

SÉRIE “Zemědělské vědy”

[https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-3\(34\)-193-203](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2024-3(34)-193-203)

Наталія Бордюг

*доктор педагогічних наук, професор,
директор комунального закладу позашкільної освіти
«Обласний еколого-натуралістичний центр»
Житомирської обласної ради, м. Житомир, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-3489-4669>*

Оксана Алпатова

*кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та
природоохоронних технологій Державного університету
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна,
<https://orcid.org/0000-0003-0803-9850>*

Вікторія Мельник-Шамрай

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та
природоохоронних технологій Державного університету
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-3551-5085>*

Людмила Демчук

*кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології та
природоохоронних технологій Державного університету
«Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-5698-7113>*

Тетяна Курбет

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри
екології та природоохоронних технологій
Державного університету «Житомирська політехніка»,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-7820-4263>*



ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ СКЛАДІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА ҐРУНТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. Досліджено вплив мінеральних добрив на ґрунти сільськогосподарського призначення на прикладі ТОВ «Агрофірма Брусилів» протягом 2021-2023 р.р. Визначено вплив складів мінеральних добрив та отрутохімікатів на ґрунти, що прилеглі до складів та за межами санітарно-захисної зони. Встановлено, що зменшення внесення кількості мінеральних добрив впливає на хімічні показники його стану, а саме на вміст важких металів, нітратів та фосфору. За межами санітарно-захисної зони спостерігали значне зниження вмісту нітратів у ґрунті, що у 2023 році складає нижче норми. Встановлено, що вміст сульфатів у ґрунті за межами санітарно-захисної зони зменшився у 2,5 рази, рухомої сірки – у 2,5 рази, хлору – у 11 раз, нітратів – у 8,2 рази. Проте вміст сульфатів та рухомої сірки у ґрунті за межами санітарно-захисної зони є високим.

Ключові слова: ґрунти, мінеральні добрива, гранично допустима концентрація, діюча речовина.

Natalia Bordiug

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
director of the municipal extracurricular education institution of the
"Regional Ecological and Naturalistic Center" of the
Zhytomyr Regional Council, Zhytomyr, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-3489-4669>*

Oksana Alpatova

*PhD in Biology Sciences, Associate Professor of the
Department of Ecology and Environmental Technologies of the
Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-0803-9850>*

Viktoriia Melnyk-Shamrai

*PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the
Department of Ecology and Environmental Technologies of the
Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-3551-5085>*

Lyudmila Demchuk

*PhD in Pedagogical sciences, Associate Professor of the
Department of Ecology and Environmental Technologies of the
Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0001-5698-7113>*

Tetiana Kurbet

*PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the
Department of Ecology and Environmental Technologies of the
Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0001-7820-4263>*

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE MINERAL FERTILIZERS ON AGRICULTURAL SOILS

Abstract. We studied the influence of mineral fertilizers on agricultural soils on the example of "Ahrofirmu Brusyliv, Ltd" during 2021-2023. The influence of mineral fertilizers and pesticides on soils adjacent to warehouses and outside the sanitary protection zone was studied. It is established that a decrease in the application of the amount of mineral fertilizers affects the chemical indicators of its condition, namely, the content of heavy metals, nitrates and phosphorus. Outside the sanitary protection zone, a significant decrease in the content of nitrates in the soil was observed, which in 2023 is below average. It was found that the content of sulfates in the soil outside the sanitary protection zone decreased by 2.5 times, mobile sulfur -by 2.5 times, chlorine – by 11 times, nitrates – by 8.2 times. However, the content of sulfates and mobile sulfur in the soil outside the sanitary protection zone is high.

Keywords: soils, mineral fertilizers, maximum permissible concentration (MPC), active substance.

