

# АГРОХІМІЯ і ГРУНТОЗНАВСТВО



МІЖВІДОМЧИЙ  
ТЕМАТИЧНИЙ  
НАУКОВИЙ  
ЗБІРНИК

78



УДК 631.95

## **ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ І МІГРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОФІЛІ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ**

**Н.А. Макаренко<sup>1</sup>, О.В. Тогачинська<sup>1</sup>, В.І. Бондарь<sup>1</sup>, І.В. Парашенко<sup>1</sup>,  
І.М. Свидинюк<sup>2</sup>, О.В. Ничик<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Інститут агроекології і природокористування НААН*

*<sup>2</sup>ННЦ "Інститут землеробства НААН"*

*<sup>3</sup>Національний університет харчових технологій*

*E-mail: tytyn29@ukr.net*

*Викладено результати екологічної експертизи систем удобрення та хімічного захисту пшениці озимої у північному Лісостепу за показниками родючості і впливом на процеси міграції важких металів у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту. За результатами оцінювання екологічного стану ґрунту в умовах польового дослідження встановлено, що достатній рівень забезпечення рослин рухомими сполуками азоту, фосфору і калію досягається за використання високих і підвищених норм мінеральних добрив на фоні інтенсивного захисту рослин. Органічна система удобрення – приорювання побічної продукції – здебільшого не спроможна забезпечити нормальні умови мінерального живлення пшениці озимої.*

**Ключові слова:** екологічна експертиза, озима пшениця, важкі метали, темно-сірий опідзолений ґрунт.

**Вступ.** Використання агрохімікатів в агроєкосистемі є важливою умовою розвитку сучасного землеробства. Однак порушення наукових основ використання мінеральних і органічних добрив та засобів захисту рослин в агроценозі може призвести до незбалансованого живлення сільськогосподарських культур, зниження поживної цінності рослинної продукції та погіршення стану довкілля [1].

Науково доведено, що система удобрення має забезпечити високу врожайність культур з оптимальною якістю, збереження і підвищення родючості ґрунтів за додержання відповідних нормативів екологічної безпеки [1, 2].

До складу добрив входять важкі метали, які потенційно здатні забруднювати ґрунт, змінювати біологічні характеристики ґрунту, мігрувати у підґрунтові води, надходити у рослини і негативно впливати на якість сільськогосподарської продукції [2].

**Метою роботи** було проведення екологічної експертизи систем удобрення і хімічного захисту пшениці озимої за основними показниками родючості та характером міграції важких металів у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту в умовах польового дослідю.

**Методи досліджень.** Дослідження проводили в Інституті агроєкології і природокористування НААН та ННЦ "Інститут землеробства НААН" з пшеницею озимою сорту Лада Одеська на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті. Схема дослідю передбачала такі варіанти удобрення на фоні мінімальної й інтенсивної систем захисту рослин: 1 - контроль (без добрив), 2 -  $N_{60} + N_{30}$ , 3 -  $P_{135}K_{135} + N_{80} + N_{55}$ , 4 - побічна продукція, 5 -  $P_{90}K_{90} + N_{60} + N_{30}$ .

У польовому дослідю застосовували також систему інтенсивного захисту рослин із використанням різних пестицидів у дозах 0,2-0,5  $дм^3/га$ , та мінімального захисту – з використанням лише протруювача насіння у дозі – 1,5  $дм^3/т$ .

Облікова площа ділянки – 25  $м^2$ , повторність – 4-разова, розміщення ділянок – рендомізоване, попередник – горох. Агротехніка – загальноприйнята для цієї ґрунтово-кліматичної зони.

Ґрунт – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий на лесоподібному суглинку з такою характеристикою основних агрохімічних показників в орному шарі (0-20 см):  $pH_{con}$  – 5,2, гідролітична кислотність – 39 мекв/кг ґрунту, вміст загального гумусу – 2,0 % (за Тюрніним), рухомого фосфору – 160 мг/кг ґрунту (за Чиріковим), обмінного калію – 140 мг/кг ґрунту (за Масловою).

