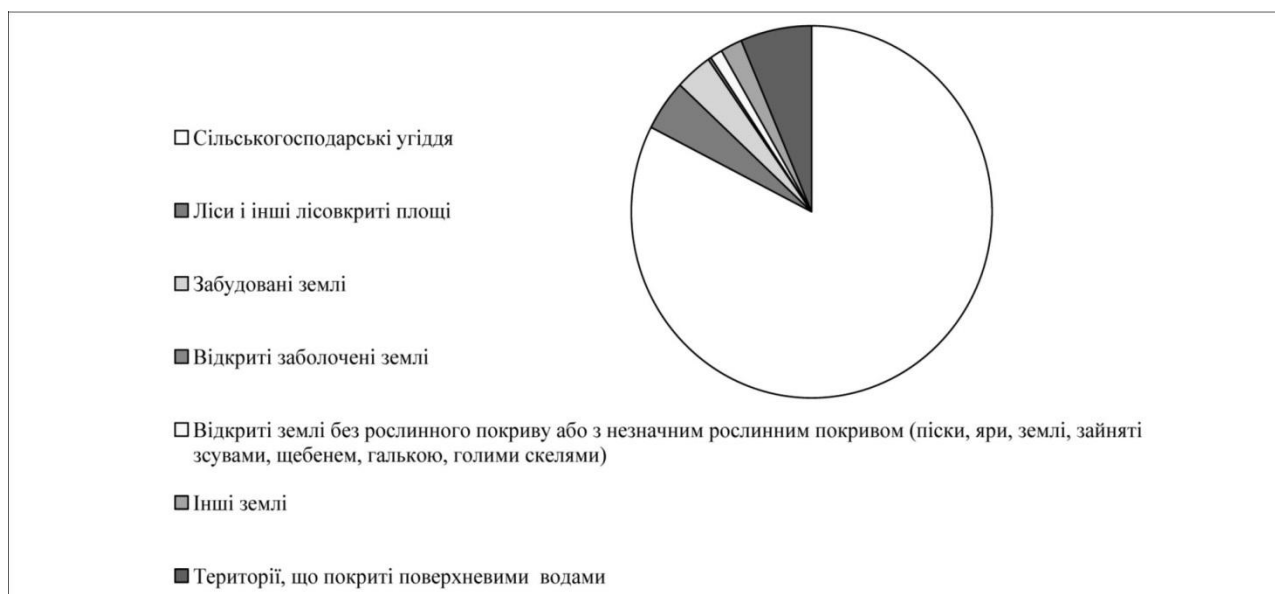


Рисунок 2.1 – Господарська освоєність земельних угідь Запорізької області.

З рисунку видно, що найбільша площа земель Запорізької області використовується під сільськогосподарські угіддя [12].

### **3 ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В АГРОСИСТЕМАХ ТА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ**

#### **3.1 Забруднення водного середовища**

Мікроелементи присутні в природних водах (грунтових й поверхневих), і джерела їхнього надходження зв'язані або із природними процесами, або з діяльністю людини.

Основні природні процеси, що поставляють мікроелементи у води, - це хімічне вивітрювання порід і вивільнення в процесах ґрунтоутворення. Антропогенні джерела мікроелементів у водах зв'язані головним чином з видобутком вугілля й руд, а також із промисловими й комунальними стічними водами.

Забруднення вод мікроелементами - важливий фактор, що впливає на геохімічний круговорот цих елементів і якість навколишнього середовища. Більшість мікроелементів, особливо важкі метали, не можуть перебувати у водах у розчиненій формі протягом тривалого часу. Вони присутні головним чином у вигляді колоїдних суспензій або захоплені органічними й мінеральними субстанціями. Тому їхня концентрація в донних опадах або планктонах часто є індикатором забруднення води мікроелементами. Опади можна розглядати як кінцевий пункт міграції важких металів, що надходять у водне середовище. Установлено, що й фітопланктон, і судинні водяні рослини селективно концентрують мікроелементи. Внаслідок цієї селективності концентрації деяких мікроелементів у водах можуть сезонно знижуватися, тоді як інші елементи можуть переходити в розчин при відмиранні рослинності [13].

Стічні води, використовувані в сільському господарстві, є в цілому джерелом деяких мікроелементів. Тому використання їх у цій області буде обмежуватися у зв'язку з можливістю забруднення ґрунтів важкими

металами, що накопичуються у верхньому ґрунтовому обрії до небезпечних концентрацій.

### 3.2 Забруднення ґрунтів

Ґрунт - це досить специфічний компонент біосфери, оскільки він не тільки геохімічно акумулює компоненти забруднень, але й виступає як природний буфер, що контролює перенос хімічних елементів і з'єднань в атмосферу, гідросферу й живу речовину. Мікроелементи, що надходять із різних джерел, попадають в остаточному підсумку на поверхню ґрунту, і їхня подальша доля залежить від її хімічних і фізичних властивостей. Тривалість перебування забруднюючих компонентів у ґрунтах набагато більше, ніж в інших частинах біосфери, і забруднення ґрунтів, особливо важкими металами практично вічно. Метали, що накопичуються в ґрунтах, повільно віддаляються при вилуговуванні, споживанні рослинами, ерозії й дефляції [13].

Регіональне забруднення ґрунтів відбувається головним чином у промислових районах і в центрах великих населених пунктів. Однак через повітряний перенос на більші відстані мікроелементів - забруднень, особливо тих, які утворюють летучі з'єднання, стало важко визначати природний фоновий рівень деяких мікроелементів у ґрунтах.

На додаток до повітряних джерел мікроелементів слід також зазначити надходження останніх у ґрунти з добривами, пестицидами й при зрошенні. Вплив зрошення стічними водами на склад ґрунтів викликає особливо серйозне занепокоєння. Високий зміст важких металів у стоках - найбільш важлива перешкода для використання останніх у сільському господарстві. З точки зору ризику для здоров'я людини заклопотаність повинні викликати Pb, Hg і особливо Cd, що містяться в стоках.

Припустимі рівні змісту мікроелементів, особливо важких металів у ґрунтах сільськогосподарських угідь, можна обчислити, ґрунтуючись на різних факторах.

Звичайно опірність до забруднення некислого важкого ґрунту з високим змістом органічної речовини в кілька разів вище, ніж у легкого піщаного кислого ґрунту, суглинні нейтральні ґрунти можуть накопичувати більші кількості мікроелементів з меншим ступенем ризику для середовища. Найбільше часто ґрунти забруднюються різними металами там, де регулярно випадають кислотні дощі (зміст головним чином  $\text{SO}_2$  і  $\text{HF}$ ).

### 3.3 Забруднення рослинного покриву

Важливою є роль рослин, як у геохімічному круговороті мікроелементів, так і в надходженні забруднень у харчові ланцюги. Рослини можуть накопичувати мікроелементи, особливо важкі метали, у тканинах або на їхній поверхні внаслідок більших можливостей адаптації до змін хімічних властивостей навколишнього середовища. Тому рослини є проміжним резервуаром, через який мікроелементи переходять із ґрунтів, а частково з води й повітря в людину й тварин.

Одна з основних проблем охорони навколишнього середовища пов'язана з кількістю металів, що накопичуються у використуванні в їжу частинах рослин. Особлива увага повинне бути приділене формам знаходження металів у рослинних тканинах, оскільки це, імовірно, відіграє вирішальну роль у переносі металів в інші організми [14].

Відповідно до спостережень, ріст різних сільськогосподарських культур може вповільнюватися внаслідок забруднення металами. Найважливішим, однак, є вплив забруднення рослин металами на біологію й здоров'я людини й тварин.



Кожний випадок зараження рослин індивідуальний і повинен досліджуватися у взаємозв'язку зі специфічними особливостями навколишнього середовища. Результати досліджень, що використовують моделюючі системи, не можуть бути зіставлені зі спостереженнями по природних системах. Наприклад: салат - латук і лук, що ростуть у відкритому ґрунті, набагато слабкіше поглинають важкі метали, чим зростаючі в теплиці [14].

Мікроелементи - забруднення, що проникнули в рослинні тканини, відіграють активну роль у метаболічних процесах, але вони можуть також зберігатися у вигляді неактивних з'єднань у клітках і на клітинних мембранах. У кожному разі хімічний склад рослин може мінятися без появи явно видимих ушкоджень.

Реакції рослин на хімічні стреси, викликані нестатком або надлишком мікроелементів, не можна розглядати як певні раз і назавжди, тому що в рослин у ході еволюції й протягом життя індивіда (онтогенез і філогенез) виробляються механізми, що приводять до адаптації й нечутливості до зміни й порушення хімічного балансу в навколишнім середовищі. Тому реакції рослин на мікроелементи в ґрунті й навколишнім повітрі повинні завжди досліджуватися для конкретної системи ґрунт - рослина [14].

Головний шлях надходження мікроелементів у рослину - це абсорбція коріннями, однак відзначена здатність і інші тканини легко поглинати деякі живильні компоненти.

Поглинання може бути пасивним (неметаболічним) і активним (метаболічним). Пасивне поглинання відбувається шляхом дифузії іонів із зовнішнього розчину в ендодерму корінь. При активному поглинанні необхідні витрати енергії метаболічних процесів, і воно спрямовано проти хімічних градієнтів. При звичайних концентраціях у ґрунтовому розчині поглинання мікроелементів коріннями рослин контролюється метаболічними процесами усередині самих корінь.

Коренева система рослин проявляє більшу активність у перекладі мікроелементів, пов'язаних з різними компонентами ґрунту, у рухливий стан. Найбільш доступні рослинам ті мікроелементи, які адсорбовані на глинистих мінералах, тоді як фіксовані на оксидах і зв'язані мікроорганізмами виявляються менш доступними. Падіння, що виявляється в ряді випадків, концентрації мікроелементів у розчині поблизу поверхні корінь відбиває більше високу швидкість поглинання коріннями в порівнянні з їх дифузійним і конвективним переносом у ґрунті.

Здатність різних рослин поглинати мікроелементи досить мінливий. Такі елементи, як Cd, B, Br, Cs, Rb, поглинаються надзвичайно легко, тоді як Ba, Ti, Zr, Sc, Bi, Ga, а певною мірою Fe і Se лише слабо доступні рослинам.

- Поглинання листами. Біодоступність мікроелементів, що купують із повітряних джерел через листи (фоліарне поглинання), може впливати на зараження рослин.

Мікроелементи, поглинені листами, можуть переноситися в інші рослинні тканини, включаючи й корінь, де надлишкове кількість деяких елементів може бути запасено. Швидкість руху мікроелементів у тканинах сильно змінюється залежно від органу рослини, його віку й природи елемента [14].

Частина мікроелементів, захоплена листами, може бути вимита дощовою водою. Наприклад, що легко відбувається видалення Rb при змиванні змушує припускати, що цей елемент присутній в основному у вигляді осаду на поверхні листів. Навпроти, мала частка Cu, Zn і Cd, що може бути змита, указує на значне проникнення цих металів у листи.

Характер розподілу й нагромадження мікроелементів помітно варіює для різних елементів, видів рослин і сезонів росту. Як повідомили Шеффер та ін. у фазі інтенсивного зростання ярового ячменя змісту Fe і Mn відносно низькі, а Си й Zn - дуже високі. У той час як перші два елементи

накопичуються головним чином у старих листах і листових піхвах, Си і Zn розподілені, очевидно, більш однорідні по всій рослині.

При визначенні біологічної доступності мікроелементів дуже важливі специфічні властивості рослин. Вони досить сильно варіюють залежно від умов ґрунту й стану рослин. Для одержання ефективної оцінки запасу біологічно доступних мікроелементів потрібно спільно застосовувати методики, засновані на ґрунтових тестах і на даних аналізу рослин.

Розуміння важливості деяких мікроелементів для нормального росту й розвитку рослин зложилося тільки в цьому сторіччі. У цей час лише для десятка мікроелементів відомо, що вони життєво необхідні всім рослинам, і ще для декількох доведено, що вони необхідні невеликому числу видів. Для інших елементів відомо, що вони роблять стимулюючу дію на ріст рослин, але їхньої функції поки не встановлені. Характерна риса фізіології цих елементів полягає в тому, що, якщо навіть багато хто з них і необхідні для росту рослин, при високих концентраціях вони можуть робити токсичну дію на клітки.

Мікроелементи, життєво важливі для рослин, - це такі, які не можуть бути замінені іншими елементами в їх специфічній біохімічній ролі і які мають прямий вплив на організм, тобто без них він не може не рости, не завершити деякі метаболічні цикли.

Таким чином, мікроелементи беруть участь у ключових метаболічних подіях, таких, як подих, фотосинтез, фіксація й асиміляція деяких головних живильних речовин (наприклад, N, S). Мікроелементи - метали перехідної групи періодичної системи активують ензими або входять у металоензимах у системи переносу електронів (Си, Fe, Mn, Zn), а також каталізують зміни валентності в речовинах субстрату (Си, Fe, Mo) [14].

Якщо надходження якого-небудь необхідного мікроелемента недостатньо, ріст рослини відхиляється від норми або припиняється й подальший розвиток рослини, особливо його метаболічні цикли,

порушуються. Найбільш частий симптом - це хлороз. Симптоми, що виявляються візуально, дуже важливі для діагностики недостатності. Однак порушення метаболічних процесів і втрати в продукції біомаси, що відбуваються внаслідок цього, можуть наступати перш, ніж симптоми недостатності стануть помітні. Для розробки кращих методів діагностики були запропоновані біохімічні індикатори. Вони засновані на ензиматичних пробах, що є чутливим тестом на сховану недостатність даного живильного мікрокомпоненту. Однак практичне використання ензиматичних проб досить обмежено через велику мінливість ензиматичної активності й технічних труднощів її визначення.

Метаболічні порушення в рослинах викликаються не тільки недоликом мікрокомпонентів харчування, але і їхнім надлишком. У цілому рослини більше стійкі до підвищених, ніж до знижених концентрацій елементів.

Оцінка токсичних концентрацій і дії мікроелементів на рослини залежить від безлічі факторів. До числа найбільш важливих факторів ставляться пропорції, у яких іони і їхні з'єднання присутні в розчині. Деякі з'єднання, наприклад кисневі аніони елементів, можуть бути більше отрутні, ніж їхні прості катіони [13]. Найбільш отрутними як для вищих рослин, так і для ряду мікроорганізмів є Hg, Си, Ni, Pb, Co, Cd, а також Ag, Be і Sn.

Хоча рослини швидко адаптуються до хімічних стресів, вони все-таки можуть бути досить чутливі до надлишку певного мікроелемента. Токсичні концентрації цих елементів у рослинних тканинах дуже важко встановити. Видимі симптоми токсичності міняються від виду до виду, але найбільш загальні й неспецифічні симптоми фітотоксичності - це хлорозні або бурі крапки на листах і їхніх краях і коричневі, хирляві, коралоподібні корінь.

Збалансованість хімічного складу живих організмів - основна умова їхнього нормального росту й розвитку. Взаємодія хімічних елементів має таке ж значення для фізіології рослин, як явища дефіциту й токсичності.

Взаємодія між хімічними елементами може бути антагоністичним або синергічним, і його незбалансовані реакції можуть служити причиною хімічних стресів у рослин.

Ca, P и Mg - головні антагоністичні елементи відносно поглинання й метаболізму багатьох мікроелементів. Але й для антагоністичних пар елементів спостерігалися іноді синергічні ефекти, що зв'язано, імовірно, зі специфічними реакціями в окремих генотипів або видів рослин [14].

### 3.4 Оцінка впливу мінеральних та органічних добрив на стан водних об'єктів

До головних джерел хімічного та бактеріологічного забруднення гідросфери належить також сучасне сільське господарство, в якому широкомасштабно застосовуються отрутохімікати (пестициди) для боротьби з шкідниками та мінеральні добрива. Особливо небезпечною виявляється хімізація сільського господарства при порушеннях технологічних норм зберігання та застосування хімічних речовин. Ще більше поступає в ґрунт мінеральних добрив [15].

Евтрофікація водойм - це підвищення рівня продукції первинних водойм завдяки збільшенню в них концентрації біогенних елементів, переважно нітрогену та фосфору.

Велика кількість сполук азоту, калію і фосфору міститься у господарчо-фекальних комунальних стоках і стоках тваринницьких комплексів, в які потрапляє сеча та гній худоби.

#### 3.4.1 Особливості застосування добрив

Систему удобрення в сівозмінах слід планувати з урахуванням надходження і втрат елементів живлення.

Водночас із посиленням ролі органічних добрив при переході на методи біологічного землеробства не передбачається повної відмови від застосування мінеральних добрив, вапна, гіпсу та мікроелементів. Стосовно до біологічного землеробства кількість внесених мінеральних добрив повинна компенсувати винос поживних речовин з урожаєм. Дози внесення їх повинні бути оптимально-мінімальними і відповідати принципу доцільної достатності, який забезпечує сталу продуктивність рослинництва, екологічно чистий стан навколишнього середовища, продуктів харчування і кормів. Цього досягають шляхом зменшення доз мінеральних добрив, рекомендованих для інтенсивного землеробства, на 30 – 40%.

Одержання біологічно чистої рослинницької продукції пов'язане з оптимізацією азотного живлення рослин. Для цього необхідно ширше впроваджувати біологічні способи його регулювання, які забезпечують максимальне нагромадження атмосферного азоту в ґрунті. Для розрахунків доз азотних добрив використовують унікальну здатність багаторічних трав і однорічних бобових культур до азотфіксації, а також нормативні показники надходження азоту з атмосферними опадами, втрати цього елемента при денітрифікації, вимиванні та внаслідок ерозії [18].

Роздільне внесення азотних добрив практично повністю виключає їх негативний еколого-токсикологічний ефект, а локальний спосіб дає можливість знижувати дозу мінеральних добрив на 25 – 35%. На еродованих ґрунтах схилів гній, фосфорні та калійні добрива рекомендується вносити під зяблеву оранку, азот – під культивуацію перед посівом. Азотне підживлення озимих проводять після припинення стоку талих вод за методом Бузницького. Під ярі культури доцільно вносити повне мінеральне добриво перед весняною культивуацією. На фоні ефективно діючого комплексу ґрунтозахисних заходів змивання азотних і калійних добрив зменшується на 20 – 30%, а слаботорозчинних пестицидів і суперфосфату – на 80 – 90% [15].

### 3.4.2 Роль мінеральних добрив в сучасній системі землеробства

Фізіологічно і аміачний, і нітратний азот практично рівноцінні. Однак аміачний азот у деяких випадках може пригнічувати ріст рослин. Це відбувається тоді, коли вони ослаблені перед зимівлею, містять мало вуглеводів, що гальмує зв'язування азоту в білки, та ін. Азотні добрива взаємодіють з ґрунтом неоднаково. Аміачний і нітратний азот засвоюються рослинами з різною швидкістю. Аміачний азот міститься в ґрунті у вигляді катіону, і тому обмінно вбирається ґрунтовим вбирним комплексом. Нітратний азот, який міститься в аніонній формі, переважно залишається в ґрунтовому розчині. В результаті аміачний азот засвоюється рослинами повільніше, ніж нітратний, і значно менше вимивається з ґрунту. Тому нітратні добрива доцільніше застосовувати в тих випадках, коли рослини повинні швидко засвоїти азот, наприклад при підживленнях. І навпаки, для передпосівного внесення в ґрунт ці добрива менш придатні, бо вони вимиваються ще до сівби. В такому випадку краще застосовувати аміачні добрива, азот яких фіксується ґрунтом.

На застосування азотних добрив істотно впливає їх реакція. Внесені в ґрунт добрива помітно змінюють реакцію ґрунтового розчину. При цьому характер такої зміни не завжди однозначний з характером хімічної реакції добрива. Такі зміни реакції, які відбуваються внаслідок використання рослинами компоненту добрив, називають фізіологічною реакцією. Можливу зміну реакції ґрунту в результаті внесення добрив треба враховувати при виборі добрив. Так, на ґрунтах, що мають кислу реакцію (підзолистих, болотних та ін.), краще застосовувати фізіологічно лужні, а на лужних ґрунтах – фізіологічно кислі добрива. Добрива з різною реакцією слід чергувати, щоб не відбувалося інтенсивної однобічної зміни реакції ґрунту. При значній кислотності добрив ґрунт нейтралізують вапном. Проте у всіх випадках треба враховувати і відношення до реакції середовища рослин [15].

Важливою характеристикою добрив є вміст у них поживного елемента, зокрема для азотних – азоту. Чим більший вміст елемента, тим добриво краще, в ньому міститься менше баласту. Добрива з малим вмістом баласту економічно вигідніші: їх дешевше перевозити (в розрахунку на одиницю елементів живлення), дешевше і легше вносити в ґрунт. Отже, чим менший вміст баласту в добривах, тим вони агрономічно кращі. Однак зміна властивостей ґрунту внаслідок внесення добрив і, зокрема, його структури відбувається не лише під дією баласту, а й тієї його частини, яка використовується рослиною. Так, структуру ґрунту погіршує іон  $\text{NH}_4$ . Тому аміачні добрива доцільно вносити з добривами, які містять кальцій і магній. Нітратні добрива (селітри) і особливо аміачна селітра мають високу гігроскопічність, тому вони дуже злежуються, втрачають сипкість, що утруднює внесення їх у ґрунт. Ці добрива слід зберігати в закритій тарі, в сухому приміщенні. Для збереження сипкості аміачної селітри та зниження її гігроскопічності це добриво гранулюють, тобто надають йому форми зерен (гранул).

Крім твердих азотних добрив, широко використовують рідкі азотні добрива: рідкий безводний аміак, аміачну воду й аміакати. Безводний аміак має високий тиск пари, тому на повітрі кипить і швидко випаровується. В зв'язку з цим транспортують і зберігають його в цистернах, розрахованих на високий тиск. Аміачна вода – водний розчин аміаку. Пружність пари аміаку цього добрива значно нижча, ніж у рідкого аміаку. Тому зберігати і транспортувати його значно легше. Спрощується і внесення його в ґрунт. Важливою якістю аміачної води є відносно дешеве виробництво її, порівняно просте використання і висока ефективність [15].

