МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра екології та
охорони довкілля

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав студент 2 курсу групи ME- 61
спеціальності 8.04010603 ”Екологічна
безпека
Симак Тетяна Анатоліївна

Керівник к.геогр.н., доц.
Ільїна Валентина Григорівна

Рецензент д.геогр.н., проф.
Польовий Анатолій Миколайович

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *магістерської та аспірантської підготовки*
Кафедра *екології та охорони довкілля*
Рівень вищої освіти *магістр*
Спеціальність 8.04010603 *"Екологічна безпека"*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *екології та охорони довкілля*
Сафранов Т.А.
"*10*" *жовтня* 20*16* року

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

Симак Тетяні Анатоліївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання балансу біогенних елементів в агроекосистемах Вінницької області
керівник роботи Ільїна Валентина Григорівна, к.геогр.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "*14*" *вересня* 20*16 р.* №*270-С*
2. Строк подання студентом роботи *31 січня 2017 року*
3. Вихідні дані до роботи Характеристики ґрунтово-рослинного покриву Вінницької області, фізико-географічні характеристики, кліматичні характеристики, норми та режим внесення мінеральних та органічних добрив, вміст важких металів та пестицидів у ґрунтах, вміст гумусу та поживних речовин, характеристики якості поверхневих вод Вінницької області.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Оцінити агроекологічний стан агроекосистем Вінницької області. За допомогою математичної моделі оцінити поглинання біогенних елементів агроекоценозами. Оптимізувати внесення мінеральних та органічних речовин в агроекоценози Вінницької області з урахуванням їх сучасного стану, факторів навколишнього середовища та якості води.

Надати практичні рекомендації щодо оптимізації внесення біогенних речовин в агроекоценози Вінницької області.

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

Фізико - географічна карта Вінницької області, мінеральна система удобрення, Органо - мінеральна система удобрення, фактори евтрофування водоймищ, основні джерела формування біогенного навантаження, вміст азоту амонійного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст азоту нітратного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст $\mathbf{БСК_5}$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст фосфору у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст сульфатів у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст завислих речовин у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст міді у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, вміст $\mathbf{БСК_5}$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік, динаміка урожайності ріпаку озимого у Вінницькій області, динаміка урожайності гороху у Вінницькій області, динаміка урожайності цукрового буряка у Вінницькій області, динаміка урожайності проса у Вінницькій області, динаміка урожайності сої у Вінницькій області, динаміка урожайності соняшника у Вінницькій області, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою ріпаком озимим, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою горохом, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою цукровим буряком, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою просом, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соєю, динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соняшником, характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом гумусу, характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом азоту, характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом рухомого фосфору, характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом калію, характеристика площі грунтів Вінницької області за ступенем кислотності, забруднення свинцем грунтів Вінницької області 2011 рік, забруднення кадмієм грунтів Вінницької області 2011 рік, вміст залишкових кількостей пестицидів (ЗКП) у 2011 році.

6. Дата видачі завдання *10 жовтня 2016 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	Оцінка агроекологічного стану агроекоценозів Вінницької області.	10.10.16-01.11.16	90	5 (відмінно)
2.	Моделювання поглинання біогенних елементів сільськогосподарськими рослинами	02.11.16-30.11.16	90	5 (відмінно)
3.	Ідентифікація параметрів моделі стосовно умов Вінницької області	01.12.16-04.12.16	90	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	**05.12.16-10.12.16**	90	5 (відмінно)
4.	Оптимізація норм внесення мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські рослини в умовах Вінницької області	11.12.16-20.12.16	90	5 (відмінно)
5.	Остаточне оформлення кваліфікаційної магістерської роботи	21.12.16-29.12.16	90	5 (відмінно)
6.	Підготовка до захисту кваліфікаційної магістерської роботи	30.12.16-31.01.17	90	5 (відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0 (до десятих)	5 (відмінно)

Студент _____ Симак Т.А.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ільїна В.Г.

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу за темою «Моделювання балансу біогенних елементів в агроекосистемах Вінницької області»

Територія Вінницької області відноситься до центральної частини України і є однією з основних по вирощуванню більшості сільськогосподарських культур як зернових, технічних так і корнеплодових культур. Не зважаючи на те , що грунти цієї території є досить родючими, для отримання високих та стійких врожаїв необхідно застосування мінерального та органічного живлення рослин. Метою роботи є оцінка баланс біогенних елементів в агроекосистемах Вінницької області за допомогою математичної моделі.

За допомогою методики визначення виносу біогенних елементів та математичної моделі у рамках роботи було виконано оцінку вмісту біогенних елементів в агроекосистемах Вінницької області.

Середній вміст гумусу у грунтах Вінницької області складає 3,5 %, забезпеченість азотом недостатня, фосфором – середня, а калієм – підвищена. Грунти Вінницької області є середньо забрудненими, вміст найбільш токсичних ВМ не перевищує ГДК, вміст залишкових кількостей пестицидів також не перевищує допустимий. Найбільш забрудненими є східні райони області. Найбільше вноситься фосфорних добрив, але коефіцієнт використання максимальний отриманий для калійних добрив. Загальний винос біогенних елементів з площі Вінницької області складає 14,1 %, що є невисоким у порівнянні з територією України.

Дані представлені у вигляді таблиць та рисунків. Загальний об’єм роботи складає 119 сторінок, складається з п’яти розділів, вступу, висновків та додатків. Містить 26 таблиць, 33 рисунки та 46 джерел.

***Ключові слова*:** агроекосистема, біогенні елементи, моделювання, урожайність, оцінка, динаміка, мінеральні добрива.

SUMMARY

in master's qualifying thesis on "Modeling the balance of nutrients in agricultural ecosystems Vinnitsa region"

The Vinnytsia region belongs to the central part of Ukraine and one of the main growing most crops like cereals, industrial crops and korneplodovyh. Despite the fact that the soil of this area is fertile enough to obtain high and stable yields should use mineral and fossil power plants. The aim is to assess the balance of nutrients in agricultural ecosystems Vinnytsia region using a mathematical model.

Using the methodology for determining the removal of nutrients and mathematical models under study was the estimation of the content of nutrients in agricultural ecosystems Vinnytsia region.

The average content of humus in the soil Vinnytsia Oblast is 3.5%, insufficient supply of nitrogen, phosphorus - the average, and potassium - increased. Primers Vinnitsa region are contaminated medium, the content of the most toxic heavy metals does not exceed the maximum permissible concentration, the content of pesticide residues and less than acceptable. The most polluted areas are the eastern region. Most paid phosphate fertilizers, but the utilization of the maximum obtained for potash. Total removal of nutrients from areas Vinnytsia Oblast is 14.1%, which is low in comparison with the territory of Ukraine.

The data presented in the form of tables and figures. The total volume of 119 pages, consisting of five chapters, introduction, conclusion and applications. It contains 26 tables, 33 figures and 46 sources.

***Keywords*:** agroecosystem, nutrients, modeling, yield, estimation, dynamics, fertilizers.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ…….....…..9

ВСТУП……...…….12

1 ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ……...….15

1.1 Загальні відомості……15

1.2 Кліматичні особливості……..17

1.3 Особливості грунтово-рослинного покриву…….18

2 СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ……....22

3 ОСНОВНІ ФАКТОРИ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ……...29

3.1 Оцінка впливу мінеральних та органічних добрив на стан водних об’єктів……...29

3.1.1 Роль мінеральних добрив в сучасній системі землеробства…29

3.1.2 Особливості застосування добрив……..33

3.1.3 Екологічні насідки використання мінеральних добрив……34

3.1.4 Агроекологічна характеристика мінеральних добрив…….42

3.2 Закономірності та наслідки забруднення водних об’єктів біогенними елементами……49

3.3 Визначення загального виносу біогенних речовин з поверхні ґрунту……..55

3.4 Оцінка стану поверхневих вод Вінницької області…….59

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНОСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ……...67

4.1 Моделювання основних процесів життєдіяльності сільськогосподарських культур……..….67
4.2 Моделювання мінерального живлення рослин та його наслідки……..73
4.3 Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь з урожаєм…….....78
4.4 Моделювання біогенного навантаження на агроекосистеми……..84
4.5. Ідентифікація параметрів моделі ……96
5 ОЦІНКА АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТІВ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ……101
ВИСНОВКИ……..……..…….111
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...114
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ…….….118
ДОДАТКИ…….....119

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НПС – навколишнє природне середовище;

ВМ – важкі метали;

СПЗ – сумарний показник забруднення грунту;

ГДК – гранично-допустима концентрація;

БАЕ – біологічноактивний елемент;

ХЕ- модуль техногенного геохімічного тиску;

КУО – колонійутворююча одиниця;

C_{lab} – єдиний фонд вільних вуглеводів;

N_{lab} – єдиний фонд вільного азоту;

R_L – радіаційний баланс рослинного покриву;

РП – рослинний покрив;

R_S – радіаційний баланс поверхні грунту;

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;

ε_L– коефіцієнт сірості листя;

σ – постійна Стефана-Больцмана;

T_L і T_S – температура листя і грунту;

k – емпіричний параметр орієнтації листя.

$\frac{\partial \psi}{\partial t}$ - потенціал тиску грунтової вологи;

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

$C(\psi)$ – об'ємна вологість;

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

λ – нахил кривої залежності тиску насиченої водяної пари від температури повітря;

Υ_{ef} – ефективна психрометрична постійна;

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;

Φ_{pot} – інтенсивність потенційного фотосинтезу;

a – нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу;

C_0 – концентрація CO_2 у повітрі;

$П$ – поглинена рослинним покривом фотосинтетично активна радіація;

a_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу;

Ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу;

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

N_{abs} – кількість поглиненого з грунту азоту;

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

N_{sen} – витрати на відновлення білка;

$N^{\max}_{abs}$ – максимальна швидкість поглинання азоту коренем;

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

K^N_{abs} – константа Міхаеліса-Ментен;

$K^N_{abs}(T_s)$ – функція впливу температури грунту на швидкість поглинання азоту коренем;

β_{shoot}^{m} – співвідношення надземної і підземної частин рослин;

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

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

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

a_r – радіус кореню., см;

q – вид важкого металу;

μAq – зниження продуктивності рослин в інтервалі критичних величин концентрації важких металів у рослині $A_q^{кр1}$ і $A_q^{кр2}$ (мг кг$^{-1}$)

AW – безпосередньо ідентифікуюча константа;

W_i^j – фактичні вологозапас ґрунту;

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

ВСТУП

За останні два століття ландшафти Вінницької області зазнали докорінних змін. В їх структурі переважають аграрні та селитебно-промислові (ландшафти населених пунктів), площа лісів зменшилася з 70 % до 12,8 % території. У природному стані залишилися натуральні ділянки вздовж річок, деякі неосушені болота, торфовища, різнорідні морфологічно й літологічно вершини горбів, карстові форми рельєфу (на півдні області), форми рельєфу з виходами на поверхню глин, вапняків, крейди, гіпсу, пісковиків, гранітів, де фрагментарно збереглась лісова, степова, лучна і водно-болотна рослинність, площі яких становлять до 5 % від площі території області.

Біогенні елементи, хімічні елементи, що постійно входять до складу організмів і мають певне біологічне значення. Перш за все це кисень вуглець, водень, кальцій, азот, калій, фосфор, магній, сірка, хлор, натрій, залізо.

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

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.

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.

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. Виникає накопичення гідробіонтів, в результаті якого в водоймищі в десятки і сотні разів більше накопичується органічних речовин. 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.

Територія Вінницької області є основною з вирощування сільськогосподарських рослин, тому оцінка якості грунтів є дуже актуальною темою. Для оцінки біогенного навантаження на агроекоценози була використана інформація про врожайність сільськогосподарських культур, які культивуються у Вінницькій області, види сільськогосподарських культур, норми та види вносимих у грунт мінеральних та органічних добрив, а також ураховувалися агротехнічні заходи ведення сільськогосподарського виробництва в умовах Вінницької області. Крім того у моделі використано великий масив інформації про умови вирощування сільськогосподарських культур та фактори навколишнього середовища.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є оцінка балансу біогенних елементів в агроекосистемах Вінницької області за допомогою математичної моделі.

Задачі:

- оцінити агроекологічні показники стану агроекосистемах Вінницької 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: агроекоценози Вінницької області.

Вихідні дані для виконання магістерської кваліфікаційної роботи взяті з Регіональних доповідей про стан НПС у Вінницькій області за 2009 – 2013 роки та Головного управління статистики Вінницької області.

1 ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості

Вінницька область утворена 27 лютого 1932 року. Обласний центр – місто Вінниця. Розташована на правобережжі Дніпра в межах Придніпровської та Подільської височин. Територія області становить 26517,6 км^2. До складу області входить: 27 адміністративних районів, 18 міст, з них 6 обласного значення, 29 селищ міського типу, 1446 сіл.

Вінниччина має найбільше сусідніх областей серед всіх областей країни. На заході межує з Чернівецькою та Хмельницькою, на півночі з Житомирською, на сході з Київською, Кіровоградською та Черкаською, на півдні з Одеською областями України та з Республікою Молдова, в тому числі частина кордону приходиться на невизнане Придністров'я[1].

Вінницька область розміщена в лісостеповій зоні центральної частини Правобережної частини України. Річкою Південний Буг територія області ділиться на дві частини: лівобережну, яка відноситься до Придніпровської височини і правобережну – Подільського плато. Поверхня Вінниччини - підвищене плато, що знижується в напрямі з північного заходу на південний схід.

Більша частина території Вінницької області розташована в межах Українського кристалічного щита. Сучасний рельєф області – в основному хвиляста, подекуди горбиста, рівнина, розгалужена чисельними долинами річок, ярами та балками, особливо в районі Придністров'я [2].

На рисунку 1.1 представлена фізико – географічна карта Вінницької області.

Рис. 1.1 – Фізико - географічна карта Вінницької області (Регіональна доповідь про стан НПС у Вінницькій області 2011р.)

Територією області проходить вододіл басейнів річок Південний Буг та Дністер. У центральній частині області з північно-західного на південно-східний напрямок протікає р.Південний Буг, по південно-західній межі області тече р. Дністер. На території області протікають 204 річки завдовжки понад 10 км кожна. Вони належать до басейнів Південного Бугу (Згар, Рів,

Дохна, Соб, Савранка), Дністра (Мурафа, Лядова, Марківка, Русава, Немія) та Дніпра (Рось, Гнилоп’ять, Гуйва). Пересічна густота річкової мережі становить 0,38 км/км^2.

В межах області 56 водосховищ, загальною площею водного дзеркала 11167 га; найбільше Ладижинське водосховище (2,2 тис.га), 5356 ставків загальною площею водного дзеркала біля 30,0 тис.га. Річки і водойми використовують для рибництва, промислового і комунального водопостачання, зрошення земель, а також як джерело гідроенергії.

Земельний фонд області складає 2649,29 тис. га, територія суші становить 2605,8 тис.га, або 98,4% від загальної площі області, решта 43,4 тис.га (1,64%) зайнята внутрішніми водами. Дві третини (2014,5 тис. га) території зайнята сільськогосподарськими землями, під лісами та іншими лісовкритими площами – 14,3%, забудовані землі займають 4,1%, болота – 1,1%, інші землі (господарські двори, дороги, піски, яри, кам’янисті місця тощо) – 2,81%[3].

1.2 Кліматичні особливості

Клімат Вінницької області помірно континентальний : помірного та достатнього тепло забезпечення, достатнього зволоження, лише в Придністров’ї недостатнього зволоження. За своїм географічним розташуванням територія області знаходиться у сфері впливу насичених вологою атлантичних повітряних мас, та периферійної частини сибірського (азійського) антициклону, для якого характерні сухі холодні континентальні повітряні маси. На клімат впливають також повітряні маси з Арктики та Середземномор'я[4].

В літню пору переважають вологі вітри західного та північно-західного румбів, найбільший їх вплив спостерігається на північний захід від лінії

Моглів-Подільський – Гайсин. В холодну пору (жовтень – квітень) відчутний вплив (особливо на південний схід від цієї лінії) сибірського антициклону з вітрами південних та південно-східних румбів.

Найхолодніший місяць по всій області – січень, найтепліший – липень. Середні амплітуди коливань температури протягом року не перевищують 25^0С. Під впливом континентальних повітряних мас іноді спостерігається зниження температури в окремі дні до -32…-38^0С, влітку – підвищення до +37^0С, найвищі температури спостерігається у липні-серпні[5].

Середньорічні суми осадів на території області складають 440-590 мм. Найбільша кількість опадів буває на північному заході території Вінниччини. Максимум опадів припадає на травень – липень (130-170 мм). Найменш вологими є зимові місяці, на холодну пору року припадає 25% опадів: в грудні - лютому випадає 65-80 мм опадів.

Взагалі клімат Вінниччини сприятливий для сільськогосподарського виробництва: тривале тепле та досить вологе літо, рання весна, суха осінь, зима с помірними морозами та значним сніговим покривом – все це позитивно впливає на ріст зернових, технічних та садових культур[4].

1.3 Особливості грунтово-рослинного покриву

В лісах переважають широколистяні породи дерев: граб, клен, липа, дуб, ясен. Ліси Вінниччини на сьогоднішній день займають площу 366,4 тис. га, або біля 14 відсотка її загальної площі, що робить область малолісною і лісодефіцитною.

Трав’яниста рослинність характеризується великою різноманітністю. Лише диких рослин нараховується біля тисячі видів. Практично всі вони приурочені до певних умов зростання, які виділяються на Східному Поділлі: по всій області поширені лісові та прибережно-водні види. Лучні та болотні види більш характерні для півночі Вінниччини, а степові – для півдня.

Розсіяно по всій території Східного Поділля зустрічаються види вапнякових та гранітних відслонень. Надзвичайно багато в області заносних видів рослин, котрі ростуть переважно в місцях, де природний рослинний покрив порушений або зник взагалі.

З понад тисячі видів рослин Вінниччини близько 200 є рідкісними – такими, що зустрічаються лише в окремих місцевостях, урочищах або скорочують свій ареал [1].

Грунти переважно опідзолені (до 65%). На північному сході переважають чорноземи. В центральній частині – сірі, темно- сірі й світло-сірі лісові, на південному сході і в Придністров'ї – чорноземи опідзолені. Близько 70 % території області розорано.

Основні типи грунтів:

1. Сірі лісові грунти - поширені в північній частині лісостепової зони. Вони по морфологічним ознакам та властивостям займають перехідне положення від дерново- підзолистих грунтів до чорноземів. Ці грунти характеризуються великим вмістом гумусу.

На види сірі лісові грунти ділять: по глибині вскипання - високовскипаючі (вище 100 см) і глибоковскипаючі (глибже 100 см); за потужністю гумусового шару (А1+А1А2) - потужні (більше 40 см), середньої потужності (20 -40 см) і мало потужні (менше 20 см).

Тип сірих лісових грунтів розподіляється на підтипи: світло- сірі, сірі, темно- сірі лісові грунти.

Агрофізичні властивості сірих лісних грунтів, особливо світло-сірих, несприятливі. Невисокий вміст гумусу, збагачення пиловатими фракціями сприяють швидкій деструктуризації верхнього горизонту, тому такі грунти запливають. У сірих лісних грунтів переважає промивний тип водного режиму.

За умовами поживного режиму кращі темно-сірі грунти, які відрізняються більшими запасами гумусу, азоту, фосфора [6].

Загальні запаси фосфора визначаються механічним і мінералогічним складом грунтів, ступіню їх гумусованості. На сірих лісних грунтах вирощують озиму і яру пшеницю, цукровий буряк, кукурудзу, картоплю та ін.

Сірі грунти відрізняються від світло-сірих кращими агрономічними властивостями, характеризуються насиченістю основами і кислою реакцією, невисокими запасами поживних речовин, а також несприятливими фізичними властивостями.

Органічні добрива покращують поживний режим, фізичні властивості грунтів. Систематичне внесення органічного добрива сприяє зниженню кислотності. Грунти з підвищеною кислотністю потребують вапнування. В районах, де вирощують цукровий буряк, в якості вапна широко використовують дефекаціонний бруд [7].

2. Чорноземи опідзолені. В гумусовому шарі знаходяться ознаки впливу підзолистого процесу у вигляді білого порошку – головної відмінної морфологічної ознаки цього підтипу.

Карбонати залягають значно нижче границі гумусового шару. Тому в опідзолених чорноземах під гумусовим шаром виділяють темно-червоний ілювіальний горизонт призматичної структури. Поступово горизонт переходить в породу, яка містить на деякій глибині карбонати.

Важливі особливості опідзолених чорноземів - збагаченість гумусом, біогенна акумуляція в гумусовому профілі елементів (N, P, S та мікроелементи), однорідність складу мінеральної частини по профілю, ілювіальний характер розподілу карбонатів.

В розподілі гумуса спостерігається поступове зменшення його вмісту з глибиною. Гумус чорноземів відрізняється складністю групи фульвокислот в порівнянні з підзолистими грунтами.

Збагаченість чорноземів гумусом, інтенсивна міграція біогенного кальцію визначають їх сприятливі фізико – хімічні властивості: чорноземи

характеризуються високою ємністю поглинання, насиченістю поглинального комплексу основами, близькою до нейтральної реакцією верхніх горизонтів і високою буферністю. У складі обмінних катіонів головна роль належить кальцію. Магній складає 15 – 20% від суми. В опідзолених чорноземах в поглинальному комплексі знаходиться водень і гідролітична кислотність може досягати 5 -7 м. – екв [8].

Для чорноземів опідзолених характерний періодично промивний водний режим. В нижніх горизонтах грунтової товщі чорноземів лісостепу, глибше шару максимального промочування, завжди міститься деяка кількість доступної вологи, яка може бути резервом вологості в посушливі роки.

Поживний режим чорноземів тісно пов´язаний з умовами їх зволоження. Чорноземні грунти відрізняються високою нітріфікаційною здатністю і можуть накопичувати значні кількості нітратів. Піздньою осінню і ранньою весною в чорноземах відбувається вимивання нітратів з орного шару, тому весною озимі і ранні ярові культури можуть відчувати нестачу азоту. Аміачний азот добре поглинається грунтом, але іони кальцію грунтового розчину можуть витісняти його з поглинаючого комплексу, і у вологі роки він може частково переходити донизу по профілю. Переміщення фосфатів і добрив, які вносяться не спостерігається.

Для підвищення ефективної родючості чорноземних грунтів дуже важливо накопичення вологи і раціональне її використання, особливо в підзонах поширення чорноземів. В чорноземах переважають малорухомі форми фосфатів, тому ці грунти добре реагують на фосфорнокислі добрива.

Органічні добрива позитивно діють на всі чорноземи, особливо на чорноземах легкого механічного складу. Систематичне використання фізіологічно кислих добрив (хлористий калій, аміачна селітра і ін.), постійне відчуження кальцію з врожаєм сільськогосподарських культур призводить до дефіциту кальція. Тому в лісостепних районах виникла необхідність у вапнуванні опідзолених чорноземів [9].

2 СУЧАСНА КОНЦЕПЦІЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Негативні наслідки інтенсифікації землеробства сприяли розвитку за кордоном на початку 60-х років так званого альтернативного землеробства, яке називають також біологічним, біодинамічним або органічним. На думку зарубіжних вчених, альтернативне землеробство — це не система, а концепція, новий підхід до землеробства, група методів, етика ставлення до землі. Його суть полягає у повному або частковому відмовленні від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту і кормових добавок. Комплекс агротехнічних заходів ґрунтується на суворому дотриманні сівозмін, введенні до їх складу бобових культур, збереженні рослинних решток, застосуванні гною, компостів і сидератів, проведенні механічних культивацій, захисту рослин біологічними методами. Метою альтернативного землеробства є одержання продукції, що не містить залишків хімікатів, збереження ґрунтової родючості — і, в кінцевому рахунку, охорона навколишнього середовища. Рух за альтернативне землеробство розвивається в промислово розвинених країнах, де з найбільшою силою проявилися негативні наслідки інтенсифікації землеробства [10].

В альтернативному землеробстві велику увагу приділяють боротьбі з ущільненням ґрунту. Для цього застосовують тільки легку сільськогосподарську техніку. Не допускається застосування хімічних засобів захисту рослин. Для боротьби з бур’янами, хворобами і шкідниками використовують тільки агротехнічні та біологічні методи.

Нині існує декілька систем альтернативного землеробства. Найбільш старою з них вважають біодинамічну. В 30-і роки її вже застосовували окремі фермери в Австрії та в інших країнах Західної Європи [11].

Органічна система. Нині її широко застосовують у США. Найбільш характерні властивості органічного землеробства в тому, що продукти харчування необхідно вирощувати, зберігати і переробляти без застосування синтетичних добрив, пестицидів або регуляторів росту. Якщо на полі вирощують багаторічні культури, то хімічні засоби не слід застосовувати протягом 12 місяців до появи бутонів, а при одно- і дворічних культурах — протягом 12 місяців до їх сівби (садіння). Дозволяється застосування мікроорганізмів, мікробіологічних продуктів і матеріалів, що складаються з речовин рослинного, тваринного або мінерального походження. До збирання врожаю можна застосувати бордоську рідину, мікроелементи, попіл, вапняк, гіпс, рибну емульсію, мило. Європейське і американське біологічне землеробство дає можливість також застосовувати гній, компости, кісткове борошно, «сирі» породи: доломіт, глауконітовий пісок, польовий шпат, базальтовий пил, крейду, вапно. Для боротьби із шкідниками використовують піретрум, часник, тютюновий пил.

Біологічну систему землеробства застосовують в основному у Франції. Основним добривом є органічне як «специфічне» джерело живлення рослин. До загортання у ґрунт органічні добрива компостують, щоб при цьому вони проходили фазу аеробної ферментації. Важлива опора біологічного землеробства — сівозміна з ощадливим режимом насичення одними культурами і застосування сидератів.

Для боротьби із шкідниками і хворобами рекомендуються запобіжні заходи, а проти бур’янів — механічні й вогневі. Дозволено застосування «нетоксичних» препаратів — ефірних рослин, порошків з водоростей і скальних порід, ряду біодинамічних препаратів (настій із кропиви, відвар хвощу або полину гіркого).

Дозволяється використання сірчаних і мідних препаратів у плодівництві й виноградарстві, а також деяких органічних синтетичних

препаратів (манеб), оскільки вони слаботоксичні. Рекомендовані рослинні інсектициди (піретрум, ротенон, нікотин) [12].