Профіль ґрунту: He 0-35см; Hi 35-80; I<sub>HgI</sub> 80-125; P<sub>gI</sub> 125-190; P<sub>kgI</sub> від 190 см і глибше.

Зразки ґрунту відбирали пошарово через 20 см до глибини 100 см. Визначення вмісту гумусу проводили за методом Тюрніна, легкогідролізованого азоту – за методом Корнфільда, доступного фосфору і обмінного калію – за методом Чирікова, гідролітичну кислотність – потенціометричним методом за Каппеном. Вміст мікроелементів та важких металів у ґрунті – атомно-адсорбційним методом.

### **1. Нормативи оцінювання технологій вирощування пшениці за впливом на стан агроєкосистеми**

Стан агроєкосистеми	Відхилення від оптимуму в бік погіршення	Оцінка, бали
Незадовільний	понад 25 %	0
Задовільний	10-25 %	1
Нормальний	не більше 10 %	2
Оптимальний	не спостерігається	3

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного і регресійного аналізів.

**Результати досліджень.** Екологічну експертизу систем удобрення і хімічного захисту пшениці озимої здійснювали згідно з методичними рекомендаціями [3]. Елементи технологій вирощування оцінювали за впливом на стан агроєкосистеми (табл. 1).

Оцінювання систем удобрення та хімічного захисту рослин за впливом на показники родючості ґрунту проводили шляхом порівняння фактичного стану ґрунту з еталонним (табл. 2). Еталоном є ґрунт з генетичними показниками родючості, згідно з нормативними документами (ДСТУ 4362:2004) [4].

Шляхом порівняння фактичних параметрів властивостей ґрунту в орному шарі на дослідних ділянках з нормативними параметрами дано екологічну оцінку системам удобрення на фоні інтенсивного і мінімального захисту рослин (табл. 3).

Стан ґрунту, бали	Нормативні параметри властивостей ґрунту в орному шарі				
	Вміст гумусу, %	Вміст азоту, що легко гідролізується, мг/кг	Вміст рухомого фосфору, мг/кг	Вміст рухомого калію, мг/кг	pH сол
Незадовільний, 0	< 3,0	< 64	< 109	< 109	< 4,3
Задовільний, 1	3,0–3,5	64–76	109–130	109–130	4,3–5,0
Нормальний, 2	3,6–3,9	77–84	131–144	131–144	5,1–5,6
Оптимальний, 3	≥ 4,0	≥ 85	≥ 145	≥ 145	5,7

### 3. Оцінка екологічного стану темно-сірого опідзоленого ґрунту у межах орного шару щодо вимог пшениці озимої <sup>1)</sup>