В рослинах фосфор зумовлює нормальний перебіг багатьох найважливіших процесів. При нестачі його порушується синтез вуглеводів (наприклад, знижується крохмалистість бульб картоплі, цукристість цукрових буряків тощо), уповільнюється розвиток рослин (дозрівання їх,



розвиток кореневої системи), утворення репродуктивних органів, знижується зимостійкість озимих культур, погіршується якість урожаю та ін. Валовий вміст фосфору в ґрунтах змінюється в межах 0,1–0,25%, проте значна частина його міститься у важкорозчинних сполуках, тому рослини часто відчують нестачу його, яка поповнюється внесенням добрив.

Важкорозчинні фосфати і, зокрема, фосфоритне борошно застосовують лише на кислих ґрунтах, де фосфор цих добрив буде досить доступний рослинам. Проте і тут їх вносять у ґрунт, як правило, задовго до сівби і глибоко загортають (звичайно восени під плуг), щоб під дією кислот ґрунту важкорозчинні фосфати частково перейшли в більш розчинну, доступну рослинам форму.

На ґрунтах з нейтральною і особливо лужною реакціями застосовують більш розчинні фосфати, перш за все суперфосфат. Проте ці ґрунти, як правило, багаті на кальцій, який сполучається з іонами  $PO_4^{-3}$  з утворенням важкорозчинних сполук. В результаті доступність фосфору рослинам зменшується. Щоб зберегти доступність фосфору суперфосфату рослинам і запобігти переходу його у менш розчинні форми, треба зменшити тривалість контакту суперфосфату з ґрунтом, багатим на кальцій, та знизити площу зіткнення з ним добрив. Тому вносити суперфосфат в ґрунт треба лише безпосередньо під час сівби рослин або після сівби. Щоб зменшити контакт суперфосфату з ґрунтом, суперфосфат гранулюють, що знижує інтенсивність вбирання іона  $PO_4^{-3}$  і зберігає високу ефективність внесеного фосфору [16].

Гранульований суперфосфат менше пригнічує життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, зручніший для внесення, менше злежується. Гранулювання суперфосфату є важливим заходом підвищення його ефективності.

Складні й змішані добрива. Складні добрива, порівняно з простими, мають ряд істотних переваг. Вони, як правило (за винятком змішаних), містять менше баласту, тому застосовувати їх економічно вигідно. Крім того,

зменшується можлива негативна дія на ґрунт і рослини великих кількостей баласту. Проте негативною властивістю складних добрив є сталість їх складу, яка обмежує можливості застосування їх, оскільки в процесі росту і розвитку рослин елементи живлення треба вносити в різних співвідношеннях. Усі складні добрива містять елементи живлення в легкозасвоюваній рослинами формі.

### 3.4.3 Особливості застосування добрив

Систему удобрення в сівозмінах слід планувати з урахуванням надходження і втрат елементів живлення.

Водночас із посиленням ролі органічних добрив при переході на методи біологічного землеробства не передбачається повної відмови від застосування мінеральних добрив, вапна, гіпсу та мікроелементів. Стосовно до біологічного землеробства кількість внесених мінеральних добрив повинна компенсувати винос поживних речовин з урожаєм. Дози внесення їх повинні бути оптимально-мінімальними і відповідати принципу доцільної достатності, який забезпечує сталу продуктивність рослинництва, екологічно чистий стан навколишнього середовища, продуктів харчування і кормів. Цього досягають шляхом зменшення доз мінеральних добрив, рекомендованих для інтенсивного землеробства, на 30 – 40%.

Одержання біологічно чистої рослинницької продукції пов'язане з оптимізацією азотного живлення рослин. Для цього необхідно ширше впроваджувати біологічні способи його регулювання, які забезпечують максимальне нагромадження атмосферного азоту в ґрунті. Для розрахунків доз азотних добрив використовують унікальну здатність багаторічних трав і однорічних бобових культур до азотфіксації, а також нормативні показники надходження азоту з атмосферними опадами, втрати цього елемента при денітрифікації, вимиванні та внаслідок ерозії [16].

Роздрібнене внесення азотних добрив практично повністю виключає їх негативний еколого-токсикологічний ефект, а локальний спосіб дає можливість знижувати дозу мінеральних добрив на 25 – 35%. На еродованих ґрунтах схилів гній, фосфорні та калійні добрива рекомендується вносити під зяблеву оранку, азот – під культивуацію перед посівом. Азотне підживлення озимих проводять після припинення стоку талих вод за методом Бузницького. Під ярі культури доцільно вносити повне мінеральне добриво перед весняною культивуацією. На фоні ефективно діючого комплексу ґрунтозахисних заходів змивання азотних і калійних добрив зменшується на 20 – 30%, а слаботорозчинних пестицидів і суперфосфату – на 80 – 90% [15,16].

#### 3.4.4 Екологічні наслідки використання мінеральних добрив

В екологічному відношенні найбільш небезпечні промислові азотні добрива (так званий технічний азот) – основне джерело нітратного забруднення води, продуктів харчування і кормів.

Коли говорять про небезпеку нітратів для людини, звичайно мають на увазі й нітрити, які утворюються в організмі під дією мікрофлори кишечника і тканинних ферментів, а також N-нітрозоаміни. Загальновідомо, що нітрати й нітрити – нешкідливі форми азоту для рослин, є природними компонентами рослинного організму.

За здатністю нагромаджувати нітрати всі сільськогосподарські культури можна об'єднати в три групи. Головчастий салат, кріп, шпинат, редька, буряки столові акумулюють багато нітратів. Помідори, картоплю, огірки відкритого ґрунту, перець, баклажани, цибулю виділено в групу зниженої здатності до нагромадження нітратів.

Нині агрохімічна служба в своїй практичній роботі по оцінці рівня нітратного забруднення рослинницької продукції використовує ГДК, які розроблені відповідними службами (табл. 3.1).

Вміст нітрат-іона в кормах для сільськогосподарських тварин не повинен перевищувати 5 – 10 мг на 1 кг сирової продукції. ГДК нітратів у питній воді становить: за стандартом Всесвітньої організації здоров'я – 10 мг/л, у європейських країнах – 22, у США – 45 і в нашій країні – 10 мг/л. Максимально нешкідлива доза для людини – 5 мг на 1 кг маси тіла [19].

З таблиці видно, що найвищий показник допустимого вмісту нітратів у продукції рослинництва припадає на цибулю, а найменша – на огірки.

Таблиця 3.1 - Допустимий вміст нітратів у продукції рослинництва (Дегодюк Є. Г)

Продукти	ГДК, мг/кг сирової речовини (за нітрат-іоном)
Картопля	80
Капуста	300
Огірки	150
Томати	60
Кавуни, дині	45
Цибуля (перо)	400
Буряки	1400
Морква	300
Зелені корми	200

Ще одна з причин нагромадження нітратів полягає у низькій ефективності мінеральних добрив. Нітрати часто нагромаджуються не лише на фоні високих, але й за умов застосування низьких доз азоту. Як показала практика, це спостерігається при низькій культурі землеробства.

За даними Українського філіалу ЦІНАО, окупність добрив приростом урожаю зернових культур у 1988 р. становила 3,8 кг, або 81% до нормативу, по цукрових буряках – 80%, картоплі – 46%, а по овочах – 37%. Низька енергетична ефективність застосування добрив. Так, по соняшнику й овочах

нагромаджена приростом урожаю енергія становила лише 65 – 67% енерговитрат на застосування добрив.

Наведені дані свідчать про неповне використання внесених добрив, значна частина яких забруднює ґрунт, підґрунтові води, водойми й сільськогосподарську продукцію.

Отже, спостерігається значна взаємодія між агрохімічними нормативами, які використовують при розробці рекомендацій для господарств, та ступенем екологічної небезпеки від їх реалізації [17].

Українським філіалом ЦІНАО спільно з іншими науково-дослідними інститутами розроблені більш досконалі в екологічному відношенні методика й нормативи для визначення доз добрив з урахуванням зростання врожаю, який можна одержати за конкретних умов, запланованого приросту, ступеня інтенсивності вирощування культури, вмісту в ґрунті поживних речовин та післядії добрив, внесених під попередники.

Рекомендаціями по еколого-токсикологічному регламентуванню добрив передбачено вносити не більше 140 кг/га азоту під озиму пшеницю 120 кг/га, кукурудзу 120 кг/га, озиме жито і ячмінь 100 кг/га, цукрові буряки 160 кг/га, картоплю 120 кг/га, гречку 65 кг/га, просо 75 кг/га, під огірки й столові буряки 60 – 90 кг/га.

Агрономічна ефективність цих доз зростає, а їх негативний вплив на навколишнє середовище зменшується при роздрібненому внесенні відкоригованих доз азоту за результатами ґрунтової та рослинної діагностики. Комплексну діагностику, крім проведення її на посівах озимих зернових культур, слід ширше застосовувати на овочевих і баштанних культурах, картоплі, цукрових буряках і кукурудзі, тобто на всіх культурах, які інтенсивно удобрюють [17].

Регламентовані дози азотних добрив при правильному їх застосуванні безпечні в еколого-токсикологічному відношенні, оскільки вони визначені з урахуванням вмісту нітратів у рослинницькій продукції, біологічних

особливостей сільськогосподарських культур, забезпеченості ґрунтів азотом, погодних і кліматичних умов, збалансованості мінерального живлення рослин та інших факторів. Але, як показала практика, обмеження доз азоту не завжди буває ефективним, тому що нітрати в рослинах нагромаджуються не лише залежно від доз добрив, а й від їх форм. Доведено, що нітратні форми азотних добрив сприяють більшому нагромадженню нітратів у рослинах, ніж аміачні та амідні. Застосування фосфорних і калійних добрив знижує вміст нітратів в урожаї, оскільки фосфор і калій позитивно впливають на відновлення нітратів до аміаку. Встановлено також, що наявність у ґрунті молібдену запобігає нагромадженню нітратного азоту в рослинах у токсичних концентраціях через те, що молібден бере участь у редукції нітратів.

Нагромадженню нітратного азоту сприяє загущеність посівів, його високий вміст у ґрунті, несприятливі погодні умови. При нестачі вологи й світла, різких перепадах температури кількість нітратів збільшується.

Нині агрохімічна наука має більш ніж достатньо доказів того, що під дією мінеральних добрив відбуваються зміни кислотно-основних властивостей ґрунтів .

В основі негативного впливу мінеральних добрив на кислотно-основні властивості ґрунту лежить процес біологічного окислення азоту й утворення кислот (у прикладі з сульфатом амонію -  $\text{HNO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ). У ґрунті кислоти нейтралізуються, вступаючи у взаємодію з бікарбонатами ґрунтового розчину і катіонами вбирного комплексу [16,17].

Через деякий час у ґрунтовому вбирному комплексі, крім  $\text{H}^+$  з'являється обмінний  $\text{Al}^{3+}$  , який токсичний для багатьох рослин. Вже при концентрації у розчині 2 мг/л  $\text{Al}$  спостерігають різке погіршення розвитку кореневої системи, порушується вуглецевий, азотний, фосфатний обмін у рослинах. Вищі концентрації алюмінію призводять до різкого зниження врожаю зернових культур і навіть їхньої загибелі.

Нині у науковій літературі нагромаджено великий обсяг даних, які свідчать, що підвищення кислотності ґрунтового розчину може істотно впливати на рухомість у ґрунті багатьох хімічних елементів, у тому числі токсичних, тим самим активізуючи перехід їх у рослини та міграцію за профілем ґрунту. Вплив мінеральних добрив на геохімічні властивості ґрунтів проявляється не стільки у привнесенні низки елементів-забруднювачів, скільки у зміні особливостей міграції окремих груп ВМ, що зумовлює їхню рухомість. Змінюючи реакцію ґрунтового розчину, мінеральні добрива призводять до підвищення рухомості токсичних елементів і опосередковано діють на процеси переходу їх у рослини: зниження рН водної витяжки з 6,5 до 4,0 підвищує забруднення рослин токсичними елементами з 4 до 20 разів [17].

Найактивніше надходження ВМ із ґрунту в рослини відбувається за кислої реакції ґрунтового розчину, що підтверджується результатами досліджень, проведених у тривалих дослідах з Cd, Pb, Ni, Cr, на різних ґрунтових відмінностях. Вапнування і внесення у ґрунт інших природних сорбентів дає змогу активно впливати на ці процеси. Але підвищення рН з метою зниження вмісту ВМ (зокрема кадмію) у продукції рослинництва ефективно не для всіх видів рослин. Ю. Алексєєвим було встановлено, що вапнування призводило до надходження кадмію у рослини ячменю і бобових культур.

Серед традиційних мінеральних добрив, які можуть активно впливати на кислотно-основні властивості ґрунту, найбільшою активністю характеризуються азотні, серед яких ті, що зміщують рівновагу ґрунтового розчину в бік: підкислення - аміачна селітра  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ , аміак рідкий  $\text{NH}_3$ , аміак водний  $\text{NH}_4 \text{OH}$ , сульфат амонію  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , сульфат амонію-натрію  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 + \text{Na}_2 \text{SO}_4$ , хлористий амоній  $\text{NH}_4 \text{Cl}$ , сечовина (карбамід)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ; підлуження - натрієва селітра  $\text{NaNO}_3$  (16% N), кальцієва селітра  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (17,5% N).

На кислотно-основні властивості ґрунту, хоча і меншою мірою, впливають також калійні і фосфорні добрива. Серед калійних добрив на першому місці калімагнезія  $K_2 SO_4 MgSO_4$ ; на другому -  $K_2 SO_4$  і на третьому -  $KCl$ . Калійні добрива, де присутній іон  $SO_4^{2-}$ , спричиняють збільшення розчинності алюмінію, й обмінна кислотність зумовлена саме його вмістом. Фосфорні добрива здебільшого мало впливають на зміну кислотно-основних властивостей ґрунтів - вони здатні спричинити лише слабе підкислення (суперфосфати), або дещо знижувати кислотність ґрунту (преципітат, мартенівський шлам, знефторений фосфат, фосфоритне борошно) [18].

Поступово нагромаджено дані, які свідчать, що при систематичному застосуванні добрив спостерігають тенденції до підвищення валового вмісту ВМ, на фоні чого відбувається істотне збільшення кількості їхніх рухомих сполук у ґрунті. Так, Ю. Потатуєвою зі співробітниками встановлено, що систематичне тривале (60 років) застосування баластних та концентрованих мінеральних добрив на дерново-підзолистому ґрунті призвело до нагромадження рухомих форм Cd, Mn, Mo.

Як правило, внесення азотних добрив призводить до підвищення рухомості Mn, Fe, Zn, Cd у ґрунтах і практично не змінює рухомості Cu і Ni, а рухомість РЬ при цьому знижується. Фосфорні добрива зменшують рухомість ВМ у ґрунті в результаті утворення важкорозчинних фосфатів металів. Калійні добрива менше, ніж азотні і фосфорні впливають на зміну рухомості металів.

Слід зазначити, що застосування фосфорних добрив призводить не лише до підвищення загального вмісту фтору у ґрунті, але й до погіршення біологічної активності ґрунту та швидкого нагромадження фтору безпосередньо доступного рослинам, яке, може становити 90%, порівняно з контролем.

Мінеральні добрива, що містять фосфор, можуть призводити до збільшення у землях сільськогосподарського використання хімічних



елементів, які мають природну радіоактивність. Відомо, що у деяких штатах США концентрація урану-238 у ґрунтах за 80 років застосування фосфорних добрив збільшилася удвічі. Подібне явище спостерігали також у Німеччині, де на окультурених ґрунтах вміст природнорадіоактивних елементів (урану і радію) на 6-9% вище, ніж на неокультурених. У ґрунт з простим суперфосфатом надходить значна кількість стабільного стронцію [18].

Органічні добрива відіграють роль біоконцентраторів і рециркуляторів БАЕ в агроекосистемах, з ними в ґрунт надходить близько 60% загальної кількості БАЕ. Використання низькоконцентрованих фосфорних добрив може у кілька разів збільшувати надходження БАЕ в агроекосистеми.

На рисунку 3.1 приведена мінеральна система добрива.

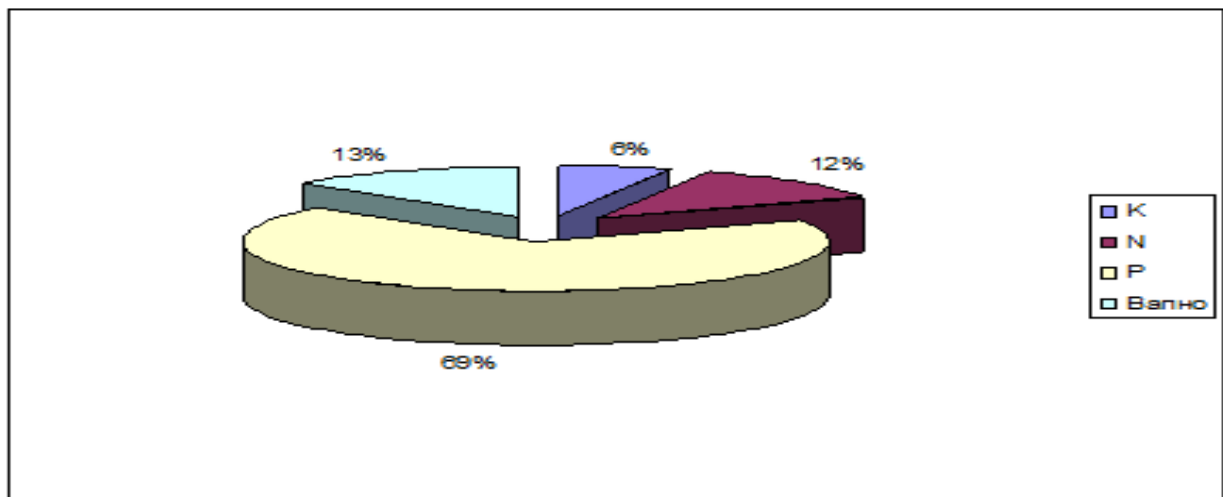


Рис. 3.1 - Мінеральна система добрива (В. П. Патики)

З рисунку видно, що при мінеральній системі удобрення найбільше вносяться фосфорні добрива – 69%, вапно – 13%, азотні добрива – 12%, калійні добрива – 6%.

На рисунку 3.2 приведена орґано-мінеральна система добрива.

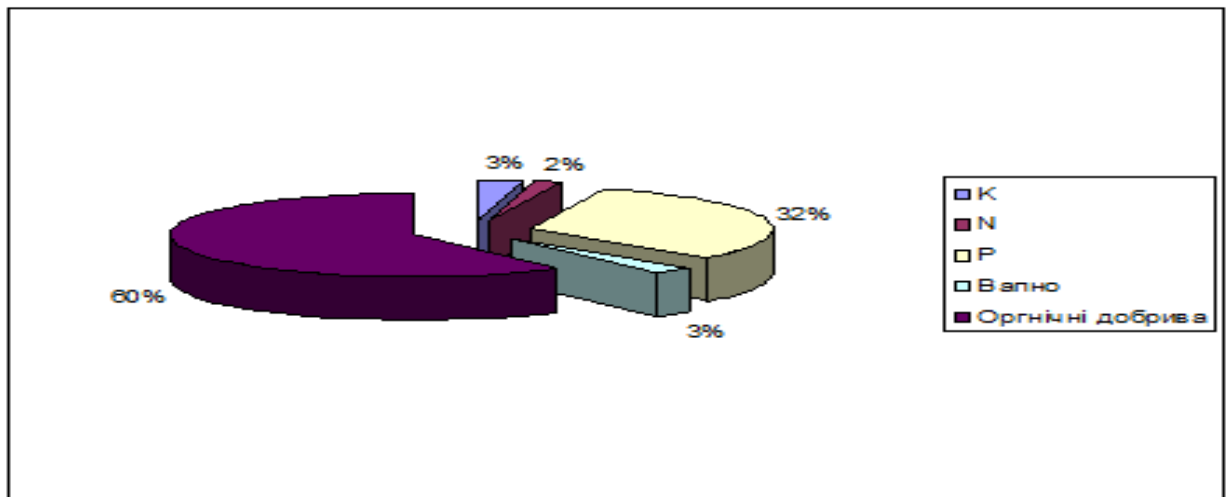


Рис. 3.2 - Органо-мінеральна система добрива (В. П. Патика)

Аналізуючи діаграму можна сказати, що при органо-мінеральній системі удобрення найбільше вносяться органічні добрива - 60%, фосфорні – 32%, вапно- 3%, калійні добрива – 3%, азотні – 2%.

#### 3.4.5 Агроекологічна характеристика мінеральних добрив

З агроекологічної точки зору, важливими для оцінки можливої негативної дії мінеральних добрив на довкілля є: кількісний та якісний склад мінеральних добрив, у тому числі домішок.

Нітратний азот не піддається фізико-хімічному та фізичному поглинанню у ґрунтах, зберігає високу активність і за певних умов може вимиватися у ґрунтові води.

Максимально допустимі річні норми азоту мінеральних добрив у різних зонах України: Полісся і Лісостеп - 140 кг/га, Степ - 180 кг/га поживних речовин (за винятком культурних пасовищ [18]).

Азотні добрива в якості домішок можуть містити певну кількість мікроелементів. Деякі з цих елементів у невеликих кількостях можуть позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, але систематичне внесення

добрив може призвести до нагромадження у ґрунті баластних елементів, погіршення гігієнічної якості продукції, міграції токсикантів.

Загальна характеристика токсичної дії азотних добрив полягає у негативному впливі, пов'язаному, насамперед, з наявністю нітратного азоту.

Таблиця 3.2 - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування азотних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти (Носко Б. С.)