Органо-біологічна система. Це найбільш молодий напрям альтернативного землеробства, поширеного головним чином у Швеції і Швейцарії. В основі системи — прагнення до створення «живого і здорового ґрунту» за рахунок підтримки й активізації її мікрофлори. Господарство розглядають як єдиний організм, в якому чітко відрегульований кругообіг і циклічність поживних речовин. Таким чином, господарство повинно ґрунтуватися на принципах балансу поживних речовин, наслідуючи природну екосистему. Поля довгий час мають бути зайняті рослинністю, післяжнивні рештки слід загортати в поверхневий шар ґрунту, в сівозміні — вирощувати бобово-злакові травосумішки.

Дозволено застосовувати тільки органічні (гній, сидерати) та деякі мінеральні повільнодіючі добрива (томас-шлак, калімагнезію, базальтовий пил). Таким чином, удобрюють не рослину, а ґрунт, який «родить здорові рослини».

Вказані методи в поєднанні з поверхневим обробітком ґрунту створюють, за думкою прихильників системи, сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, які забезпечують живлення рослин. Розроблений навіть спеціальний тест на «свіжість» ґрунту (за складом мікрофлори).

Заходи боротьби із шкідниками, хворобами та бур’янами аналогічні тим, що застосовуються при біологічній системі.

Біодинамічна система. Це один з найбільш розвинутих у Європі (Німеччина, Швеція, Данія) напрямів альтернативного землеробства.

Теоретичні основи цієї системи оригінальні, поряд з принципами, загальними і для інших систем, вони містять ряд відмінних положень: землеробство слід будувати з урахуванням не тільки природних (тобто земних), але й космічних факторів, оскільки все живе — це добре збалансоване ціле і знаходиться у взаємозв’язку також із космічним;

використання впливу космічних та інших факторів на сільськогосподарське виробництво шляхом застосування спеціальних біодинамічних препаратів. Теоретичні основи біодинамічної системи зводяться до такого. 1.За допомогою біодинамічних методів необхідно з'єднати землеробство з цілісним ритмом Землі. Обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами слід здійснювати в сприятливі періоди, настання яких зумовлено розміщенням Місяця в тому чи іншому зодіакальному сузір'ї. Наприклад, коли Місяць знаходиться в сузір'ї Риб, то цей строк сприятливий для сівби і садіння розсади овочів, а якщо в сузір'ї Бика, — то це кращий час для сівби коренеплодів тощо. Розміщення небесних тіл рекомендують враховувати при приготуванні компостів і організації боротьби з бур'янами. Космічні впливи на рослини виявляють й інші планети. 2. Спеціальні біодинамічні препарати повинні додати рослинам необхідної сили і активізувати певні процеси у ґрунті. «Гумусні» препарати готують з рогів тварин і гною, «кремнієві» — з рогів і розмеленого кварцу. Цим препаратам, які застосовують у дуже розведеному вигляді, приписують особливі можливості [12].

Екологічна система. У деяких країнах налічується небагаточисельна група послідовників цієї системи. Чітке уявлення характерних її властивостей скласти важко. Основою її є суворе обмеження застосування пестицидів і гнучке відношення до питання про мінеральні добрива. Дозволяється використовувати навіть їх водорозчинні форми, але з врахуванням механічного складу ґрунту та інших умов.

Навіть коротке ознайомлення із змістом альтернативних систем свідчить про умовність і відносність їх назв. Наприклад, викликає сумнів «біологічна» система, оскільки в усіх випадках об'єктом землеробства є живий організм — рослина, і будь-яка система є біологічною.

У найбільших масштабах альтернативне землеробство розвинуто в США. За опублікованими в 1985 р. даними, в цій країні його застосовували на 20—30 тисячах ферм (1,3% всіх ферм США). Велика питома вага

альтернативного землеробства в Швейцарії. У Данії продукція альтернативних господарств в 1987 р. досягала 1—2% загального виробництва сільськогосподарських продуктів у країні [10].

Сучасна екологічна обстановка в ряді країн почала викликати тривогу, що призвело до виникнення руху за альтернативне землеробство. Не дивно, що воно зародилося саме в промислово розвинених капіталістичних країнах, де особливо проявилися наслідки надмірної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Альтернативне землеробство користується зростаючою популярністю у населення цих країн. Збільшується кількість ферм, у практику ведення господарства яких міцно увійшли альтернативні методи. Налагоджена чітко діюча система атестації і збуту продукції альтернативного землеробства. Активізувалися наукові дослідження в цій області, зосереджені в основному на пошуках шляхів створення бездефіцитного балансу поживних речовин (особливо азоту) в землеробстві, проведенні порівняльного аналізу економічних і енергетичних аспектів альтернативних та традиційних систем. Вивчаються можливі шляхи боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами сільськогосподарських культур, а також впливу методів вирощування на врожайність і якість сільськогосподарської продукції на навколишнє середовище. Дослідження фінансуються як приватними особами, так і з державного бюджету [12].

Спеціалісти університетів штатів Айова і Каліфорнія провели порівняльну оцінку можливих змін у врожайності сільськогосподарських культур у США на випадок переходу від традиційних методів. Аналіз показав, що в разі масового переходу до органічних методів землеробства врожайність пшениці знизиться від 29,0—30,9 до 16,3—18,6 ц/га, зернових фуражних культур (кукурудза, сорго, ячмінь, овес) — від 52,8—53,9 до 27,5—32,7 ц/га, сої — від 27,1—27,8 до 16,7—19,4 ц/га. Втрати доходів від зниження врожайності вже зараз намагаються компенсувати підвищенням закупівельних цін на продукцію альтернативного землеробства.

Прихильники цього напряму стверджують, що систематичне застосування альтернативних методів дасть можливість за рахунок підвищення родючості ґрунтів у майбутньому підвищити врожайність сільськогосподарських культур до її рівня в традиційному землеробстві. Проблему збільшення затрат праці за рахунок приготування і внесення компостів передбачається вирішити шляхом механізації процесів. Очевидно через ці недоліки багато хто із землеробів досить обережно ставиться до альтернативного землеробства, чим і пояснюється той факт, що питома вага альтернативних ферм в окремих країнах все ще невелика.

Нині ніхто із закордонних дослідників не заперечує можливості поєднання альтернативного землеробства з традиційним. Однак з питання перспектив його розвитку, насамперед повного переходу на альтернативне землеробство, нами не визначено єдиної думки. Багато хто вважає за необхідне проведення додаткових більш глибоких досліджень. Крім того, деякі вчені вже зараз називають альтернативне землеробство «дорогою майбутнього». Виявлені механізми, за допомогою яких через декілька десятиліть альтернативне землеробство має посісти положення традиційного [13].

На думку вчених, широкомасштабне застосування альтернативного землеробства у чистому вигляді в нашій країні з метою вирішення екологічних проблем навряд чи можливе. Вони висловлюють незгоду з деякими складовими концепції альтернативного землеробства, зокрема це стосується повної відмови від мінеральних добрив, які, як вони вважають, не забезпечують повного повернення відчужуваних з урожаєм поживних речовин, особливо фосфору. Біологічні засоби підвищення ґрунтової родючості не рекомендують протиставляти мінеральним добривам, пестицидам та іншим засобам хімізації, бо при правильному використанні хімікатів дія біологічних факторів посилюється. Високу оцінку наших вчених одержали такі складові альтернативного землеробства, які є одночасно і

елементами інтенсивних технологій багатьох культур. Серед них: необхідність освоєння і суворого дотримання сівозмін, включення в них бобових культур, широке застосування органічних добрив, включаючи і сидерати, біологічних методів захисту рослин. Безперечною перевагою альтернативного землеробства є його ґрунтозахисний напрям. Необхідно добиватися суворого дотримання і застосування на практиці сільськогосподарського виробництва цих важливих елементів [8].

Реальним є обміркування можливості розробки інтегрованого землеробства, яке включало б усі кращі властивості альтернативних систем і в той же час допускало б у розумних межах застосування мінеральних добрив і пестицидів. Таке землеробство відповідало б, з одного боку, вимогам інтенсивного ведення рослинництва з використанням сучасних досягнень науки і техніки, з другого — завданням охорони навколишнього середовища і максимальній реутилізації усіх відходів сільськогосподарського виробництва [11].

3 ОСНОВНІ ФАКТОРИ БІОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АГРОЕКОСИСТЕМИ

3.1 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 [14].

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.

3.1.1 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 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 [16].

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 відчувають 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 [17].

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

У зв'язку з цим калій відіграє важливу роль в процесах транспортування по рослині вуглеводів, підсилюючи їх переміщення з листя до місць нагромадження (в бульби, коренеплоди і т.д.). Калій інтенсифікує синтез вуглеводів, впливає на стан колоїдів клітини, підвищує осмотичний тиск клітинного соку, підтримує тургор. Все це полегшує використання рослинами вологи при малому вмісті її в ґрунті, підвищує зимостійкість рослин, їх посухостійкість. Калій підвищує стійкість рослин проти хвороб, сприяє нормальному розвитку рослин і, зокрема, формуванню репродуктивних органів. Особливо малий вміст калію в ґрунтах легкого механічного складу (піщаних і супіщаних) з малою ємністю вбирання, в ґрунтах заплав і болотних ґрунтах. Разом з тим винос калію з ґрунту

рослинами звичайно перевищує винос ними фосфору, а іноді й азоту. Тому потреба в застосуванні калійних добрив виникає дуже часто.

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.

3.1.2 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].

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 культивацію перед посівом. Азотне підживлення озимих проводять після припинення стоку талих вод за методом Бузницького. Під ярі культури доцільно вносити повне мінеральне добриво перед весняною культивацією. На фоні ефективно діючого комплексу ґрунтозахисних заходів змивання азотних і калійних добрив зменшується на 20 – 30%, а слаборозчинних пестицидів і суперфосфату – на 80 – 90%.

3.1.3 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.

Польові культури нагромаджують у зерні небагато нітратного азоту. Однак за певних умов зернові культури (озимі й кукурудза на зелений корм) можуть містити його надлишкову кількість у зеленій масі, а сира речовина багаторічних злакових трав містить набагато більше нітратів, ніж бобові (наприклад, конюшина) [18].

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 сирої 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].

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

Продукти	ГДК, мг/кг сирої 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.

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 [18].

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 [19].

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 [20; 21;22].

В основі негативного впливу мінеральних добрив на кислотно-основні властивості ґрунту лежить процес біологічного окислення азоту й утворення кислот (у прикладі з сульфатом амонію - HNO_3 і H_2SO_4). У ґрунті кислоти

нейтралізуються, вступаючи у взаємодію з бікарбонатами ґрунтового розчину і катіонами вбирного комплексу [23].

Через деякий час у ґрунтовому вбирному комплексі, крім H+ з'являється обмінний Al^{3+} , який токсичний для багатьох рослин. Вже при концентрації у розчині 2 мг/л A1 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 [24].

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 pH водної витяжки з 6,5 до 4,0 підвищує забруднення рослин токсичними елементами з 4 до 20 разів [14].

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 pH з метою зниження вмісту ВМ (зокрема кадмію) у продукції рослинництва ефективне 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 NH_4NO_3, аміак рідкий NH_3, аміак водний NH_4OH, сульфат амонію $(NH_4)_2SO_4$, сульфат амонію-натрію $(NH_4)_2SO_4 + Na_2SO_4$, хлористий амоній NH_4C1, сечовина (карбамід) $CO(NH_2)_2$; підлуження - натрієва селітра $NaNO_3$ (16% N), кальцієва селітра $Ca(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ (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 $K_2SO_4 MgSO_4$; на другому - K_2SO_4 і на третьому - КС1. 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 спричиняти лише слабке підкислення (суперфосфати), або дещо знижувати кислотність ґрунту (преципітат, мартенівський шлам, знефторений фосфат, фосфоритне борошно) [22].

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 [25] 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.

У підвищених кількостях хлор негативно впливає на сільськогосподарські рослини. Характер його дії проявляється у зниженні кількості хлорофілу у листі, інтенсивності фотосинтезу, погіршенні водного режиму і транспірації [26]. Хлор має високу здатність до горизонтальної та вертикальної міграції, поряд з цим він може рухатися з висхідними потоками води . Негативна дія хлору найбільше проявляється на піщаних ґрунтах, які мають підвищену кислотність. На дерново-підзолистих ґрунтах в орному шарі при внесенні калійних добрив, що містять хлор, вміст цього елемента може зростати на 60-290% залежно від виду культури, умов зволоження та інших факторів [26].

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 [27].

Серед хімічних елементів I класу небезпечності (Cd, Pb, As, F), що надходять у агроекосистеми з мінеральними добривами, найбільше внесено фтору. Його кількість, що надходить на сільськогосподарські угіддя у цілому по Україні у різні періоди, може коливатися в межах 89-340 тис т.

Надходження свинцю дещо менше - 54-560 т, кадмію та миш'яку - 7,2-91,5 і 19,2-27,6 т відповідно.

За розмірами надходження в агроекосистеми з мінеральними добривами хімічні елементи 1 класу небезпечності можна розмістити у низхідній послідовності: F> Pb> As> Cd .

Органічні добрива відіграють роль біоконцентраторів і рециркуляторів БАЕ в агроекосистемах, з ними в грунт 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 удобрення.

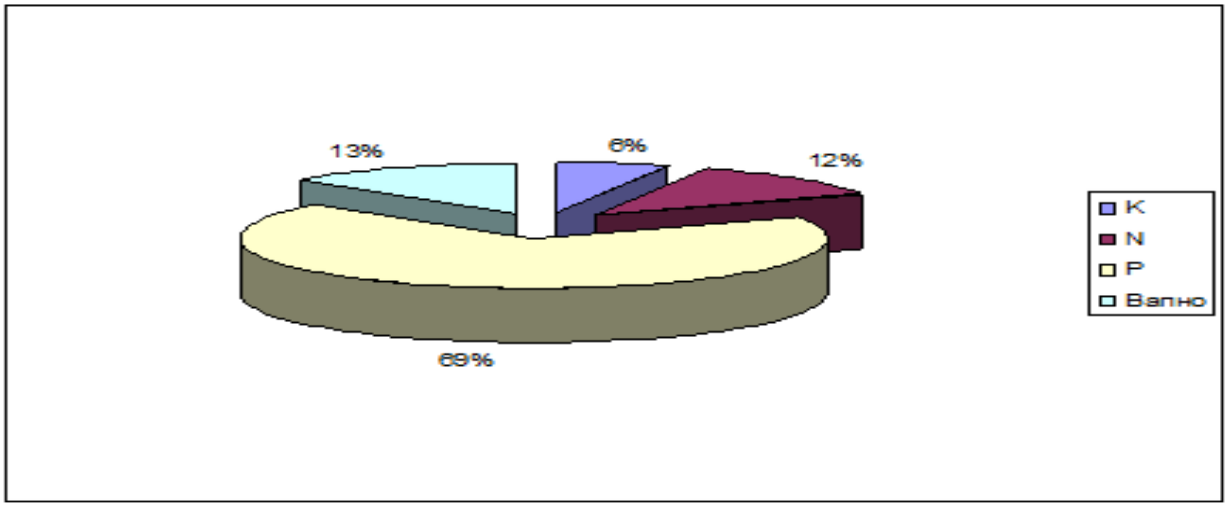

Рис. 3.1 - Мінеральна система удобрення (В. П. Патика)

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 органо-мінеральна система удобрення

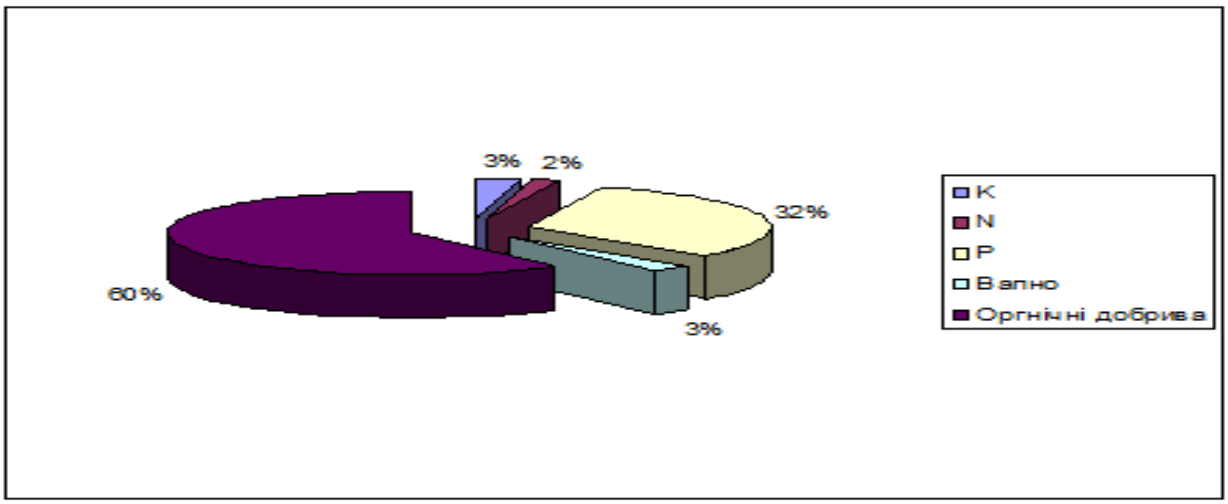

Рис. 3.2 - Органо - мінеральна система удобрення (В. П. Патика)

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

3.1.4 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; особливості впливу на ґрунтовий комплекс і, в тому числі на кислотно-основні властивості ґрунтового розчину; процеси вилуговування та міграції біогенних елементів та токсикантів; активність мікробіологічних та біохімічних процесів у ґрунті; вплив на якість сільськогосподарської продукції [14].

Сировиною для виробництва більшості азотних добрив є аміак і азотна кислота, які синтезують з атмосферного повітря або утилізують з газів, що є відходами різних промислових виробництв. Азотні добрива в багатьох випадках підкислюють або підлужують ґрунтовий розчин, що є результатом їхньої фізіологічної кислотності або лужності.

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 [28].

Азотні добрива в якості домішок можуть містити певну кількість мікроелементів [21]: As - 2,2-120 мг/кг; Br - 185-716; Cd - 0,05-8,5; Co - 5,4-12; Cr - 3,2-19; Cu - <1-15; Hg - 0,3-2,9; Mo - 1-7; Ni - 7-34; Pb - 2-27; Sn - 1,4-16; Zn - 1-42 мг/кг. Вітчизняна аміачна селітра містить: Zn - 0,2 мг/кг, Cu - 0,25 мг/кг, Ni - 0,84 мг/кг, Pb - 0,05 мг/кг (додаток). 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. Підпорогова концентрація нітратів у воді, що визначають за органолептичним показником - 400 мг/л, підпорогова концентрація $NH4NO_3$, яка не впливає на санітарний режим водоймища - 10 мг/л, максимальна концентрація $NH4NO_3$, яка при постійному впливі не призводить до порушень біохімічних процесів - 2 мг/л [29].

У таблиці 3.2 наведено зведені показники агроекологічної оцінки застосування азотних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об’єкти.

При застосуванні 100 кг фізичної маси аміачної селітри у ґрунт надійде 84 мг/га нікелю, 20-25 мг/га кадмію, цинку та купруму. Щодо забруднення поверхневих вод найбільшу небезпеку представляють домішки кадмію (3 клас якості води).

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).

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

Елемент	G мг/га	А мг/га	Тк	Сст мг/л	Р мг/л	С мкг/л
Аміачна селітра						
Zn	20	10080000	>100	0,2	0,2	0,66
Cu	25	88800000	>100	0,075	0,075	0,25
Ni	84	4080000	>100	0,25	0,25	0,83
Pb	5	8520000	>100	0,015	0,015	0,05
Cd	20	1590000	>100	0,2	0,2	0,66
Сульфат амонію						
Zn	220	10080000	>100	2,2	2,2	7,3
Cu	60	88800000	>100	0,18	0,18	0,6
Ni	1000	4080000	>100	3	3	10,0
Pb	1250	8520000	>100	3,75	3,75	12,5
Cd	10	1590000	>100	0,1	0,1	0,3

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): ТК = А/G;

G -Фактичне надходження токсичних елементів у ґрунт з добривом;

Сст - концентрація хімічних елементів у стоці, мг/л (розраховують для кожного елементу окремо);

Р - винос хімічних речовин з рідким стоком;

С - концентрація, яка характеризує відношення надходженнь з одиниці сільськогосподарських угідь на одиницю водної поверхні при рівномірному розподілі ХЕ у верхньому шарі води (0,3 м).

Фосфорні добрива посідають перше місце серед мінеральних за вмістом токсичних домішок, що пов'язано з геологічним походженням та хімічною будовою фосфорних руд [30]. 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 таблиці 3.3 наведені показники агроекологічної оцінки застосування фосфорних добрив щодо їх впливу на ґрунт та водні об’єкти.

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	Тк	Сст мг/л	Р мг/л	С мкг/л
Суперфосфат простий						
Cu	3120	88800000	>100	9,36	9,36	31,2
Ni	2650	4080000	>100	7,95	7,95	26,5
Pb	2900	8520000	>100	8,7	8,7	29,0
Cd	25	1590000	>100	0,25	0,25	0,83
Zn	1230	10080000	>100	12,3	12,3	41,0
Суперфосфат подвійний						
Zn	100	10080000	>100	1	1	3,3
Cu	1830	88800000	>100	5,49	5,49	18,3
Ni	1290	4080000	>100	3,87	3,87	12,9
Pb	2170	8520000	>100	6,51	6,51	21,7
Cd	25	1590000	>100	0,25	0,25	0,83

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.

Фосфорні добрива, здебільшого, мало впливають на зміну кислотно-основних властивостей ґрунтів - вони здатні спричиняти лише слабке підкислення (суперфосфати), або дещо знижувати кислотність ґрунту (преципітат, мартенівський шлам, знефторений фосфат, фосфоритне борошно) [28].

Застосування 100 кг фізичної маси суперфосфатів - простого та подвійного зумовлює найбільше надходження у ґрунт токсичних домішок на одиницю площі порівняно з іншими видами добрив. Так, міді надійде 1830-3120 мг/га, свинцю - 2170-2900 мг/га, нікелю - 1290-2650 мг/га. Не зважаючи на значні надходження токсикантів, час досягнення критичної концентрації перевищує 100 років. Щодо забруднення водних об’єктів, суперфосфат простий зумовлює IV клас забруднення свинцем, III клас забруднення іншими домішками. Суперфосфат подвійний у меншій мірі, ніж суперфосфат простий, забруднює ґрунт (внаслідок меншої кількості баластних речовин), забруднення води відповідає III класу по більшості токсичних речовин.

Катіони калію при обмінному поглинанні ґрунтом водночас витісняють із ҐВК еквівалентну кількість інших катіонів - водню, алюмінію, кальцію, магнію, марганцю та ін., що відбивається на реакції ґрунтового розчину. За характером дії майже усі калійні добрива хімічно або фізіологічно кислі.

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

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	P мг/л	C мкг/л
Калій хлористий						
Zn	310	10080000	>100	3,1	3,1	10,3
Cu	870	88800000	>100	2,61	2,61	8,7
Ni	430	4080000	>100	1,29	1,29	4,3
Pb	870	8520000	>100	2,61	2,61	8,7
Cd	25	1590000	>100	0,25	0,25	0,83
Сульфат калію						
Zn	450	10080000	>100	4,5	4,5	15,0
Cu	1200	88800000	>100	3,6	3,6	12,0
Ni	300	4080000	>100	0,9	0,9	3,0
Pb	1200	8520000	>100	3,6	3,6	12,0
Cd	100	1590000	>100	1	1	3,3

З екотоксикологічної точки зору, калійні добрива можуть являти певну небезпеку довкіллю 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.

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 зумовлять надходження у ґрунт міді та свинцю по 870 мг/га, цинку

та нікелю - 300-400 мг/га. Концентрації забруднювачів у воді зумовлять забруднення на рівні II - III класу.

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.

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	10080000	>100	14	14	46,6
Cu	500	88800000	>100	1,5	1,5	5,0
Ni	50	4080000	>100	0,15	0,15	0,5
Pb	650	8520000	>100	19,5	19,5	6,5
Cd	36	1590000	>100	0,36	0,36	1,2

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.

Мікродобрива. До складу мікродобрив входять мікроелементи, необхідні для нормального розвитку рослин - B, Zn, Mo, Cu, Co, 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. Мікродобрива рекомендують використовувати лише тоді, коли вміст мікроелементів у рослинах становить: Mn і Zn < 25 мг/кг, Cu < 6 мг/кг, B < 10, Mo < 0,2 мг/кг [30].

3.2 Закономірності та наслідки забруднення водних об'єктів біогенними елементами

Явною ознакою евтрофування, як процесу порушення екологічної рівноваги потрібно враховувати зміну відношень між двома формами водних рослин: бентосною і фітопланктонною.

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. Найбільш розповсюдженим проявленням евтрофування водоймищ являється цвітіння води. Воно притаманне всім гіпертрофним водоймищам і зумовлено розвитком синьо-зелених водоростей [11].

Токсична дія вод евтрофованого водоймища може бути зумовлена накопиченням нітратів і нітритів. В період активної життєдіяльності і після відмирання водорості поповнюють водоймище значною кількістю азотоутримуючих речовин, в тому числі і біологічно активних амінів, які, взаємодіючи з нітратами і нітритами, можуть утворювати висококанцерогенні нітрозоаміни. Ведучу роль в процесі утворення нітрозоамінів відіграють бактерії і їх ферменти (рисунок 3.3).

Внаслідок високої динамічності процесів евтрофування ускладнюється процес встановлення статуту 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.

В цілому всі водні басейни, особливо басейни великих рік – це території високого антропогенного навантаження.

На рисунку 3.3 дана схема основних факторів, які призводять до евтрофування водоймищ.

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 3.4).