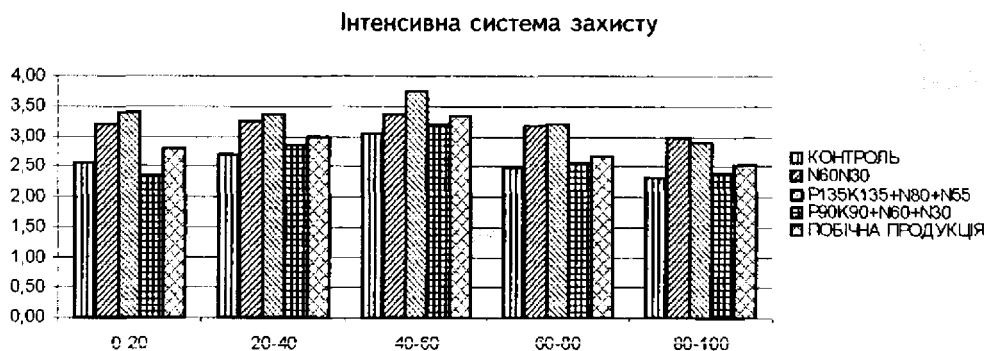
Варіант дослідю (система удобрення)	Параметр показника	Стан ґрунту	Оцінка, бали
<i>Вміст гумусу, %</i>			
1. Контроль	2,2/2,0	незадовільний/незадовільний	0/0
2. N <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	2,6/2,4	-//-	0/0
3. P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + N <sub>80</sub> + N <sub>55</sub>	2,9/2,2	-//-	0/0
4. Побічна продукція	2,5/2,2	-//-	0/0
5. P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	2,5/2,1	-//-	0/0
<i>Вміст азоту, що легко гідролізується, мг/кг</i>			
1. Контроль	77/72	нормальний/задовільний	2/1
2. N <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	74/74	задовільний/задовільний	1/1
3. P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + N <sub>80</sub> + N <sub>55</sub>	88/81	оптимальний/нормальний	3/2
4. Побічна продукція	77/74	нормальний/задовільний	2/1
5. P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	84/85	-//-	2/1
<i>Вміст рухомого фосфору, мг/кг</i>			
1. Контроль	81/75	незадовільний/незадовільний	0/0
2. N <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	110/127	задовільний/задовільний	1/1
3. P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + N <sub>80</sub> + N <sub>55</sub>	173/196	оптимальний/оптимальний	3/3
4. Побічна продукція	94/103	незадовільний/незадовільний	0/0
5. P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	241/228	оптимальний/оптимальний	3/3
<i>Вміст обмінного калію, мг/кг</i>			
1. Контроль	69/64	незадовільний/незадовільний	0/0
2. N <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	92/70	-//-	0/0
3. P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + N <sub>80</sub> + N <sub>55</sub>	140/162	нормальний/оптимальний	2/3
4. Побічна продукція	134/125	нормальний/задовільний	2/1
5. P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	224/204	оптимальний/оптимальний	3/3
<i>реакція ґрунтового розчину, pH</i>			
1. Контроль	6,6/6,7	оптимальний/оптимальний	3/3
2. N <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	6,8/6,2	-//-	3/3
3. P <sub>135</sub> K <sub>135</sub> + N <sub>80</sub> + N <sub>55</sub>	6,0/6,3	-//-	3/3
4. Побічна продукція	6,7/6,8	-//-	3/3
5. P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	6,0/6,2	-//-	3/3

<sup>1)</sup> за інтенсивного захисту/ за мінімального захисту рослин

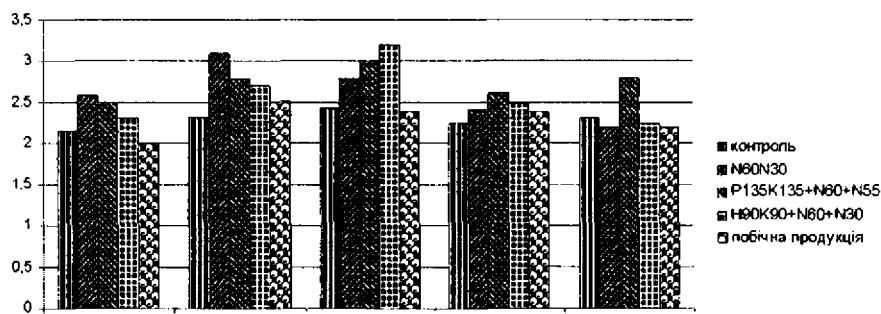
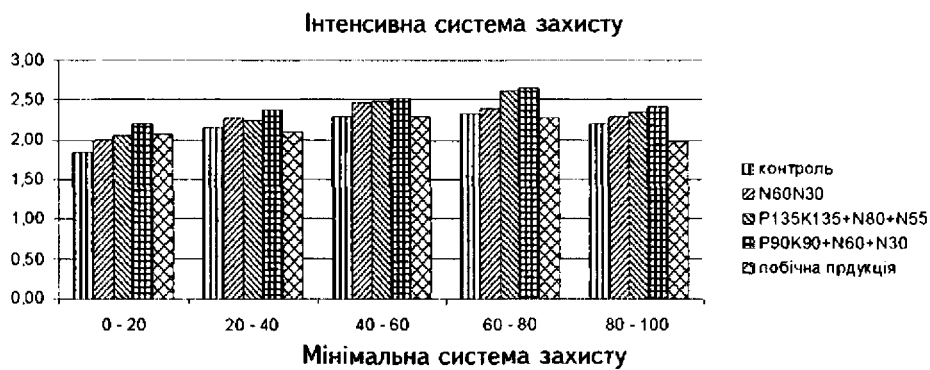
Результати свідчать, що всі системи удобрення на фоні інтенсивного і мінімального захисту за вмістом гумусу не змінюють екологічного стану ґрунту, а за вмістом легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору і обмінного калію – забезпечують оптимальний, нормальний і задовільний екологічний стан.