Елемент	G	A мг/га	Тк	Сст мг/л	Р мг/л	С мкг/л
г	мг/га					
Аміачна селітра						
Zn	20	10080	>100	0,2	27	0,66
Cu	25	88800	>100	0,075	85	0,25
Ni	84	4080	>100	0,25	65	0,83
Pb	5	8520	>100	0,015	124	0,05
Cd	20	1590	>100	0,2	47	0,66
Сульфат амонію						
Zn	220	10080	>100	2,2	42	7,3
Cu	60	88800	>100	0,18	94	0,6
Ni	1000	4080	>100	3	131	10,0
Pb	1250	8520	>100	3,75	493	12,5
Cd	10	1590	>100	0,1	71	0,3

У таблиці 3.2 наведено зведені показники агроекологічної оцінки застосування азотних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти. Де, А - можливе додаткове внесення токсичних елементів у ґрунт з добривом, мг/га; Тк - час досягнення критичної концентрації токсикантів у ґрунті, являє собою відношення можливого додаткового надходження токсичних елементів з добривом (А) до фактичного (G):  $TK = A/G$ ; G - Фактичне надходження токсичних елементів у ґрунт з добривом; Сст - концентрація хімічних елементів у стоці, мг/л (розраховують для кожного елементу

окремо);P - винос хімічних речовин з рідким стоком; C - концентрація, яка характеризує відношення надходжень з одиниці сільськогосподарських угідь на одиницю водної поверхні при рівномірному розподілі ХЕ у верхньому шарі води (0,3 м).

Сульфат амонію містить більшу кількість домішок, ніж аміачна селітра у 2,5-10,0 разів. Внесення такої ж кількості сульфату амонію (100 кг за фізичною масою) зумовлює забруднення водних об'єктів кадмієм та свинцем (3 клас якості води).

Фосфорні добрива посідають перше місце серед мінеральних за вмістом токсичних домішок, що пов'язано з геологічним походженням та хімічною будовою фосфорних руд [17,18]. Основними компонентами фосфорних руд, що йдуть на виробництво добрив, є фосфорити (осадового походження) і апатити (вивержені мінерали).

Вітчизняні суперфосфати простий і подвійний характеризуються таким вмістом домішок: Zn - 10,0-12,3 мг/кг; Cu - 18,3-31,2; Ni - 12,9-26,5; Pb - 21,7-29,0; Cd - 0,25 мг/кг. На особливу увагу заслуговують дані щодо вмісту у фосфорних добривах фтору [31]. Фосфатна сировина різних родовищ містить 11 000 - 40 000 г/т фтору, 50-80% фтору, що міститься у фосфоритах, залишається у фосфорних добривах. Найбільша кількість водорозчинного фтору міститься у складних добривах, а у суперфосфаті фтор перебуває, в основному, у вигляді малорозчинних сполук - фторидів кальцію.

У табл. 3.3 наведені показники агроекологічної оцінки застосування фосфорних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти.

Токсичні елементи, які надходять у ґрунт з фосфорними добривами, під впливом комплексу факторів беруть участь у іонообмінних реакціях. Вони утворюють органомінеральні сполуки, але їхні розчинність, рухомість, міграційна здатність та біодоступність, здебільшого, значно підвищуються, що свідчить про їхню більшу токсикологічну небезпечність.

Таблиця 3.3 - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування фосфорних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти (Лактіонов М.І.)

Елемент	G мг/га	A мг/га	Tк	Сст мг/л	P мг/л	C мкг/л
Суперфосфат простий						
Cu	3120	88800	>100	9,36	824	31,2
Ni	2650	4080	>100	7,95	591	26,5
Pb	2900	8520	>100	8,7	478	29,0
Cd	25	1590	>100	0,25	325	0,83
Zn	1230	10080	>100	12,3	301	41,0
Суперфосфат подвійний						
Zn	100	10080	>100	1	104	3,3
Cu	1830	88800	>100	5,49	563	18,3
Ni	1290	4080	>100	3,87	379	12,9
Pb	2170	8520	>100	6,51	514	21,7
Cd	25	1590	>100	0,25	259	0,83

Фосфорні добрива, здебільшого, мало впливають на зміну кислотно-основних властивостей ґрунтів - вони здатні спричинити лише слабе підкислення (суперфосфати), або дещо знижувати кислотність ґрунту (преципітат, мартенівський шлам, знефторений фосфат, фосфоритне борошно) [19].

У таблиці 3.4 наведені показники агроекологічної оцінки застосування калійних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти.

З екотоксикологічної точки зору, калійні добрива можуть являти певну небезпеку докільню не лише тому, що впливають на реакцію ґрунтового середовища, а й тому, що містять у своєму складі доволі значні домішки хлору, натрію, магнію та сульфат-іонів. Так, при внесенні 1 кг  $K_2O$  в ґрунт водночас надходить 0,9-5,2 кг хлору та 0,2-2,5 кг  $Na_2O$ .

Таблиця 3.4 - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування калійних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об'єкти (Носко Б. С.)

Елемент	G мг/га	A мг/га	Тк	Сст мг/л	Р мг/л	С мкг/л
Калій хлористий						
Zn	310	10080	>100	3,1	133	10,3
Cu	870	88800	>100	2,61	620	8,7
Ni	430	4080	>100	1,29	231	4,3
Pb	870	8520	>100	2,61	407	8,7
Cd	25	1590	>100	0,25	198	0,83
Сульфат калію						
Zn	450	10080	>100	4,5	578	15,0
Cu	1200	88800	>100	3,6	456	12,0
Ni	300	4080	>100	0,9	89	3,0
Pb	1200	8520	>100	3,6	178	12,0
Cd	100	1590	>100	1	209	3,3

Рухомість ґрунтових катіонів підвищується із внесенням хлористих солей, оскільки жоден з них не утворює з аніоном хлору нерозчинних солей, що є причиною вимивання з ґрунту підвищених кількостей кальцію і магнію.

При значному вмісті у ґрунтовому вбирному комплексі одновалентних катіонів калію та натрію погіршується структура ґрунту, здатність утворювати ґрунтові колоїди у натрію вище, ніж у калію.

Небезпеку можуть являти також токсичні домішки, які містяться у калійних добривах, про що свідчать результати оцінки хлористого калію: Zn - 3,1 мг/кг, Cu - 8,7, Ni - 4,3, Pb - 8,7, Cd - 0,25 мг/кг. Такі кількості токсичних домішок зумовляють надходження у ґрунт міді та свинцю по 870 мг/га, цинку та нікелю - 300-400 мг/га. Концентрації забруднювачів у воді зумовляють забруднення на рівні II - III класу [19].

Сульфат калію містить вищі концентрації домішок у розрахунку на одиницю маси добрива, тому й надходження токсикантів у ґрунт вищі

порівняно з хлористим калієм. Найбільшу загрозу являє забруднення кадмієм - 100 мг/га ґрунту та 3,3 мкг/л води (IV клас - брудні води).

Особливості впливу на ґрунт та склад домішок визначатимуть вихідні компоненти таких добрив.

У таблиці 3.5 наведені показники агроекологічної оцінки застосування амофосу щодо його впливу на ґрунт та водні об'єкти.

Як видно з даних таблиці, внесення 100 г амофосу зумовить надходження 1400 мг/га цинку, 500 мг/га міді, 36 мг/га кадмію. Водні об'єкти перебуватимуть на рівні, що відповідає II- III класу забруднення.

Таблиця 3.5 - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування амофосу щодо його впливу на ґрунт та водні об'єкти (Носко Б. С.)

Елемент	G мг/га	A мг/га	Тк	Сст мг/л	P мг/л	C мкг/л
Zn	1400	10080	>100	14	967	46,6
Cu	500	88800	>100	1,5	323	5,0
Ni	50	4080	>100	0,15	159	0,5
Pb	650	8520	>100	19,5	1005	6,5
Cd	36	1590	>100	0,36	236	1,2

До складу мікродобрив входять мікроелементи, необхідні для нормального розвитку рослин - В, Zn, Мо, Сu, Со, Mg та ін. Для ефективного використання мікродобрив у землеробстві, слід виключити можливість передозування. Якщо для основних макроелементів рівень безпечних концентрацій у ґрунтовому розчині доволі широкий, то для мікроелементів - оптимальний або нешкідливий інтервал концентрацій, доволі вузький. Перевищення необхідних концентрацій може призвести до підвищення вмісту мікроелементів у сільськогосподарській продукції і негативного впливу на довкілля [19].

## 4 МЕТОДИКА ОЦІНКИ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

Існує декілька підходів щодо оцінки кількості біогенних речовин, що виносяться. Перший підхід засновано на рішенні системи диференціальних рівнянь. Другий – концептуальний підхід, який з меншою точністю, але з більшою практичною доцільністю використовується сьогодні у інженерній практиці.

### 4.1 Основні фактори біогенного навантаження на водні об'єкти та їх оцінка

Господарська діяльність людини значно прискорює процес евтрофування: за декілька десятиліть антропогенний фактор призвів до змін, які в природному ритмі відбулися б у водоймищах за декілька тисяч років. Цьому сприяло будівництво каскадів ГЕС водосховищ, рекреаційні заходи, скиди промислових, комунально-побутових і тваринницьких стічних вод (рисунок 4.1).

Біогени беруть участь в різних геохімічних і біологічних циклах, потрапляють в водні об'єкти, причому найбільш значущі для біологічної наземної продуктивності (фосфор, азот, калій) стають в них лімітуючими, тобто набувають граничних здібностей.

Зміна стану вод зумовлена не лише зовнішнім потраплянням в них біогенних елементів, але й внутрішніми процесами, викликаними зміною екологічної рівноваги в водоймищі. Порушення рівноваги веде до дисбалансу між рівнями первинної і вторинної біологічної продуктивності. Виникає накопичення гідробіонтів, в результаті якого в водоймищі в десятки і сотні разів більше накопичується органічних речовин, ніж потрапляє внаслідок господарської діяльності. Таким чином, антропогенне потрапляння біогенів –



це етап в розвитку евтрофування водоймищ, до якого в подальшому підключаються внутрішні біологічні процеси, які ведуть до інтенсивного накопичення органічних речовин у водоймищі, тобто до само забруднення. Явною ознакою евтрофування, як процесу порушення екологічної рівноваги потрібно враховувати зміну відношень між двома формами водних рослин: бентосною і фітопланктонною [19].

Озера, які піддаються евтрофуванню, іноді називають мертвими, але з біологічної точки зору це не правильно, оскільки загальна біопродуктивність фітопланктону може значно перевищувати аналогічний показник бентосної рослинності.

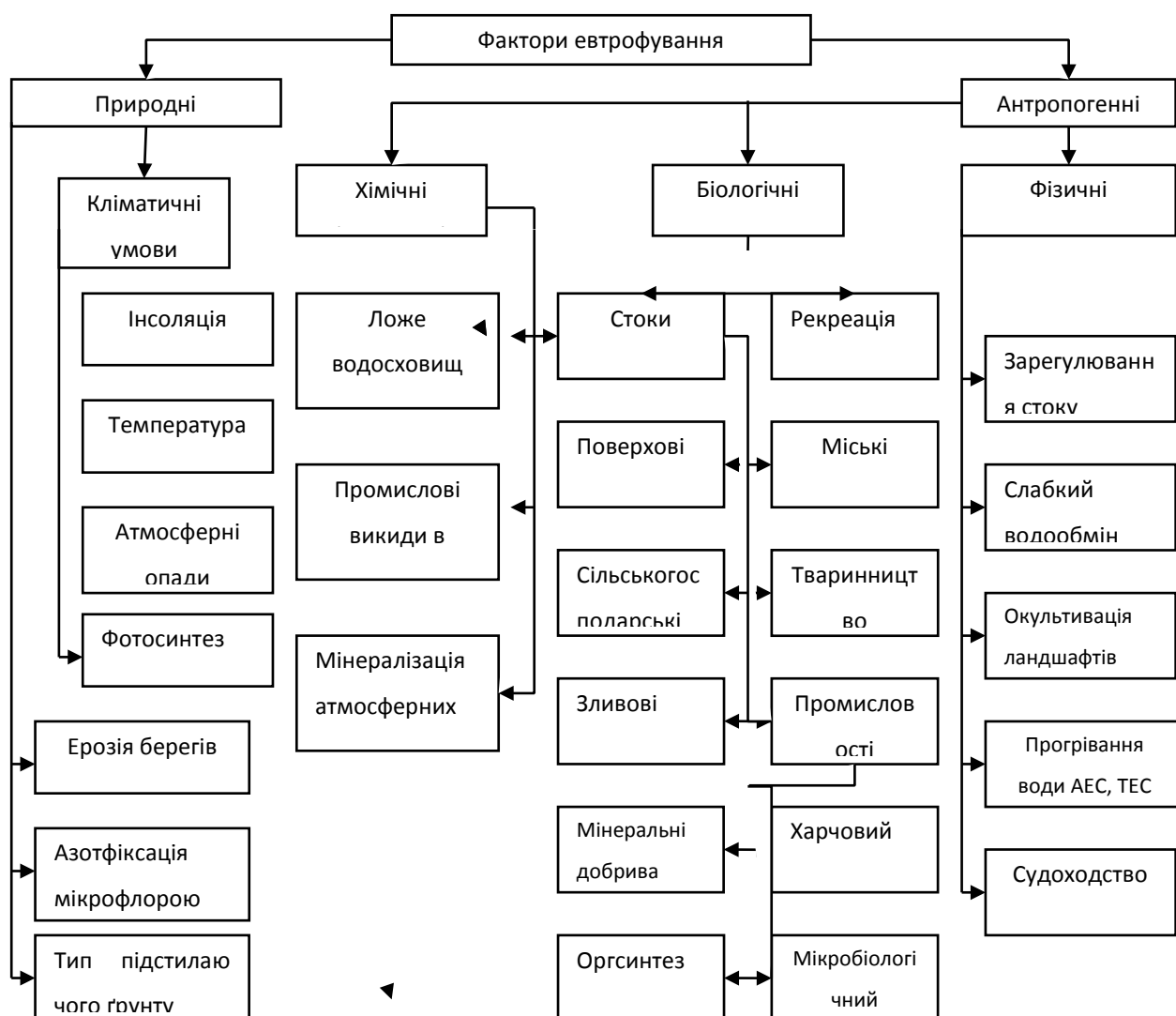


Рис.4.1 – Фактори евтрофування водоймищ

Найбільш розповсюдженим проявленням евтрофування водоймищ являється цвітіння води. Воно притаманне всім гіпертрофним водоймищам і зумовлено розвитком синьо-зелених водоростей [12].

Токсична дія вод евтрофованого водоймища може бути зумовлена накопиченням нітратів і нітритів. В період активної життєдіяльності і після відмирання водорості поповнюють водоймище значною кількістю азототримуючих речовин, в тому числі і біологічно активних амінів, які, взаємодіючи з нітратами і нітритами, можуть утворювати висококанцерогенні нітрузоаміни. Ведучу роль в процесі утворення нітрузоамінів відіграють бактерії і їх ферменти.

Внаслідок високої динамічності процесів евтрофування ускладнюється процес встановлення статусу водного об'єкта. Одним із простих способів оцінки цього показника являється відповідність фактичної концентрації біогенних речовин гранично допустимим.

Одним із факторів ризику при використанні евтрофованих водоймищ являється зміна природних умов життя збудників деяких захворювань, а також створення сприятливих умов для розвитку деяких форм збудників паразитарних захворювань. При евтрофуванні прісноводних і морських водоймищ значення даного фактора зростає, оскільки при цьому змінюються мікробні ценози і генетичні здібності збудників інфекційних захворювань людей.

Вплив сільського господарства як джерела потрапляння біогенних речовин в водні ресурси зростає в зв'язку з збільшенням розораності територій, розвитком процесів хімізації. Ці фактори викликають зміну величин і направленість потоків біогенних елементів в агроландшафті.

Основними джерелами біогенного навантаження в границях аграрних територій являються сільськогосподарські угіддя, склади мінеральних добрив, сільські населені пункти, а також рослинний покрив і атмосферні опади (рисунок 4.2). Ці джерела підрозділяються на розсіяні і точечні.



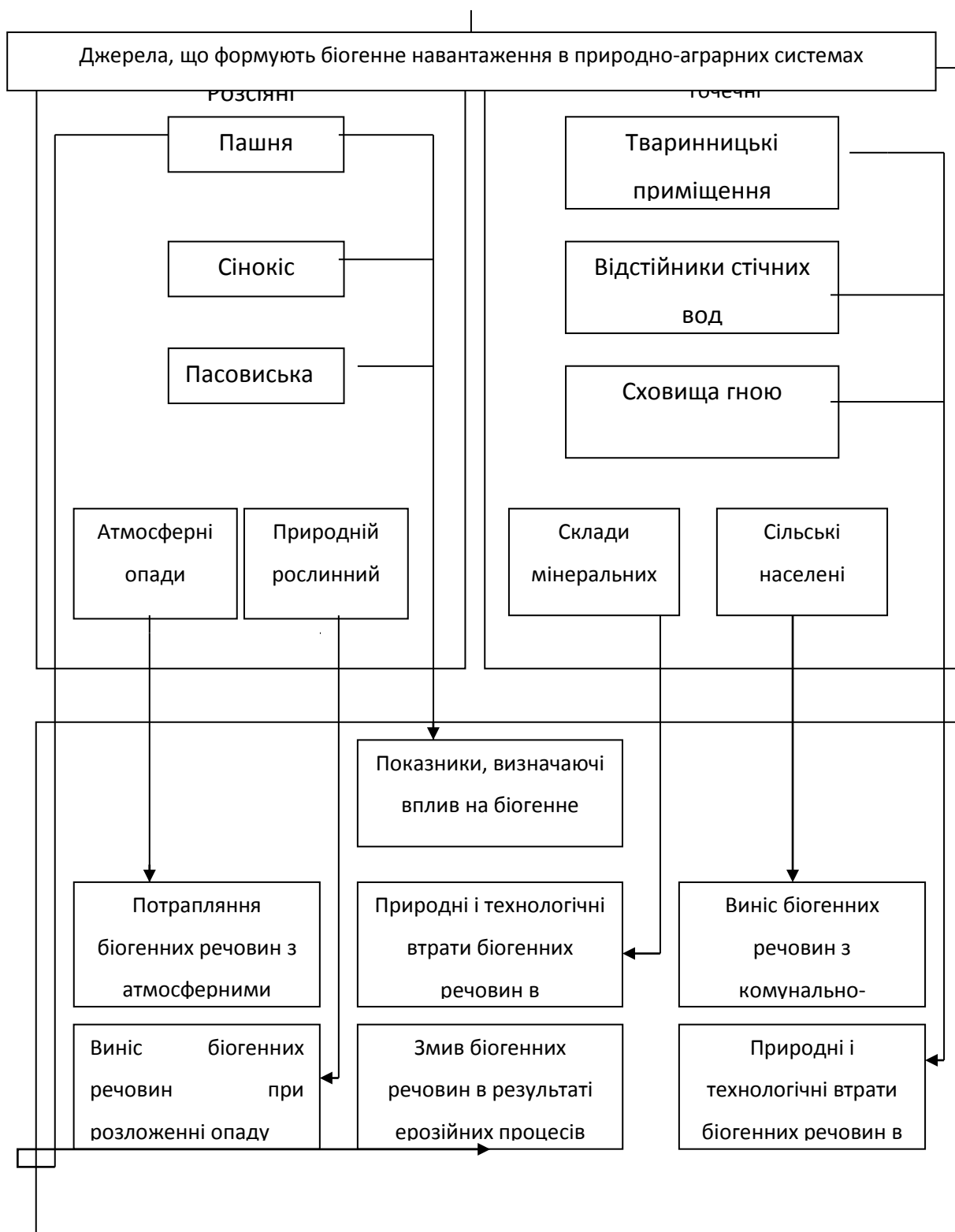


Рис.4.2 – Джерела, що формують біогенне навантаження в природно-аграрних системах

Наряду з антропогенними джерелами біогенного навантаження велику роль відіграють такі фактори, як атмосферні опади природній рослинний покрив.

Вплив розсіяних і точених джерел біогенного навантаження агроєкосистем на забруднення вод характеризується наступними показниками: втрати біогенних речовин в рослинництві і тваринництві, їх змив в результаті ерозійних процесів, виніс живильних речовин з комунально-побутовими стоками сільських населених пунктів, а також їх потрапляння в природне середовище з атмосферними опадами.

Додатковий транспорт біогенів може бути пов'язаний з агротехнічними прийомами. Осіння підготовка ґрунту під ярові і пропашні культури сприяє зменшенню поверхового схилового стоку і в кінці призводить до скорочення виносу біогенних речовин. Однак разом з тим зяблева оранка порушує протиерозійну утриманість ґрунтового покриву і сприяє збільшенню виносу біогенів з продуктами ерозії [20].

При довгостроковому застосуванні великих доз добрив винос біогенних речовин з поверховим стоком зростає внаслідок їх накопичення в орному шарі ґрунту.

Наряду з рослинництвом важливим джерелом біогенного забруднення вод являється тваринництвом. Степінь його впливу на водні об'єкти в кожному конкретному регіоні характеризується загальною кількістю скота, особливостями розміщення тваринницьких ферм, а також технологією тримання тварин.

На всіх стадіях виробництва рослинницької і тваринницької продукції трапляються втрати біогенних речовин, зумовлені різними порушеннями використаної технології, що суттєво збільшує винос біогенів в водостоки. В рядку факторів, сприяючих збільшенню втрат біогенів, потрібно відмітити наступне:

- відсутність або недостатня ємність спеціальних навозосховищ при фермах і комплексах, що призводить до необхідності частого вивозу на поля, однак із-за нестачі транспорту це, як правило, не здійснюється;
- розміщення ферм і комплексів в безпосередній близькості від урізу води, що призводить до прямого виносу біогенних речовин в водостоки;
- вивіз гною на поля в зимній період, що в умовах сніготанення сприяє інтенсивному змиву біогенних речовин талими водами;
- несвоєчасна оранка вивезених на поля добрив, що викликає міграцію біогенних речовин по водозбору і їх змив поверхневим стоком в найближчі водоймища;
- доставка добрив на поля на необлаштованій для цієї цілі техніки, що призводить до втрат по дорозі від сховищ до угідь;
- відсутність підготовлених складів для мінеральних добрив, що викликає їх втрати під час зберігання.

Крім вищеперерахованих факторів на рівень технологічних втрат впливають і фізико-географічні умови місцевості, причому їх значення для різних природних зон, районів і господарств коливається в широких інтервалах.

Наряду з антропогенними джерелами біогенного навантаження велику роль відіграють такі фактори, як атмосферні опади природній рослинний покрив.