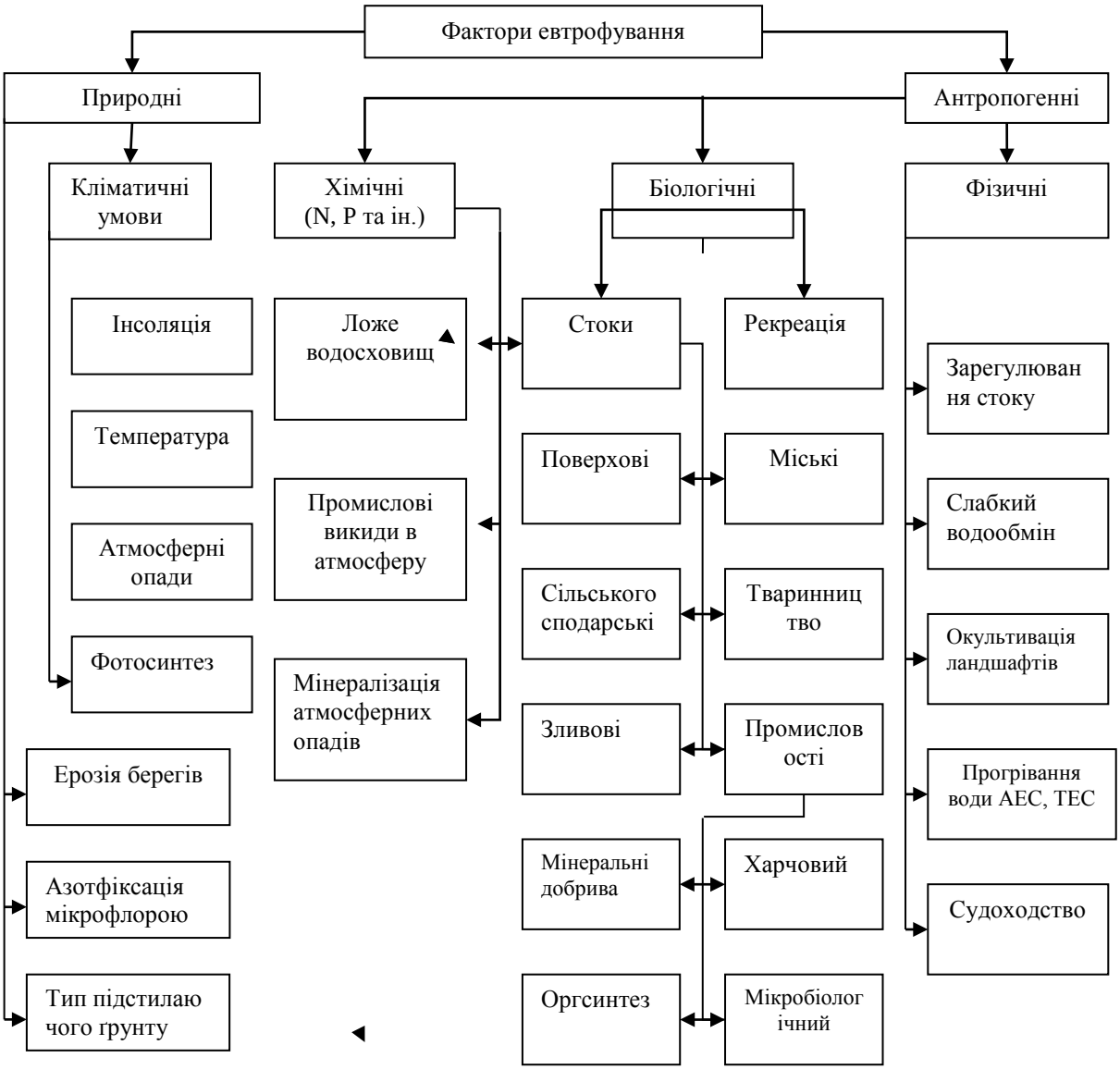

Рисунок - 3.3 – Фактори евтрофування водоймищ (Минеев В.Г.)

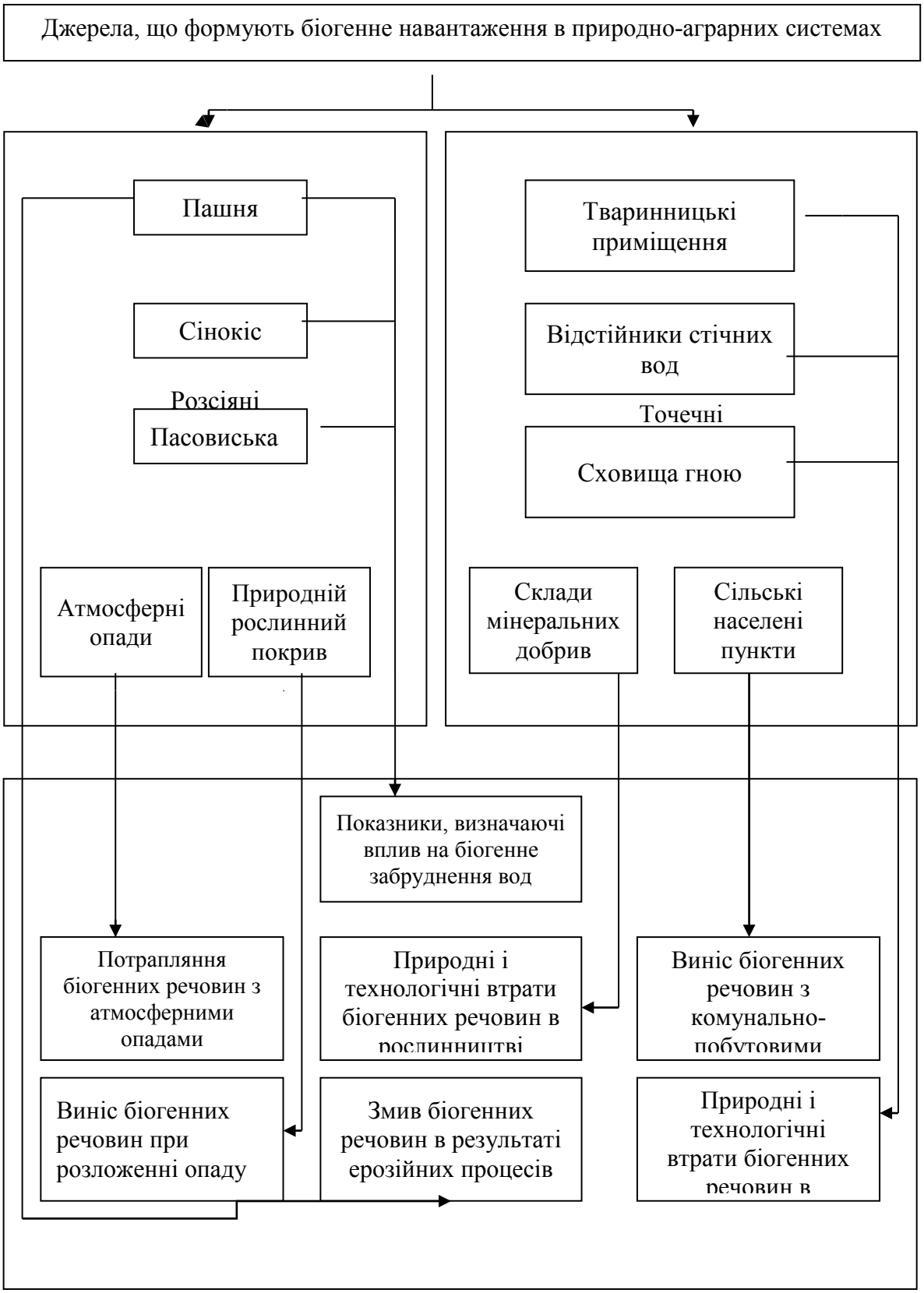

Рисунок 3.4 – Основні джерела формування біогенного навантаження (Хрисанов,Осіпов)

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

Вплив розсіяних і точених джерел біогенного навантаження агроекосистем 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 [21].

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 виноси 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 недостачі 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 необорудованій 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 ступінню їх насиченості цими речовинами, яка залежить від таких факторів, як іонізація атмосфери, випаровування вод,

дефляція ґрунтового покриву, вулканічна діяльність, лісні пожари, а також антропогенне забруднення [10].

3.3 Визначення загального виносу біогенних речовин з поверхні ґрунту

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 [33].

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 [34].

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

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

$$P_в = 10^{-3} \cdot C \cdot W \cdot F, \quad (3.1)$$

де $P_в$ - винос біогенних речовин з рідким стоком (кг);

C - концентрація біогенних речовин у снігові або стоці (мг/л);

W - об'єм стоку ($м^3$/га);

F - площа, для якої здійснюється розрахунок виносу біогенних речовин (га).

Концентрація біогенних речовин у снігові або стоці визначається за формулою:

$$C = (a \cdot Д_п + b \cdot Д_у) \cdot К_а, \quad (3.2)$$

де C - концентрація (мг/л), яка обчислюється окремо длякожної біогенної речовини;

a - параметр розчинності біогенного елементу у стоці, (кг/л), показує змінення концентрації біогенного елементу у стоці , (мг/л), при зміненні вмісту його у 1 кг ґрунту на 1 мг. Зокрема, для - азоту a=0.144; фосфору a=0.002;

$Д_п$ - вміст рухливих форм живильних речовин у орному шарі, мг на 1 кг ґрунту. Ці значення для різних сполучень наведені у таблиці 3.6;

b - параметр переходу добрив у стік (мг/га), показує змінення концентрації біогенного елементу у стоці (мг/л) при внесенні на 1 га 1 кг біогенних

речовин в складі органічних та мінеральних добрив. Цей параметр, зокрема для сполучень азоту, фосфору та калію наведений у таблиці 3.7;

$Д_у$ - частка мінеральних та органічних добрив (кг/га);

$К_а$ - коефіцієнт, що характеризує вплив агротехнічного фону на концентрацію біогенних речовин у стоці. Визначається для окремих сполучень за таблицею 3.8.

Таблиця 3.6 - Вміст рухомих форм N, P_2O_5іK_2O у орному шарі ґрунту ($Д_п$), мг/кг

	Тип ґрунту	N	P_2O_5	K_2O-
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

Таблиця 3.7 - Параметр переходу добрив у стік (b) (мг·га)/(л·кг)

	Спосіб внесення добрив	N	P_2O_5	K_2O
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

Винос біогенних речовин з твердим стоком розраховується за такою формулою:

$$P_m=10^{-3}\cdot m\cdot M\cdot F, \qquad (3.3)$$

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.

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

$$C = (a' \cdot Д_n + b' \cdot Д_y) \cdot K'_a, \qquad (3.4)$$

де a'– коефіцієнт,який характеризує вміст біогенних речовин у твердому стоці: для - азоту =1.0; фосфору =1.2;

$Д_n$ - вміст рухливих форм живильних речовин у орному шарі, мг на 1 кг ґрунту. Ці значення для різних сполучень наведені у таблиці 3.6;

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 3.8.

Розрахунок вмісту біогенних речовин у твердому стоці виконується за формулами (3.3) і (3.4).

Розрахунок загального виносу біогенних речовин виконується з урахуванням коефіцієнту зменшення змиву цих речовин при використанні протиерозійних агротехнічних заходів. Середній коефіцієнт зменшення змиву застосовується звичайно для азоту - 0.5; для фосфору - 0.5; для калію - 0.5 [30].

Таблиця 3.8 - Коефіцієнт, який характеризує вплив агротехнічного фону на вміст біогенних речовин у твердому стоці – К′$_a$ (Павленко М.К.)

	Агротехнічний фон	N	P_2O_5	K_2O
1	Зябнева оранка	1,0	1,0	1,0
2	Плоскорізана 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

Загальний винос біогенних речовин знаходять, сумуючи винос біогенних речовин рідким і твердим стоками за формулою:

$$P_O = P_B + P_T, \quad (3.5)$$

де P_O - загальний винос біогенних речовин (середній за період сівозміни), кг [14].

3.4 Оцінка стану поверхневих вод Вінницької області

Річки які протікають на території області належать до басейнів Південного Бугу, Дністра та Дніпра.

У таблиці 3.9 представлена екологічна оцінка якості вод басейнів річок Вінницької області за 2009-2010 роки [35].

Таблиця 3.9 - Екологічна оцінка якості вод басейнів річок Вінницької області (Колісник А.В.)

Показники	р.Південний Буг		р.Дністер		р.Дніпро	
	2 009р.	2 010р.	2 009р.	2 010р.	2 009р.	2 010р.
Сума іонів, мг/дм^3	390	470	420	620	430	500
Хлориди, мг/дм^3	31,5	34	31,5	3502	35	40,3
Сульфати, мг/дм^3	33,5	50,2	35,2	60	38	65
Завислі речовини, мг/дм^3	18,6	21,4	16,8	20,4	20,2	23,2
Азот амонійний, мг/дм^3	0,5	0,56	0,46	0,34	0,62	0,81
Азот нітритний, мг/дм^3	0,88	0,083	0,96	0,33	0,858	0,083
Азот нітратний, мг/дм^3	3,96	3,6	3,51	3,82	2,97	4,95
Фосфор, мг/дм^3	0,0175	0,245		0,14		0,315
$БСК_5$, мгO_2/дм^3	3,45	3,9	3,18	2,94	3,6	3,51
Кадмій ,мкг/дм^3	0,5		0,14		0,35	
Мідь, мкг/дм^3	1	2500	1	3500		1900
Цинк, мкг/дм^3	11		13		10	
Свинець,мкг/дм^3	0,15				0,18	
Хром, мкг/дм^3	0,7		0,15		3	
Нікель, мкг/дм^3	2				0,9	
Залізо, мкг/дм^3	102	351	78	81	0,123	108
Марганець, мкг/дм^3	6		6		2,6	
Фториди,мкг/дм^3	44		35		49	

На рисунку 3.5 представлено вміст азоту амонійного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік.

З графіку видно, що найбільший вміст азоту амонійного спостерігаєтья в р.Дніпро, найменший – р. Дністер.

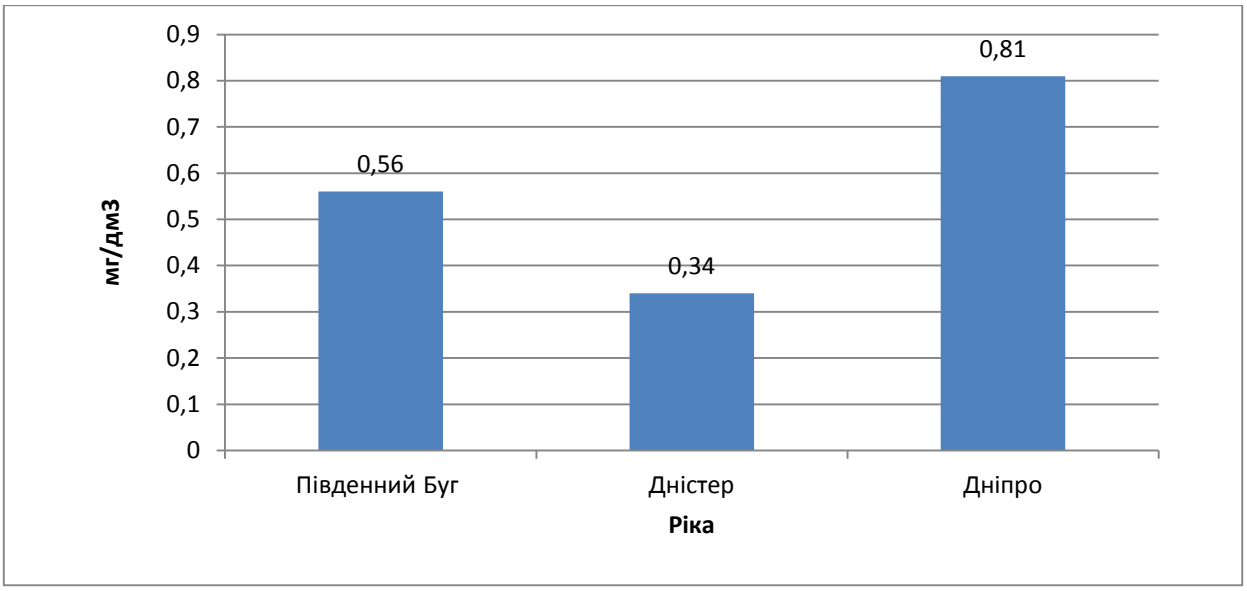

Рис. 3.5 - Вміст азоту амонійного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (за автором)

На рисунку 3.6 представлено вміст азоту нітратного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік.

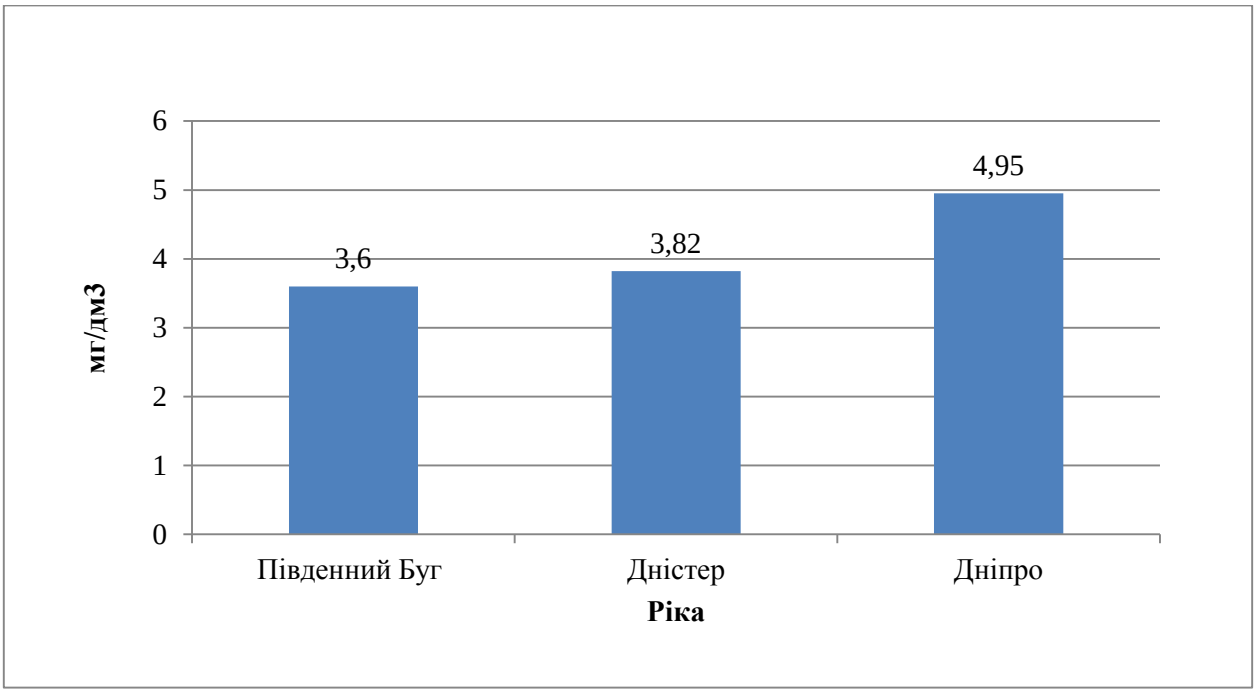

Рис. 3.6 - Вміст азоту нітратного у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (за автором)

Аналізуючи графік можна сказати, що найбільший вміст азоту нітратного виявлений в р.Дніпро і становить 4,95 мг/ дм^3, а найменший вміст азоту нітратного – в р. Південний Буг і становить 3,6 мг/дм^3.

На рисунку 3.7 представлено вміст $БСК_5$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік.

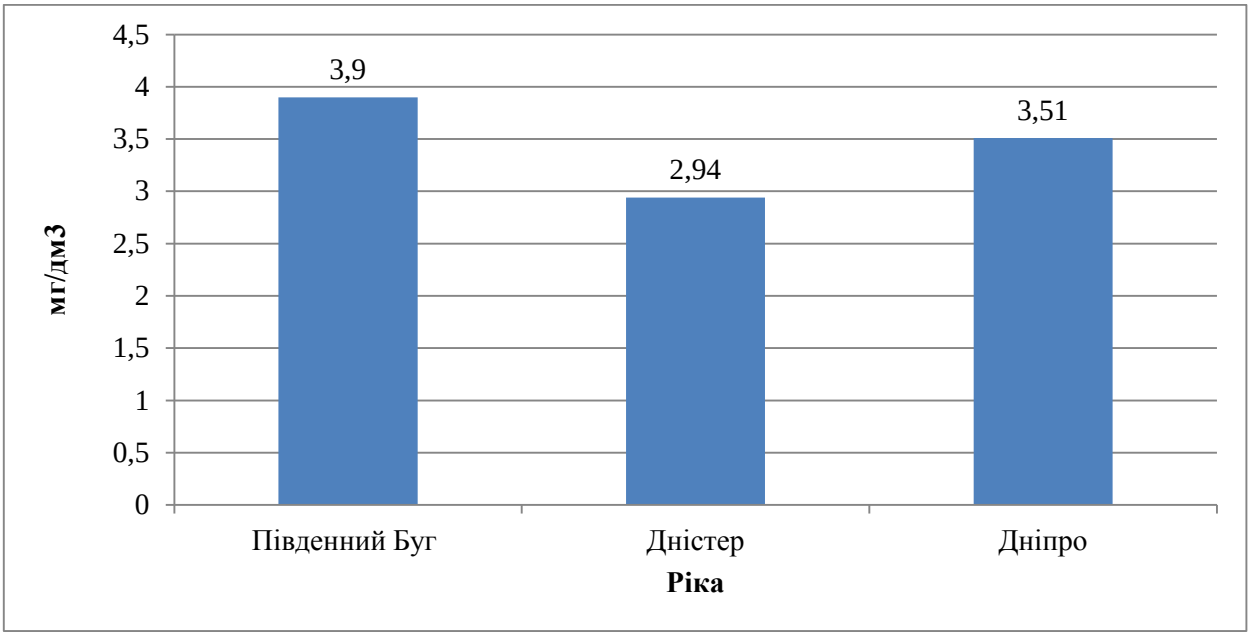

Рис. 3.7 - Вміст $БСК_5$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (за автором)

З графіку видно, що в р. Південний Буг спостерігається найбільше значення $БСК_5$ - 3,9 мг/дм^3.

На рисунку 3.8 представлено вміст фосфору у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік.

На графіку видно, що найбільший вміст фосфору є в р. Дніпро, найменший – р. Південний Буг.

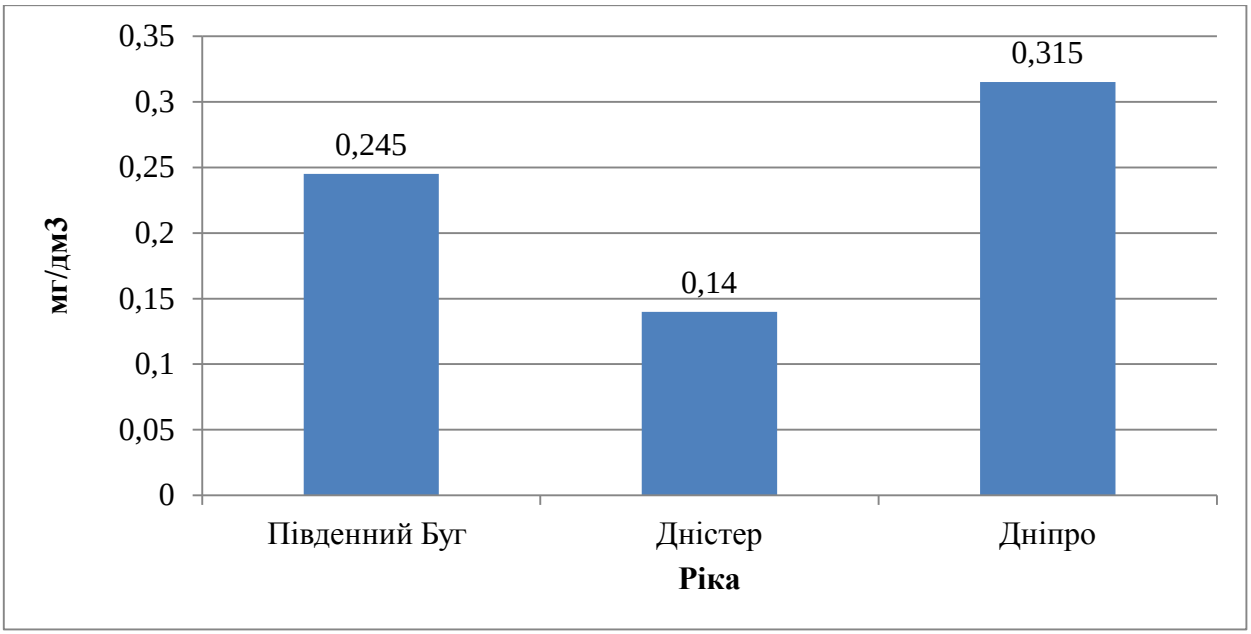

Рис. 3.8 - Вміст фосфору у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (за автором)

На рисунку 3.9 представлено вміст сульфатів у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік

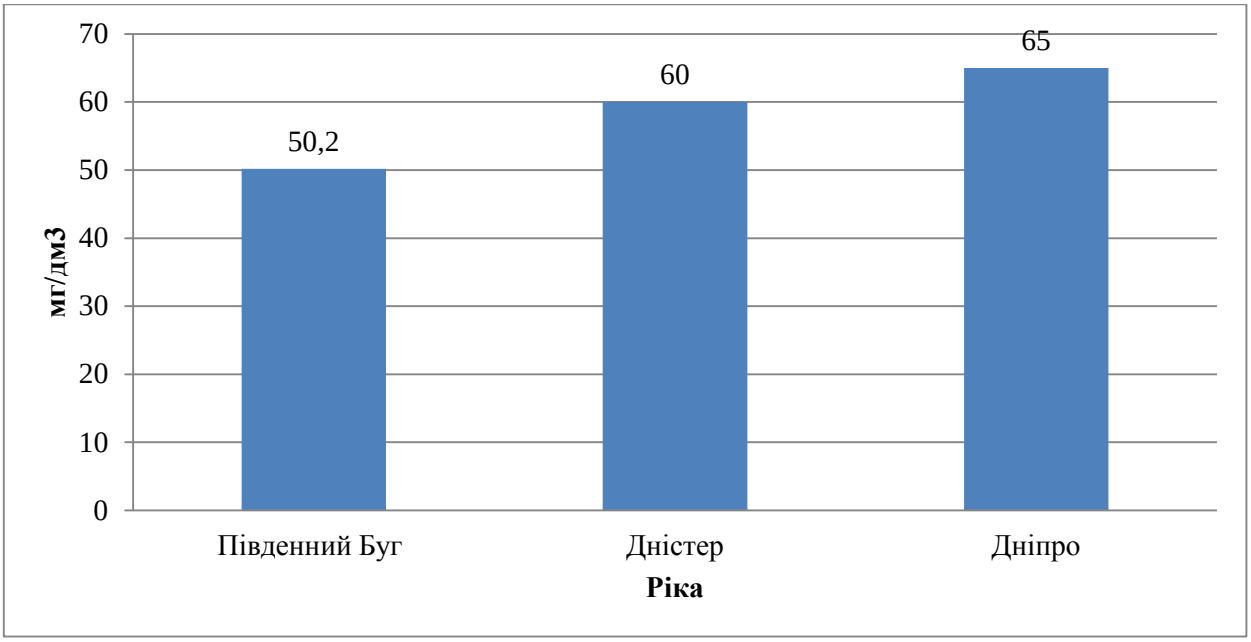

Рис. 3.9 - Вміст сульфатів у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (за автором)

Аналізуючи графік можна сказати, що найбільший вміст сульфатів спостерігається у водах р.Дніпро, найменший – у водах р.Південний Буг.