Було проведено екологічну експертизу систем удобрення та хімічного захисту пшениці озимої за впливом на процеси міграції у профілі ґрунту важких металів (рис. 1, 2).

Вважають, що розподіл важких металів за генетичними горизонтами ґрунту визначається процесами ґрунтоутворення і мінералогічним складом материнських порід. Також рівень вмісту важких металів залежить від гранулометричного складу і вмісту гумусу [5].



**Рис. 1.** Вміст свинцю у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту, мг/кг (2006–2008 рр.)



**Рис. 2.** Вміст міді у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту, мг/кг (2006–2008 рр.)

За нашими даними розподіл свинцю і міді за окремими шарами в профілі ґрунту був нерівномірним, але вміст не перевищував ГДК. Проте найбільшу кількість важких

металів спостерігали у шарі ґрунту 40-60 см, а нижче – зменшення. Інтенсивний захист рослин сприяв деякому збільшенню вмісту рухомих форм важких металів.

Екологічну експертизу проводили за коефіцієнтом концентрації катіонів у різних генетичних горизонтах ґрунту, який характеризує рівень накопичення елементів (важких металів) у ґрунті відносно контролю:

$$K_c = k_i / K_i,$$

де  $k_i$  – вміст,  $i$ -го хімічного елемента у  $n$  – компоненті;  $K_i$  – вміст  $i$ -го хімічного елемента в еталоні (контролі).

Величина коефіцієнта концентрації свідчить про активність процесів вилуговування ( $K_c < 1$ ) або накопичення ( $K_c > 1$ ) катіонів у генетичних горизонтах ґрунту. За величиною концентрації існує градація, наведена в таблиці 4.

#### 4. Нормативи оцінювання екологічного стану ґрунту за показниками вертикальної міграції шкідливих речовин [3]

Екологічний стан	Коефіцієнт концентрації катіонів	
	накопичення ( $K_c > 1$ )	вилуговування ( $K_c < 1$ )
Незадовільний	$K_c \geq 1,25$	$0,75 \geq K_c$
Задовільний	$1,25 > K_c > 1,1$	$0,9 > K_c > 0,75$
Нормальний	$1,1 > K_c > 1,0$	$1,0 > K_c > 0,9$
Оптимальний	$K_c = 1,0$	$K_c = 1,0$

Було проведено екологічне оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації катіонів металів за різних систем удобрення та хімічного захисту пшениці озимої (табл. 5).

Отримані результати за вмістом свинцю свідчать, що у більшості випадків використання мінеральних і органічних добрив на фоні інтенсивного і мінімального

захисту не спричиняло погіршення екологічного стану ґрунту. У варіантах  $N_{60}N_{30}$ ,  $P_{135}K_{135} + N_{80} + N_{55}$  на фоні інтенсивного захисту і  $P_{90}K_{90} + N_{60} + N_{30}$  за мінімального захисту спостерігається перерозподіл свинцю у профілі ґрунту, характерний для нормального екологічного стану. Коефіцієнт концентрації коливався в межах 1,1–1,3, що характеризує мінімальне накопичення свинцю у генетичних горизонтах ґрунту. Інші технології відповідають оптимальному екологічному стану.