Вплив природної рослинності на біогенне забруднення вод залежить від вмісту азоту і фосфору в лісному опаді, яке визначається типом рослинного покриву. Основна частина біогенних речовин після розпадання опаду потрапляє в ґрунт і поглинається рослинністю, а залишена переноситься поверхневим стоком по водозбору і потрапляє в водоймище.

Потрапляння азоту і фосфору в водні об'єкти із атмосферних опадів визначається в першу чергу ступенем їх насиченості цими речовинами, яка залежить від таких факторів, як іонізація атмосфери, випаровування вод,

дефляція ґрунтового покриву, вулканічна діяльність, лісні пожеги, а також антропогенне забруднення [19,20].

#### 4.2 Оцінка сучасного стану водних об'єктів Запорізької області

Оцінка була проведена на основі діаграм динаміки вмісту різноманітних речовин у водах Каховського водосховища за 2015 рік.

На рисунку 4.3 наведено динаміку вмісту розчиненого кисню у водах Каховського водосховища у 2015 році.

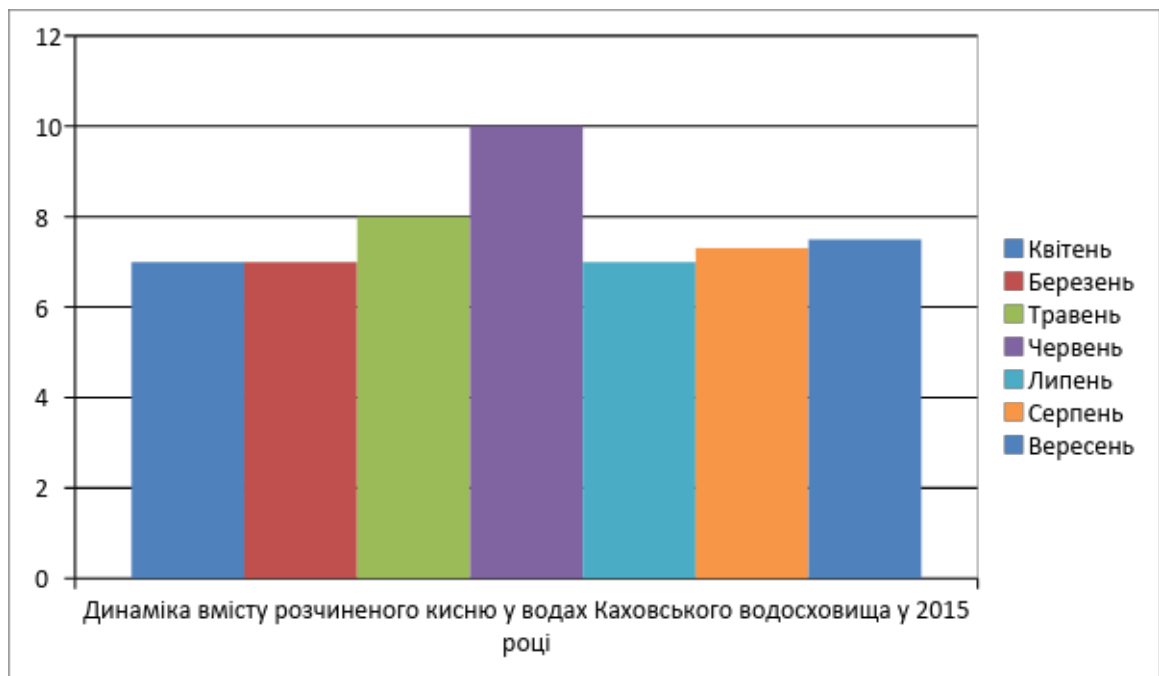


Рис 4.3 – Динаміка вмісту розчиненого кисню у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Вміст розчиненого кисню у водах Каховського водосховища за сім місяців істотно не змінювався. У червні місяці він досяг свого максимального значення, яке приблизно дорівнювало 10.

На рисунку 4.4 приведена динаміка вмісту розчиненого кисню у 2016 році.

З діаграми видно, що вміст розчиненого кисню у водах Каховського водосховища після почав зменшуватися, та у серпні та вересні досяг свого найменшого значення.

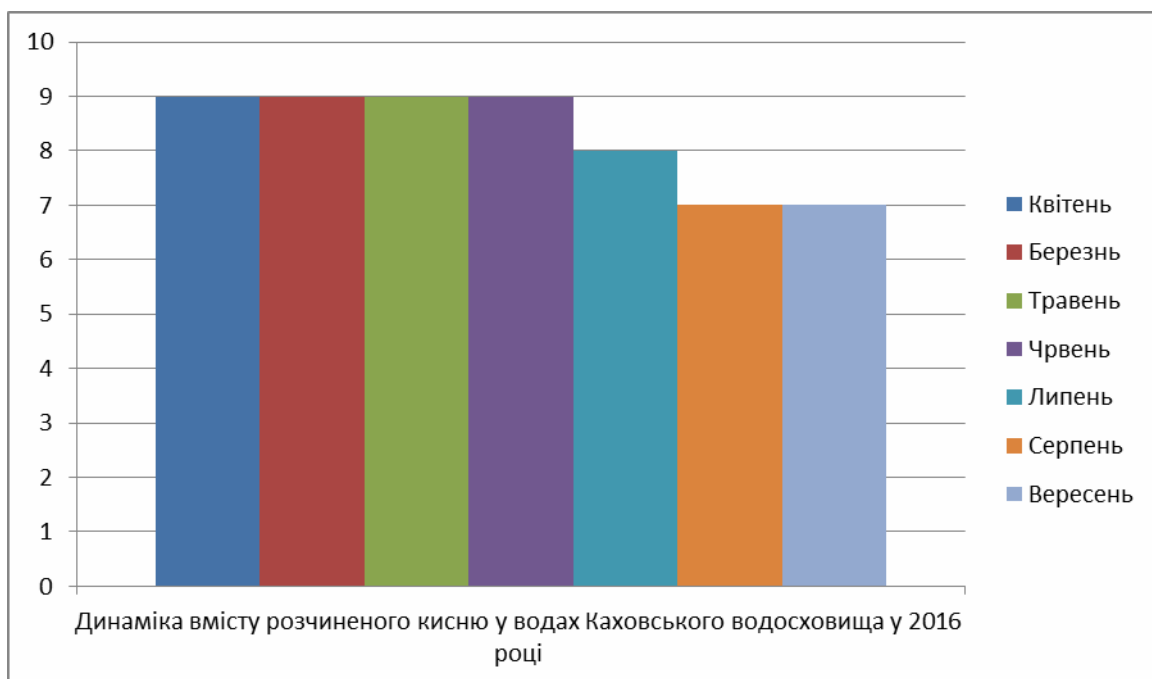


Рис. 4.4 – Динаміка вмісту розчиненого кисню у водах Каховського водосховища у 2016 році.

На рисунку 4.5 наведено динаміку вмісту БСК5 у водах Каховського водосховища у 2015 році.

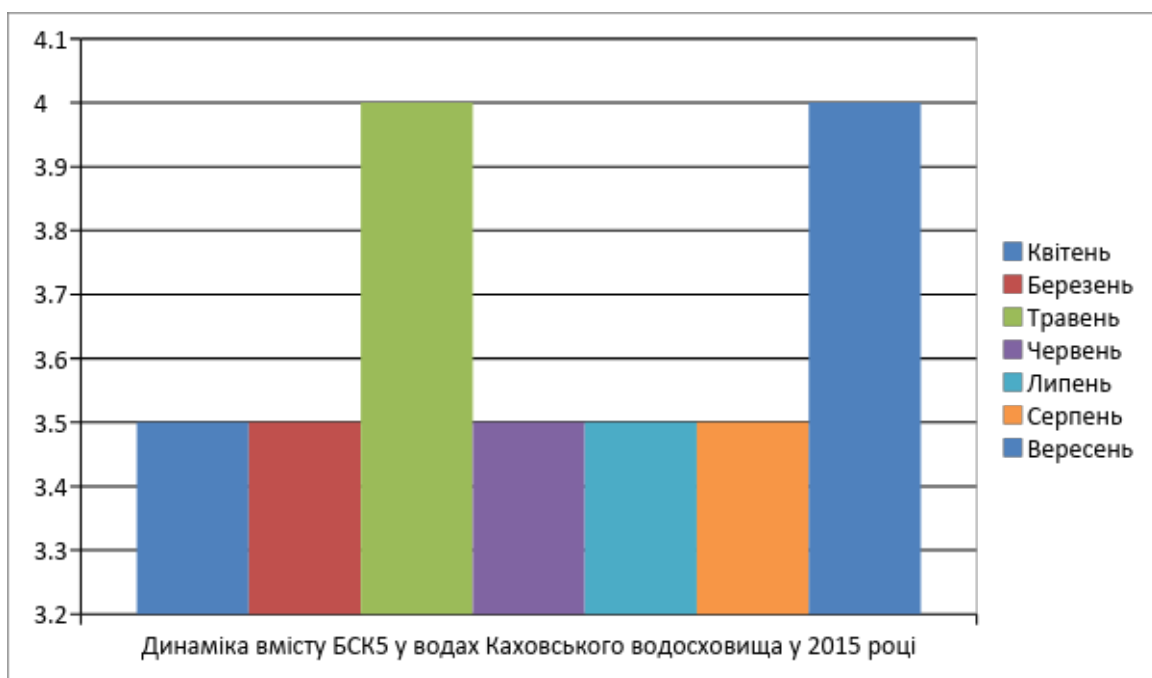


Рис. 4.5 – Динаміка вмісту БСК5 у водах Каховського водосховища у 2015 році.



Значення показника БСК5 протягом 5 місяців мало однакове значення. Тільки у Травні і Березні воно досягло свого максимального значення і приблизно дорівнювало чотирьом.

На рисунку 4.6 приведена діаграма вмісту БСК5 у водах Каховського водосховища у 2016 році.

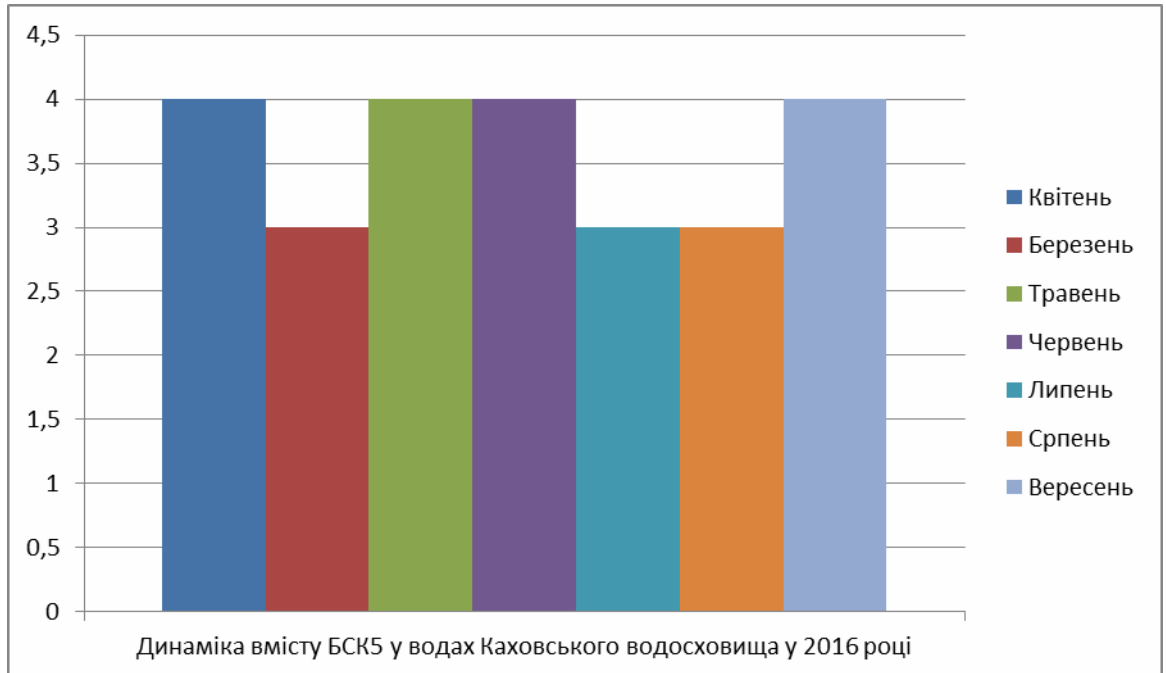


Рис. 4.6 – Динаміка вмісту БСК5 у водах Каховського водосховища у 2016 році

З діаграми видно, що максимальне значення БСК5 було у Квітні, Травні, Червні, Вересні та дорівнювало 4. Мінімальне ж значення у всі інші місяці дорівнювало 3.

На рисунку 4.7 наведено динаміку ХСК у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Вміст показника ХСК у водах Каховського водосховища мав різні значення. Максимальне значення вмісту ХСК у водах було у Вересні та приблизно дорівнювало 25,1, а мінімальне – у червні та липні та дорівнювало 23.

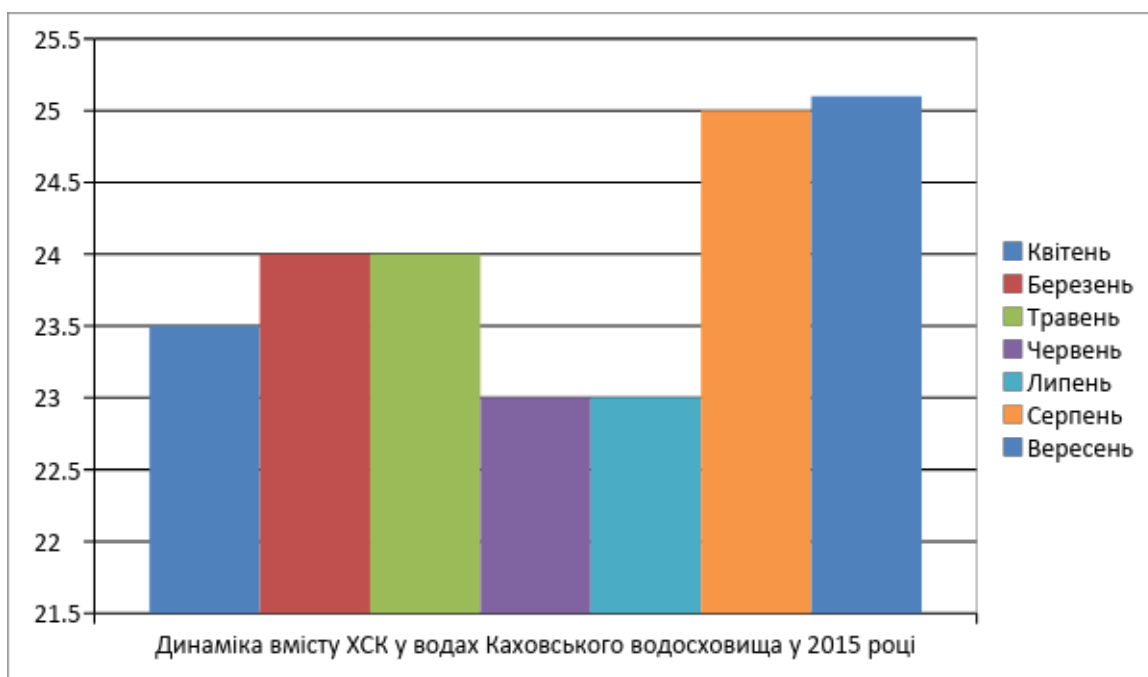


Рис. 4.7 – Динаміка вмісту ХСК у водах Каховського водосховища у 2015 році.

На рисунку 4.8 приведена динаміка вмісту ХСК у водах Каховського водосховища у 2016 році.

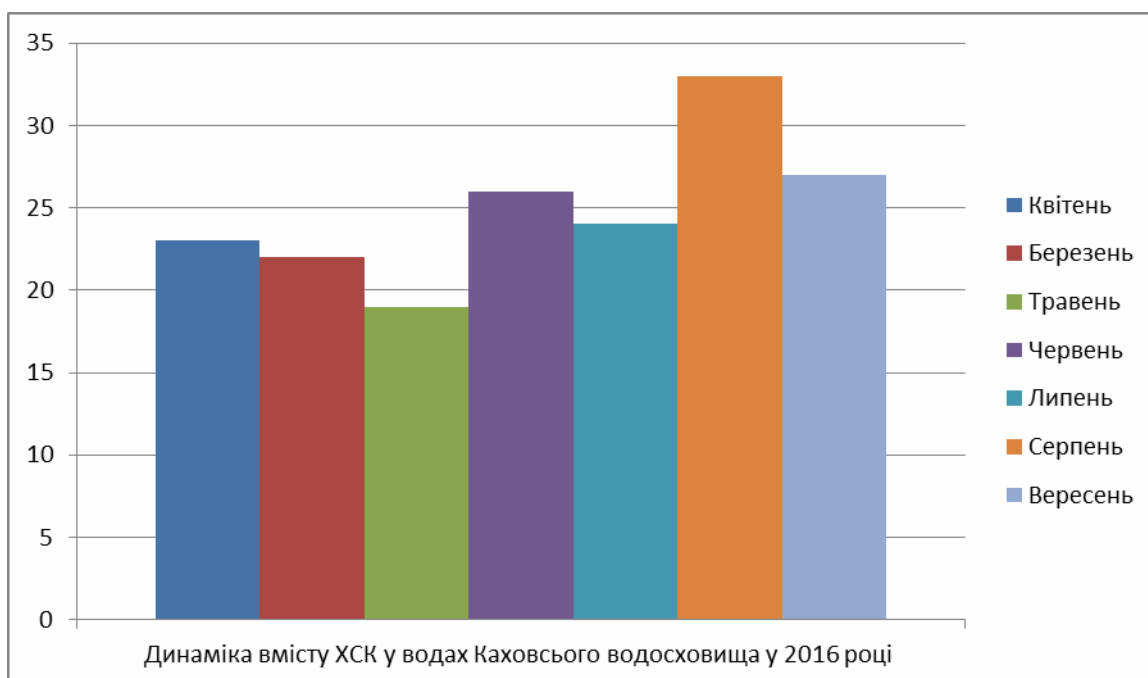


Рис. 4.7 – Динаміка вмісту ХСК у водах Каховського водосховища у 2016 році.

Максимальне значення ХСК у водах Каховського водосховища спостерігалось у серпні місяці та дорівнювало 33.

На рисунку 4.8 наведено динаміку вмісту хлоридів у водах Каховського водосховища у 2015 році.

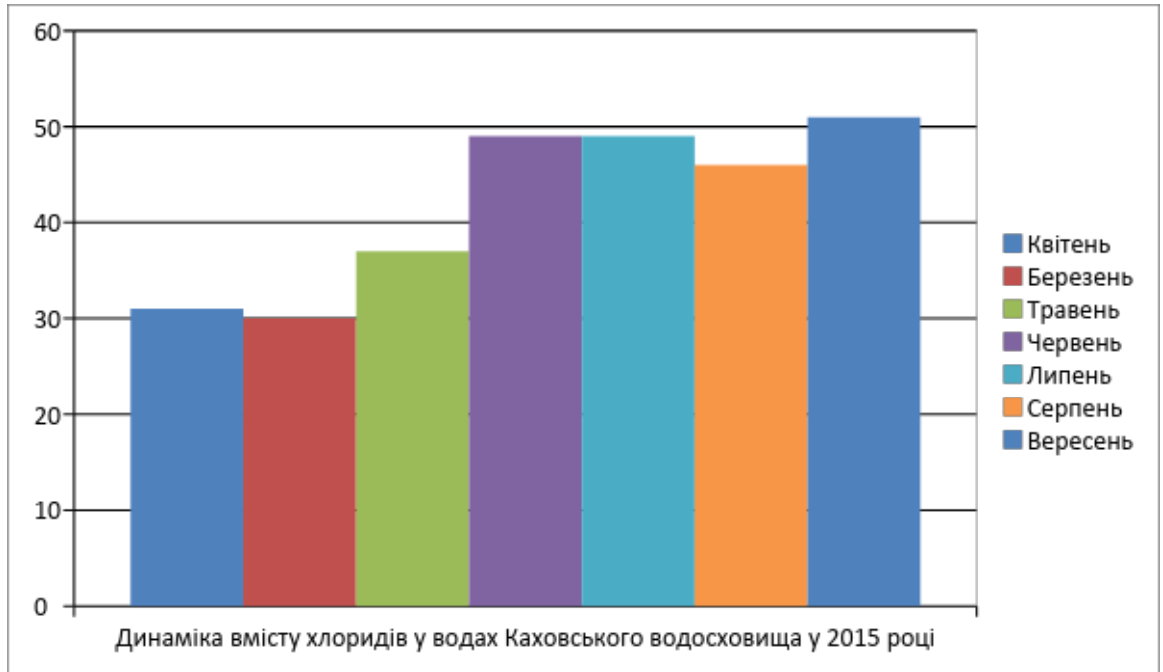


Рис. 4.8 – Динаміка вмісту хлоридів у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Значення вмісту хлоридів поступово збільшувалось з Квітня по Вересень. Окрім Березня та Серпня в яких показники зменшувались, тим самим відрізняючись від загальної динаміки.

На рисунку 4.9 наведено динаміку вмісту хлоридів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

З діаграми видно, що вміст хлоридів протягом 7-ми місяців істотно не змінювався, і тільки у Березні він досяг свого максимального значення – 49.