Постановка проблеми. Ґрунти є природними утвореннями, які характеризуються родючістю – здатністю забезпечувати рослини речовинами, необхідними для життєдіяльності та повноцінного росту і розвитку. Їх хімічний склад може впливати і на стан здоров'я людини, тим самим



виконуючи важливе санітарно-гігієнічне значення. Нагромадження в ґрунтах хімічних елементів у кількостях, що перевищують допустимі норми, зрештою негативно впливає на здоров'я людини. Отже, захист ґрунтів – важливе державне значення [1, 2].

Мінеральні добрива не володіють високими токсичними властивостями, проте у своєму складі містять отруйні компоненти, зокрема важкі метали, фтор тощо. Ці токсичні компоненти здатні до кумуляції, біологічної концентрації у ґрунтовому середовищі та шкідливо впливають на біоту ґрунту, рослин, тварин та здоров'я людини. Використання мінеральних добрив, без дотримання норм, погіршує екологічний стан ґрунту, якість сільськогосподарської продукції та, мігруючи у довкіллі забруднює природні води, зокрема біогенними речовинами [3].

При недотриманні вимог зберігання мінеральних добрив втрачаються цінні поживні речовини, а також значно погіршуються їх фізичні характеристики, що призводить до складнощів при внесенні їх у ґрунтове середовище та рівномірному розподілу на поверхні території поля. При будь-яких обставинах значно знижується ефективність добрив [4].

Основною вимогою щодо правильного зберігання добрив є забезпечення умов недопущення дії вологи на них, а саме потрапляння ґрунтових вод до складів та впливу вологого повітря. Типовий склад для зберігання добрив будь-якого господарства повинен мати щільні стіни та міцний дах, який не пропускає потрапляння атмосферних опадів. При зберіганні добрив на відкритих майданчиках, які не обладнані з дотриманням санітарних вимог, можна спостерігати значні втрати добрив, а також погіршення їх якості (зниження вмісту поживних речовин, злежування, зволоження) [5].

Намагаючись підвищити врожайність сільськогосподарських рослин, людина вносить в ґрунт підвищені дози добрив, завдяки яким ми одержуємо близько половини приросту сільськогосподарської продукції [6]. Користь тут очевидна. Однак існує і інша проблема. Рослини не можуть повністю використати всі поживні речовини, які одержують у вигляді добрив. Майже половина мінеральних добрив залишається „на дні тарілки”, тобто осідає в біосфері [5].

На сьогодні перед сільськогосподарськими виробниками стоїть першочергова задача – забезпечити потребу в мінеральних добривах. Говорячи про кількість, часто забувають про якість, аргументуючи це хронічною нестачею елементів живлення для сільськогосподарських культур, зниженням їх кількості у ґрунті і недобором врожаю, а також потенційною небезпечністю мінеральних добрив [7].

При потраплянні мінеральних добрив, до складу яких входять нітроген і фосфор, до поверхневих вод відбувається процес евтрофікації, тобто

з'являються сприятливі умови для розмноження водних рослин і мікрофітів. Під час цього процесу значно погіршується самоочищення водойм, органолептичні властивості води, руйнуються біоценози водойм, що в подальшому призводить до неможливості використання їх для господарсько-питних потреб [8].

Мікродобрива мають в основі різноманітні мікроелементи, а саме бор, молібден, мідь, цинк, кобальт, марганець. Їх у ґрунт вносять у малих кількостях, тому перевищення норм внесення сприяє надмірному накопиченню мікродобрив у рослинах та ґрунті, що в подальшому токсично впливає на здоров'я людей. Також у своєму складі вони можуть містити свинець та кадмій, що сприяє забрудненню ґрунтового середовища важкими металами.