У таблиці 3.10 наведені середньорічні концентрації речовин басейнів річок Вінницької області в одиницях кратності ГДК [35]. Аналізуючи таблицю можна сказати, що спостерігається перевищеня середньорічної концентрації речовин по кратності від ГДК по таких показниках як завислі речовини в 2010р., $БСК_5$- 2010р, мідь – 2010р.

Таблиця 3.10 - Середньорічні концентрації речовин басейнів річок Вінницької області в одиницях кратності ГДК (Колісник А.В)

Показники	ГДК, мг/дм3	р.Південний Буг		р.Дністер		р.Дніпро	
		2009р.	2010р.	2009р.	2010р.	2009р.	2010р.
Завислі речовини	20	0,93	1,07	0,84	1,02	1,01	1,16
Хлориди	350	0,09	0,097	0,09	0,1	0,1	0,1
Сульфати	500	0,067	0,1	0,07	0,12	0,076	0,13
Сухий залишок	1000	0,39	0,47	0,42	0,62	0,43	0,5
Фосфати	3,5	0,005	0,07	0	0,04	0	0,09
Амоній сольовий	2	0,28	0,28	0,23	0,17	0,31	0,41
Нітрити	3,3	0,268	0,025	0,29	0,01	0,26	0,025
Нітрати	45	0,088	0,08	0,078	0,085	0,066	0,11
Окислюваність	10	0,815	0,8	0,77	0,42	0,86	0,8
$БСК_5$	3	1,15	1,3	1,06	0,98	1,2	1,17
Фториди	0,7	0,063		0,05		0,07	
Цинк	1	0,01		0,013		0,01	
Хром	0,05	0,014		0,007		0,006	
Кобальт	0,1	0,045		0,3		0,007	
Марганець	0,1	0,06		0,06		0,026	
Нікель	0,1	0,02		0,038		0,01	
Свинець	0,03	0,005		0		0,006	
Мідь	1	0,001	2,5	0,001	3,5	0	1,9
Кадмій	0,001	0,5		0,14		0,35	
Залізо	0,3	0,34	1,17	0,26	0,27	0,41	0,36
Алюміній	0,5	0,19	0,55	0,2	0,63	0,2	0,54

На рисунку 3.10 представлено вміст завислих речовин у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК).

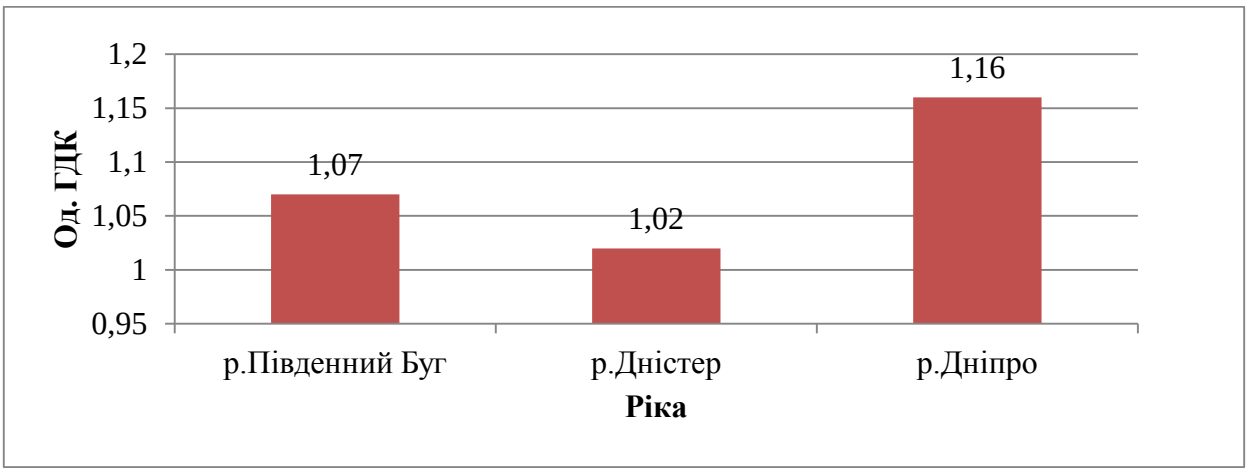

Рис. 3.10 - Вміст завислих речовин у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК) (за автором)

З графіка видно, що найбільше перевищення по вмісту завислих речовин по кратності від ГДК виявлено в р.Дніпро і становить 1,16 од.ГДК, найменше – в р. Дністер.

На рисунку 3.11 представлено вміст міді у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК).

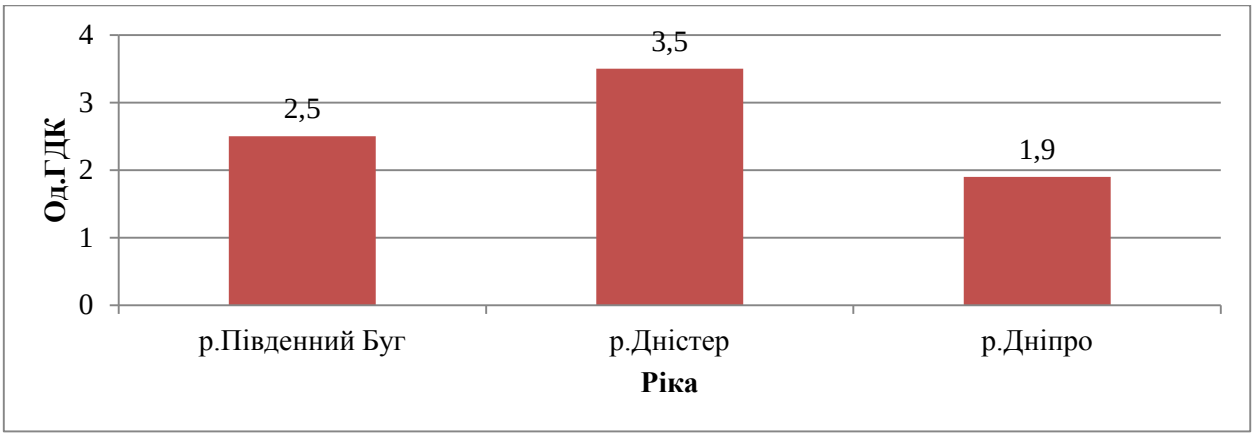

Рис. 3.11 - Вміст міді у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК) (за автором)

Аналізуючи даний графік можна сказати, що найбільше перевищення по вмісту міді по кратності від ГДК виявлено в р.Дністер, найменше перевищення виявлено в р. Дніпро.

На рисунку 3.12 представлено вміст $БСК_5$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК).

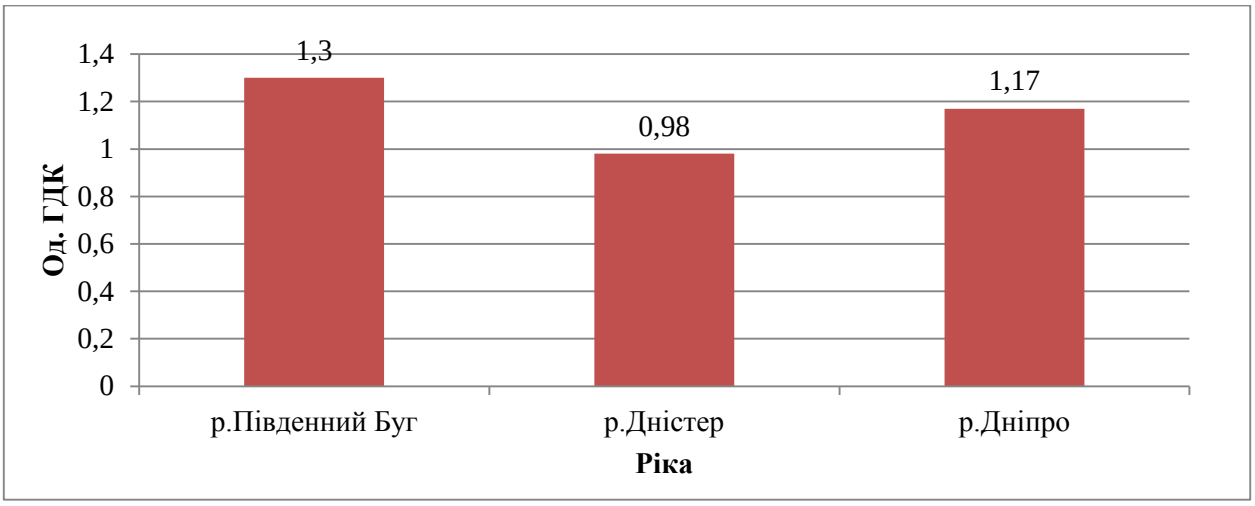

Рис. 3.12 - Вміст $БСК_5$ у поверхневих водах Вінницької області 2010 рік (кратність від ГДК) (за автором)

З графіка видно, що найбільший вміст $БСК_5$ (по кратності від ГДК) виявлено в р. Південний Буг зі значенням 1,3 од.ГДК, найменше – в р.Дністер зі значенням – 0,98 од. ГДК.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНОСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

4.1 Моделювання основних процесів життєдіяльності сільськогосподарських культур

Моделювання та прогнозування стану довкілля – це галузь науково-практичної діяльності, яка спрямована на вивчення основних закономірностей забруднення навколишнього середовища. Взаємодія суспільства з навколишнім природним середовищем викликала багато негативних наслідків, що потребує прийняття рішень що до раціонального природокористування.

Сучасні уявлення про процес формування продуктивності агроекосистем стали основою для створення моделей продуктивності посівів різної складності. Розвиток теоретичних та експериментальних робіт по вивченню міграції полютантів в ґрунтовому покриві, поступлення їх в рослини кореневим та авральним шляхом дозволило почати розробку комплексних моделей формування врожайності сільськогосподарських культур, які синтезують опис впливу як гідрометеорологічного режиму, так і антропогенного забруднення на формування кількості, якості та екологічної чистоти врожаю, у тому числі і в посушливій зоні.

В результаті викидів промислових підприємств в атмосферу різних забруднюючих речовин у вигляді важких металів та радіонуклідів відбувається антропогенне забруднення як атмосфери так і ґрунту. Крім того, перелічені вище забруднюючі елементи входять у склад мінеральних добавок які вносяться під сільськогосподарські культури, а також вода, яка використовується з ціллю зрошення, має низьку якість і вміщує у собі радіонукліди та важкі метали.

Для урахування комплексу цих факторів необхідно використовувати математичні моделі які з достатнім ступенем вірогідності можуть описувати вказані процеси.

При розробці моделі виходять з такої концепції:

– продуктивність рослин визначається розвитком рослин та інтенсивністю ростових процесів в різних умовах зовнішнього середовища;

– розвиток невід'ємний від процесів росту. Ріст та розвиток моделюються нерозривно в комплексі та в залежності від режиму факторів зовнішнього середовища, а особливо екстремальних, та біологічних властивостей рослин;

– моделюється кореневе та авральне засвоєння поллютантів: радіонуклідів, тяжких металів, сірки, пестицидів;

– якість та екологічна чистота врожаю формуються під впливом ендогенних та екзогенних факторів на протязі всього періоду вегетативного та репродуктивного росту рослин.

Процес формування кількості, якості та екологічної чистоти врожаю розглядається як складна сукупність синтезу, розпаду та взаємоперетворення основних компонентів біомаси, накопичення рослиною забруднюючих речовин. Під кількістю врожаю розуміється накопичення сухої біомаси господарсько-цінної частини врожаю – зерна, під якістю – вміст у зерні білка та крохмалю, під екологічною чистотою – вміст у зерні радіонуклідів та тяжких металів [36].

Модель складається з семи блоків: вихідної інформації, радіаційного та водно-теплового режимів рослинного покриву, мінерального живлення рослин, фотосинтезу, дихання, накопичення рослинами важких металів, росту та розвитку.

Блок вхідної інформації включає дані про середню декадну температуру повітря, довго тривалість сонячного сяяння, дефіцит вологості ґрунту, суму опадів, площу листової поверхні рослин.

Блок радіаційного та водно-теплового режимів рослинного покриву включає до себе дані про найменшу вологоємність ґрунту, оптимальні суми температур для росту рослин.

Блок мінерального живлення включає оптимальні та фактичні норми внесення азотних, фосфорних та калійних добрив, а також коефіцієнти перерахування на мінеральні та органічні добрива.

Блок фотосинтезу включає оптимальні суми температур для фотосинтезу окремих органів рослин, коефіцієнти інтенсивності фотосинтезу та початковий уклон світлової кривої фотосинтезу.

Блок дихання включає коефіцієнти витрат на дихання росту та підтримку структур.

Блок накопичення рослинами важких металів включає дані про поглинальну здібність кореню, початкову концентрацію рухомих форм важких металів у ґрунті та параметри кореневої системи рослин.

Блок росту та розвитку включає вплив факторів навколишнього середовища на швидкість накопичення рослинної маси та враховує вплив процесів забруднення на рослинну масу.

Сонячна радіація є основним екологічним фактором, який визначає будь-який процес, який відбувається у природі. Енергія сонця є первинним джерелом усіх біофізичних та фізіологічних процесів, які проходять у системі ґрунт – рослина - атмосфера. Внаслідок проходження скрізь атмосферу та відбиваючись від підстильної поверхні сонячна радіація зазнає зміни. Частина сонячної радіації поглинається в атмосфері та перетворюється в інші види енергії, головним чином, в теплову. Частина її розсіюється в атмосфері молекулами газів, аерозолями та хмарами.

В рослинній масі накопичується такі види забруднюючих речовин як: радіонукліди $A_f(f \in {}^{90}Sr, {}^{137}Cs)$, важкі метали H_q ($q \in$ Cd, Cu,Hg, Pb, Zn),

двоокис сірки S та пестициди D_h. Формування в рослині єдиного фонду вільних вуглеводів $C_{св}$, азоту $N_{св}$, радіонуклідів $A_{f_{св}}$, важких металів $H_{q_{св}}$.

Основна роль в формуванні врожаю сільськогосподарських культур належить фотосинтезу листя. Для розрахунку інтенсивності фотосинтезу посіву картоплі в розрахунковій декаді використовується формула:

$$\Phi_0^j = kbI_{п.Ф}^j/(k + bI_{п.Ф}^j), \qquad (4.1)$$

де Φ_0 – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло - та вологозабезпеченості та реальних умовах освітленості, мг $CO_2 \cdot дм^{-2} \cdot г^{-1}$;

k = 28 - інтенсивність фотосинтезу при світловій насиченості та нормальній концентрації CO_2, мг $CO_2 \cdot дм^{-2} \cdot г^{-1}$;

b = 300 - початкової уклон світлової кривої, мг $CO_2 \cdot дм^{-2} \cdot г^{-1}$(кал $см^{-2} \cdot хв.^{-1}$);

$I_{п.Ф}$ – ФАР, що поглинається посівом, кал $\cdot см^{-2} \cdot хв.^{-1}$;

j – номер розрахункової декади.

Як відомо, в основі теорії продуційного процесу сільськогосподарських культур становить вивчення та описання процесу фотосинтезу рослин, тобто утворення вуглеводів у фотосинтезуючих органах з води та двоокису вуглецю під дією ряду факторів, основним з яких є інтенсивність ФАР в рослинному покриві [37].

По мірі проникнення ФАР у глибінь рослинного покриву проходить зниження її інтенсивності в залежності від цілого ряду різних параметрів: висоти рослинного покриву, кутової орієнтації листя, розподілу щільності рослинного покриву за вертикаллю, товщини та форми листя. Детальній опис процесу трансформації ФАР у посіві є складною математичною задачею, яка потребує урахування особливостей поглинання, розсіювання та відображення радіації у посіві, а також зміни її спектрального складу.

Найбільш простим та розповсюдженим методом, який характеризує послаблення ФАР рослинним покривом є формула Будаговського, згідно з якою середня інтенсивність фотосинтетично активної радіації у посіві визначається розвиненістю листового апарату рослин, тобто відносною площею листової поверхні (листовим індексом).

ФАР, яка поглинається посівом, в розрахунковій декаді розраховується за формулою:

$$I^{j}_{п.Ф} = I^{j}_{0}/(1 + cL^{j}), \qquad (4.2)$$

де I_0– інтенсивність ФАР на верхній межі посіву в розрахунковій декаді, кал ·см$^{-2}$·хв$^{-1}$;

c = 0,5 – емпірична постійна;

L – площа листової поверхні в розрахунковій декаді, м^2 ·м$^{-2}$.

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою:

$$I^{j}_{0} = 0{,}5Q^{j}/60\tau_{Д}, \qquad (4.3)$$

де Q – сумарна сонячна радіація, кал ·см$^{-2}$·доб$^{-1}$;

$\tau_Д$ – середня тривалість дня в розрахунковій декаді, г.

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сивкова:

$$Q^{j} = 12{,}66(S^{j})^{1{,}31} + 315(\sinh^{j}_{п})^{2{,}1}, \qquad (4.4)$$

де S – середня тривалість сонячного сяяння в розрахунковій декаді, г;

h_n – полуденна висота Сонця.

Інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, які відрізняються від біологічно оптимальних, визначається за формулою:

$$\Phi_{\tau}^{j} = \Phi_{0}^{j} \alpha_{\Phi}^{j} \psi_{\Phi}^{j} \gamma_{\Phi}^{j}, \qquad (4.5)$$

де Φ_τ – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг CO_2 ·дм$^{-2}$ ·г$^{-1}$;

$\alpha_ф$ – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\psi_Ф$, $\gamma_Ф$– функції впливу температури повітря та вологості грунту на фотосинтез.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби розраховується за формулою:

$$\Phi^{j} = 0{,}1\varepsilon, \ {}_{\tau}^{j} L^{j} \tau_{Д}^{j}, \qquad (4.6)$$

де Ф – денний фотосинтез рослин на одиницю площі, г· м$^{-2}$ ·доб.$^{-1}$;

ε = 0,68 – коефіцієнт ефективності фотосинтезу;

L – площа листової поверхні, м^2 ·м$^{-2}$;

Добовий приріст сухої біомаси посіву в розрахунковій декаді ΔM (г · м$^{-2}$ ·доб$^{-1}$) визначається сумою денного фотосинтезу посіву та переміщення сухих речовин:

$$\Delta M^{j} = (\Phi^{j} + \Delta m_{c}^{j}) - \alpha_{R}^{j} (c_1 M^{j} + c_2 \Phi^{j}), \qquad (4.7)$$

де α_R – онтогенетична крива дихання;

M – суха біомаса посіву на початок розрахункової декади, г·м$^{-2}$

c_1 = 0,01 – коефіцієнт, який характеризує витрати на підтримку структури, г· г$^{-1}$·доб.$^{-1}$;

c_2 = 0,255 – коефіцієнт дихання росту, безрозмірний [38].

4.2 Моделювання мінерального живлення рослин та його наслідки

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

$$К\ (NPK) = \min\ (К_N, К_Р, К_К) \quad (4.8)$$

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

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

$$К_N = (N/N_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - N/N_{opt})] \quad (4.9)$$

$$К_Р = (P/P_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - P/P_{opt})] \quad (4.10)$$

$$К_К = (K/K_{opt})^{1..35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - K/K_{opt})] \quad (4.11)$$

де N – сумарна кількість N, $Р_2О_5$, $К_2О$ еквівалентне використаному мінеральному добриву, кг/га;

N_{opt}, $Р_{opt}$, $К_{opt}$ – оптимальна кількість N $Р_2О_5$, К2О, необхідне для отримання максимального урожаю, кг/га.

Сумарна кількість N, $Р_2О_5$, $К_2О$ розраховуватиметься по формулах:

$$N = m_N N_n + N_m + m_{NO} N_O \quad (4.12)$$

$$Р = m_Р P_n + P_m + m_{PO} P_O \quad (4.13)$$

$$К = m_К K_n + K_m + m_{KO} K_O \quad (4.14)$$

де m_N,$m_Р$,$m_К$ – коефіцієнти еквівалентності легкогідролізного азоту (m_N), по Корнфілду, рухомому фосфору ($m_Р$) і калію ($m_К$), 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 – легко гідролізний азот (N_n) рухомий фосфор (P_n) і калій (K_n) в рік проведення аналізу, мг/100г ґрунту;

N_O, P_O, K_O –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:

$$\Delta N / \Delta T = [(N_{max} \cdot N_{сер.} \cdot m_{r}) / N_0 \cdot N_n] \cdot K \cdot E \cdot N_p \qquad (4.15)$$

де $\Delta N / \Delta T$ - швидкість поглинання азоту корінням рослин, мг$Nм^2$доб$^{-1}$;

N_{max} - максимально можлива швидкість поглинання азоту корінням, мг$Nкг^{-1}$; $N_{сер}$ - середня кількість азоту у шарі ґрунту; N_n концентрація доступного азоту біля поверхні кореня, г$м^{-2}$; m_{r}– маса кореня, г$м^{-2}$; N_0 – початкова кількість азоту у шарі ґрунту; К – константа Михаеліса-Ментен, мг$Nкг^{-1}$; Е – інтенсивність транспірації, кгм-2доб$^{-1}$; N_p – концентрація доступного азоту в ґрунтовому розчині, мг$Nкг^{-1}$ [32].

Екотоксикологічна оцінка небезпечності хімічних речовин передбачає вивчення їхньої поведінки у ґрунтовій, водній та наземній екосистемі. Для оцінки забруднення водних екосистем хімічними речовинами запропоновано використовувати критерії ГДК, персистентності, показники гострої та хронічної токсичності для риб, дафній, водоростей, коефіцієнти біокумуляції тощо. Вплив хімічних речовин на біоту надземної екосистеми - птахів та корисних комах - визначають на основі показників $ЛД_{50}$ і $ЛК_{50}$, які є критерієм екотоксикологічної оцінки ступеня небезпечності [29].

У таблиці 4.1 наведено класи небезпечності екзогенних хімічних речовин, які містяться у ґрунті, за якою у подальшому буде виконано оцінку.

Таблиця 4.1 - Класи небезпечності екзогенних хімічних речовин, які містяться у ґрунті (Марчук І. У.)

Показники	Класи небезпечності		
	I	II	III
Токсичність (ЛД50 мг/кг маси тварини)	50-200	200-1000	> 1000
Стабільність у грунті, міс.	> 12	12-6	<6
Міграція : у ґрунті, см	60^0	40-21	20-0
у повітря	>ГДК	= ГДК	<гдк
У воду	>гдк	= гдк	<гдк
Перехід у рослини: наявність у рослинах протягом місяців	>3	3-1	< 1
Вплив на харчову цінність	впливає	впливає	не впливає
Вплив на санітарний стан грунту	те саме	те саме	те саме

Загальна екотоксикологічна оцінка мінеральних добрив має базуватися на оцінці окремих їхніх компонентів, які можуть становити небезпеку у процесі надходження у природне середовище.

Прогноз ризику застосування мінеральних добрив грунтується на визначенні часу досягнення критичної концентрації у грунті елементів, що підлягають контролю ($Т_к$).

Час досягнення критичної концентрації токсикантів у грунті ($Т_к$) являє собою відношення можливого додаткового надходження токсичних елементів з добривом (А) до фактичного (G):

$$T_к = A/G \ (роки) \qquad (4.16)$$

Можливе додаткове внесення токсичних елементів у ґрунт з добривом можна розрахувати як щодо рівня ГДК, так і щодо фонового вмісту хімічних елементів у ґрунті:

$$A = (ГДК\text{-}F)\ 3\ 000\ 000\ k_t, \quad (4.17)$$

$$A = 2F\text{-}3\ 000\ 000\ k_t, \quad (4.18)$$

де, А - можливе додаткове внесення токсичних елементів у ґрунт з добривом, мг/га; ГДК - гранично допустима концентрація, мг/кг; F - фоновий вміст токсичного елемента у ґрунті, мг/кг; З 000 000 - маса орного шару ґрунту в перерахунку на суху речовину, кг/га; k_t - коефіцієнт стійкості, що враховує властивості ґрунту і відображує здатність ґрунту утримувати хімічні елементи у фіксованому стані, бал [39].

В таблиці 4.2 представлені усереднені коефіцієнти стійкості ґрунтів відносно біохімічно активних елементів.

Таблиця 4.2 - Усереднені коефіцієнти стійкості ґрунтів відносно біохімічно активних елементів (Марчук І. У.)

Ґрунтово - кліматична зона	Коефіцієнт стійкості ($к_4$), бал						
	РЬ	Cd	F	Zn	Си	Ni	Со
Полісся	0,32	0,16	0,83	0,34	0,12	0,35	0.11
Лісостеп	0,71	0,53	0,42	0,74	0,56	0,68	0,50
Степ	0,73	0,60	0,25	0,78	0,68	0.76	0,52

Фактичне надходження токсичних елементів у грунт з добривом розраховується таким чином:

$$G = dg_2\ 100/\ g_1 \qquad (4.19)$$

де, G - фактичне надходження токсичних елементів у ґрунт з добривом, мг/га;

d - доза добрива за діючою речовиною, кг/га; g_1 - уміст діючої речовини в добриві, *%;*

g_2 - уміст токсичного елемента в добриві, мг/ кг.

За величиною часу досягнення критичної концентрації біохімічно активних елементів у ґрунті ($Т_к$) оцінку необхідно проводити за такою градацією ризику застосування мінеральних добрив: < 10 років - високо небезпечний; 10-30 - небезпечний; 31-100 - помірно небезпечний і > 100 років - малонебезпечний рівень. На основі наведеної градації визначають класи мінеральних добрив з метою виявлення потенційного рівня їхньої небезпечності. Класи небезпечних мінеральних добрив наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Класи небезпечних мінеральних добрив (Ракоїд О.О.)

Клас небезпечності	Тк, роки
Високонебезпечний	<10
Небезпечний	10-30
Помірно небезпечний	31-100
Малонебезпечний	>100

Відношення вмісту токсичних елементів у ґрунті під час застосування мінерального добрива до їхнього фонового вмісту (контрольний варіант) можна використовувати як показник екологічного стану ґрунтової системи.