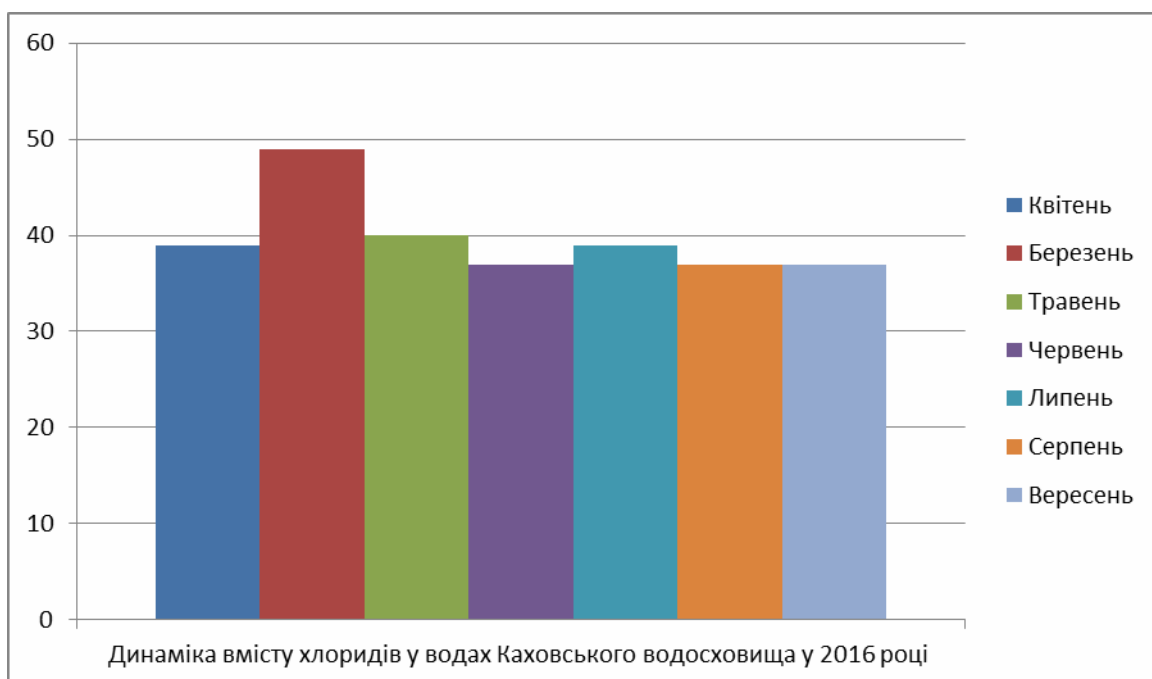


Рис. 4.9 – Динаміка вмісту хлоридів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

На рисунку 4.10 наведено динаміку вмісту сульфатів у водах Каховського водосховища у 2015 році.

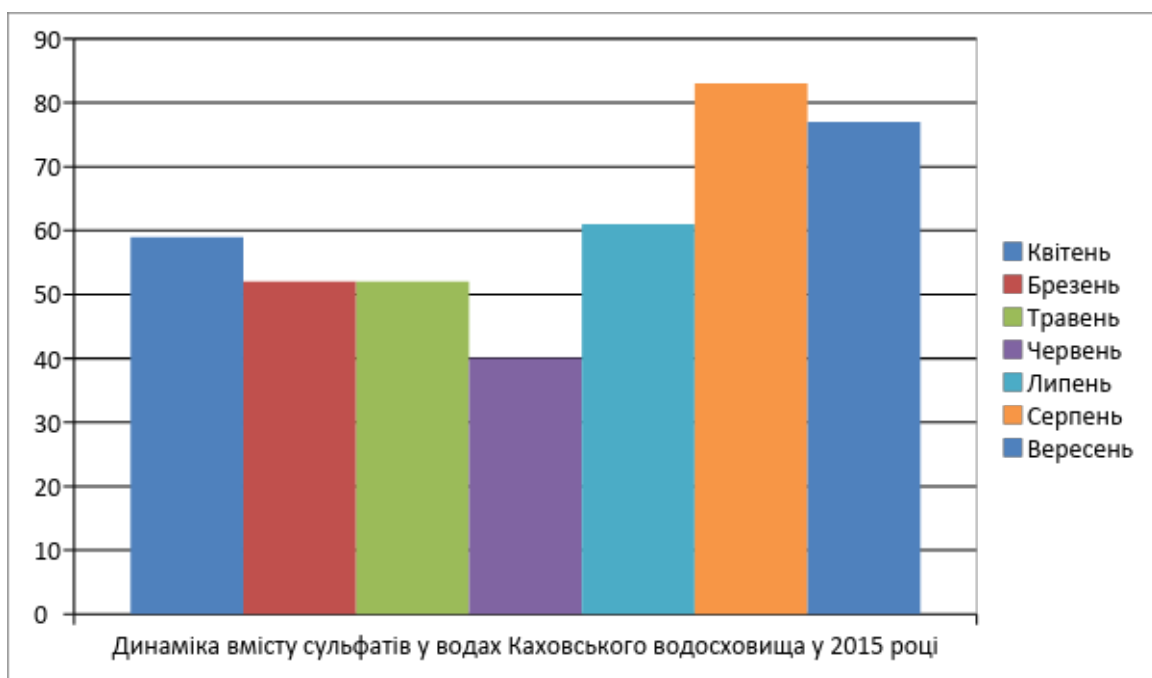


Рис. 4.10 – Динаміка вмісту сульфатів у водах Каховського водосховища у 2015 році.

На рисунку 4.11 наведено динаміку вмісту сульфатів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

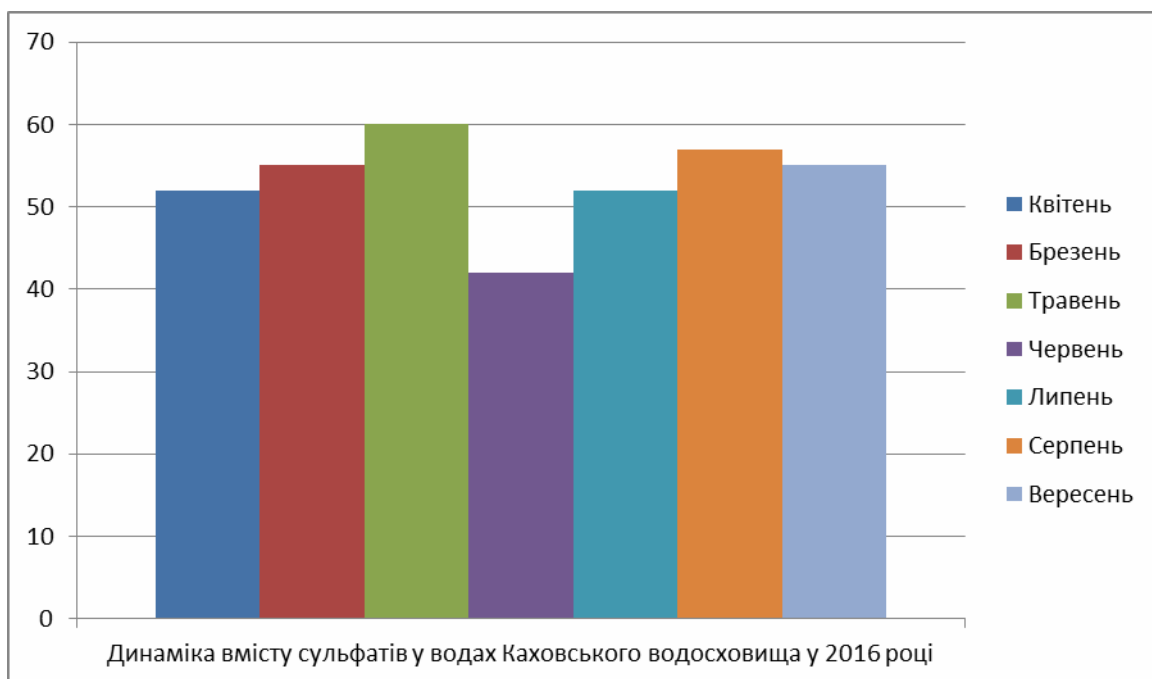


Рис. 4.11 – Динаміка вмісту сульфатів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

Як і у 2015 році, у 2016 вміст сульфатів у Каховському водосховищі був неоднозначним. Мінімальне значення спостерігалось у червні місяці, а максимальне – у травні.

На рисунку 4.12 наведено динаміку вмісту кальцію у водах Каховського водосховища у 2015 році.

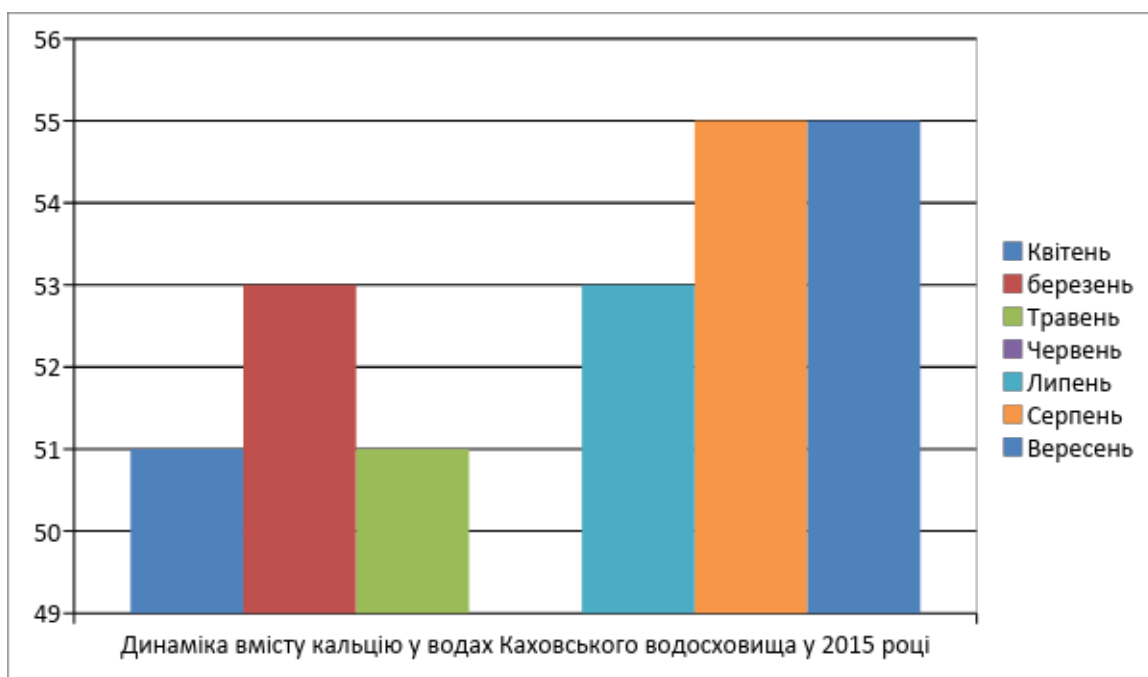


Рис. 4.12 – Динаміка вмісту кальцію у водах Каховського водосховища у 2015 році.

У динаміці вмісту кальцію дані за Червень відсутні, але все одно можна аналізуючи діаграму можна побачити, що діапазон значень коливався від 51 до 5, що і є, відповідно, мінімальним і максимальним значеннями.

На рисунку 4.13 наведена динаміка вмісту кальцію у водах Каховського водосховища.

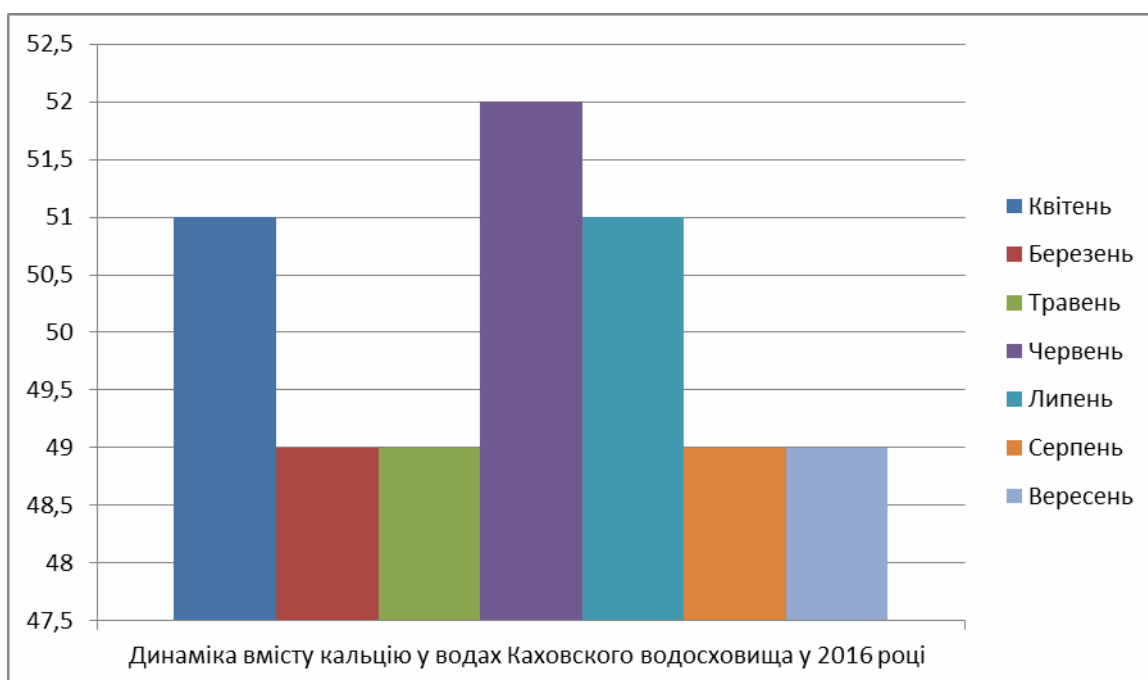


Рис. 4.13 – Динаміка вмісту кальцію у водах Каховського водосховища у 2016 році

У 2016 році вміст кальцію у Каховському водосховищі постійно змінювався. Значення коливалися від 52 до 49.

На рисунку 4.14 наведено динаміку вмісту нітратів у водах Каховського водосховища у 2015 році.



Рис. 4.14 – Динаміка вмісту нітратів у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Значення показника вмісту нітратів у водах Каховського водосховища варіюються у діапазоні від приблизно 0,2 до приблизно 3,2. Ці значення припадають на Серпень та Березень, відповідно.

На рисунку 4.15 наведена динаміка вмісту нітратів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

З діаграми видно, що максимальні значення нітратів у водах каховського водосховища спостерігалося у Липні та Червні. У всіх інших місяцях вміст нітратів був приблизно однаковий.

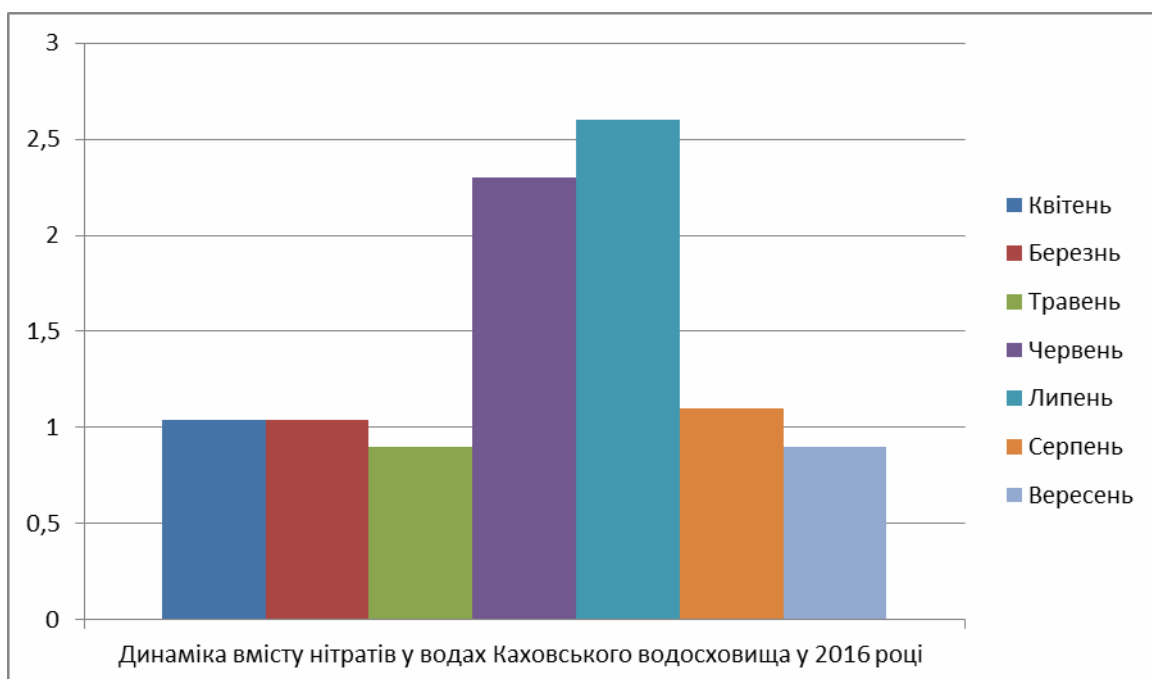


Рис. 4.15 – Динаміка вмісту нітратів у водах Каховського водосховища у 2016 році.

На рисунку 4.16 наведено динаміку вмісту заліза загального у водах Каховського водосховища у 2015 році.

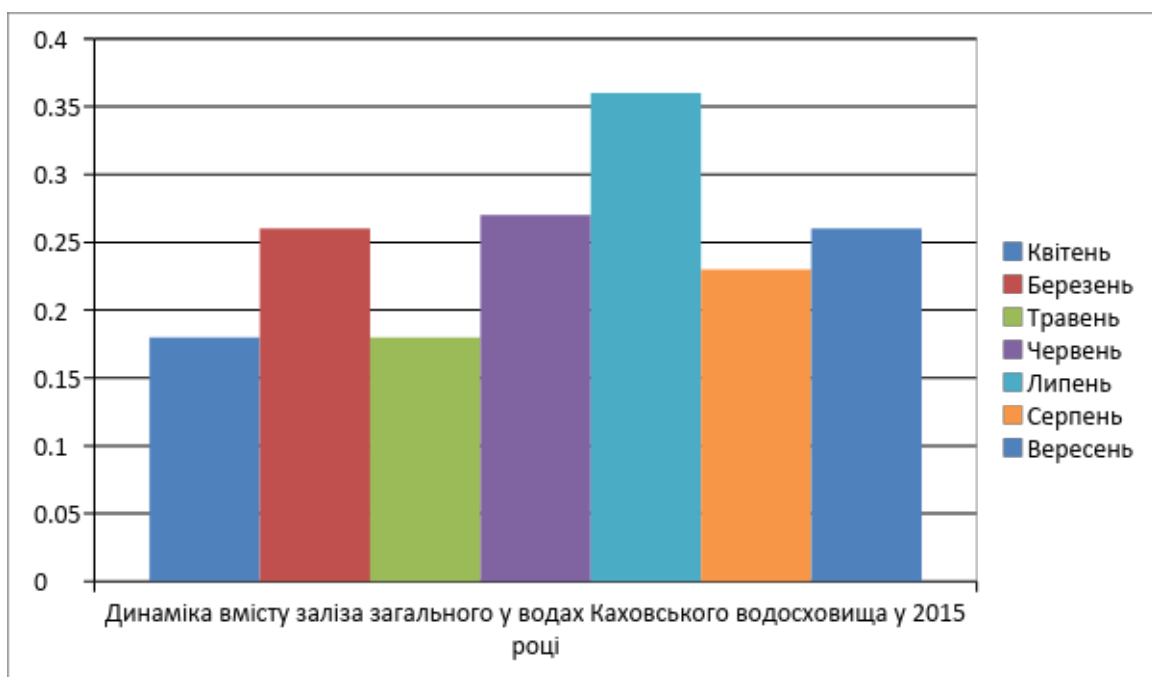


Рис. 4.16 – Динаміка вмісту загального заліза у водах Каховського водосховища у 2015 році



Максимальне значення заліза у водах Каховського водосховища у 2015 році було досягнуто у Липні та дорівнювало приблизно 0,37, а мінімальне – у Квітні та Травні та становить 0,17. Різниця між максимальним та мінімальним значенням дорівнює 0,2.

На рисунку 4.17 приведено динаміку вмісту загального заліза у Каховському водосховищі у 2016 році.

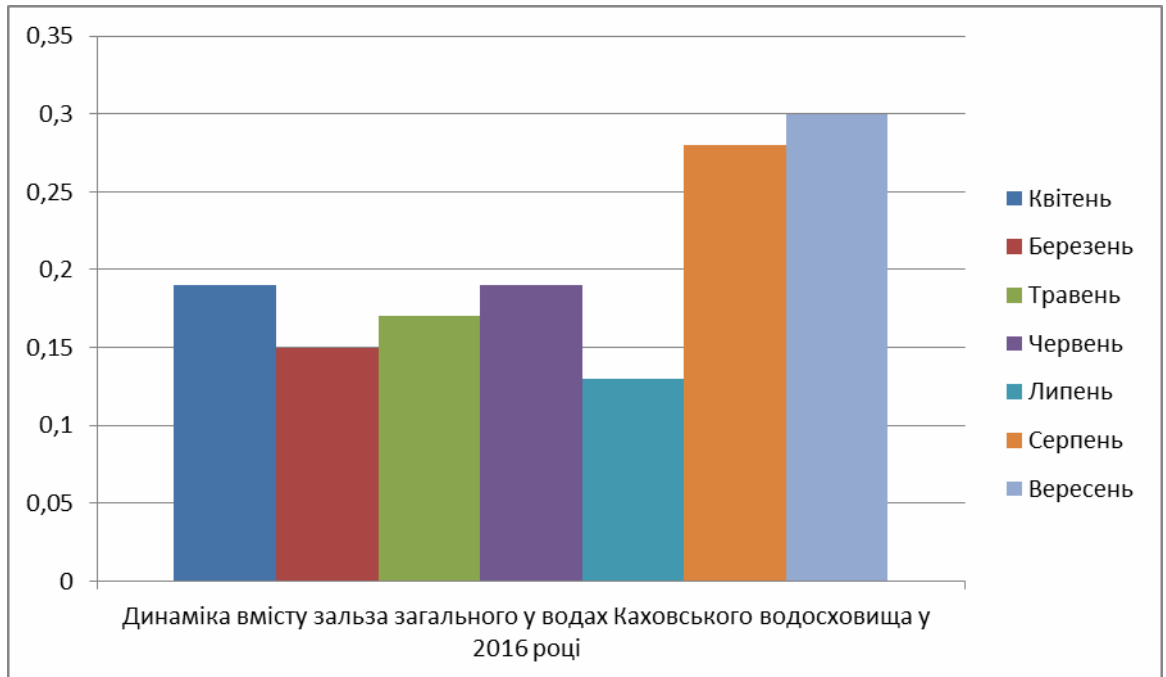


Рис. 4.17 – Динаміка вмісту заліза загального у водах Каховського водосховища у 2016 році.