Тому вивчення вмісту мінеральних добрив є актуальним, саме у питаннях міграції їх діючої речовини, а також процесів транслокації та трансформації у компонентах довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню вивчення проблем ефективного і екологічнобезпечного використання мінеральних добрив значну увагу приділяли відомі вчені: Козьякова Н.О., Макаренко Н. А., В.М. Кавецький [9], Макаренко Н.А. [10], Патица В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін. [5], Мальований М.С., Гавриляк М.Я. [4], Тимчук І.С.[11], Карпіщенко О.І., Карпіщенко О.О. [7], І.В. Казакова [12], Ткачук О.П., Зайцева Т.М., Дубовий Ю.В. [13], Фурдичко О.І.[6].

Проте більшість із цих питань, залишаються актуальними на сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу та потребують подальшої розробки.

Мета статті - оцінка впливу складів мінеральних добрив на едафотоп Брусилівської ОТГ для забезпечення екологічної безпеки ґрунтів.

Виклад основного матеріалу. Використання земельних угідь з метою, вирощування екологічно чистої сільськогосподарської продукції, вимагає гарантувати як техногенну, так і екологічну безпеку робітників на вибраних об'єктах. Тому дуже важливо ще на початковій стадії використання конкретної земельної території дослідити відповідність на ній вмісту забруднюючих хімічних елементів нормативним показникам. Оцінювання поточної екологічної ситуації та екологічного стану довкілля здійснюють за екологічними показниками стану і структури геоекосистем, які необхідно порівняти з нормативними. Цю процедуру виконують згідно з міжнародними і державними стандартами серії ISO 14000 на рівні державних установ, підприємств, галузі і територій.

Відбір проб ґрунту здійснювали з поверхневого шару (0-20 см). Зразки відбирались на відкритій ділянці, що віддалена від дороги не менше ніж на 50 м по конверту 5x5 м і об'єднувались в одну пробу. Відбір проб ґрунту для



хімічного дослідження проводили згідно ГОСТ 17.4.3.01-83, який встановлює методи відбору і підготовки проб ґрунту при загальному і локальному забрудненні [14].

Проведено дослідження рухомих форм металів, оскільки саме ці форми дають найбільш об'єктивну оцінку забруднення і одночасно є небезпечними, потрапляючи у рослини та в організм людини. Під час дослідження визначали вміст наступних елементів, а саме міді, нікелю, марганцю, цинку, кадмію, свинцю згідно загальноприйнятих методик.

Залишкові кількості діючої речовини у ґрунті визначали за загально прийнятими методиками, хроматографічним методом.

Нітрати у ґрунті визначали згідно ГОСТ 26951-86. Суть методу полягає у виділенні нітратів розчином алюмокалієвих квасців з масовою долею 1% при співвідношенні маси проби ґрунту і об'єму розчину 1:2,5. Потім визначають нітрати в витяжці за допомогою іоноселективного електроду.

Рухомий фосфор визначали згідно ДСТУ ISO 11263:2001. Суть методу полягає у спектрометричному методі визначення фосфору в розчині гідрокарбонату натрію.

Протягом 2021-2023 р.р. нами було проведено дослідження якості ґрунту біля складських приміщень земель сільськогосподарського призначення на прикладі ТОВ «Агрофірма Брусилів». Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Оцінка ґрунтів, що прилеглі до складів мінеральних добрив

№ п/п	Показники, що досліджувалися	Роки дослідження		
		2021	2022	2023
Проба ґрунту біля складу				
1.	Нітрати, мг/кг	865,8	840,6	839,5
2.	Хлор, ммоль/100г	141,3	130,1	110,2
3.	Рухома сірка, мг/кг	192,2	178,1	173,2
4.	Сульфати, мг/кг	576,8	564,2	524,6
Проба ґрунту з території майданчика зберігання тарних міндобрив				
1.	Нітрати, мг/кг	798,8	760,6	740,5
2.	Хлор, ммоль/100г	131,3	126,1	120,2
3.	Рухома сірка, мг/кг	181,2	178,1	168,2
4.	Сульфати, мг/кг	566,8	564,2	554,6
Проба ґрунту за межами санітарних зон				
1.	Нітрати, мг/кг	134,8	121,6	102,5
2.	Хлор, ммоль/100г	14,3	12,1	10,2