Відомо, що забрудненим можна вважати такий ґрунт, в якому вміст токсичного елемента перевищує фоновий вміст у 2-3 рази [40].

4.3 Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь з урожаєм

Біогенні елементи поступають у гідрографічну мережу від точкових 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.

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.) [41].

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

$$R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_p k_i y_i + \alpha_K k_i y_i \qquad (4.20)$$

де $\alpha_N, \alpha_p, \alpha_K$ – відповідно коефіцієнти виносу азоту, фосфору та калію для різних ґрунтових умов та сільськогосподарських культур (табличні дані);

k_i – винос біогенів з ґрунту з урожаєм, кг/т (наведено у таблиці 4.4);

y_i – фактична врожайність сільськогосподарської культури.

У таблиці 4.4 представлені коефіцієнти виносу біогенних речовин.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти виносу біогенних речовин (за автором)

Культура	Ґрунти	α_N	α_p	α_K
Озима пшениця	Дерново-підзолисті, чорноземи звичайні	0,16	0,12	0,07
Ярі зернові (колоскові)	Усі ґрунти	0,3	0,08	0,26
Картопля	Дерново-підзолисті,	0,25	0,18	0,32
	Чорноземи опідзолені та вилужені	0,13	0,12	0,21
Багаторічні трави	Усі ґрунти	0,55	0,2	0,42

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

$$\sum W_{ПЛ} = \sum_{i=1}^{n} R_i S_i \qquad (4.21)$$

де $\sum W_{ПЛ}$ – загальний виніс біогенів з площі водоохоронної зони, кг/у рік;

R_i – питомий виніс біогенів з площі, зайнятої сільськогосподарською культурою; n – кількість сільськогосподарських культур на площі водоохоронної зони; S_i –площа, яка зайнята сільськогосподарською культурою, га.

При розрахунках використовують значення врожайності культури за прогнозом. Площу, зайняту культурою, визначають за фактичними даними господарства про структуру посівів у водоохоронній зоні річки [40].

У таблиці 4.5 наведено винос біогенів з ґрунту з врожаєм сільськогосподарських культур, кг/т

Таблиця 4.5 – Винос біогенів з ґрунту з врожаєм сільськогосподарських культур, кг/т (Кірюшін В.І)

Культура	Ґрунти	N	P	K
Озима пшениця	дерново-підзолисті	34,0	9,0	20,0
	чорноземи звичайні	29,0	10,0	27,0
Яра пшениця	дерново-підзолисті	33,0	14,0	26,0
	чорноземи звичайні	40,0	11,0	23,0
	каштанові	42,0	10,0	32,0
Ярий ячмінь	дерново-підзолисті	26,0	10,4	17,0
	чорноземи звичайні	30,4	11,4	22,0
Картопля	дерново-підзолисті	5,0	1,5	7,0
Кормові та багаторічні трави	Усі ґрунти	17,6	6,3	19,5

Початкову кількість внесених біогенних елементів визначають за формулою (4.22):

$$W_{ИСХ} = \sum_{j=1}^{m} \Phi_{M_j} W_{CP_j} \qquad (4.22)$$

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

Фізичну масу добрив розраховують за формулою:

$$\Phi_{M_j} = \sum_{j=1}^{m} S_j N_j \qquad (4.23)$$

де S_j– площа внесення j -го добрива, га; N_j– норма внесення j-го добрива, т/га.

Підвищенні втрати біогенів можуть спостерігатись при низьких рівнях технологій використовування добрив (таблиця 4.6).

Використовуючи дані таблиці 4.6, можна визначити долю втрат біогенних елементів та розрахувати їх сумарний винос з ділянки внаслідок порушень технології ($W_{ПОТ}$, кг/рік) за формулою:

$$\sum W_{ПОТ} = \sum_{j=1}^{m} W_{ИСХ_j} q_j \qquad (4.24)$$

де q_j– доля втрат біогенних елементів в наслідок порушень технології внесення j –го добрива;

$W_{ИСХ_j}$ – вихідна кількість внесення біогенних добрив j–го вида, кг/рік [42].

Таблиця 4.6 - Втрати добрив в наслідок порушень технологій їх використання, % (Кірюшін В.І)

Вид добрива	Рівень технологій		
	Високий	Середній	Низький
Органічні Мінеральні	5 2	10 4	20 6

Загальна величина виносу біогенів ($W_{об}$, кг/рік) буде складати [42]:

$$W_{об} = \Sigma\, W_{ПЛ} + \Sigma W_{ПОТ}, \qquad (4.25)$$

а коефіцієнт втрат [42]:

$$\alpha_{ПОТ} = W_{об} / W_{ИСХ} \qquad (4.26)$$

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 [41].

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

У таблиці 4.7 наведені дані про використання поживних речовин з мінеральних добрив, які отримані для культур, які є основними для вирощування на даній території.

Таблиця 4.7 - Використання поживних речовин з мінеральних добрив (за автором)

Культура	Коефіцієнт використання, %			Культура	Коефіцієнт використання, %		
	N	P	K		N	P	K
Озима пшениця	28,7	11,1	32,6	Цукрові буряки	37,8	10,6	41,9
				Картопля	43,9	10,7	51,8
Ярий ячмінь	27,5	10,9	28,1	Соняшник	33,7	11,5	77,0
Кукурудза				Капуста	33,1	15,7	77,8
на зерно	26,2	9,1	29,1	Огірки	24,0	9,4	33,4
на силос	29,4	8,2	24,9	Томати	43,5	11,8	65,7

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 [43].

У табл. 4.8 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 ґрунтовому 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 [44].

Таблиця 4.8 – Норми внесення мінеральних і органічних добрив під сільськогосподарські культури, які вирощуються у Вінницькій 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	300	3.0
Кукурудза	Чорнозем опідзолений	80	120	60	320	3.4
Ярий ячмінь	Чорнозем опідзолений	70	100	50	336	2.7
Картопля	Чорнозем опідзолений	80	60	100	360	10.3
Трави	Всі ґрунти	60	80	40	280	8,3

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 [45].

4.4 Моделювання біогенного навантаження на агроекосистеми

Для оцінки біогенного навантаження на агроекоценози за допомогою наведеної вище математичної моделі була використана інформація про врожайність сільськогосподарських культур, які культивуються у Вінницькій області, види сільськогосподарських культур, норми та види вносимих у грунт мінеральних та органічних добрив, а також ураховувалися агротехнічні заходи ведення сільськогосподарського виробництва в умовах Вінницької області.

У таблиці 4.9 наведена врожайність основних сільськогосподарських культур, які культивуються у Вінницькій області за період з 2005 по 2013 роки.

Таблиця 4.9 - Врожайність сільськогосподарських культур у Вінницькій області (2005-2013 рр.) (за автором)

Культура	Рік									Середнє значення врожай-ності
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Ріпак оз.	15,3	16,6	13,9	24,9	21,5	19,4	20,2	23,4	27,1	20,3
Горох	27,4	19,7	10,7	22,7	20,4	15,9	17	20,9	23,3	19,8
Цукровий буряк	252	290,9	296,1	360,4	289,8	327,3	418,3	350,3	400	331,7
Просо	10,3	8,8	10,2	14,1	12,3	16,7	21,8	20,5	21,6	15,1
Соя	11,9	13,7	9,8	13,1	13,3	18,2	18,3	14,9	20	14,8
Соняшник	11	15,2	14,1	18,3	20,9	16,8	19,5	22	30,4	18,7

З таблиці видно, що найбільша врожайність спостерігалась в 2013 році по таких культурах як: ріпак озимий - 27,1 ц/га, цукровий буряк - 400 ц/га, просо - 21,6 ц/га, соя – 20 ц/га та соняшник – 30,4/га. Найменша врожайність

спостерігалась в 2005 році по культурах - соняшник, цукровий буряк; в 2006 році по культурах – соя, просо, та в 2007 році по культурах горох та ріпак озимий.

На рисунку 4.1 наведено динаміку урожайності ріпаку озимого у Вінницькій області.

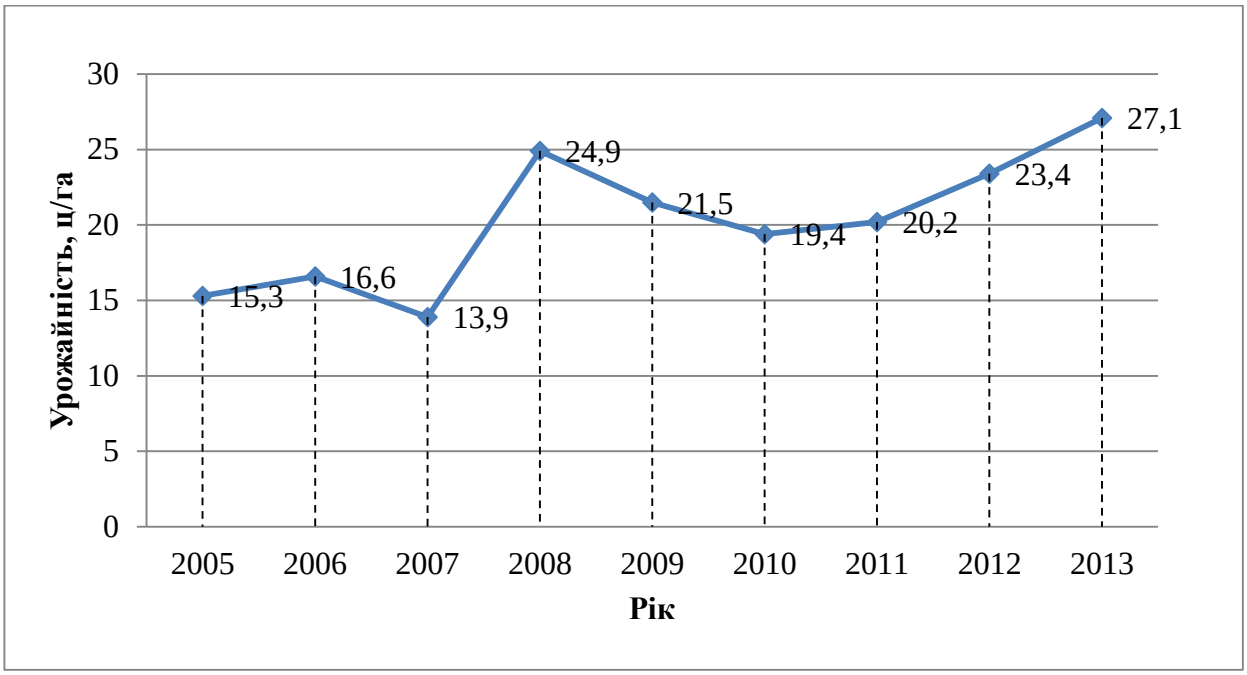

Рис. 4.1 – Динаміка урожайності ріпаку озимого у Вінницькій області (за автором)

Аналізуючи графік можна сказати, що найбільша урожайність ріпаку озимого спостерігається в 2008р. та 2013 р., а також можна сказати що починаючи з 2010р. урожайність ріпаку з кожним роком збільшується.

На рисунку 4.2 наведено динаміку урожайності гороху у Вінницькій області.

З графіку видно, що найбільший урожай гороху був у 2005р., найменший – у 2007р. Починаючи з 2010р. урожайність гороху збільшується.

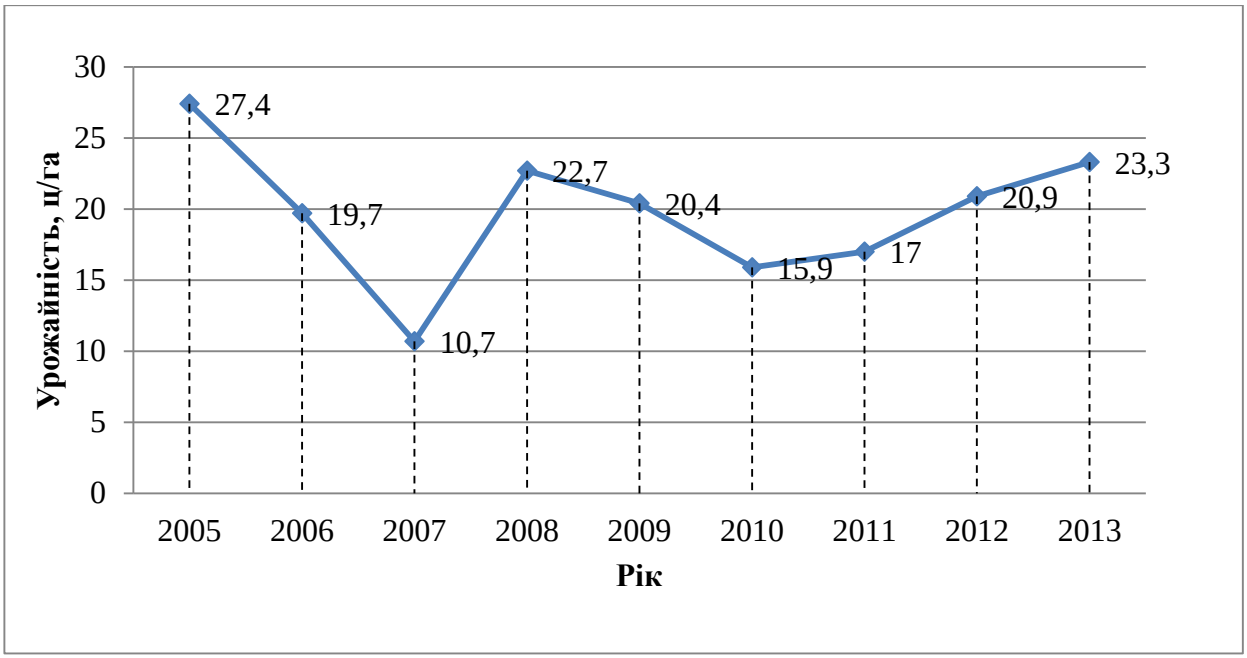

Рис. 4.2 – Динаміка урожайності гороху у Вінницькій області (за автором)

На рисунку 4.3 наведено динаміку урожайності цукрового буряка у Вінницькій області.

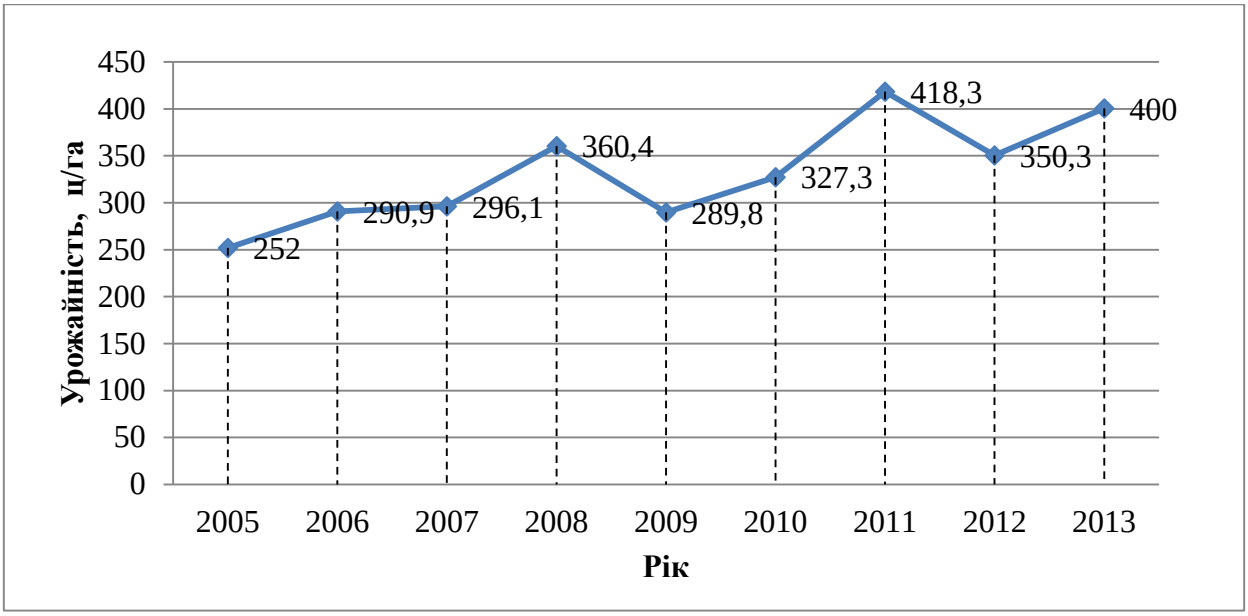

Рис. 4.3 – Динаміка урожайності цукрового буряка у Вінницькій області (за автором)

Аналузуючи даний графік, можна сказати, що за 2005 - 2013рр. урожайність цукрового буряка збільшується. Найбільша урожайність відзначена в 2011р. і становить 418,3 ц/га.

На рисунку 4.4 наведено динаміку урожайності проса у Вінницькій області.

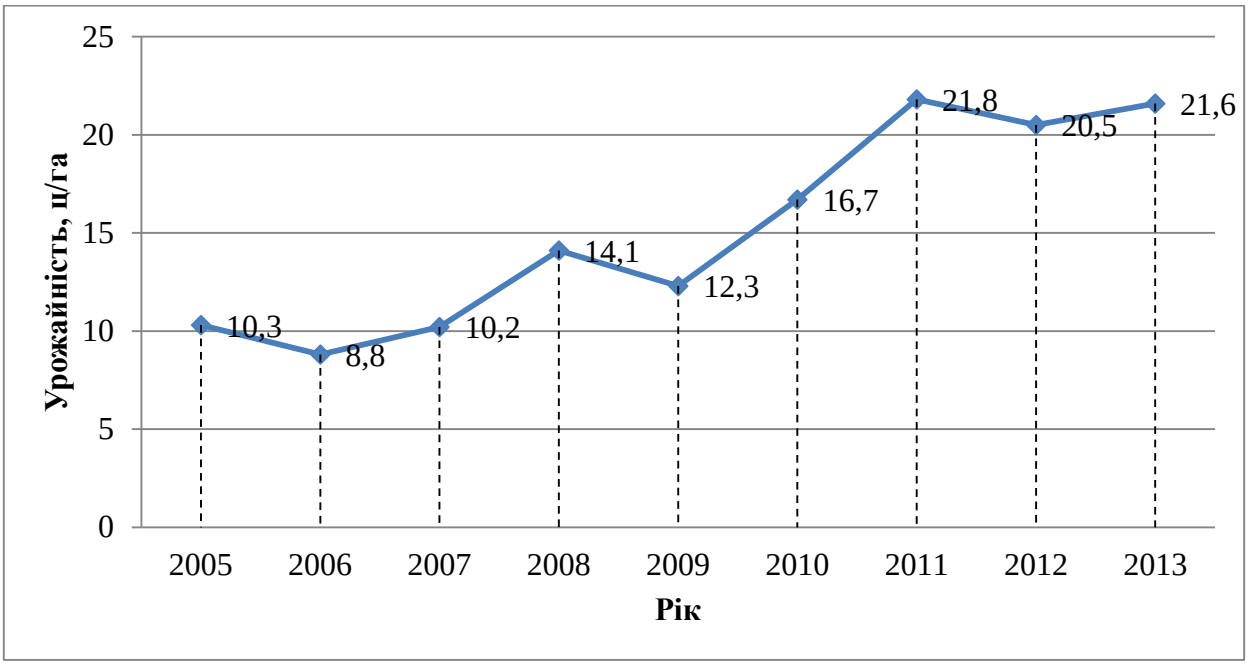

Рис. 4.4 – Динаміка урожайності проса у Вінницькій області (за автором)

З графіка видно, що найбільша врожайність проса спостерігається в 2011 та 2013рр., також починаючи з 2005 р. спостерігається збільшення урожайності проса.

На рисунку 4.5 наведено динаміку урожайності сої у Вінницькій області.

З графіка видно, що найменше значення урожаю сої відзначено в 2007 році – 9,8 ц/га, найбільший урожай сої відзначений в 2013р і становить – 20 ц/га.

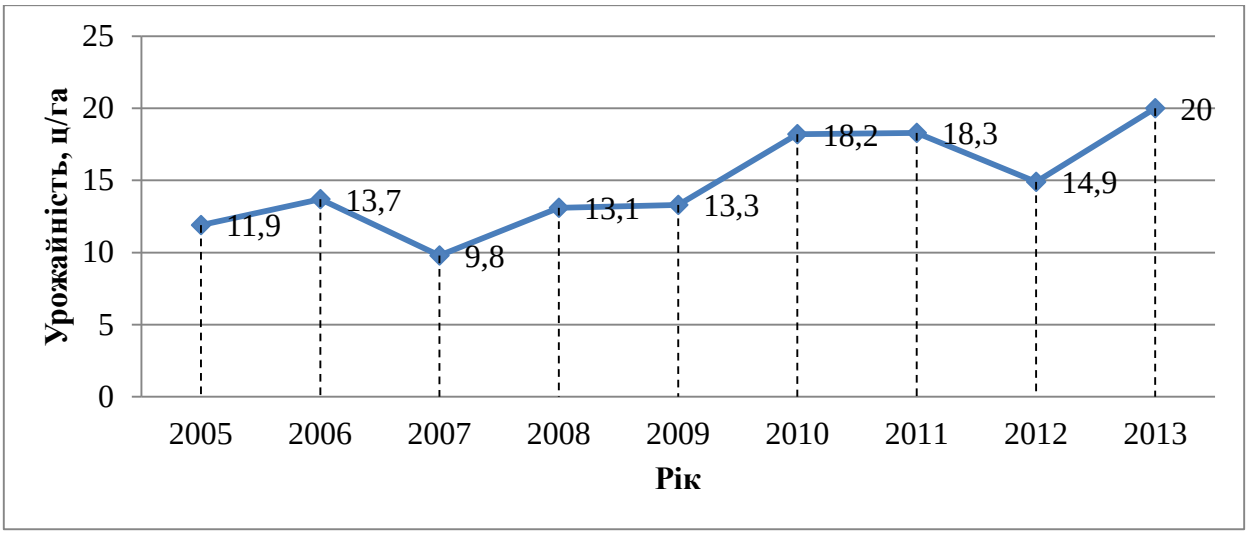

Рис. 4.5 – Динаміка урожайності сої у Вінницькій області (за автором)

На рисунку 4.6 наведено динаміку урожайності соняшника у Вінницькій області.

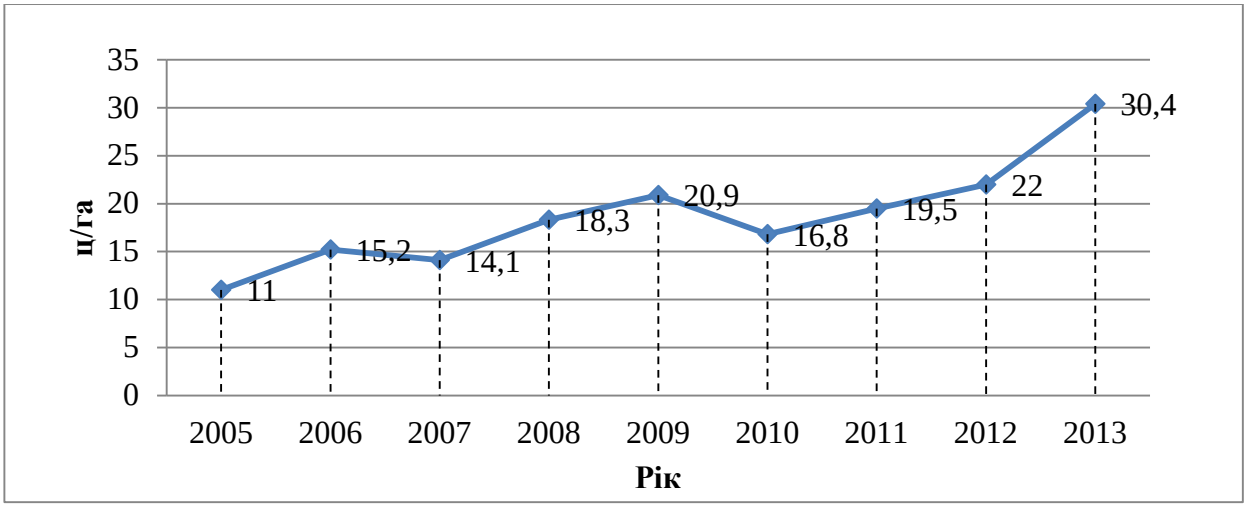

Рис. 4.6 – Динаміка урожайності соняшника у Вінницькій області (за автором)

З графіка видно, що протягом 2005-2013 рр. урожайність соняшника збільшується. Найменший урожай соняшника 11 ц/га в 2005 р., найбільший в 2013р. – 30,4 ц/га.

У табл. 4.10 представлені основні показникипоглинання біогенних елементів з урожаєм сільськогосподарських культур у Вінницькій області за 2013 р. Отримане значення коефіцієнту загального виносу складає 14.1%. Це говорить про те, що у цьому році було використано 14.1% біогенних елементів сільськогосподарськими рослинами у порівнянні зі 100% вносимих у грунт біогенних елементів із мінеральними та органічними добривами.

Таблиця 4.10 - Основні показники поглинання біогенних елементів з урожаєм сільськогосподарських культур Вінницької області за 2013 рік (за автором)

Культура	Показники						
	$Ф_j$	$W_{вих}$	$W_{пот}$	R_i	$W_{пл}$	$W_{заг}$	$\alpha_{пот}$
Озима пшениця	300	447	4470	16,128	1935,4	58772,4	14,1%
Ярий ячм.	63	189,6	1896	16,568	497,04		
Кукурудза	36	2448	9792	18,504	1184,3		
Картопля	20	920	3680	148,64	12783,04		
Трави	42	163,8	1638	373,12	20896,7		

Характеризуючи цю таблицю можна сказати, що найбільша фізична маса добрив в цьому році припала на озиму пшеницю, максимальна вихідна кількість внесених біогенних елементів було подана на кукурудзу, найбільше значення виносу біогенів з території в наслідок порушення технології внесення також приходиться на кукурудзу, максимальне значення питомого виносу біогенів з площі – з травами. Загальний винос біогенних елементів у 2013 р. склав 58772,4 кг / рік, а коефіцієнт витрат при цьому – 14,1 % .

За допомогою наведеної методики та математичної моделі було виконано моделювання біогенного навантаження на сільськогосподарські масиви за період з 2005 по 2013 роки.

У таблиці 4.11 наведено фізичну масу добрив Φ_{M_j} .(формула 4.23)

Таблиця 4.11 - Фізична маса добрив, т (за автором)

Ріпак озимий	Горох	Цукровий буряк	Просо	Соя	Соняшник
9 600	126 000	280 000	196 000	135000	288 000

З таблиці видно що найбільша фізична маса добрив становить для таких культури як – соняшник, цукровий буряк та просо. Найменша для ріпака озимого – 9 600 т.