Значення показника загального заліза протягом 7-ми місяців постійно змінювався, але спостерігалася динаміка збільшення значення. Свого максимального значення загальне залізо набуло у Вересні.

На рисунку 4.18 наведено динаміку вмісту міді у водах Каховського водосховища у 2015 році.

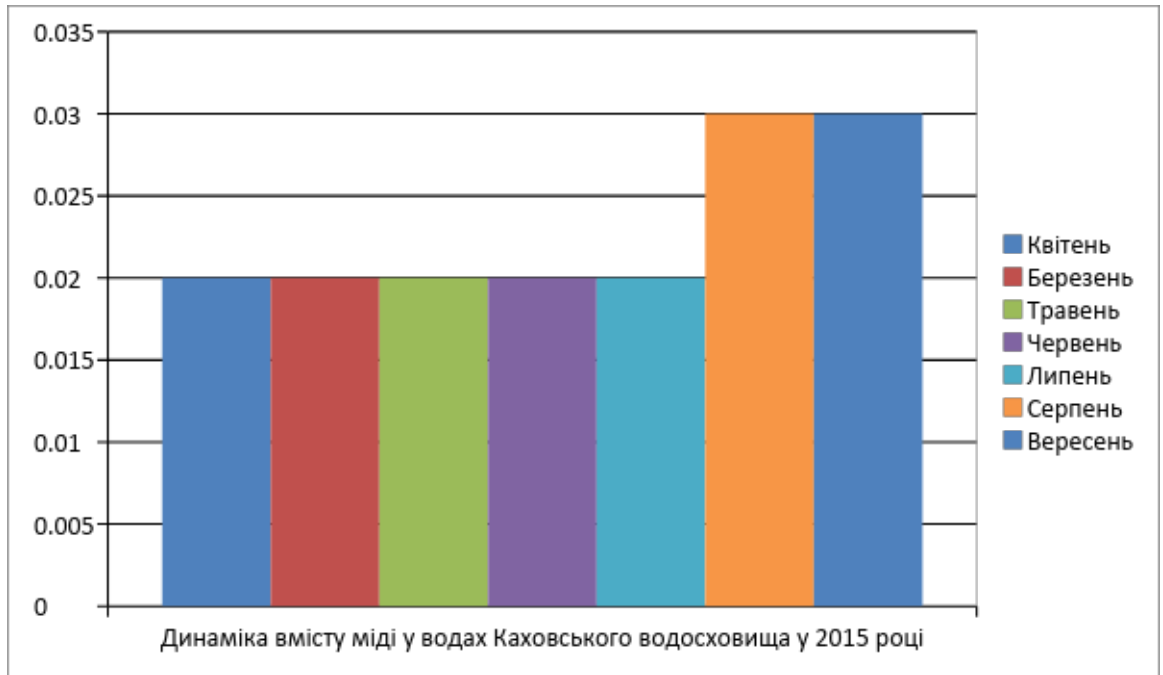


Рис. 4.18 – Динаміка вмісту міді у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Як можна побачити, аналізуючи діаграму вмісту міді у водах Каховського водосховища його значення протягом 5 перших досліджуваних місяців були однакові та становили 0,02, а також були мінімальними. В останні два місяці показник збільшився до 0,03, що є максимальними значеннями.

На рисунку 4.19 приведена динаміка вмісту міді у водах Каховського водосховища у 2016 році.

Вміст міді у водах Каховського водосховища у 2016 році був приблизно на одному рівні і тільки у Червні місяці він досяг свого максимального значення – 0.03.

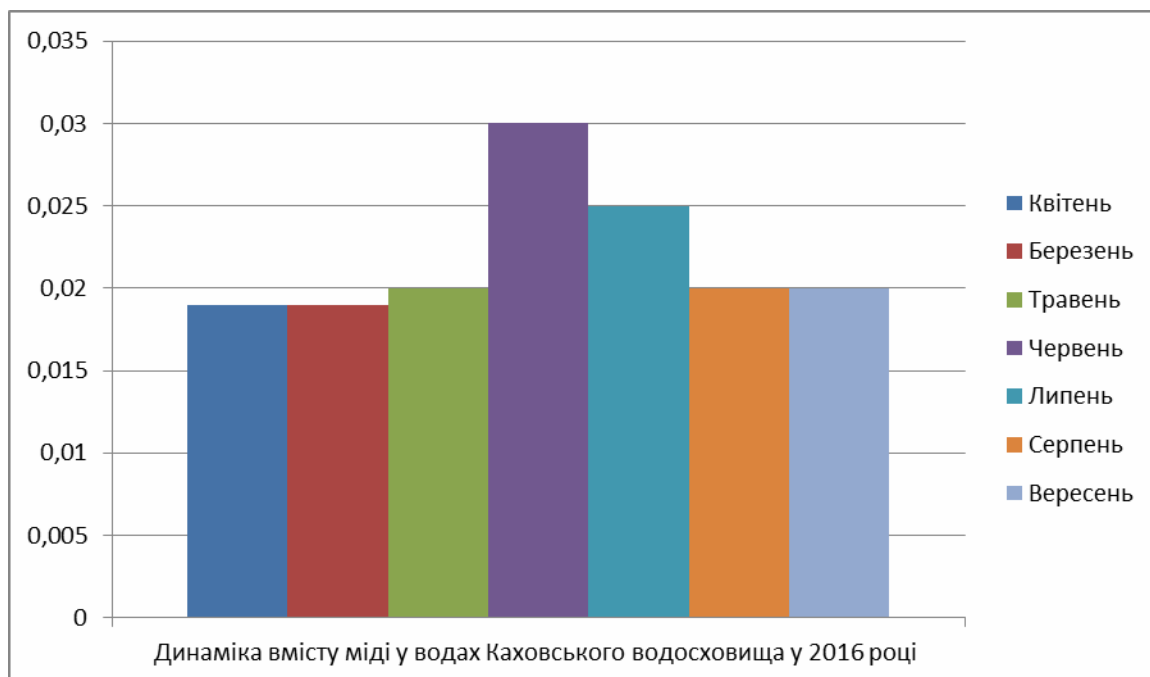


Рис. 4.19 – Динаміка вмісту міді у водах Каховського водосховища у 2016 році.

На рисунку 4.20 наведено динаміку вмісту АПАР у водах Каховського водосховища у 2015 році.



Рис. 4.20 – Динаміка вмісту АПАР у водах Каховського водосховища у 2015 році.

Максимальне та мінімальне значення показника АПАР відрізняються на 0,015. Приблизне середнє значення між максимальним і мінімальним значеннями показника у водах Каховського водосховища припадає на Серпень місяць.

На рисунку 4.21 приведена динаміка вмісту АПАР у водах Каховського водосховища у 2016 році.

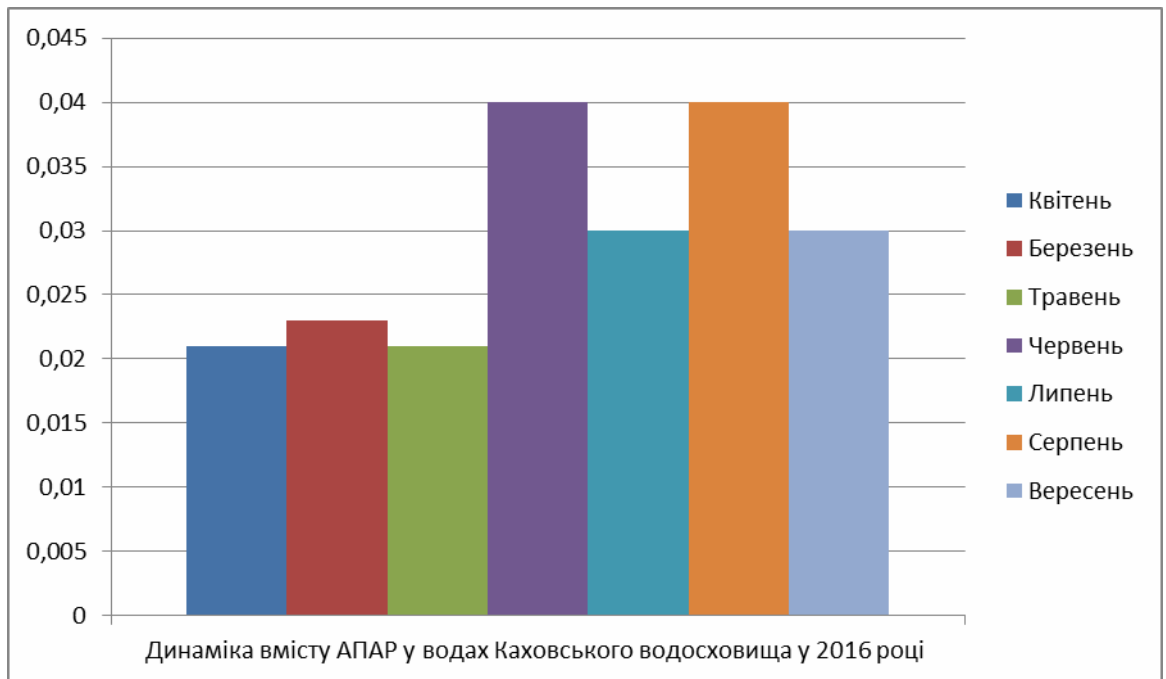


Рис. 4.21 – Динаміка вмісту АПАР у водах Каховського водосховища у 2016 році

У 2016 році значення показника АПАР досягло максимального значення у двох місяцях – червні та серпні. Мінімальне значення спостерігалось також у двох місяцях – Квітні і Травні.

#### 4.3. Розрахунок виносу біогенних речовин з поверхневим стоком

Відомо, що розрахунок виносу біогенних речовин із складу агрохімікатів, що вносяться у ґрунти, є виключно важливою задачею, оскільки ці речовини виносяться поверхневим і підземним стоками у

водойми та водотоки й самим активним способом змінюють їх екологічний стан.

Існує декілька підходів щодо оцінки кількості біогенних речовин, що виносяться.

Перший підхід засновано на рішенні системи диференціальних рівнянь, який описує процеси водоутворення і поверхневого стоку; процеси вертикальної інфільтрації та внутрішньогрунтового стоку, процеси змиву, транспортування і відкладення твердих часток; процеси розводження й трансформації домішки у потоці. Зазначений підхід вимагає детальнішого завдання вихідної інформації у просторі і часі. Цей спосіб дозволяє розраховувати винос біогенних речовин з високим ступенем точності, хоча і являє собою вельми складну задачу, виходячи із відсутності детальних даних, складності й дорожнечі розрахунку. Тому сьогодні зазначений підхід використовується у наукових і дуже відповідальних господарських проектах.

Крім вказаного, існує і другий - концептуальний підхід, який з меншою точністю, але з більшою практичною доцільністю використовується сьогодні у інженерній практиці. У основу одного із концептуальних методів, які використовуються нами у цій методичній вказівці, покладені рекомендації по оцінці виносу біогенних речовин поверхневим стоком, розроблені ВАСГНІЛ та відділом землеробства й хімізації сільського господарства, ВНДІ землеробства і захисту ґрунтів від ерозії [20].

Винос біогенних речовин (до яких належать сполучення азоту, фосфору, калію та ін.) з поверхні водозбору здійснюється з рідким та твердим стоками. Тому ми розглядається окремо винос біогенних речовин рідким і твердим стоком, а потім визначається сумарний винос цих речовин з поверхні водозбору за будь-який проміжок часу.

#### 4.3.1 Розрахунок виносу біогенних речовин з рідким стоком

Загальна кількість біогенних речовин, які виносяться з рідким стоком, обчислюється за формулою:

$$P_g = 10^{-3} \cdot C \cdot W \cdot F, \quad (4.1)$$

де  $P_g$  - винос біогенних речовин з рідким стоком (кг);  $C$  - концентрація біогенних речовин у снігові або стоці (мг/л);  $W$  - об'єм стоку (мг<sup>3</sup>/га);  $F$  - площа, для якої здійснюється розрахунок виносу біогенних речовин (га).

Концентрація біогенних речовин у снігові або стоці визначається за формулою:

$$C = (a \cdot D_n + b \cdot D_y) \cdot K_a, \quad (4.2)$$

де  $C$  - концентрація (мг/л), яка обчислюється окремо для кожної біогенної речовини;  $a$  - параметр розчинності біогенного елемента у стоці, (кг/л), показує змінення концентрації біогенного елемента у стоці, (мг/л), при змінні вмісту його у 1 кг ґрунту на 1 мл. Зокрема, для азоту  $a=0.144$ ; фосфору  $a=0.002$ ;  $D_n$  - вміст рухливих форм живильних речовин у орному шарі, мг на 1 кг ґрунту.  $b$  - параметр переходу добрив у стік (мг/га). Цей параметр, зокрема для сполучень азоту, фосфору та калію, наведений у таблиці 4.2;  $D_y$  - частка мінеральних та органічних добрив (кг/га);  $K_a$  - коефіцієнт, що характеризує вплив агротехнічного фону. Визначається для окремих сполучень за таблицею 4.3 [20].

Таблиця 4.1 Вміст рухомих форм N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>іK<sub>2</sub>O у орному шарі ґрунту (Д<sub>п</sub>), м<sup>2</sup>/кг

	Тип ґрунту	N	P	K
1.	Сірі лісові ґрунти	20	71	80
2.	Чорноземи опідзолені	29	96	110
3.	Чорноземи вилужені	36	104	120
4.	Чорноземи типові	45	128	170
5.	Чорноземи південні	25	67	176

З таблиці видно що найбільший показник вмісту рухомих форм натрію та фосфору припадає на чорноземи типові, а калію – чорноземи південні.

Таблиця 4.2 Параметр переходу добрив у стік (b) (мг·га)/(л·кг)

	Спосіб внесення добрив	N	P	K
1.	Восени під оранку	0.010	0.0013	0.003
2.	Восени поверхово	0.085	0.031	0.016
3.	Восени поверхово по мерзлому ґрунту	0.216	0.051	0.134
4.	Весною по снігові, який тане	0.866	0.594	0.784

Аналізуючи таблицю можна побачити що максимальне значення параметру переходу добрив у стік в випадку натрію припадає на осінь поверхово по мерзлому ґрунту, у випадку фосфору – весна по снігові, який тане, у випадку калію – весна по снігові, який тане.

Розрахунки вмісту біогенних речовин у рідкому стоці виконуються з використанням формул (4.1) і (4.2).

Таблиця 4.3 Коефіцієнт, який характеризує вплив агротехнічного фону на концентрацію біогенних речовин у стоці -  $K_a$

	Агротехнічний фон	N	P	K <sub>2</sub> O
1	Зяб - поперечна оранка	1,0	1,0	1,0
2	Плоскорізнана оранка	1,0	1,6	1,5
3	Оранка з виготовленням мікрорельєфу	1,3	1,1	1,4
4	Стерня зернових	0,6	3,8	3,4
5	Озимі зернові	0,7	1,1	1,7
6	Багаторічні трави	0,7	1,6	1,8

З таблиці видно, що максимальний коефіцієнт впливу агротехнічного впливу на концентрацію біогенних речовин у стоці у випадку натрію дорівнює 1.3, фосфору – 3.8, калію – 3.4.

#### 4.3.2 Розрахунок виносу біогенних речовин з твердим стоком

Винос біогенних речовин з твердим стоком розраховується за такою формулою:

$$P_m = 10^{-3} \cdot m \cdot M \cdot F, \quad (4.3)$$

де  $P_m$  - винос біогенних речовин з твердим стоком, (кг);  $F$  - площа, для якої здійснюється розрахунок виносу біогенних речовин (га);  $m$  - вміст біогенних речовин у твердому стоці мг на 1 кг наносів;  $M$  - модуль стоку наносів за деякий період (т/га); це значення у розрахунках може бути використане у вигляді імовірнісних характеристик;  $10^{-3}$ - коефіцієнт розмірності [20,21].

Витрати рухливих форм біогенних речовин у твердому стоці обчислюється за формулою:

$$m = (a' \cdot D_n + b' \cdot D_y) \cdot K'_a \quad (4.4)$$



де  $a'$  – коефіцієнт, який характеризує вміст біогенних речовин у твердому стоці: для азоту = 1.0; фосфору = 1.2;  $D_n$  - вміст рухливих форм живильних речовин у орному шарі, мг на 1 кг ґрунту;  $b'$  - параметр, який показує змінення вмісту біогенних елементів у твердому стоці (в мг на 1 кг наносів) при внесенні 1 кг добрив на 1 га ґрунту для азоту = 0.06; фосфору = 0.39, для калію = 0.13;  $K'_a$  - коефіцієнт, який характеризує вміст біогенних речовин у твердому стоці в залежності від агрофону; визначається за таблицею 4.4.

За табл. 4.4 максимальний коефіцієнт впливу агротехнічного фону на вміст біогенних речовин у випадку натрію припадає на озимі зернові, фосфору – плоско різна оранка, калію – багаторічні трави.

Таблиця 4.4 Коефіцієнт, який характеризує вплив агротехнічного фону на вміст біогенних речовин у твердому стоці –  $K'_a$

	Агротехнічний фон	N	P	K
1	Зябнева оранка	1,0	1,0	1,0
2	Плоскорізна оранка	1,0	1,1	1,1
3	Озимі зернові	1,5	1,0	1,1
4	Багаторічні трави	1,1	1,1	1,5

Розрахунок вмісту біогенних речовин у твердому стоці виконується за формулами (4.1) і (4.2).

4.3.3 Визначення загального виносу біогенних елементів з поверхні ґрунту

Біогенні елементи поступають у гідрографічну мережу від точечних та площадних джерел, розташованих у прибровочних зонах (до 500 м), улоговин, лощин та балок або у водоохоронних зонах рік.

Розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь (площадні джерела) проводять на основі відомих агрохімічних залежностей, які зв'язують кількість речовин, що виносяться з властивостями ґрунту, видами та врожайністю сільськогосподарських культур [21].

Розрахункове рівняння для визначення виносу біогенів з ґрунту базується на врожайності сільськогосподарських культур як на інтегральному показнику стану декількох базових факторів (ґрунт, метеорологічні умови, тривалість вегетаційного періоду, кількість добрив, які використовуються, засобів їх внесення та ін.).

Питомий винос біогенів з площі, зайнятою  $i$ -ю сільськогосподарською культурою ( $R_i$ ), визначають за формулою:

$$R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_P k_i y_i + \alpha_K k_i y_i \quad (4.5)$$

де  $\alpha_N, \alpha_P, \alpha_K$  – відповідно коефіцієнти виносу азоту, фосфору та калію для різних ґрунтових умов та сільськогосподарських культур;  $k_i$  – винос біогенів з ґрунту з урожаєм, кг/т;  $y_i$  – фактична врожайність сільськогосподарської культури.

Таблиця 4.5 – Коефіцієнти виносу біогенних речовин.

Культура	$\alpha_N$	$\alpha_P$	$\alpha_K$
Озима пшениця	0,16	0,12	0,07
Озиме жито	0,28	0,11	0,36
Ярі зернові	0,25	0,08	0,26
Картопля	0,13	0,12	0,21
Багаторічні трави	0,55	0,20	0,42

Відповідно загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони річки або іншого водного об'єкту визначають за формулою:

$$\sum W_{пл} = \sum_{i=1}^n R_i S_i \quad (4.6)$$

де  $\sum W_{пл}$  – загальний винос біогенів з площі водоохоронної зони, кг/у рік;  $R_i$  – питомий винос біогенів з площі, зайнятої сільськогосподарською культурою;  $n$  – кількість сільськогосподарських культур на площі водоохоронної зони;  $S_i$  – площа, яка зайнята сільськогосподарською культурою, га.

У табл. 4.6 було приведено винос біогенних елементів з врожаєм з такими сільськогосподарськими культурами, як – озима пшениця, озиме жито, яра пшениця, картопля, кормові культури [22].

Таблиця 4.6 – Винос біогенів з ґрунту з врожаєм сільськогосподарських культур, кг/т.

Культура	Ґрунти	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озима пшениця	Дерново-підзолисті, чорноземи звичайні	34,0	9,0	20,0
Озиме жито		29,0	10,0	27,0
Яра пшениця		24,5	12,0	26,0
Ярий ячмінь	Чорноземи звичайні	40,0	11,0	23,0
Картопля	Чорноземи звичайні	30,4	11,4	22,0
Кормові культури	Дерново-підзолисті	5,0	1,5	7,0
	Усі ґрунти	17,6	6,3	19,5

При розрахунках використовують значення врожайності культури за прогнозом. Площу, зайняту культурою, визначають за фактичними даними господарства про структуру посівів у водоохоронній зоні річки.

Початкову кількість внесених біогенних елементів визначають за формулою (4.7):

$$W_{исх} = \sum_{j=1}^m \Phi_{M_j} W_{CP_j} \quad (4.7)$$

де  $W_{исх}$  – вихідна кількість внесених у ґрунт біогенів, кг/рік;  $m$  – кількість видів добрив;  $\Phi_{M_j}$  – фізична маса  $j$ -го виду добрив, що вносяться, т;  $W_{CP_j}$  – середній вміст біогенних елементів у добриві  $j$ -го виду

#### 4.4 Оцінка впливу застосування мінеральних добрив на ґрунтово-рослинний покрив

Всі живильні елементи діляться на макро- і мікроелементи. До макроелементів відносять ті, які втримуються в рослинах у значні (від сотих часток до цілих відсотків) кількостях - це вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій, кальцій, сірка, магній і залізо. До мікроелементів відносять ті, які втримуються в рослинах у дуже незначні (від сотисядчних до тисячних часток відсотка) кількостях, але які, незважаючи на настільки малу кількість, впливають на життєві процеси рослин - це бор, мідь, цинк, молібден, марганець, кобальт і інші [22].