#### 5. Екологічна оцінка темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення та хімічного захисту пшениці озимої

Варіант дослідження (система удобрення)	Коефіцієнт концентрації катіону в генетичних горизонтах ґрунту <sup>1)</sup>					Екологічний стан ґрунту	Оцінка, бали
	He	Hi	lHgi	Pigi	Pkgl		
<i>Свинець</i>							
2. $N_{60}N_{30}$	1,2/1,0	1,2/1,0	1,1/1,0	1,2/1,0	1,2/1,0	задовільний/ оптимальний	1/3
3. $P_{135}K_{135} + N_{80} + N_{55}$	1,3/1,1	1,2/1,0	1,2/1,0	1,2/1,1	1,2/1,0	-/-	1/3
5. $P_{90}K_{90} + N_{60} + N_{30}$	1,0/1,1	1,0/1,1	1,1/1,1	1,0/1,1	1,0/1,0	оптимальний/ оптимальний	3/3
4. Побічна продукція	1,0/1,1	1,1/0,9	1,0/1,0	1,0/0,9	1,0/0,8	оптимальний/ задовільний	3/1
<i>Мідь</i>							
2. $N_{60}N_{30}$	1,2/1,1	1,3/1,3	1,2/1,1	1,1/1,0	1,2/1,0	задовільний/ оптимальний	1/3
3. $P_{135}K_{135} + N_{80} + N_{55}$	1,1/1,1	1,3/1,2	1,1/1,2	1,0/1,1	1,1/1,2	нормальний задовільний	2/1
5. $P_{90}K_{90} + N_{60} + N_{30}$	1,0/1,0	1,1/1,1	1,0/1,3	1,0/1,1	0,9/1,0	нормальний/ оптимальний	2/3
4. Побічна продукція	0,8/0,9	1,0/1,0	1,0/0,9	1,0/1,0	0,9/0,8	нормальний/ задовільний	2/1

<sup>1)</sup> за інтенсивного захисту/ за мінімального захисту рослин

Оцінювання екологічного стану темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації міді показало, що 2 та 3 варіанти на фоні інтенсивного захисту і 3 – на фоні мінімального захисту забезпечували нормальний екологічний стан ґрунту; коефіцієнт концентрації коливався в межах 1,1–1,3, тобто, відбувалося незначне накопичення міді у генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту. Більшість варіантів на обох фонах відповідали оптимальному екологічному стану.

Врахування всіх показників, що контролювалися під час випробування технологій, дало змогу провести комплексне оцінювання і встановити рівень безпечності технологічних процесів (табл. 6). Екологічну оцінку (ЕО) технології за комплексом показників визначали за таким рівнянням:

$$EO = \sum \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n}{n}$$

де  $n_1, \dots, n_n$  – параметри контрольованого показника, бал,  $n$  – кількість контрольованих показників.

Згідно з методичними рекомендаціями [3], пропонуємо таку градацію ЕО технологій вирощування пшениці озимої за досконалістю:

- I < 1,5 бала - технологія недосконала і не може бути рекомендована виробництву;
- II 1,5–2,4 бала - технологія перед впровадженням у виробництво потребує істотного вдосконалення;
- III 2,5–2,9 бала - потребують вдосконалення деякі технологічні операції;
- IV 3 бали - технологія досконала і може бути рекомендована виробництву.

**6. Комплексна екологічна оцінка технологій вирощування пшениці озимої в зоні північного Лісостепу України за показниками родючості і міграції важких металів у генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту**

Варіант дослідження (система удобрення)	Екологічна оцінка, балів, за різних систем захисту рослин	
	інтенсивна	мінімальна
1. Контроль	0,8	1,0
2. $N_{60}N_{30}$	0,9	1,6
3. $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$	2,0	2,1
4. Побічна продукція	1,7	1,6
5. $P_{90}K_{90}+N_{60}+N_{30}$	2,2	1,7