У таблиці 4.12 наведена початкова кількість внесених біогенних елементів $W_{ИСХ}$, кг/рік (формула 4.22). З таблиці видно, що найбільша Початкова кількість внесених біогенних елементів є для соняшника – 1123200 кг/рік, найменша для сої – 162000 кг/рік.

Таблиця 4.12 - Початкова кількість внесених біогенних елементів $W_{ИСХ}$, кг/рік (за автором)

Ріпак озимий	Горох	Цукровий буряк	Просо	Соя	Соняшник	∑W исх
460800	187740	840000	292040	162000	1123200	3065780

У додатку А представлені розрахунки питомого виносу біогенних елементів з площ, зайнятих сільськогосподарськими культурами: ріпак озимий, горох, цукровий буряк,просо, соя, соняшник.

У таблиці 4.13 наведено загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони $\sum W_{ПЛ}$ за 2013р. (формула 4.21) та сумарний винос

біогенних елементів з ділянки внаслідок порушень технології ($W_{ПОТ}$, кг/рік) (формула 4.24).

Таблиця 4.13 - Загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони (кг/рік) за 2013 рік, сумарний винос біогенних елементів з ділянки внаслідок порушень технології кг/рік (за автором)

Культура	∑Wпл	∑Wпот
Ріпак оз.	1884420	1843200
Горох	1761324	1877400
Цукровий буряк	1862640	8400000
Просо	1253700	2920400
Соя	927144	1620000
Соняшник	3212338	11232000
Сума	11101566	27893000

З таблиці видно, що загальний винос біогенних речовин за 2013 р. для даних культур становить 11101566 кг/рік, а сумарний винос з ділянки внаслідок порушення технології – 27893000 кг/рік.

У таблиці 4.14 наведено загальну величину виносу біогенів ($W_{об}$, кг/рік) (формула 4.25), та коефіцієнт втрат ($\alpha_{ПОТ}$) (формула 4.26).

Таблиця 4.14 - Загальну величину виносу біогенів та коефіцієнт втрат (за автором)

Wоб , кг/рік	$\alpha_{ПОТ, \%}$
38994566	12,7

Отже з таблиці видно, що загальний виніс біогенів становить 38994566 кг/рік, а коефіцієнт втрат – 12,7 %

На основі додатку А була побудована динаміка питомого виносу біогенних елементів з площ (Ri, кг/га) (формула 4.20), зайнятих даними культурами (рис.4.7 - 4.12).

На рисунку 4.7 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою ріпаком озимим.

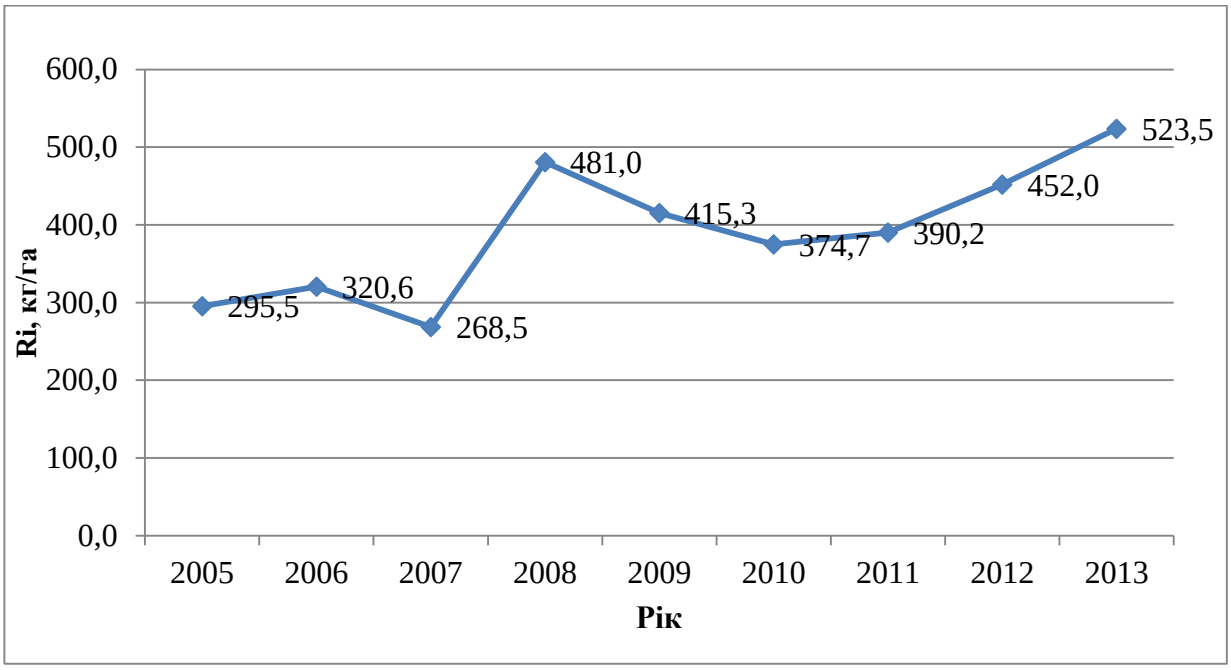

Рис. 4.7 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою ріпаком озимим (за автором)

З графіку видно, що найбільший питомий винос був відзначений у 2008 році, найменший – у 2007 році. Починаючи з 2010 року питомий винос біогенних елементів з кожним роком збільшується.

На рисунку 4.8 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою горохом. З графіку видно, що найбільший питомий винос біогенних елементів з площі зайнятою горохом був відзначений у 2005 році, а також починаючи з 2010 року питомий винос біогенних елементів з кожним роком збільшується.

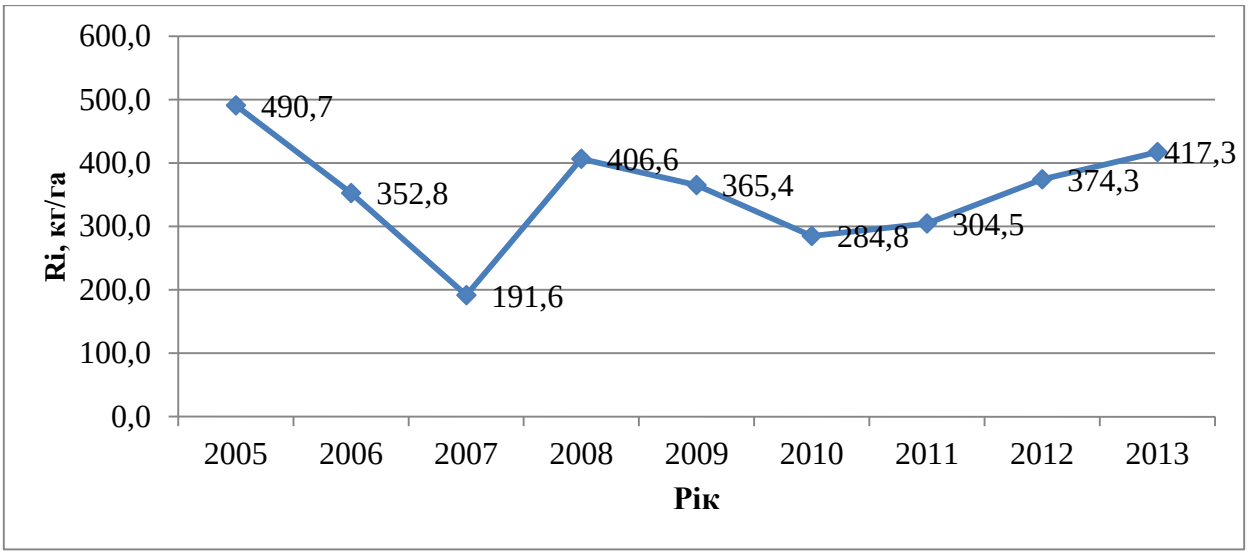

Рис. 4.8 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою горохом (за автором)

На рисунку 4.9 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою цукровим буряком.

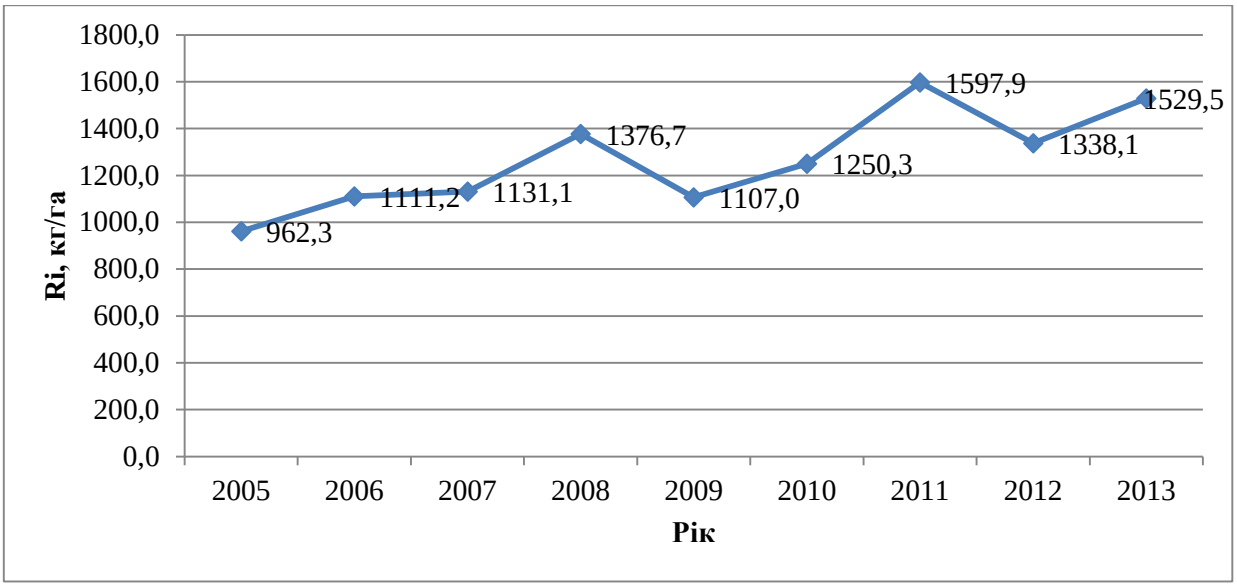

Рис. 4.9 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою цукровим буряком (за автором)

З графіку видно, що питомий винос починаючи з 2005 року збільшується. Але в 2010 та 2012 роках відзначається зменшення виносу біогенних елементів.

На рисунку 4.10 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою просом.

З графіку видно, що найбільший питомий винос біогенних елементів з площі зайнятою просом був відзначений у 2013 році, а наймений у 2007р.

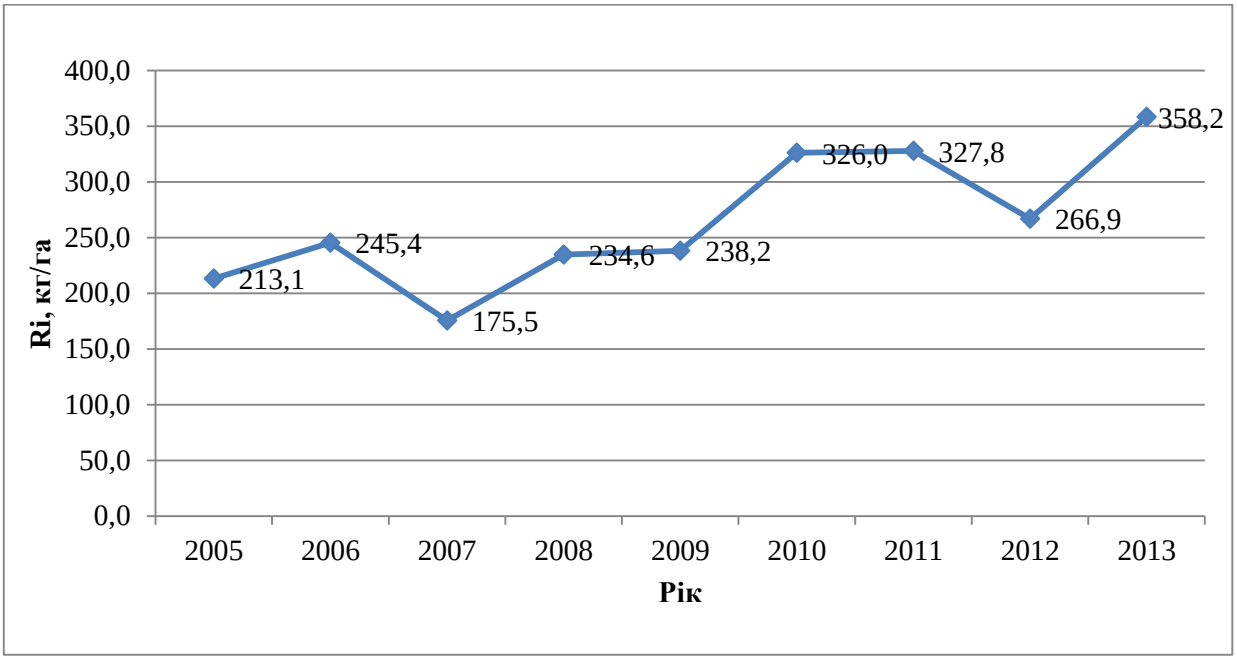

Рис. 4.10 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою просом (за автором)

На рисунку 4.11 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соєю. З графіку видно, що за період з 2005 по 2013 роки питомий винос біогенних елементів з площі зайнятою соєю збільшився. Найменше значення питомого виносу було відзначено в 2007 році, найбільше в 2013 році.

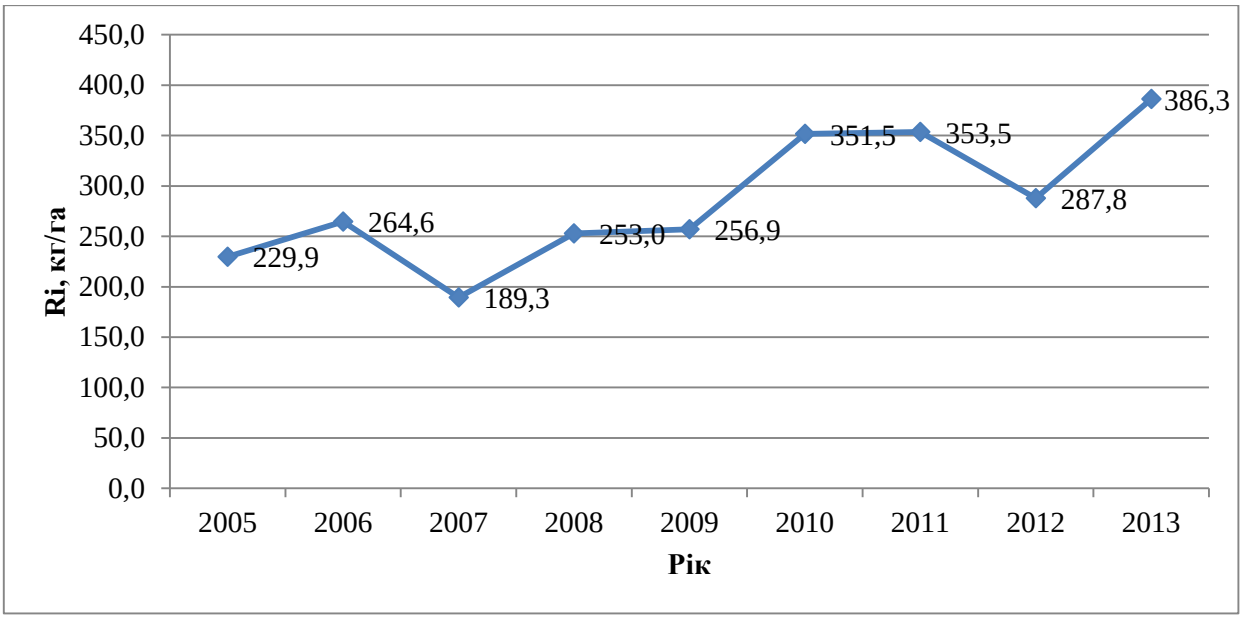

Рис. 4.11 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соєю (за автором)

На рисунку 4.12 наведено динаміку питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соняшником.

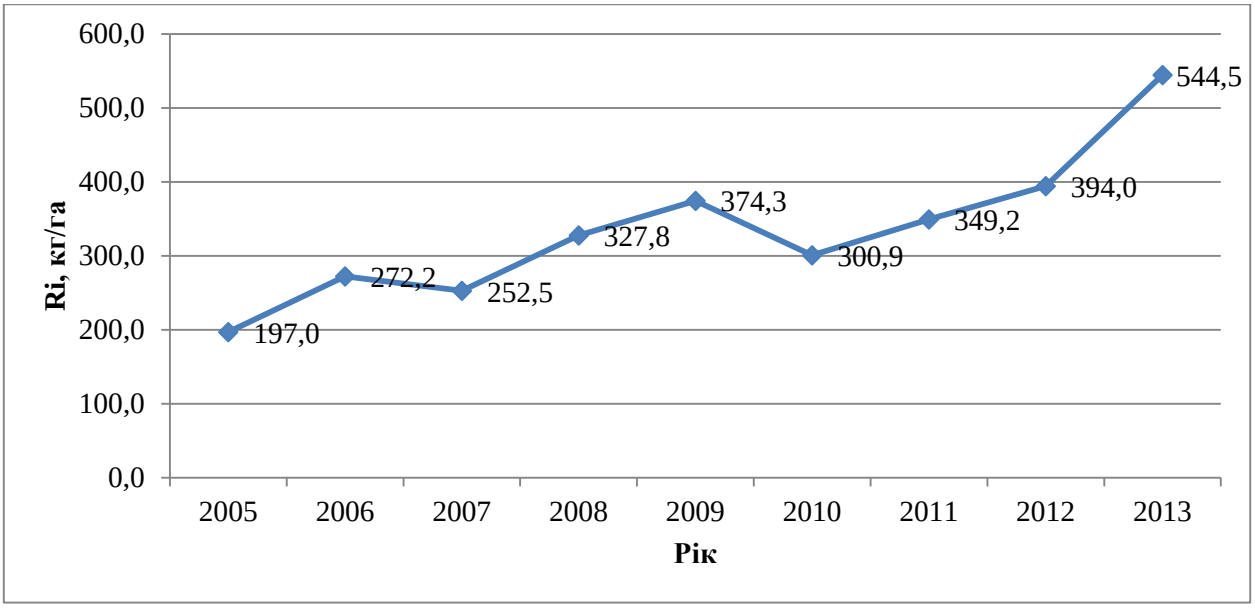

Рис. 4.12 - Динаміка питомого виносу біогенних елементів з площі зайнятою соняшником (за автором)

Аназізуючи даний графік, можна сказати, що протягом даних років винос біогенних елементів з кожним роком збільшується.

4.5 Ідентифікація параметрів моделі

Ідентифікація параметрів здійснюється на основі вихідних даних про біологічні особливості сільськогосподарських культур та показники якості грунтів Вінницької областів.

На першому етапі по даним фотометричних вимірів розраховуються значення параметрів на основі визначаючих їх формул і суми ефективних температур, які відповідають тому чи іншому значенню функцій.

Для ідентифікациі параметрів ростових функцій використовуєм програму мінімізації функції багатьох перемінних (алгоритм Розенброка). Задача полягає в находженні таких параметрів ростових функцій, при яких сума квадратів мінімальна. Початкові значення можуть бути задані довільно.

В якості прикладу приведемо ідентифікацію параметру, який визначає запаси ґрунтової вологи в досліджуваному шарі (WW_i). Запишемо допоміжну формулу, виходячи з смислу цього параметру до деякого рівня вологості, близького до найменшої польової вологоємності, який визначається в ґрунті на кінець доби після значного зволоження:

$$WW_i = AW\ (W_i^{ПВ}/100)(W_i^{ПВ} – W_i^{ВЗ}) + W_i^{ВЗ} \qquad (4.27)$$

де AW – безпосередньо ідентифікуюча константа.

Для визначення AW и $К_0$ побудуємо цільову функцію:

$$f\ (AW, К_0) = \sum \sum\ (W_i^j – \hat{W}_i^j)^2, \qquad (4.28)$$

де W_i^j и $\hat{W}_i^j$ – фактичні і розраховані вологозапаси грунту.

Сумація виконується тільки для тих випадків і шарів, для яких існують фактичні дані. Присутність пропусків спостережень зменшує об’єм корисної інформації, але не являється перешкодою для застосування данного методу оцінки параметрів.

Параметром, який контролює інтенсивність продукційного процесу рослин, являється, насамперед, кут нахилу світлової кривої фотосинтезу αф. Для його ідентифікації використовувались дані з динаміки біомаси окремих органів рослин.

При складанні цільової функції бажано, щоб матеріал включав дані за декілька років, контрастних по погодних умовах. Дослідження показало, що від величини αф в значній мірі залежить загальний рівень фітомаси агроценозу. Для його визначення необхідні матеріали з динаміки фітомаси за роки, контрастні по умовах зволоження.

Таким чином, за допомогою відповідних складових цільової функції аналізуються параметри α_R при розрахунку дихання. Виявилось, що шляхом оптимізації неможна значно покращити прийняті для них оцінки.

За допомогою вище викладеного методу була проведена ідентифікація параметрів моделі відносно Вінницької області. Ідентифіковані параметри дозволяють оцінити стан ґрунтового покриву, атмосферного повітря, рослинного покриву, а також врахувати фактори, які визначають рівень забруднення важкими металами, вміст мікроелементів, агроекологічні характеристики та внесення хімічних засобів захисту рослин від захворювань та щкідників. З’ясовані значення параметрів представлені в таблиці 4.15. Найбільші відхилення були отримані для тих із них, які характеризують стан атмосферного повітря і потреби різних рослин в факторах навколишнього середовища.

Найбільший вплив на якісні характеристики врожаю сільськогосподарських культур в умовах Вінницької області мають вміст важких металів у грунтовому покриві, а саме кадмію.

Перевірка адекватності (верифікація) моделі здійснюється шляхом аналізу результатів чисельних експериментів і порівняння розрахункових характеристик з фактичними.

Таблиця 4.15 – Ідентифікація параметрів моделі (за автором)

Параметр	Фізичний зміст	Границі вимірів	Одиниці вимірів
$W_{НВ}$	найменша вологоємність грунту в шарі 0-50 см	95	мм
$t^1_{опт}$	оптимальна сумарна температура для дихання	210	^{0}C
$t^2_{опт}$	оптимальна сумарна температура для фотосинтезу	210	^{0}C
$t_{Lопт}$	оптимальна сумарна температура для росту листків	260	^{0}C
$t_{Sопт}$	оптимальна сумарна температура для росту стебла	300	^{0}C
$t_{Rопт}$	оптимальна сумарна температура для росту коріння	400	^{0}C
$t_{Pопт}$	оптимальна сумарна температура для росту репродуктивних органів	750	^{0}C
L	питома поверхнева щільність листків	35	$м^2/м^2$
K	інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні	40	$мгCO_2/дм^3$
B	початковий нахил світлової кривої фотосинтезу	525	$мгCO_2/дм^3$
$\alpha_q^{погл}$	поглинаюча швидкість кореня	$1{,}65*10^{-5}$	м/с
$A_q^{почв}$	концентрація рухомих форм q-го виду важкого металу в грунті	20,05	мг/кг грунту
a_r	радіус кореня	0,5	см
M	зниження інтенсивності росту рослини під впливом важкого металу	0,45	відносні од.

Етапи побудови моделі і її перевірка невід'ємні, оскільки в процесі роботи уявлення суті моделюючих процесів звичайно уточнюються, розширюється об'єм залучених даних.

Порівняльна оцінка сучасних моделей продуктивного процесу рослин показала, що тільки для незначної кількості моделей розрахунки по моделі

порівняні з результатами спеціально проведених для цього експерименту. В окремих випадках порівнюються розрахункові характеристики (на прикладі приростів біомаси окремих органів під впливом антропогенних факторів і без) з фактичними.

В даній роботі перевірка моделі проводилась двома способами. Перший спосіб складався в порівнянні розрахункових по моделі і емпіричних характеристик. Порівняння проводились в динаміці від формування проростi до зрілості соняшника (основної сільськогосподарської культури, яка культивується в умовах Вінницької області).

Було проведено порівняння розрахункових і емпіричних значень приростів біомаси вегетативних і репродуктивних органів соняшника, який вирощується практично в усіх районах області.

Для невеликих значень приростів розрахункові дані більш відповідають емпіричним. Різниця між розрахунковими і емпіричними значеннями більш помітна при великих значеннях приростів біомаси. Можна відмітити, що спостерігається перевищення розрахункових значень над фактичними. Ця обставина пояснюється тим, що в розрахунках частково використовувались чисельні значення параметрів, які, як правило, визначені при оптимальних умовах мінерального забезпечення і при високому рівні агротехніки. Це обумовило більш високі значення цих параметрів. В результаті виявилось, що при використанні в моделі таких параметрів, розрахунки значення біомаси трохи перевищували емпіричні.

Оскільки параметри моделі указані для певного виду агротехніки, то при переході до розрахунку параметрів рослинного покриву в умовах більш високої чи низької агротехніки неможливо очікувати збігу абсолютних значень урожайності. Більш важливою обставиною являється синхронність щорічних коливань фактичної урожайності, при розрахунку якої за вихідну використана інформація про агрометеорологічні особливості цих років [46].

Динамічна модель формування продуктивності соняшника достатньо достовірно описує закономірності росту і розвитку її в умовах Вінницької області. Але за допомогою чисельних експериментів не можливо в певній мірі оцінити реакцію кожного із параметрів моделі на збільшення чи зменшення останнього на деяке значення. Тому виникає необхідність в аналізі її чутливості до змін параметрів. В таблиці 4.16 представлений вплив похибки визначення параметрів моделі на точність розрахунків біомаси репродуктивних органів соняшника.

Таблиця 4.16 – Вплив похибки визначення параметрів на точність розрахунку біомаси репродуктивних органів соняшника (за автором)

Параметри	Збільшення параметрів, %					
	0	1	5	10	15	20
$\alpha_Ф$	625,5	651,6	739,8	841,5	895,5	899,1
α_R	625,5	624,6	619,2	612	604,8	596,7
K	625,5	635,4	668,7	710,1	752,4	792
B	625,5	630,9	649,8	672,3	694,8	715,5
L	625,5	619,2	593,1	563,4	536,4	512,1
T_{op}	625,5	632,7	661,5	692,1	715,5	722,7

Проведена оцінка чутливості моделі до змін параметрів дозволила виявити ті з них, зміни яких дають найбільші відхилення в розрахунках. Найбільшу чутливість мають параметри, які описують зміни інтенсивності фотосинтезу під впливом факторів середовища.