Для правильного визначення дози внесеного добрива на впакування є маркування із вказівкою назви добрива, його складу (позначається хімічними символами) і змісту діючої речовини. Діюча речовина - це та частина добрива, що засвоюється рослиною (виражається у відсотках і позначається хімічними символами). В азотних добривах діючою речовиною є азот (N), у фосфорних - фосфор ( $P_2O_5$ ), у калійних - калій ( $K_2O$ ), у вапні - кальцій (CaO) і магній (MgO), у мідних - мідь (Cu) і т.д.

##### 4.4.1 Азотні добрива

Азот (N) - це основний живильний елемент для всіх рослин: без азоту неможливе утворення білків і багатьох вітамінів, особливо вітамінів групи В. Він входить в усі прості і складні білки, які являються головною складовою частиною протоплазми рослинних клітин. Азот також знаходиться в складі нуклеїнових кислот (рібонуклеїнова-РНК і дезоксирибонуклеїнова-ДНК), граючих виключно важливу роль в обміні речовин в організмі. Азот міститься в хлорофілі, фосфатидах, алкалоїдах, в деяких вітамінах ферментах і багатьох інших органічних речовинах рослинних клітин.

Найбільше інтенсивно рослини поглинають і засвоюють азот у період максимального утворення й росту стебел і листів, тому недолік азоту в цей період позначається в першу чергу на рості рослин: послабляється ріст бічних втеч, листи, стебла й плоди мають менші розміри, а листи стають блідо-зеленими або навіть жовтуватими. При тривалому гострому недоліку азоту блідо-зелене фарбування листів здобуває різні тони жовтий, жовтогарячий і червоний кольори залежно від виду рослин, листи висихають і передчасно опадають [22].

При надлишковому харчуванні азотом рослини утворюють надмірно багато зелені на шкоду цвітінню, плодів дерева (лимон, апельсин і. т. буд.) бурхливо ростуть, початок плодоносіння відсувається.

Головним джерелом азоту для живлення рослин служать солі азотної кислоти і солі амонію. Потрапивши в рослини мінеральні з'єднання азоту проходять важкий цикл перетворень, кінцевим етапом яких є включення їх в склад білкової молекули. Ця молекула дуже складна, утворюється в результаті синтезу з багатьох амінокислот, які в свою чергу виникають при взаємодії аміаку з кето групою відповідних органічних кислот (амінування) [23].

Реакція утворення амінокислоти прямим амінуванням кетокислот аміаком відіграє важливу роль в метаболізмі рослинного організму. Вона вказує на зв'язок вуглеводного і білкового обміну. Цей зв'язок важливий, тому що амінокислоти здібні передавати свої аміні групи кетокислотам шляхом реакцій ферментативного переамінування. Процес переамінування заключається в переносі під дією відповідних ферментів аміногрупи амінокислоти на кетокислоту.

Переамінування має велике значення для синтезу білків, а також для дезамінування амінокислот. Дезамінування – це відщеплення аміногрупи від амінокислоти, в результаті утворюється аміак і кетокислота. Кетокислота використовується рослинами для переробки в вуглеводи, жири і інші

речовини; аміак вступає в реакцію прямого амінування кетокислот і дає амінокислоти.

Розпад азотистих органічних речовин до аміаку називається амоніфікацією. В результаті амоніфікації утворюються органічні кислоти, спирти, вуглекислота і аміак. Окислення аміаку до нітратів називається нітрифікацією.

Денітрифікація – це процес відновлення нітратного азоту мікроорганізмами до вільного газоподібного азоту. Вона пов'язана з затратою азоту із ґрунту, що небажано для сільськогосподарського виробництва.

Одночасно з мінералізацією органічної азотовміщуючої речовини в ґрунті відбуваються вторинні процеси синтезу, коли мінеральні з'єднання азоту знову переходять в органічні. В результаті біологічного синтезу в ґрунті азот не втрачається, він лише тимчасово переходить в недоступні рослинам складні органічні речовини.

Використання азотних добрив має рішуче значення в підвищенні сільськогосподарських культур. Вони не лише підвищують врожай, але й покращують його якість, збільшуючи вміст білків в зернових і кормових продуктах.

Азотні добрива вносять під всі сільськогосподарські культури. Особливе положення по відношенню до цих добрив займають бобові рослини; вони використовують молекулярний азот повітря, який фіксується клубеньковими бактеріями.

Зернові культури дуже чутливі до внесення азотних добрив. Вони покращують розвиток вегетативних органів і колосків, підвищують енергію кущення, збільшують врожай зерна і вміст білка в ньому. Особливо різко зростає врожай цих культур від внесення азотних добрив в умовах зрошення і в умовах достатнього зволоження [23].

Цукровий буряк в період проростання насіння потребує помірного живлення азотом. Потрапляння в підвищених його кількостях, особливо в відновлюючій аміачній формі, може послабити сходи рослин, не встигнувши ще розвинути листовий апарат. В наступний період, коли рослини посилено розвивають корені і листя, потреба в азоті дуже зростає. І в період накопичення цукру значення цього елемента в живленні рослин знову зменшується.

Картопля інтенсивно поглинає поживні речовини після початку цвітіння. При внесенні азотних добрив значно підвищується врожай картоплі. При залишку азоту після цвітіння збільшується вегетаційний період, посилюється ріст листя, знижується якість врожаю.

Овочеві культури надають високі вимоги до азотного живлення на протязі всієї вегетації. Найбільш інтенсивний приріст врожаю капусти спостерігається в серпні – вересні (84% загального врожаю); в цей час вона поглинає багато азоту.

Позитивну дію надають азотні добрива й на плодові і ягідні культури. При цьому прискорюється ріст вегетативних органів, утворення плодових бруньок, початків, збільшується розмір плодів і покращується їх якість [22,23].

#### 4.4.2 Фосфорні добрива

Фосфор (P) – необхідний елемент живлення. Без нього неможливе життя не лише вищих рослин, але й найпростіших організмів. Фосфор прискорює розвиток рослин, стимулює цвітіння й плодоносіння, сприяє інтенсивному наростанню кореневої системи.

В рослинах фосфор міститься в мінеральних органічних речовинах. В мінеральній формі він найчастіше знаходиться в рослинах в виді кальцієвих, калієвих, магнієвих солей ортофосфатної кислоти.



Найбільш важливу роль в рослинах відіграє фосфор, який входить в органічні з'єднання. Серед них на перше місце слід поставити нуклеїнові кислоти. Це складні високомолекулярні речовини, які приймають участь в самих важливих процесах життєдіяльності і синтезу білків, росту і розмноженні, передачі спадкових властивостей.

Важливою групою органічних з'єднань фосфору в рослинах являються фосфопротеїди – сполуки білкових речовин з фосфорною кислотою.

В будь-якій рослинній клітині знаходиться ще одна група органічних сполук, що містять фосфор - фосфатиди або фосфоліпіди. Фосфатиди – це складні ефіри гліцерину, високомолекулярних жирних кислот і фосфорної кислоти. Вони утворюють білково-ліпідні молекули, які регулюють проникненість кліткових оболонок для різних речовин. Найбільше фосфатиди зосереджені в насінні [22].

Значна кількість фосфору в рослинах входить в склад ще одної органічної речовини – фітіна. Його багато в молодих органах і тканих рослин, особливо в насінні. Фітін в насінні служить запасною речовиною, і фосфор, який входить в його склад, використовується при проростанні зародку, що розвивається.

Для здійснення синтетичних процесів – наприклад, біосинтез білків, жирів, крохмалю – необхідна витрата значної кількості енергії, яка доставляється макроенергетичними з'єднаннями. Основна роль в цьому процесі належить аденозинтрифосфорній кислоті (АТФ). Без АТФ не можуть йти процеси фотосинтезу й дихання, а також перетворення багатьох з'єднань в рослинах. Таким чином, фосфор приймає участь в багатьох процесах життєдіяльності рослин і забезпеченні високого рівня фосфорного живлення – одна із найважливіших умов отримання великих врожаїв сільськогосподарських культур.

В перші періоди росту сільськогосподарські культури поглинають фосфати інтенсивніше, ніж в посліуючі. В фізіологічних дослідах з ячменем

було знайдено, що навіть повне виключення фосфору з живильного розчину після п`ятитижневого росту не відображалось негативно ні на його врожаї, ні на якості зерна. Формування зерна йшло внаслідок міграції фосфатів з вегетативних органів в репродуктивні [23].

Однак всі рослини дуже чуткі до фосфатного голодування в самому ранньому віці, коли поглинаюча здібність їх не розвиненої ще кореневої системи дуже слабка. Недостача фосфатів затримує утворення органічних кислот, а це зупиняє зв`язок аміачного азоту, що потрапив крізь корені.

При недоліку фосфору рослини різко сповільнюють ріст, їхній листи здобувають спочатку на жилках, а потім по всій поверхні сизо-зелену (сіро-зелену), пурпурне або червоно-фіолетове фарбування, що проявляється на нижніх листах звичайно в початковий період розвитку. У плодових рослин при недоліку фосфору втечі стають пурпурні, тонкими, листи здобувають бронзовий відтінок і передчасно опадають.

Недолік фосфору по зовнішньому вигляді рослин визначити важче, ніж недолік азоту. При недоліку фосфору спостерігається ряд таких же ознак, як і при недоліку азоту, - пригноблений ріст (особливо в молодих рослин), короткі й тонкі втечі, дрібні, передчасно опадаючі листи. Однак є й істотні розходження - при недоліку фосфору фарбування листів темно-зелена, блакитнувата, тьмяна. Листи, що засихають, мають темний, майже чорний колір, а при недоліку азоту – світлий [24].

Фосфорне голодування рослин в ранній період росту накладає настільки далекойдучий депресуючий ефект, що його неможливо повністю подолати навіть нормальним послідуєчим живленням.

Крупносім`яні культури (кукурудза) порівняно швидко після сходів вичерпують запаси фосфору; і якщо його не добавлено з припосівним добривом, то проростки можуть сповільнити ріст чи навіть виявити зовнішні симптоми фосфорного голодування.

Ознаки фосфорної недостатчі в інших культур спостерігаються по червоно-фіолетовому відтінку в кольорі листя. У помідорів на нижній стороні листя з'являється багряний колір. У картоплі краї листя закручуються доверху, колір стає темнішим, ніж у тих, які нормально живляться фосфором [24, 25].

При нормальному фосфорному живленні прискорюється розвиток і дозрівання насіння. Доля зерна в загальному врожаї хлібів під впливом фосфорних добрив, як правило, зростає. Покращується також хімічний склад рослинної продукції: зростає вміст білків і цукру, крохмалю в зернових і овочевих культурах, міцність, довжина волокна в прядильних рослинах.

При надлишку фосфору, що зустрічається досить рідко, у рослини порушується засвоєння заліза й цинку - на листах з'являється міжжилковий хлороз. Негативний наслідок надлишкового надходження фосфатів в рослинах: скорочується вегетативний період, передчасно дозрівають культури, у врожаї накопичується багато мінерального фосфору, листя в'януть раніше.

#### 4.4.3 Калійні добрива

Калій (K) належить до елементів, який необхідний тваринам, рослинам і мікроорганізмам. Більша його частина знаходиться в клітковому соці, менша – затримується мітохондріями в протоплазмі.

Калій грає досить різноманітну роль у житті рослин: підтримує необхідний водний режим у них, знижує уразливість захворюваннями. При вбогому харчуванні калієм у рослині відбувається його перерозподіл: зі старих органів він переходить у більше молоді, сприяючи їхньому розвитку. Ознаки зі звичайно помітні бувають у середині вегетації, у період сильного росту рослин.

В рослинах калій розподілений рівномірно: його більше в тих органах і тканинах, де інтенсивно йде обмін речовин і ділення клітин. Велика кількість калію знаходиться в пилку [25].

Значення калію в житті рослин різноманітне. Він сприяє нормальному протіканню фотосинтезу, а також синтезу і накопиченню в рослинах деяких вітамінів. Цей елемент збільшує гідрофільність колоїдів протоплазми. За допомогою більш сильнішої здібності рослин під впливом калію утримувати воду, вони легше переносять короточасні засухи, ніж при недостатці калію.

При недоліку калію фарбування листів блакитнувато-зелена, тьмяна, часто із бронзовим відтінком. Спостерігається пожовтіння, а надалі побуріння й відмирання кінчиків і країв листів (крайовий "опік" листів). Розвивається бура плямистість особливо ближче до країв. Краю листів закручуються, спостерігається зморшкуватість. Жилки здаються зануреними в тканину аркуша. Стебло тонкий, пухкий, що вилягає. Недолік калію викликає звичайно затримку росту, а також розвитку бутонів або зародкових суцвіть. При недостатці калію зтягується розвиток культур і їх дозрівання [25].

При добрій забезпеченості цим елементом змінюється анатомічна будова рослин. При надлишку калію листи здобувають більше темний відтінок, а нові листи дрібніють. Надлишок калію приводить до утрудненого засвоєння таких елементів як кальцій, магній, цинк, бор і ін.

Калій підвищує цукровість овочевих культур і зменшує захворюваність їх при довгостроковому зберіганні взимку.

Картопля – типова «калійна» рослина, яка потребує велику кількість калію. В період збору в ній знаходиться 96% калію, знаходиться в рослинах картоплі на 1га. Листя картоплі удобрені NPK, відрізняються більшою стійкістю до ранніх осінніх морозів, ніж отримавши лиш NPK.

Цукровому буряку калій необхідний в усі періоди росту і розвитку, але особливо в другій половині життя, коли інтенсивно накопичується цукор. В цей час при слабкому калійному живленні затримується синтез білка,

підвищується накопичення в корені розчинених небілкових азотистих речовин, що погіршує якість врожаю цукрового буряка.

Плодові дерева і ягідні культури відрізняються великим відгуком на удобрення калієм. Дія його на врожай плодів і ягід встановлено в самих різних районах [26].

## 5 ОЦІНКА БАЛАНСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

### 5.1 Моделювання забезпеченості елементами мінерального живлення

Вплив забезпеченості елементами мінерального живлення на продуктивний процес рослин визначається нами за принципом Лібіха з урахуванням функції забезпеченості азотом  $K_N$ , фосфором  $K_P$  і калієм  $K_K$ :

$$K(NPK) = \min(K_N, K_P, K_K) \quad (5.1)$$

де  $K(NPK)$  – коефіцієнт забезпечення рослин елементами мінерального живлення.

Значення функцій найбільш можливого азотного, фосфорного і калійного живлення визначаються по таких рівняннях:

$$K_N = (N/N_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - N/N_{opt})] \quad (5.2)$$

$$K_P = (P/P_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - P/P_{opt})] \quad (5.3)$$

$$K_K = (K/K_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - K/K_{opt})] \quad (5.4)$$

де  $N$  – сумарна кількість  $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  еквівалентне використаному мінеральному добриву, кг/га;  $N_{opt}$ ,  $P_{opt}$ ,  $K_{opt}$  – оптимальна кількість  $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , необхідне для отримання максимального урожаю, кг/га.

Сумарна кількість  $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  розраховуватиметься по формулах:

$$N = m_N N_n + N_m + m_{NO} N_o \quad (5.5)$$

$$P = m_P P_n + P_m + m_{PO} P_o \quad (5.6)$$

$$K = m_K K_n + K_m + m_{KO} K_o \quad (5.7)$$

де  $m_N, m_P, m_K$  – коефіцієнти еквівалентності легкогідролізного азоту ( $m_N$ ), по Корнфілду, рухомому фосфору ( $m_P$ ) і калію ( $m_K$ ), по Кирсанову, в ґрунті, кг/мг100г;  $m_{NO}, m_{PO}, m_{KO}$  – коефіцієнти еквівалентності азоту ( $m_{NO}$ ), фосфору ( $m_{PO}$ ) і калія ( $m_{KO}$ ) органічного добрива, кг/кг;  $N_n, P_n, K_n$  – легкогідролізний азот ( $N_n$ ) рухомий фосфор ( $P_n$ ) і калій ( $K_n$ ) в рік проведення аналізу, мг/100г ґрунту;  $N_0, P_0, K_0$  – азот, фосфор і калій органічного добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га;  $N_m, P_m, K_m$  – азот, фосфор і калій мінерального добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га.

Розглядається також поглинання азоту активним і пасивним шляхом:

$$\Delta N / \Delta T = [ (N_{\max} \cdot N_{\text{сер}} \cdot m_r) / N_0 \cdot N_n ] \cdot K \cdot E \cdot N_p \quad (5.8)$$

де  $\Delta N / \Delta T$  - швидкість поглинання азоту корінням рослин,  $\text{мгNм}^2\text{доб}^{-1}$ ;  
 $N_{\max}$  - максимально можлива швидкість поглинання азоту корінням,  $\text{мгNкг}^{-1}$ ;  
 $N_{\text{сер}}$  - середня кількість азоту у шарі ґрунту;  $N_n$  – концентрація доступного азоту біля поверхні кореня,  $\text{гм}^{-2}$ ;  $m_r$  – маса кореня,  $\text{гм}^{-2}$ ;  $N_0$  – початкова кількість азоту у шарі ґрунту;  $K$  – константа Михаеліса-Ментен,  $\text{мгNкг}^{-1}$ ;  $E$  – інтенсивність транспірації,  $\text{кгм}^{-2}\text{доб}^{-1}$ ;  $N_p$  – концентрація доступного азоту в ґрунтовому розчині,  $\text{мгNкг}^{-1}$  [26]

5.2 Оцінка біогенного навантаження на екосистеми та водні об'єкти Запорізької області.

За здатністю нагромаджувати нітрати всі сільськогосподарські культури можна об'єднати в три групи. Головчастий салат, кріп, шпинат, редька, буряки столові акумулюють багато нітратів. Помідори, картоплю, огірки відкритого ґрунту, перець, баклажани, цибулю виділено в групу зниженої здатності до нагромадження нітратів. Проміжне місце займають морква, петрушка, селера, капуста, парникові огірки, кабачки, патисони [27].

Проте для застосування добрив на екологічній основі цих загальних відомостей недостатньо. Необхідно мати науково обгрунтовані нормативні показники гранично допустимих концентрацій.

У таблиці 5.1 наведені дані про використання поживних речовин з мінеральних добрив, які отримані для культур, які є основними для вирощування на даній території.

Таблиця 5.1 - Використання поживних речовин з мінеральних добрив (за автором)

Культура	Коефіцієнт використання, %			Культура	Коефіцієнт використання, %		
	N	P	K		N	P	K
Озима пшениця	27,7	10,1	30,6	Цукрові буряки	35,8	9,6	39,9
				Картопля	41,9	9,7	43,8
Ярий ячмінь	26,5	9,9	26,1	Соняшник	31,7	10,5	67,0
Кукурудза				Капуста	31,1	13,2	67,8
на зерно	24,2	8,1	27,1	Огірки	23,0	7,4	29,4
на силос	26,4	7,2	22,9	Томати	41,2	11,8	55,7

Калійні мінеральні добрива небезпечні насамперед вмістом хлору, який погіршує якість урожаю (картоплі, овочів, винограду, тютюну, цитрусових і прядивних культур). Підвищений вміст калію в кормових травах може призвести до отруєння тварин, а застосування високих доз калійних добрив – до забруднення водойм [27,28].

У табл. 5.2 представлені значення норм внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури, які вирощуються у Вінницькій області.

За достатнього зволоження втрати калію з фільтраційними водами становлять 10 – 20 кг/га. При підвищеній концентрації калію в ґрунтового розчині порушується співвідношення Ca : K, Mg : K, що може призвести до



витіснення з ґрунтовбирного комплексу двовалентних катіонів і проникнення їх вглиб по профілю, втрат кальцію з дренажними водами, розмір яких може досягти 1 т/га. Цей процес значно посилюється під впливом високих доз кислих добрив [28].

Таблиця 5.2 – Норми внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури, які вирощуються у Запорізькій області (за автором)

Культура	Тип ґрунту	Добрива, кг/га				Урожай-ність, т/га
		Мінеральні			Органічні	
		N	P	K	Гній	
Озима пшениця	Чорнозем опідзолений	80	100	50	320	2.7
Кукурудза	Чорнозем опідзолений	80	120	60	340	3.1
Ярий ячмінь	Чорнозем опідзолений	70	100	50	356	2.3
Картопля	Чорнозем опідзолений	80	60	100	370	10.1
Трави	Всі ґрунти	60	80	40	290	7,3

Щодо мікроелементів, то, як відомо, вони особливо ефективні за інтенсивної хімізації. Проте слід зазначити, що деякі з них – мідь, цинк, бор і молібден – належать до елементів, які потенційно забруднюють ґрунт, а для марганцю навіть установлена гранично допустима концентрація в ґрунті [28].

За допомогою наведеної вище методики розрахунку балансу біогенних елементів визначені основні показники та характеристики стосовно умов Запорізької області. В табл. 5.3 наведені розрахункові значення виносу біогенних елементів с твердим та рідким стоком.

Таблиця 5.3 – Розрахункові значення виносу біогенних елементів с твердим та рідким стоком

Культура	Рідкий стік, $P_B$		Твердий стік, $P_T$		Величина поверхневог о стоку біогенів, т
	N	P	N	P	
Зернові і зернобобові	303.4	20.5	8.4	20.0	371.3
Соняшник	17.2	1.2	0.5	1.2	20.1
Картопля	9.4	1.3	0.2	0.9	12.
Овочі	8.6	1.3	0.2	0.9	10.8
Сума за всіма культурами	350.6	22.5	9.7	22.0	428.8

З таблиці видно, що найбільші значення отримані для азотовмісних елементів у рідкому стоці для зернових та зернобобових культур. Найменші значення отримані для овочевих культур.

На рисунку 5.1 приведено графік який показує, що для оцінки виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь використовувалась інформація по посівним площам для основних культур в період з 200 по 2014 роки. Слід зазначити значне зменшення посівних площ, особливо для овочевих культур.