Результати екологічного оцінювання систем удобрення та хімічного захисту пшениці озимої за показниками родючості і міграції важких металів у профілі темно-сірого опідзоленого ґрунту показали, що технології, які передбачають інтенсивний захист рослин з використанням  $P_{90}K_{90} + N_{60} + N_{30}$ ,  $P_{135}K_{135} + N_{80} + N_{55}$ , потребують вдосконалення за деякими технологічними операціями, а технології, в яких використовують  $N_{60}N_{30}$  і побічну продукцію, – перед впровадженням у сільськогосподарське виробництво потребують істотного вдосконалення. Всі технології, що передбачають

використання добрив на фоні мінімального захисту рослин потребують подальшого вдосконалення, оскільки не забезпечують оптимального агрохімічного стану темно-сірого опідзоленого ґрунту.

**Висновки.** Отже, розглянуті системи удобрення та хімічного захисту пшениці озимої на темно-сірому опідзоленому ґрунті не забезпечують необхідного рівня його родючості, про що свідчить низький уміст гумусу. Достатній рівень забезпечення рослин рухомими сполуками азоту, фосфору і калію досягається за використання високих і підвищених норм мінеральних добрив на фоні інтенсивного захисту рослин. Органічна система удобрення – приорювання побічної продукції – здебільшого не спроможна забезпечити нормальні умови мінерального живлення пшениці озимої для вирощування зерна високої якості. Отримані дані свідчать, що мінеральна система удобрення та інтенсивний захист рослин можуть бути причиною нагромадження потенційно небезпечних шкідливих речовин у верхніх шарах ґрунту, а також підсилювати їх міграцію в нижні шари ґрунту, і створювати потенційну загрозу забруднення підґрунтових вод.

### Література

1. *Минеев В.Г., Книжаев Р.Р., Армазова А.В.* Влияние длительного действия удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и иммобилизацию биогенных и токсичных элементов в агроценозе // *Агрохимия*. – 2007. – № 6. – С. 5–13.
2. *Полупан М.І., Величко В.А., Соловей В.Б.* Родючість ґрунту як природно-антропогенна його властивість, її види та параметрична оцінка // *Вісник аграрної науки*. – 2009. – № 2. – С. 17–24.
3. *Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур (методичні рекомендації)* / За ред. д.с.-г.н. Н.А. Макаренко, к.с.-г.н. В.В. Макаренко. – К., 2008. – 84 с.
4. *Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів* ДСТУ 4362:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 40 с.
5. *Жигарева Т.Л., Александр Р.М., Свириденко Д.Г.* Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. – 2005. – № 11. – С. 60–65.

### ECOLOGICAL EXPERTISE OF FERTILIZATION AND CHEMICAL PROTECTION SYSTEMS FOR WINTER WHEAT PER INDICES OF SOIL FERTILITY AND HEAVY METALS MIGRATION IN DARK GRAY PODZOLIZED SOILS PROFILE

N.A. Makarenko<sup>1</sup>, O.V. Togachinska<sup>1</sup>, V.I. Bondar<sup>1</sup>, I.V. Parashchenko<sup>1</sup>,  
I.M. Svidynyuk<sup>2</sup>, O.V. Nychik<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Agroecology and Environmental management of NAAS*

<sup>2</sup>*NSC «Institute of Agriculture of NAAS»*

<sup>3</sup>*National University of Food Technologies*

*Results of ecological expertise on fertilization and chemical protection systems for winter wheat in northern part of Forest Steppe, per indices of soil fertility and heavy metals migration in dark gray podzolized soils profile, are presented. It was found, by results of ecological assessment of soils status in field experiment conditions, that an adequate supply of plants with mobile compounds of nitrogen, phosphorus and potassium is only achievable through use of high and elevated normative amounts of mineral fertilizers, along with intensive plant protection techniques. Organic fertilizer system (i.e., technology of plough crop residue in soil) is, in most cases, insufficient to provide normal conditions of mineral nutrition for winter wheat.*

**Key words:** *ecological expertise, winter wheat, heavy metals, dark gray podzolized soil.*