Крім цього можна зробити висновок про достатню чутливість всієї моделі, що розглядається в цілому до змін стану навколишнього середовища і впливу факторів, які визначають антропогенну складову.

5 ОЦІНКА АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТІВ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

У структурі сільськогосподарського землекористування області переважає рілля – 1725,0 тис. га, багаторічні насадження займають площу 51,5 тис. га, пасовища і сіножаті – 236,9 тис. га. Сільськогосподарська освоєність території Вінницької області є дуже високою – 77,3% (по районах 67,2-87,7%), розораність складає 66,2% (по адміністративних районах 53,7-79,6%). Найвищий відсоток розораності території в Найвищий відсоток розораності території в Теплицькому, Липовецькому, Бершадському, Козятинському, Чернівецькому [8].

За класифікацією ґрунтів і земель України та їх придатністю до сільськогосподарського виробництва ґрунти Вінниччини по родючості розміщуються від четвертого (70-61 бал) до восьмого (30-21 бал) класу. Це ґрунти від високої родючості (добрі землі) до групи ґрунтів низької якості (малоцінні землі) по загальній класифікації ґрунтів і земель України.

Основні ґрунти області це чорноземи (50,1% площі сільськогосподарських угідь) та сірі лісові (майже 33%).

Ґрунти Північної та Південної зони області більш родючі, вміст гумусу є вищим; центральна частина області, де ґрунтовий покрив представлений сірими лісовими ґрунтами, що за своєю природою є досить бідними на вміст органічної речовини, досить відчутно знижує середній показник вмісту гумусу по області.

Баланс поживних речовин в ґрунтах області, як і баланс вмісту органічної речовини (гумусу) є також дефіцитним. Якісні показники родючості ґрунтів з кожним туром агрохімічного обстеження частково знижуються, тому необхідно постійно проводити відповідні ґрунтоохоронні заходи. Це насамперед внесення органічних та мінеральних добрив, посіви

сидератів, вапнування кислих ґрунтів (меліорація), боротьба з водною ерозією та ін.

Розглядаючи зонально, найбільш закисленою зоною ґрунтового покриву є Центральна, частково Південна. В Північній зоні знаходяться досить незначні площі кислих ґрунтів[1;2;3;4;5].

На рисунку 5.1 – наведена характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом гумусу.

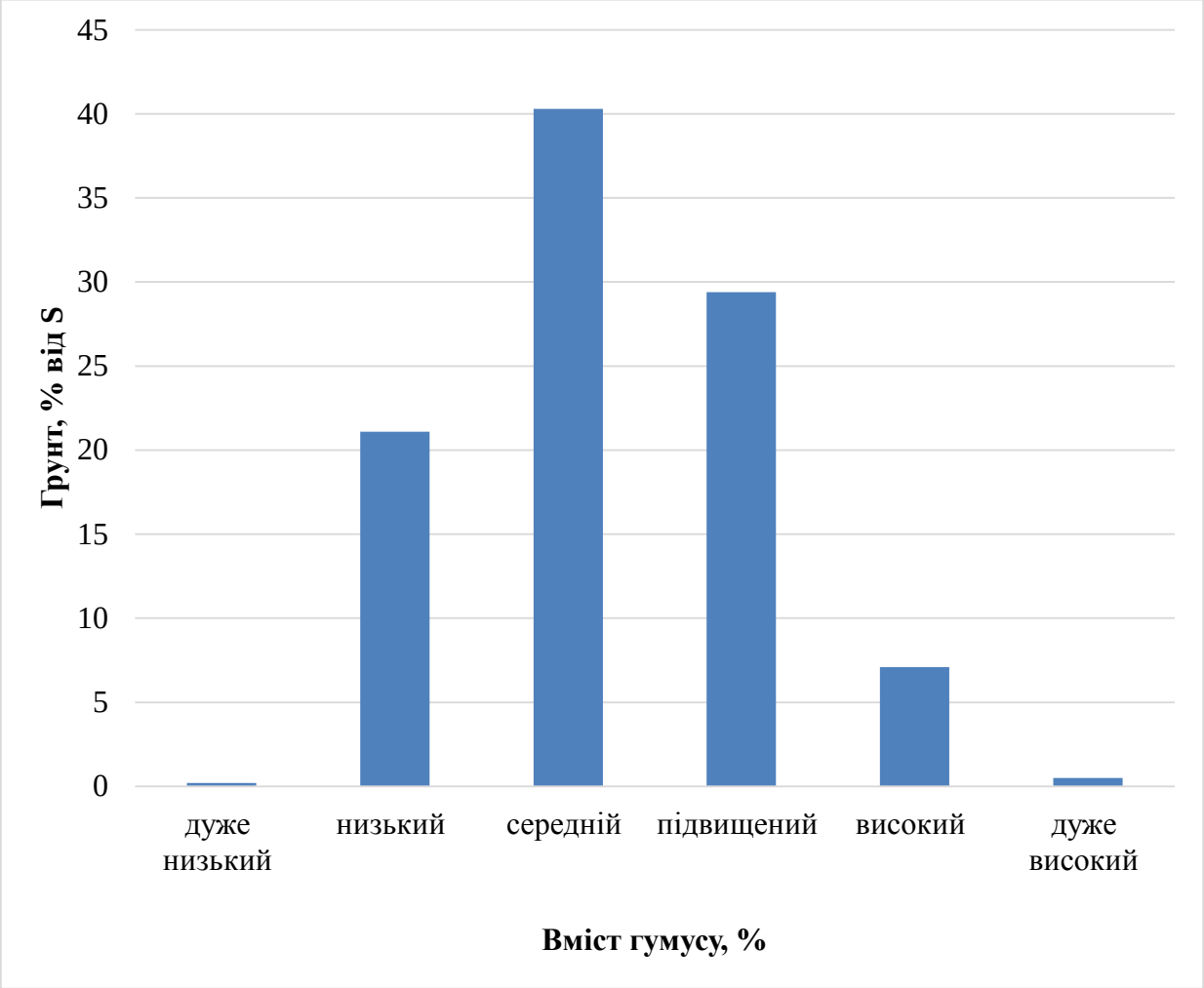

Рисунок 5.1 – Характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом гумусу (за автором)

Примітка (За Гришиною Л. А., Орловим Д. С): дуже низький <1,1; низький 1,1-1,2; середній 2,1-3,0; підвищений 3,1-4,0; високий 4,1-5,0; дуже високий >5,0.

З графіку видно що найбільший відсоток грунту (40% грунтів) містить середній вміст гумусу, а дуже низький вміст гумусу містить 0,2% грунтів. Середній показник вмісту гумусу по області складає 3,5 %.

На рисунку 5.2 представлена характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом азоту.

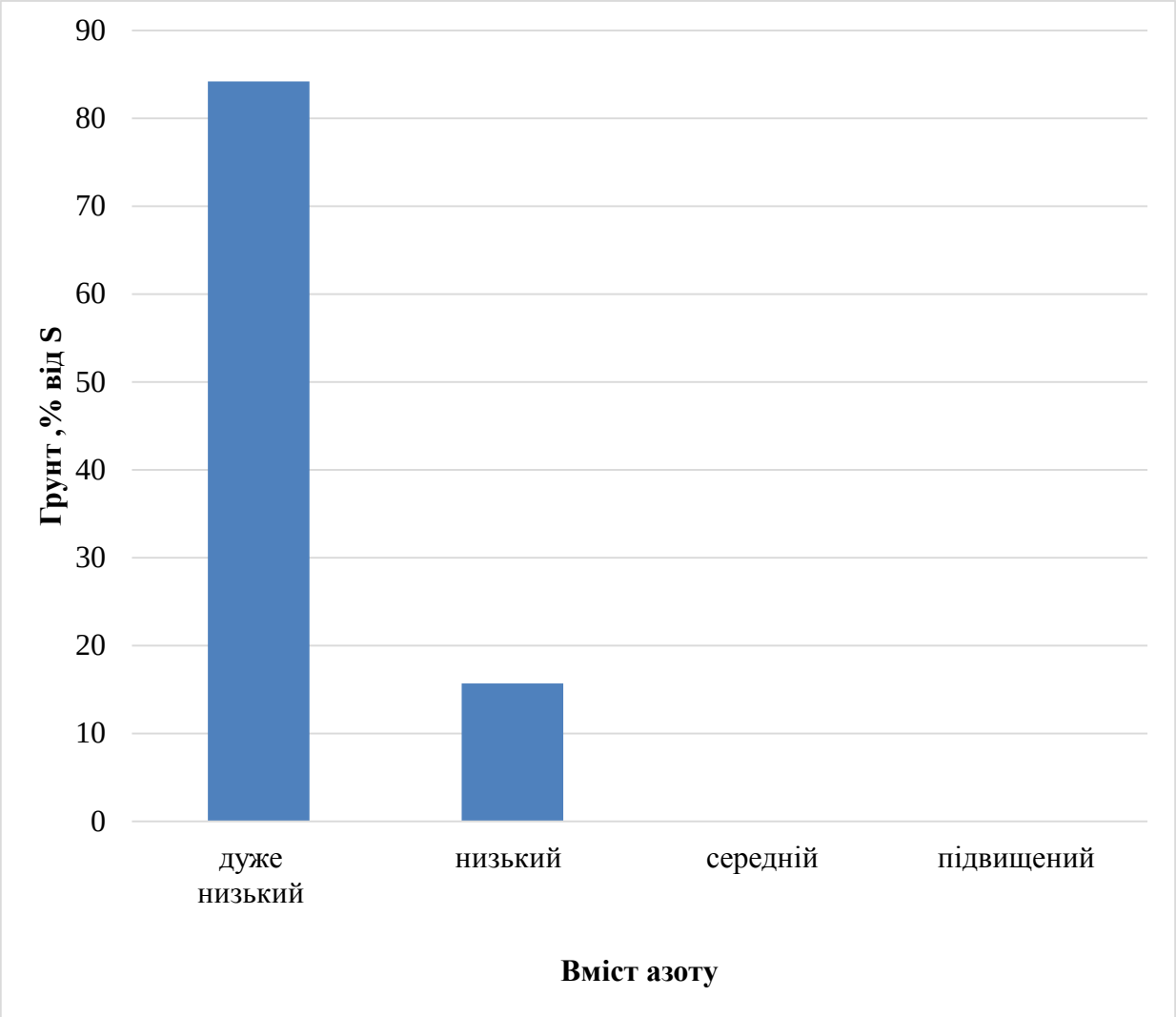

Рисунок 5.2 – Характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом азоту (за автором)

Примітка (за методом Корнфілда): дуже низький <100 мг/кг; низький 101-150 мг/кг; середній 151-200 мг/кг; підвищений >200 мг/кг.

З цього графіку видно, що майже 85% грунтів містить дуже низький вміст азоту, а підвищений вміст азоту відсутній.

На рисунку 5.3 – представлена характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом рухомого фосфору.

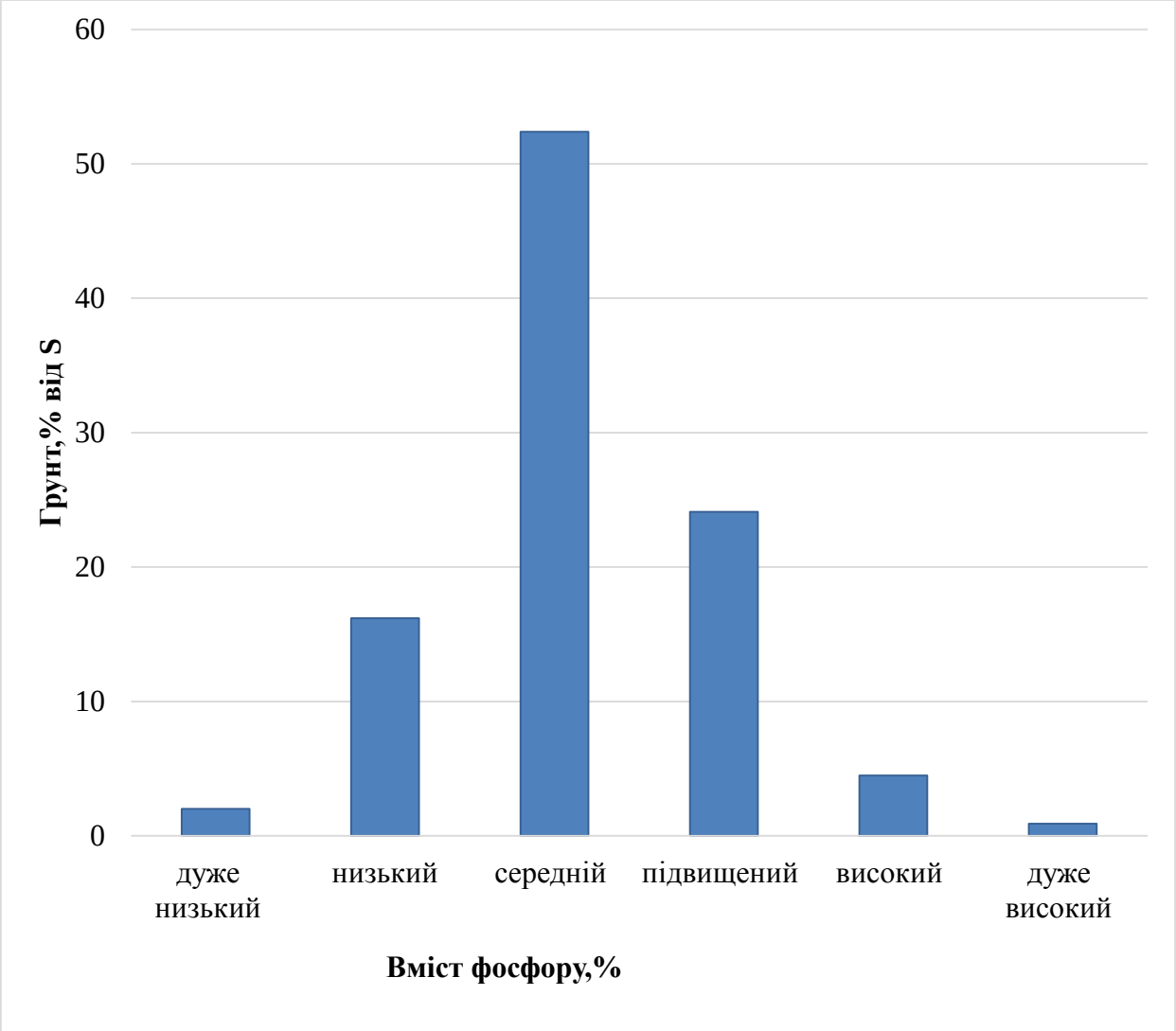

Рисунок 5.3 – Характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом рухомого фосфору(за автором)

Примітка (за методом Чирикова) : дуже низький < 20 мг/кг; низький 21-50 мг/кг; середній 51-100 мг/кг; підвищений 101-150 мг/кг; високий 151-200 мг/кг; дуже високий > 200 мг/кг.

Аналізуючи графік видно, що приблизно 53% земель містить середній вміст фосфору, і найменший відсоток земель містить дуже високий вміст фосфору.

На рисунку 5.4 представлена характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом калію.

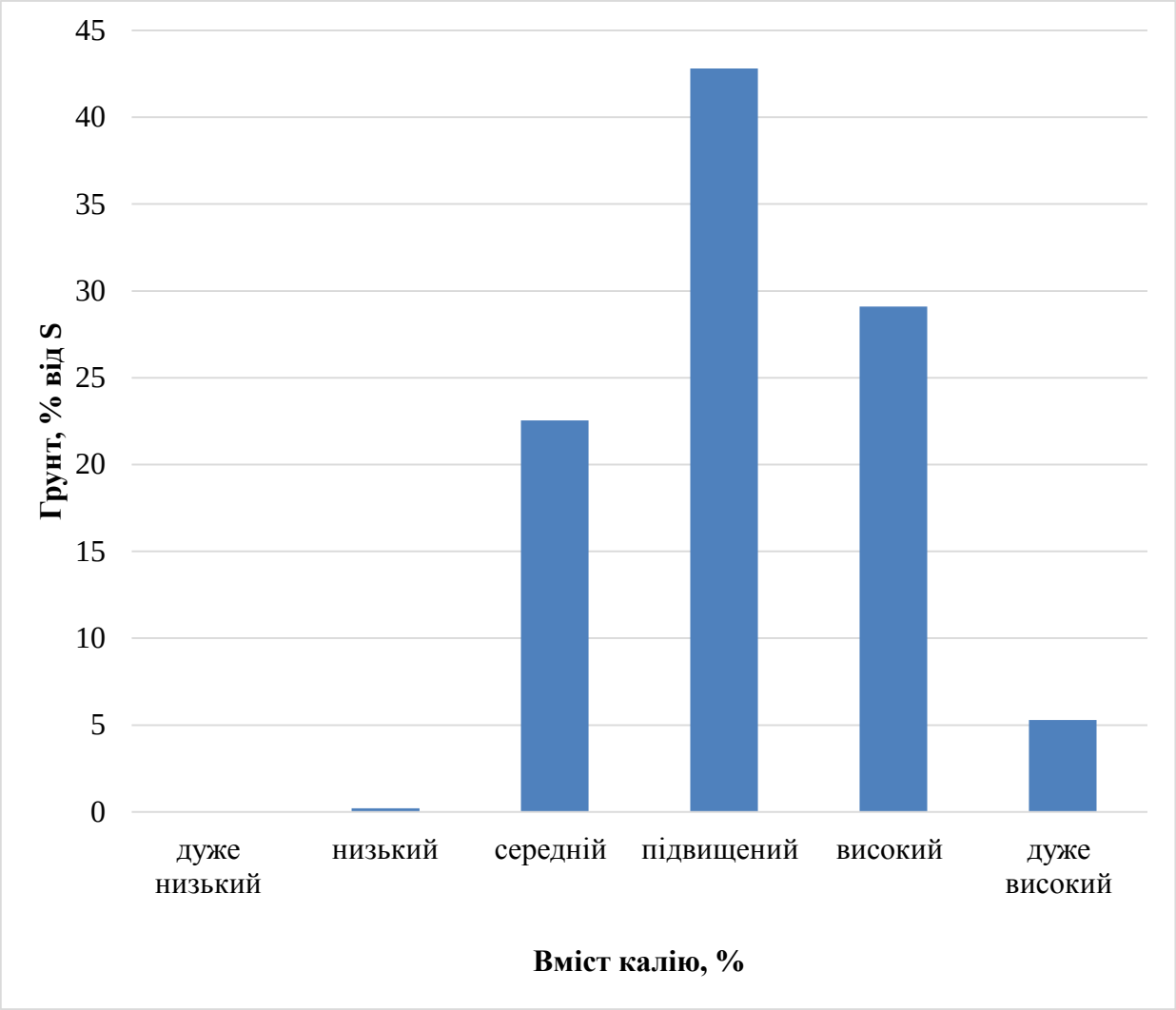

Рисунок 5.4 – Характеристика площі грунтів Вінницької області за вмістом калію (за автором)

Примітка (за методом Чирикова): дуже низький < 20; низький 21-40; середній 41-80; підвищений 81-120; високий 121-180; дуже високий >180.

З графіка видно, що підвищений вміст калію спостерігається майже в 42,5% грунтів, дуже низький вміст калію не спостерігається взагалі.

На рисунку 5.5 представлена характеристика площі грунтів Вінницької області за ступенем кислотності .

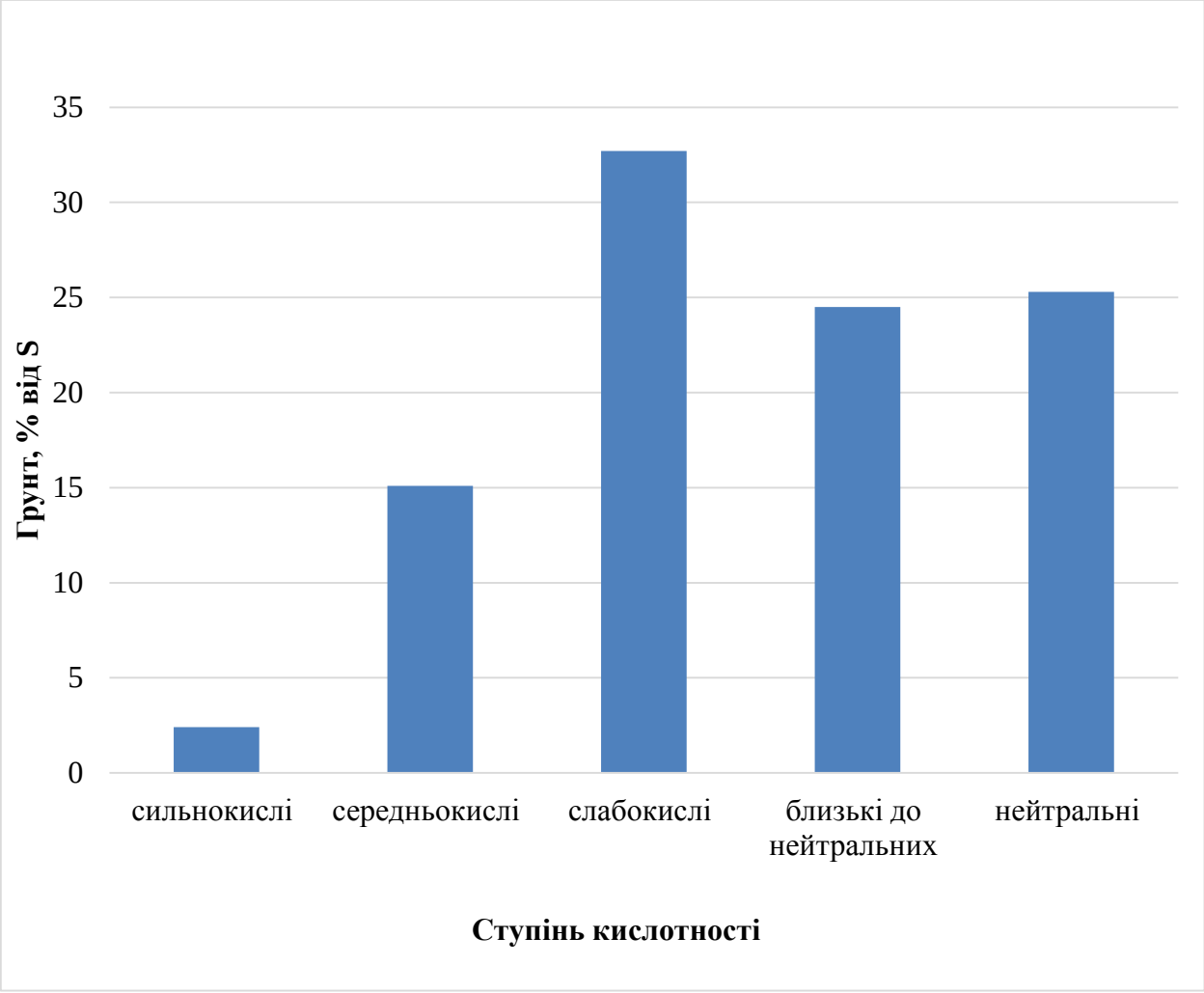

Рисунок 5.5 – Характеристика площі грунтів Вінницької області за ступенем кислотності (за автором)

Примітка (Патика В.П.): сильно кислі <4,5; середньокислі 4,6-5,0; слабокислі 5,1-5,5; близькі до нейтральних 5,6-6,0; нейтральні >6.

З цього графіку видно, що майже 33% грунтів є слабкокислими та приблизно 2,5% являються сильнокислими грунтами.

На рисунку 5.6 представлено забруднення свинцем грунтів Вінницької області 2011 рік.

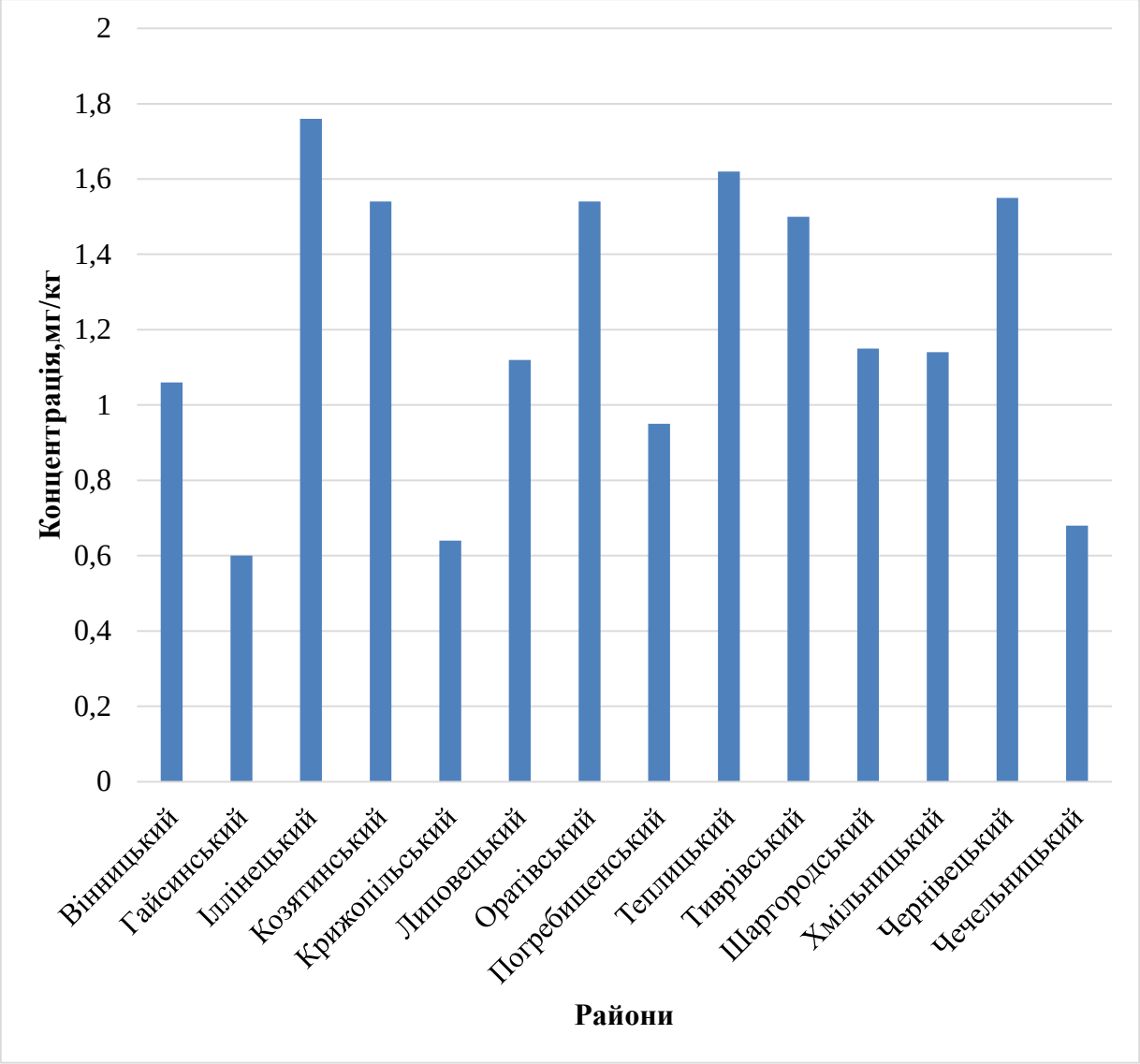

Рисунок 5.6 –Забруднення свинцем грунтів Вінницької області 2011 рік (за автором)

Аналізуючи графік видно, що районами які найбільш забруднені свинцем являються східні райони області, до яких відносяться – Іллінецький, Оратівський та Теплицький райони області. Найменш забрудненими є

південні райони області, до яких відносяться – Гайсинський та Крижопільський та Чечельницький райони. Так як ГДК свинцю становить 2 мг/кг, то перевищення по даномк важкому металу не спостерігається ні в одному районі.