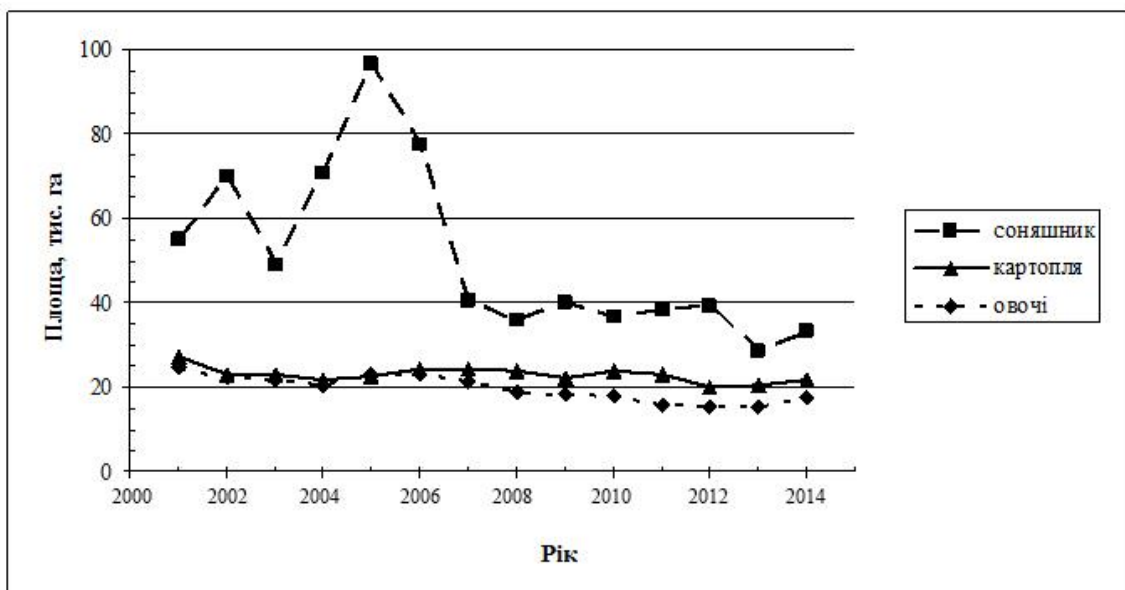


Рис. 5.1 – Динаміка посівних площ соняшника, картоплі та овочів

Для розрахунку поглинання біогенів сільськогосподарськими рослинами необхідно враховувати тип ґрунту. У Запорізькій області основними типами ґрунту є чорноземи звичайні та чорноземи південні. У табл. 5.4 приведені розрахунки виносу елементів з сільськогосподарських угідь.

Таблиця 5.4 Визначення виносу елементів з сільськогосподарських угідь.

Показник	Вар-т	Сільськогосподарські культури				Сумарне значення показника
		Зернові та зернобобові	соняшник	картопля	овочі	
Початкова кіл-ть внесених біогенів $W_{вих}$ , т/рік	1	27648	6754	791	2640	37833
	2	25276	2769	774	1885	30704
Кількість біогенів винесена з врожаєм $W_{пл}$ , т/рік	1	23036	459	556	5517	29568
	2	23026	449	516	4517	28508
Винос біогенів внаслідок порушень технології $W_{втрат}$ , т/рік	1	6451	161	72	190	6874
	2	5871	156	42	104	6173
Загальна величина виносу біогенів $W_{заг}$ , т/рік	1	29477	867	788	4807	35939
	2	25896	536	578	4631	31641
Коефіцієнт витрат $\alpha_{вит}$ , %	1	18,7	20,9	24,5	14,2	19,6
	2	14,9	19,5	19,9	13,1	16,9

З таблиці видно, що найбільші значення були отримані для зернових та зернобобових культур. Заключним етапом є визначення коефіцієнтів поглинання. Перший варіант – це фактична інформація, другий –

розрахункові характеристики. З отриманих даних видно, що розрахункові не перевищують фактичні і це може говорити про хороше зіставлення результатів. Відхилення в середньому не більше 16%.

## **6 РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩО ДО ПОЛПШЕННЯ СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ЗМЕНШЕННЯ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ**

Для будь-якої екосистеми, всі вхідні в неї види живого й абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадання однієї частини системи неминуче веде до виключення всіх тісно пов'язаних з нею інших частин і функціональній зміні цілого в рамках закону внутрішньої динамічної рівноваги, що говорить, що речовина, енергія, інформація й динамічні якості окремих природних систем і їхніх ієрархій взаємозалежні настільки, що будь-яка зміна одного із цих показників викликає супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, спрямовані на збереження сукупності матеріально-енергетичних, інформаційних і динамічних якостей систем, у яких ці зміни відбуваються. Недотримання цього закону приводить до зміни екологічної стійкості [30].

Не менш важливе виконання закону фізико-хімічної єдності живої речовини, що говорить, що вся жива речовина хімічно єдина. З нього випливає наслідок: шкідливе для однієї частини живих організмів не може бути нешкідливим для інших. Звідси треба, що надходження в ріки із сільгоспугідь із поталими й зливовими водами пестициди й добрива негативно впливають на флору й фауну в ріках, а потім - і на людину.

Не менш важливий закон еволюційно-екологічної необоротності: екосистема, що еволюційно втратила або перемінила частина своїх елементів, не може повернутися в первісний свій стан. Звідси треба, що оскільки повернути екосистему до попереднього стану не можна, те до неї варто підходити як до нового утворення, на яке неправомірно переносити раніше виявлені закономірності [30]. Екологічні питання повинні займати

одне з головних місць при експлуатації природних ресурсів водозбірних басейнів рік.

У цей час актуальним для людства є дотримання екологічного закону поступового перетворення біосфери в ноосферу, що припускає розумне відношення людини до природи. Дотримання цього закону, що є безальтернативним напрямком гармонізації відносин людини й природи, дозволить уникнути глобальної екологічної катастрофи й допоможе зберегтися людині як біологічному виду. Із цього закону випливають:

- принцип пріоритету загальнолюдських інтересів над всіма іншими;
- принцип необхідності екологічної чистоти людської діяльності;
- принцип екологічної обґрунтованості прийнятих рішень [31].

Агротехнічні заходи включають:

- відмова від оброблення вологолюбних культур і поширення, у тому числі на солончаках, сухостійких культур з високою продуктивністю на одиницю води. Розроблені вітчизняні сухостійкі сорти соняшника, сої й інших сільгоспкультур, вирощування яких дозволить скоротити споживання води;
- розвиток польового травосіяння, вирощування ефіроолійних культур, твердих сортів пшениці, шовківництво й бджільництво буде сприяти економії водних ресурсів, поліпшенню екологічної обстановки в басейнах малих рік;
- підвищення врожайності сільгоспкультур в 3-4 рази за рахунок використання досягнень біотехнологій і генної інженерії, що дозволить зменшувати оброблювані площі в басейнах рік;
- впровадження прогресивних, відповідні місцевим умовам, методів обробки ґрунту з метою зниження ерозійних процесів (безперешкодно й щільна обробка, зяблева й глибока оранка, плоскорізна обробка ґрунту із залишенням стерні) [31];

- використання раціональних сівозмін із чергуванням сільгоспкультур з різними ґрунтозахисними властивостями;
- припинення оранки земель до урізу рік, що приводить до розвитку ерозійних процесів і замуленням русел рік;
- внесення мінеральних добрив і пестицидів з оптимальними нормами в оптимальний термін; використання органічних добрив і біологічних способів захисту рослин.

Лісо- і лукомеліоративні заходи спрямовані на зниження ерозійних процесів у басейнах рік, на зменшення замулення рік і інтенсивності паводків. До цих заходів ставляться:

- посадка лісосмуг у прибережній захисній смузі, ширина якої відповідно до Водного кодексу повинна становити 25 м;
- посадка лісу й чагарників у басейнах рік із залісеністю нижче оптимальної величини 60% [32].
- лісопосадка й лукомеліоративні роботи з укосів берегів, по днищах ярів і балок;
- рекультивація водоохоронних зон рік і підтримка їх у задовільному екологічному стані.

Гідротехнічні заходи призначені для виключення катастрофічних паводків на ріках і на збереження водних ресурсів. Необхідне їх своєчасне очищення від мулу, заростання очеретом і іншою болотною рослинністю. Не можна допускати гідротехнічних робіт з поглиблення русел рік, що приводять до їх евтрофікації. Варто вдосконалювати технології зрошення з метою економії води, запобігання засолення, ущільнення й ерозії земель, збереження змісту гумусу.

Соціально-психологічні заходи спрямовані на роз'яснення й широку пропаганду серед населення екологічних знань і необхідності охорони рік від засмічування, забруднення й виснаження. Однієї із причин виникнення екологічних проблем є екологічна неграмотність населення, фахівців і

керівників, що приймають господарські рішення. Варто підвищити роль ЗМІ й громадських організацій в екологічній пропаганді й екологічному утворенні населення [33].



## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної магістерської роботи були зроблені наступні висновки:

1. Ґрунтовий покрив області представлений такими зональними ґрунтами, як чорноземи звичайні мало гумусні та малопотужні, чорноземи південні, темно-каштанові та каштанові. Для Запорізької області, яка лежить у степовій зоні, характерне безлісся.

2. Вивчено сучасний стан біогенного навантаження на сільськогосподарські угіддя та водні об'єкти Запорізької області, який свідчить про значне збільшення кількості забруднювальних елементів у ґрунті – рослинному покриві за рахунок збільшення кількості внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин. За допомогою методики розрахунку виносу біогенних елементів у водні об'єкти та з врожаєм сільськогосподарських рослин визначені основні складові балансу біогенних елементів в агроecosистемах Запорізької області.

3. Виконано розрахунок балансу біогенних елементів для основних сільськогосподарських культур, які вирощуються на даній території. Прихідна частина балансу біогенних елементів формується за рахунок внесення мінеральних і органічних елементів, а розхідна частина формується за рахунок стоку з сільськогосподарських угідь у водні об'єкти, поглинається рослинами для отримання врожаю та частина залишається у ґрунті.

4. Найменші значення виносу біогенів отримані для такої культури як картопля. Це може бути пов'язане з тим, що ця культура займає найменші площі та потребує для свого розвитку та росту внесення незначної кількості мінеральних та органічних добрив. Найбільші значення як за твердим, так і за рідким стоком – для угідь, які зайняті озимою пшеницею та кормовими культурами.

5. Проведено аналіз виносу біогенних елементів з агроecosystem Запорізької області та визначено винос біогенних елементів з твердим та рідким стоком у водні об'єкти (основним з яких у Запорізькій області є Каховське водосховище). Найбільше значення було отримано для азотовмісних елементів у рідкому стоці для зернових та зернобобових культур та дорівнює 303,4 т. А найменше значення для овочевих культур у твердому стоці – 0,2 т.

6. Визначено винос біогенних елементів з урожаєм основних сільськогосподарських рослин. Найбільші значення були отримані для зернових та зернобобових культур. Фактичний показник дорівнює 23036 т/рік а розрахунковий - 22026 т/рік.

7. Для оцінки балансу біогенних елементів нами використовувалися характеристики внесених мінеральних та органічних добрив під основні сільськогосподарські культури. Із таблиці видно, що найбільша кількість мінеральних добрив вносились від кукурудзу, при цьому для всіх рослин більше всього вносилося фосфорних добрив. Органічних добрив найбільша кількість вносились під картоплю.

8. За вище наведеною методикою були розраховані коефіцієнти використання поживних речовин різними сільськогосподарськими культурами в результаті застосування мінеральних добрив. Найбільше значення коефіцієнта по всім мінеральним добривам отримано для овочевих культур и соняшника. Найменше значення отримано для кукурудзи та інших зернових культур. Якщо проаналізувати по видам добрив, то найбільше значення коефіцієнта використання отримано для калійних добрив для всіх видів рослин. Ці показники також були використані для розрахунку поглинання біогенних елементів сільськогосподарськими рослинами.

9. Із розрахункових характеристик видно, що в умовах Запорізької області не завжди дотримуються технологічні основи вирощування сільськогосподарських рослин, тому для половини розглянутих культур

відмічено зменшення поглинальної здібності за рахунок неправильних технологій. Це стосується таких культур, як ріпак, цукровий буряк та соя.

10. Коефіцієнт виносу біогенних елементів з площі зайнятою сільськогосподарськими рослинами в умовах Запорізької області говорить про добре зіставлення результатів, тому що фактичний показник не перевищує розрахунковий, а відхилення складає в середньому не більше 15%.

11. В цілому для агроecosистем Запорізької області поглинання біогенних елементів сільськогосподарськими рослинами склало 26%, зі стоком у водні об'єкти потрапило 34%, залишилося у ґрунті 36%.

12. Були запропоновані такі рекомендації:

- для поліпшення характеристик ґрунту необхідно застосування агротехнічних заходів, що включають в себе більш глибоку оранку, поліпшують водне і повітряні властивості ґрунту;

- підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок використання оптимальних норм внесених мінеральних і органічних добрив, а також дотримання сівозмін;

- внесення пестицидів, період напіврозпаду яких дорівнює періоду зростання сільськогосподарських рослин, з метою зменшення їх залишкової кількості в ґрунті;

- використання біологічних засобів захисту рослин та збільшення кількості органічних добрив.

Виконані розрахунки можна використовувати для практичних рекомендацій по визначенню біогенного навантаження на агроecosистеми та водні об'єкти в умовах Запорізької області та встановлення оптимальних норм внесення мінеральних та органічних добрив.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Смирнов П.М., Муравин Э.А. - М.:Колос, 1984. –304с.
2. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 251 с.
3. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 223 с.
4. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 223 с.
- 5.Корнеева Г.В. Растениеводство. - М. "Колос" 1999. - 368 с.
- 6.Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.
- 7 Писаренко В.Н., Писаренко П.В., Писаренко В.В. Агроэкология. – Полтава, 2008. – 408 с.
8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2012 р. – 169 с.
9. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2013р. – 284 с.
10. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2014 р. – 237 с.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2015 р. – 193 с.
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2013 р. – 246 с.
13. Агроэкология/ В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев и др.; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса ; Москва, 2000. 536 с.
14. Куценко А.М. Писаренко В.Н. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве. – Киев: Урожай, 1991. – 387 с.

15. Ефимов В.Н. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко - М.: Колос, 2002. –320с.

16. Листопадов И.Н., Шапошникова И.М. Плодородие почвы в интенсивном земледелии. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 205 с.

17. Екологічні основи використання добрив / Є. Г.Дегодюк, В.Т. Мамонтов, В. І. Гамалей; Київ, 1988. 232 с.

18. Экологические проблемы применения удобрений / Кудеяров В.Н. и др.; Москва, 1984. 213 с.

19. Минеев В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии // Агрохимия, 2000. №5. С.5-13.

20. Методические рекомендации по расчету выноса биогенных веществ поверхностным стоком. ВАСХНИЛ. – М.: 1989. – 23 с.

21. Л.М. Полетаева, С.М. Юрасов, В.Г. Ільїна. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Конспект лекцій. – Одеса: «ВМВ», 2006. – 181с.

22. Основи ведення сільського господарства та охорона земель / Грабак Н. Х., Тоніха І., Давиденко В. М., Шевель І. В.; Київ, 2006. 496 с.

23. Агроэкология / В.Н.Писаренко, П.В.Писаренко, В.В.Писаренко; Полтава, 2008, 408 с

24. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. Москва: Колос, 1996. 223 с.

25. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів / Пати́ка В. П., Макаренко Н. А., Моклячук Л. І. та ін.; за ред. В. П. Пати́ка. Київ, 2005. 300 с.

Методологические рекомендации по расчету выноса биогенных веществ поверхностным стоком. ВАСХИНИЛ. – М.: 1989. – 23с.

26. Артюшин А.М., Державин Л.М. Краткий справочник по удобрениям. Москва: Колос, 1984. 208 с.

27. Носка .Б.С, Прістера Б. С., Лободи М.В. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / Київ: Урожай, 1994. 336 с

28. Глазовская М.А. Методические основы эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / Москва: Издательство МГУ, 1997. 102 с.

29. Потатуева Ю.А., Касицкий Ю.И., Сидоренкова Н.К. и др. Распределение подвижных форм тяжелых металлов, токсичных элементов и микроэлементов по профилю дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при длительном систематическом применении удобрений // Агрохимия, 2001. С.61-66.

30. Агроекологія / Смаглій О.Ф., Кардашов А.Т., Литвак П.В. та ін.; Київ, 2006. 671с.

31. Пристер Б. Количественная комплексная оценка свойств почвы при прогнозировании поведения радионуклидов в системе почва-растение // Вісник аграрної науки. 2002. №1. С.61-68.

32. Лактіонов М.І. Агроґрунтознавство. навч. посібн. /ХДАУ ім.В. В. Докучаєва. Харків: Видавець Шуст А.І., 2001. 156 с.

33. Ладонін В. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и растениях // Химия в сельском хозяйстве. 1994. №4. С.32-35.

# ДОДАТКИ

**Додаток А****СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ  
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Ільїна В.Г., Бабаніна К.В. Оцінка виносу біогенних елементів поверхневим стоком з сільськогосподарських угідь Запорізької області / Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2017. – 0,4 д. а.
2. Ільїна В.Г., Бабаніна К.В. Моделювання балансу біогенних елементів у агроєкосистемах та водних об'єктах Запорізької області. Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ: Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, травень, 2017.
3. V.N. Pyina, Babanina K.V Evaluation of influence irrigation on the quality of ground-plan cover considering biogeneouse load / Аграрний вісник Причорноморья. Збірник наукових праць. Технічні науки. Випуск 85. – Одеса, 2017. – с. 149 -153. (ВАК)
4. Ільїна В.Г., Бабаніна К.В. Оцінка балансу біогенних елементів в агроєкосистемах Запорізької області. Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ: Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, травень, 2018.
5. Ільїна В.Г., Бабаніна К.В. Оцінка ступеню використання мінеральних добрив сільськогосподарськими рослинами в умовах Запорізької області. Тези до наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ: Одеський державний екологічний університет. – Одеса, травень, 2018.



**Додаток Б**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Нормативні показники	Рівень забезпеченості	Уміст гумусу, %
1	Дуже високий	>10
2	Високий	6-10
3	Середній	4-6
4	Низький	2-4
5	Дуже низький	<2

**Додаток В**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Нормативні по калі іки умісту азоту, що легко гідролізується (мг/кг)

№.	Рівень забезпеченості	Уміст азоту, що легко гідролізується, мг/кг	
		За методом Тюріна й Конової	За методом Корнфілда
1	Дуже низький	<30	<100
2	Низький	31-40	101-150
3	Середній	41-50	151-200
4	Підвищений	51-70	>200
5	Високий	71-100	-
6	Дуже високий	>100	-

**Додаток Г**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Нормативні показники вмісту рухомого фосфору (мг/кг)

№	Рівень забезпеченості	Уміст рухомого фосфору, мг/кг		
		За методом Чирикова	За методом Кірсанова	За методом Мачигіна
1	Дуже низький	<20	<25	<10
2	Низький	21-50	26-50	11-15
3	Середній	51-100	51-100	16-30
4	Підвищений	101-150	101-150	31-45
5	Високий	151-200	151-250	46-60
6	Дуже високий	>200	>250	>60

**Додаток Д**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

№	Рівень забезпеченості	Уміст рухомого калію, мг/кг			
		За методом Чирикова	За методом Кірсанова	За методом Мачигіна	За методом Маслової
1	Дуже низький	<20	<40	<50	<50
2	Низький	21-40	41-80	51-100	51-100
3	Середній	41-80	81-120	101-200	101-150
4	Підвищений	81-200	121-170	201-300	151-200
5	Високий	121-180	171-250	301-400	201-300
6	Дуже високий	>180	>250	>400	>300

## Додаток Е

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Градації забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів (мг/кг) (за працею Ягодіна Б.А.)

Мікро Елемент	Біохімічна зона	Ґрунтова витяжка	Ґрадація забезпеченості, мг на 1 кг ґ				ґун IV
			Дуже низька	Низька	Середня	Висока	
В	Пісокстелова і Степова	H <sub>2</sub> O	0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2
Си		1,0 н. неї	1,4	1,4-3,0	3,0-4,4	4,4-5,6	5,6
Мо		Оксалатна витяжка	0,10	0,10-0,23	0,23-0,38	0,38-0,55	0,55
Мп		ОД н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25	25-55	55-90	90-170	170
Со		1,0 н. НЖ>3	1,0	1,0-1,8	1,8-2,9	2,9-3,6	3,6
Бп		1,0 н. КС1	0,15 4,0	0,15-0,3	4,0-6,0	6,0-8,8	8,8
		Ацетатно-амонійна					

## Додаток Є

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Поправкові коефіцієнти на солонцюватість ґрунтів

Ступінь солонцюватості	Коефіцієнти
Слаболонцюваті	0,90
Середньосолонцюваті	0,75
Сильносолонцюваті	0,60
Солонці	0,25

**Додаток Ж**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Поправкові коефіцієнти на засолення ґрунтів

Ступінь засолення	Коефіцієнти
Слабка	0.85
Середня	0.70
Сильна	0.40
Солончаки	0.10

**Додаток З**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Поправкові коефіцієнти на кислотність мінеральних ґрунтів

Ступінь кислотності ґрунтів	pH <sub>сол.</sub>	Поправкові коефіцієнти	
		Полісся	Лісостепу
Нейтральні	>6,1	-----	1.00
Близькі до нейтральних	5,6-6,0	1,00	0,96
Слабокислі	5,1-5,5	0,92	0,89
Середньокислі	4,5-5,0	0,85	0,81
Сильнокислі	<4,5	0,74	0,71

**Додаток І**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Поправкові коефіцієнти на лужність ґрунтів

Реакція ґрунтового середовища	рН <sub>в0Д</sub> .	Поправковий Коефіцієнт
Слабокисла	6,1-6,5	0,95
Нейтральна	6,6-7,5	1,00
Слаболужна	7,6-8,5	0,92
Середньолужна	8,6-9,0	0,80
Сильнолужна	9,1-1,0	0,40
Дуже сильно лужна	10,1-12,0	0,10

**Додаток К**

Внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури

Поправкові коефіцієнти на забруднення ґрунту радіонуклідами

№	Рівень забруднення, Кі/км <sup>2</sup>	Поправковий коефіцієнт	
		Полісся	Лісостеп, Степ
1	<1Д	1,0	1,0
2	1,1-5,0	0,98-0,90	1,0
3	5,0-10,0	0,85-0,70	0,95-0,84
4	10,0-15,0	0,6-0,50	0,83-0,76