На рисунку 5.7 представлено забруднення кадмієм грунтів Вінницької області 2011 рік.

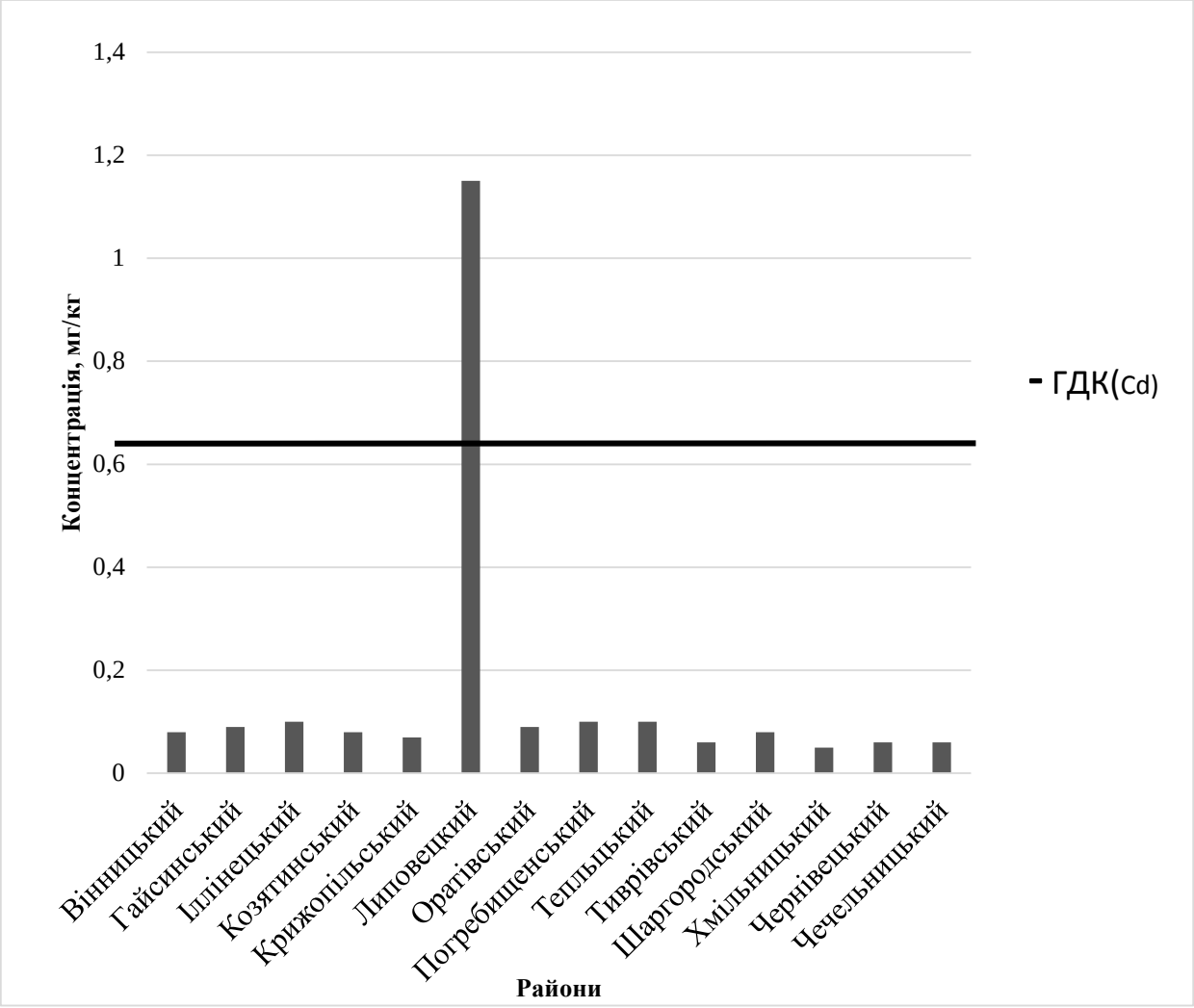

Рисунок 5.7 – Забруднення кадмієм грунтів Вінницької області 2011 рік (за автором)

Аналізуючи графік можна побачити те, що практично по всій території спостерігається не значний вміст цього металу, що складає 0,1 мг/кг грунт.

Винятком є тільки Липовецький район де вміст кадмію складає –1,15 мг/кг грунту, що у 1,5 рази вище за ГДК (ГДК(Cd) становить 0,7 мг/кг). Липовецький район розташований у центральній частині області, де відбувається значне навантаження за рахунок розташування значної кількості об'єктів, які викликають значне навантаження.

На рисунку 5.8 представлено вміст залишкових кількостей пестицидів (ЗКП) у 2011 році.

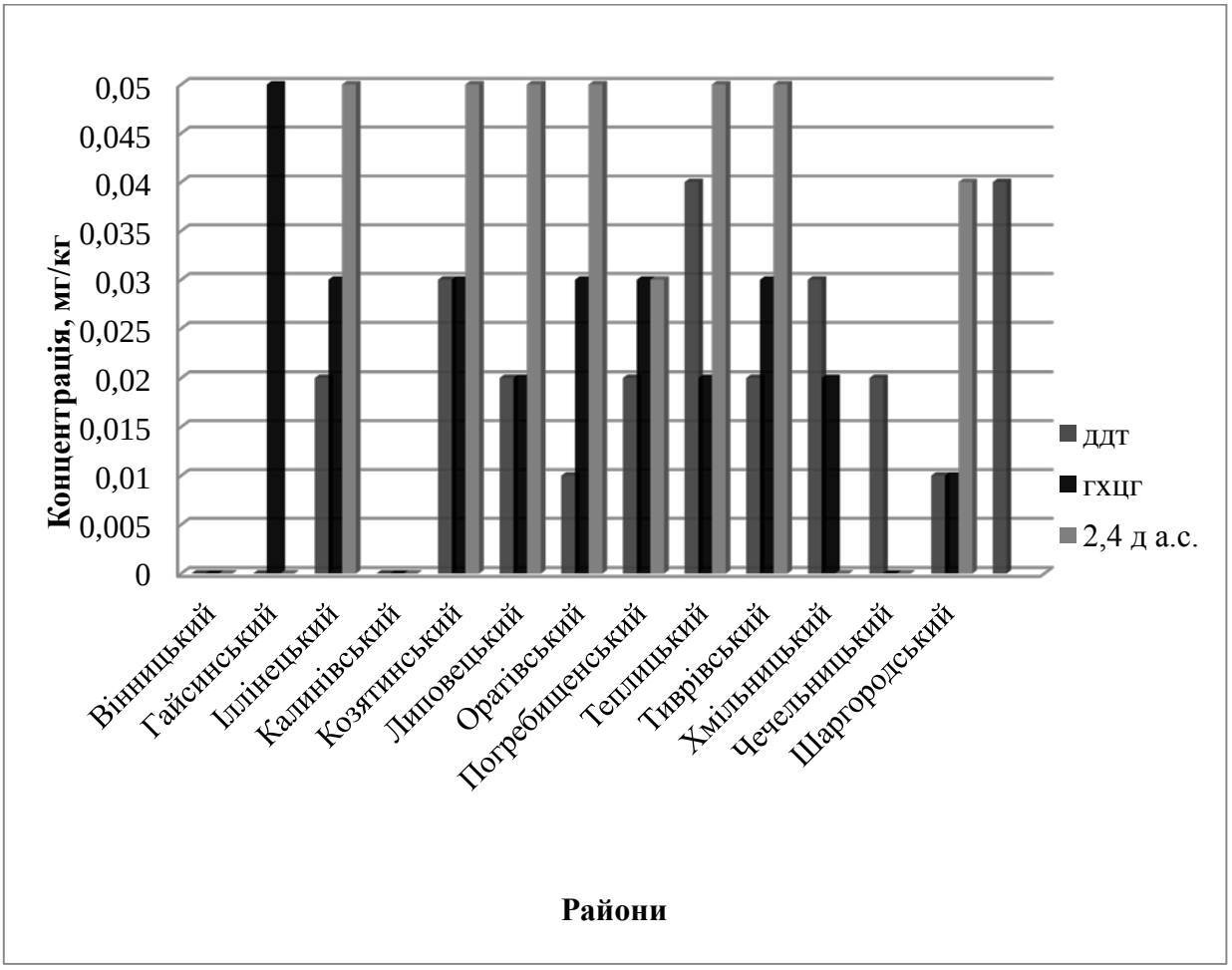

Рисунок 5.8 – Вміст залишкових кількостей пестицидів (ЗКП) у 2011 році (за автором)

Аналізуючи графік видно, що найменший вміст у грунтах залишкових кількостей пестицидів (ЗКП) спостерігається в Вінницькому районі та Калинівському. Найбільший вміт залишкових кількостей пестицидів

спостерігається у Козятинському, Теплицькому, Іллінецькому та Тиврівському районах.

Проаналізував посівні площі сільськогосподарських культур зроблено висновок, що ці райони займають найбільші площі сільськогосподарських угідь. Мабуть тому у них спостерігається максимальний вміст залишкових кількостей пестицидів. В цілому по всій території за трьома досліджуваними пестицидами перевищень значень ГДК не спостерігалось. Значення ГДК(ДДТ) становить 0,1 мг/кг, ГДК(ГХЦГ) - 0,1 мг/кг, ГДК(2,4 д а.с.) – 0,25 мг/кг.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної магістерської роботи були зроблені наступні висновки:

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.

2. Розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь (площадні джерела) проводився на основі відомих агрохімічних залежностей, які зв’язують кількість речовин, що виносяться з властивостями ґрунту, видами та врожайністю сільськогосподарських культур.

3. Дві третини території Вінницької області зайнята сільськогосподарськими землями і є основною з вирощування сільськогосподарських рослин на території України.

4.Середній віст гумусу містять близько 40% грунтів. Середній вмісту гумусу по області складає 3,5%.

5. Майже 85% грунтів містять низький вміст азоту, приблизно 53% грунтвів містять середній вміст фосфору, 42,1% грунтів містять підвищений вміст калію. За фосфором спостерігається більш позитивна ситуація, що видно з графіка. На більшості площі грунтів вміст фосфору має середні значення, що складає біля 100%. Площі грунтів, які мають високий та підвищений вміст цього елементу складають біля половини від загальної площі Вінницької області.

6. Виконана агроекологічна оцінка стану грунтів про вміст найбільш токсичних важких металів за 2011 рік по всім районам Вінницької області. Найбільші значення концентрацій свинцю спостерігаються у східних районах області, до яких відносяться – Іллінецький, Оратівський та

Теплицький райони області, найменші значення спостерігаються у південних районах області, до яких відносяться – Гайсинський та Чечельницький райони. Треба зазначити, що в цілому по області перевищень ГДК не спостерігається (ГДК=2 мг/кг). Другий ВМ, який розглядався в рамках роботи це кадмій. Особливістю забруднення грунтів Вінницької області кадмієм є те, що практично по всій території спостерігається незначний вміст цього металу, що складає 0,1 мг/кг грунту. Винятком є тільки Липовецький район де вміст кадмію складає 1,15 мг/кг грунту, що у 1,5 рази вище за ГДК. (ГДК= 0,7 мг/кг). Липовецький район розташований у центральній частині області, де відбувається значне навантаження за рахунок розташування значної кількості об'єктів, які викликають значне навантаження.

7. Другим основним забруднювальним елементом грунтового покриву є пестициди, тому проаналізовані дані про залишкові кількості пестицидів у грунтах Вінницької області за 2011 рік. Найбільший вміст у грунтах залишкових кількостей пестицидів спостерігається у Козятинському, Теплицькому, Іллінецькому та Тиврівському районах. Проаналізував посівні площі сільськогосподарських культур зроблено висновок, що ці райони займають найбільші площі сільськогосподарських угідь. Мабуть тому у них спостерігається максимальний вміст залишкових кількостей пестицидів. В цілому по всій території за трьома досліджуваними пестицидами перевищень значень ГДК не спостерігалось.

8. Основним джерелом біогенних елементів є мінеральні та органічні добрива, тому для кожної сільськогосподарської культури проаналізовано кількість та якість вносимих добрив. Найбільша кількість у грунт вноситься фосфорних добрив, найменша – калійних.

9. Розраховані коефіцієнти використання мінеральних добрив для всіх с/г культур. Найбільші значення коефіцієнтів отримані для азотних та калійних, найменші для фосфорних. При цьому культура яка найбільш

ефективно використовує добрива – це картопля та соняшник. Найменші – кукурудза та ярий ячмінь.

10. За допомогою математичної моделі були розраховані значення виносу біогенних елементів сільськогосподарською рослиною за період з 2005 по 2013 роки. В якості моделюємої рослини була вибрана така рослина як ріпак озимий. Ця культура в останні роки займала досить великі площі посіву не тільки у Вінницькій області, але й у цілому по Україні. Динаміка питомого виносу показує значне збільшення виносу біогенних елементів, за цей період воно збільшилось практично у 2 рази.

11. Найбільші значення виносу біогенних речовин отримані з площ зайнятих такою культурою як соняшник, найменші – соєю . Особливістю даних розрахунків є те, що для ріпаку озимого фактичний винос перевищує потенційно можливий.

12. Запропонована модель дозволяє розрахувати загальний винос біогенних елементів з усієї площі і визначити загальний коефіцієнт виносу. Загальний коефіцієнт виносу приймає значення 14,1 %, тобто така кількість біогенних елементів виноситься з площі зайнятою с/г культурами у Вінницькій області за даними 2013 розрахункового року.

13. Основним етапом моделювання є визначення або ідентифікація параметрів даної моделі стосовно умов і об’єкта дослідження. Визначені параметри запропонованої моделі стосовно умов Вінницької області, а також характеристики с/г рослин. Ідентифікація виконувалася методом Розенброка, який дозволяє з достатньою ступінню імовірності виконати ці розрахунки.

14. В рамках роботи визначена математична модель виносу біогенних елементів, визначені параметри моделі стосовно умов Вінницької області та надані практичні рекомендації щодо оптимальних норм внесення мінеральних та органічних добрив з ціллю отримання більш високих врожаїв сільськогосподарських рослин та зменшення антропогенного навантаження на агроекоценози Вінницької області.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за 2009 рік// Довкілля Вінничини URL: http://vineco.ucoz.org/load/st_d/r_d/dopovid_za_2009_rik/1-1-0-113

2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за період 2010 рік// Довкілля Вінничини URL:http://vineco.ucoz.org/load/st_d/r_d/regionalna_dopovid_pro_stan_dovkillja_za_2010_rik/1-1-0-196

3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за період 2011 рік// Довкілля Вінничини URL:http://vineco.ucoz.org/load/st_d/r_d/regionalna_dopovid_pro_stan_dovkillja_oblasti_u_2011_roci/1-1-0-316

4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за період 2012 рік// Довкілля Вінничини URL:http://vineco.ucoz.org/load/st_d/r_d/regionalna_dopovid_pro_stan_dovkillja_oblasti_u_2012_roci/1-1-0-415

5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за період 2013 рік// Довкілля Вінничини URL: http://vineco.ucoz.org/load/st_d/r_d/regionalna_dopovid_za_2013_rik/1-1-0-524

6. Городній М. М. та ін. Агрохімія: підручник/ Київ: ТОВ “Алефа”, 2003. 778 с.

7. Агроэкология/ В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев и др.; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса ; Москва, 2000. 536 с.

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

9. ДСТУ 4362: 2004 Якість ґрунту. Показники родючості грунтів. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.

10. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. Москва: Наука, 1965. 320 с.

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

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

13. Корнеева Г.В. Растениеводство. Москва: "Колос" 1999. 368 с.

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

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

16. Бука А.Я. Влияние осенней и весенней подкормки на урожай и качество зерна озимой пшеницы в юго-восточной части левобережной Лесостепи УССР // Агрохимия. 1970. №3. С. 21–27.

17. Алексеев А.М., Гусев Н.А. Влияние корневого питания на водный режим/ Москва, 1957. 220 с.

18. Павленко М.К. Загальне землеробство / Київ: Вища школа, 1977.

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

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

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

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

23. Карнаухов А.И., Безнис А.П. Бионеорганическая химия: учебное пособие / Київ: Вища школа, 1992. 232 с.

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

25. 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.

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

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

28. Лактіонов М.І. Агрогрунтознавство. навч. посібн. /ХДАУ ім.В. В. Докучаева. Харків: Видавець Шуст А.І., 2001. 156 с.

29. Трахтенберг И.М. Книга о ядах и отравлениях. Київ: Наукова думка, 2000. 366 с.

30. Носко Б., Христенко А., Максимова В. та ін. Використання фосфоритів родовищ України на чорноземних грунтах // Вісник аграрної науки. 2001. №1. С.3/4-36.

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

32. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии / Москва: Изд-во МГУ, 1988. 251 с.

33. Патика В. П., Тараріко О. Г. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.

34. Методические рекомендации по расчету выноса биогенных веществ поверхностным стоком. ВАСХНИЛ / Москва: 1989. 23 с

35. Коліник А.В. Дисертаційна робота / 2013р.

36. Полевой А.Н. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения агроэкосистем / Метеорология и гидрология, 1983. п.12. с.97-105.

37. Россю.К. К математическому описанию роста растений // ДАН АН СССР, 1966. № 2. С.481- 483с.

38. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / Ленинград: Гидрометеоиздат, 1988. 319 с.

39. Добрива та їх використання / Марчук І. У., Макаренко В. М., Розстапьний В. Є., Савчук А. В. Київ: 2002. 243 с.

40. Ракоїд О.О. Методичні рекомендації з комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення / Київ: Логос, 2008. 51 с.

41. Куценко А.М., Писаренко В.Н. Охрана окружающей среды в сельском хозяйстве / Киев: Урожай, 1991. 387 с.

42. Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г.. Моделювання та прогнозування стану довкілля: конспект лекцій / Одеса: «ВМВ», 2006. 181с.

43. Екологічна токсикологія / Овруцький О. В., Шумейко В. М., та ін. / Київ: Столиця, 1998. 204.

44. В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. Система применения удобрений / Москва: Колос, 2002. 320с.

45. Крикунов В. Г. Ґрунти та їх родючість: підручник / Київ: Вища школа, 1993.287 с.

46. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистемы / Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981.167с.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Ільїна В.Г., Симак Т.А. Оцінка вмісту мікроелементів в агроекосистемах Вінницької області / Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – Одесса, 2016. – 0,4 д. а.

2.Ільїна В.Г., Симак Т.А. Оцінка виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь Вінницької області / Міжнародна наукова конференції молодих вчених 1-3 червня 2016р., Одеса, Україна. – Одеса: ТЕС, 2016. – 219 с.

3. Ільїна В.Г., Симак Т.А. Моделювання впливу мінерального живлення рослин на стан агроценозів Вінницької області / Матеріали XV наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 4- 13 травня 2016 р.: Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, 2016. – 85 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А - Питомий винос біогенів з площі, зайнятою і–ю сільськогосподарською культурою (R_i) (кг/га)

Культура	Рік								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ріпак озимий	295,5	320,6	268,5	481,0	415,3	374,7	390,2	452,0	523,5
Горох	490,7	352,8	191,6	406,6	365,4	284,8	304,5	374,3	417,3
Цукровий буряк	962,3	1111,2	1131,1	1376,7	1107,0	1250,3	1597,9	1338,1	1529,5
Просо	213,1	245,4	175,5	234,6	238,2	326,0	327,8	266,9	358,2
Соя	229,9	264,6	189,3	253,0	256,9	351,5	353,5	287,8	386,3
Соняшник	197,0	272,2	252,5	327,8	374,3	300,9	349,2	394,0	544,5

ДОДАТОК Б – Вміст хімічних елементів у фосфорному добриві АФК

Компоненти	Вміст	
	%	мг/кг
Загальні фосфати у перерахунку на $P_2\ O_5$	12,0	120000
Водорозчинні фосфати у перерахунку на $P_2\ O_5$	2,0	20000
Калій загальний у перерахунку на $K_2\ O$	2,5	25000
Кальцій загальний у перерахунку на CaO	27,0	270000
Залізо загальне у перерахунку на $Fe_2\ O_3$	12,1	121000
Алюміній загальний у перерахунку на $Al_2\ O_3$	3,9	39000
Магній загальний у перерахунку на MgO	1,8	18000
Кремній загальний у перерахунку на SiO_2	34,0	340000
Карбонати загальні у перерахунку на CO_2	4,3	43000
Фтор загальний у перерахунку на F	1,6	16000
Кадмій загальний у перерахунку на Cd	0,0004	4
Свинець загальний у перерахунку на РЬ	0,0002	2
Миш'як загальний у перерахунку на As	0,0001	1

ДОДАТОК В - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування СГА щодо його впливу на ґрунт та водні об'єкти

Елемент	G, мг/га	A, мг/га	Тк	Сст, мг/л	Р мг/л	С мкг/л
Cd	2	1590000	>100	0,02	0,02	0,17
Pb	201	8520000	>100	0,003	0,003	2,01
As	0,2	2496000	>100	0,002	0,002	1,00
F	8000	3600000	45	80,0	80,0	366,7
Fe	60005	5837000	>100	600,5	600,5	2001,7

ДОДАТОК В2 - Зведені показники агроекологічної оцінки застосування СГА щодо його впливу на ґрунт та водні об'єкти

Елемент	G мг/га	A мг/га	Тк	Сст мг/л	Р мг/л	С мкг/л
Zn	1250	10080000	>100	12,5	12,5	41,6
Cu	2950	88800000	>100	8,85	8,85	29,5
Ni	1100	4080000	>100	3,3	3,3	11,0
Pb	5	8520000	>100	0,015	0,015	0,05
Cd	5	1590000	>100	0,05	0,05	0,16

ДОДАТОК Г - Класифікація мінеральних добрив за показниками впливу на ґрунтову систему

Критерій	Клас небезпечності			
1	II	III	IV	
Перевищення фонового вмісту (елементи 1 - II класу небезпечності), кратність	>6	5-6	3-4	<2
Перевищення ГДК (елементи 1 - II класу небезпечності, рухомі форми), кратність	>10,0	2,1-10,0	1,1-2,0	< 1,0
Час досягнення критичної концентрації - Тк, роки	< 10	10-30	31-100	> 100
Зміна кислотно-основних показників ґрунту рНвод				
Підвищення кислотності на одиниці pH	>2,5	2,5-1,0	0,9-0,5	< 0,5
Підвищення лужності на одиниці pH	> 1,3	1,3-0,8	0,7-0,3	< 0,3
pHKCl, підвищення на одиниці pH	> 1,5	1,5-1,0	0,9-0,5	< 0,5
Гідролітична кислотність підвищення на мг-екв/100 г ґрунту	>4,0	4,0-2,0	1,9-1,0	< 1,0
Активність радіальної міграції				
Кс, кратність	>5,0	3,0-5,0	1,1-2,9	< 1,0
Швидкість, см/3 міс,	>50	50-21	20-10	<10
Вплив на біологічну активність ґрунту				
Зниження чисельності (активності),%	51-100	26-50	10-25	< 10
Час відновлення, міс,	>6	3-6	1-2	< 1

ДОДАТОК Д - Довідкові дані щодо умісту діючої речовини та домішок у основних видах добрив

Добриво	Уміст діючої речовини, %	Уміст домішок, мг/кг				
		Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
Аміачна селітра	0,2	0,25	0,84	0,05	0,2	
Сульфат амонію						
Суперфосфат простий	20,0	12,3	31,2	26,5	29	0,25
Суперфосфат подвійний	48,6	10,0	18,3	12,9	21,7	0,25
Хлористий калій	3,1	8,7	4,3	8,7	0,25	
Сульфат калію	12,0	1,0				
Амофос	51,2	14,0	5,0	0,5	6,5	0,36
Сульфат-гумат амонію	21,6	12,5	29,5	11,0		

ДОДАТОК Е - Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв

Елементи	Класи якості води				
1 (дуже чиста)	II (чиста)	III (забруднена)	IV (брудна)	V (дуже брудна)	
За критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії, мкг/л					
Hg	<0,02	0,02-0,2	0,21-1,0	1,01-2,5	>2,5
Cd	<0,1	0,1-0,2	0,3-1,5	1,6-5,0	>5,0
Cu	<1	1-2	3-25	26-50	>50
Zn	<10	10-20	21-100	101-200	>200
Pb	<2	2-10	11-50	51-100	>100
Cr	<2	2-5	6-25	26-50	>50
Ni	<1,0	1-10	11-50	51-100	>100
As	<1,0	1-5	6-25	26-35	>35
Fe	<50	50-100	101-1000	1001-2500	>2500
Mn	<10	10-50	51-500	501-1000	>1000
F	<100	100-150	151-500	501-1000	>1000
За критеріями забруднення компонентами сольового складу, мг/л					
хлориди	<20	21-75	76-200	201-300	>300
сульфати	<50	51-100	101-200	201-300	>300