3.	Рухома сірка, мг/кг	77,2	73,1	68,2
4.	Сульфати, мг/кг	214,8	210,2	204,6

Встановлено, що з роками зменшується вміст у ґрунтовому середовищі досліджуваних показників, що пов'язано зі зменшенням використання мінеральних добрив та отрутохімікатів на складах. За межами санітарно-захисної зони спостерігали значне зниження вмісту нітратів у ґрунті, що у 2022 році складає нижче норми. Встановлено, що вміст сульфатів у ґрунті за межами санітарно-захисної зони зменшився у 2,5 рази, рухомої сірки – у 2,5 рази, хлору – у 11 разів, нітратів – у 8,2 рази. Проте вміст сульфатів та рухомої сірки у ґрунті за межами санітарно-захисної зони є високим.

Отже, склади займаючи велику площу, включаючи санітарно-захисну зону, здійснюють негативний вплив на стан навколишніх ґрунтів, знижуючи їх родючість, забруднюючи рослинну продукцію та ґрунтові води. Крім того їх наявність потенційно ускладнює перехід підприємства на екологічно безпечні органічні методи господарювання. Адже, при отриманні сертифікатів відповідності стандартам органічного виробництва, підприємство не зможе пройти перевірку щодо якості ґрунтів та наявності небезпечних хімічних речовин на території підприємства, зокрема у складських приміщеннях.

Для покращення властивостей ґрунту та врожаю сільські господарства використовують мінеральні добрива. У ТОВ «Агрофірма Брусилів» використовують наступні добрива «Амофос», «Нітромофос», «Карбамід», аміачну селітрі, сульфат амонію та сульфат магнію. Норми добрива розраховуються на основі даних агрохімічного аналізу ґрунту, біологічних особливостей вирощуваних культур, а також плану щодо отримання врожаю.

Кількість внесення мінеральних добрив у ґрунти ТОВ «Агрофірма Брусилів» наведено у таблицях 2-3. Як видно з таблиці, що кількість внесення добрива нітроамофос протягом 2021-2023 р.р. залишається на рівні. Дещо простежується тенденція до зниження кількості внесення добрив.

Таблиця 2

**Внесення добрив у ґрунти ТОВ «Агрофірма Брусилів», кг/га
фізичної маси добрив**

№ п/п	Назва добрива	Роки дослідження		
		2021	2022	2023
1.	Амофос	200	200	150
2.	Нітроамофос	150	150	150
3.	Карбамід	100	50	50
4.	Аміачної селітри	190	150	120

5.	Сульфат магнію	85	70	80
6.	Сульфат амонію	420	400	400

Таблиця 3

Внесення добрив у ґрунти ТОВ «Агрофірма Брусилів», кг/га діючої речовини

№ п/п	Назва добрива	Роки дослідження		
		2021	2022	2023
1.	Амофос	34	34	25,5
2.	Нітроамофос	30	30	30
3.	Карбамід	50	25	25
4.	Аміачної селітри	62	50	40
5.	Сульфат магнію	21,25	14	16
6.	Сульфат амонію	168	160	160

Діючих речовин мінеральних добрив під урожай 2022 року внесено 11,9 кг/га, тоді як під урожай 2021 року було внесено 8,4 кг/га. Удобрена площа склала 22,6 % від загальної посівної площі.

З різким скороченням застосування мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві їх залишок у ґрунтах не перевищував допустимих норм.

Найбільш рухомою формою азотних сполук у ґрунті є нітрати, які мають високу здатність до розчинення у воді та легко вимиваються у ґрунті, потрапляючи до ґрунтових вод, де відбувається постійне їх нагромадження, а в результаті – нітратне забруднення. При цьому у ґрунті їх вміст незначний [4].

Проводили дослідження на вміст нітратів у ґрунті. Результати наведено на рис. 1.

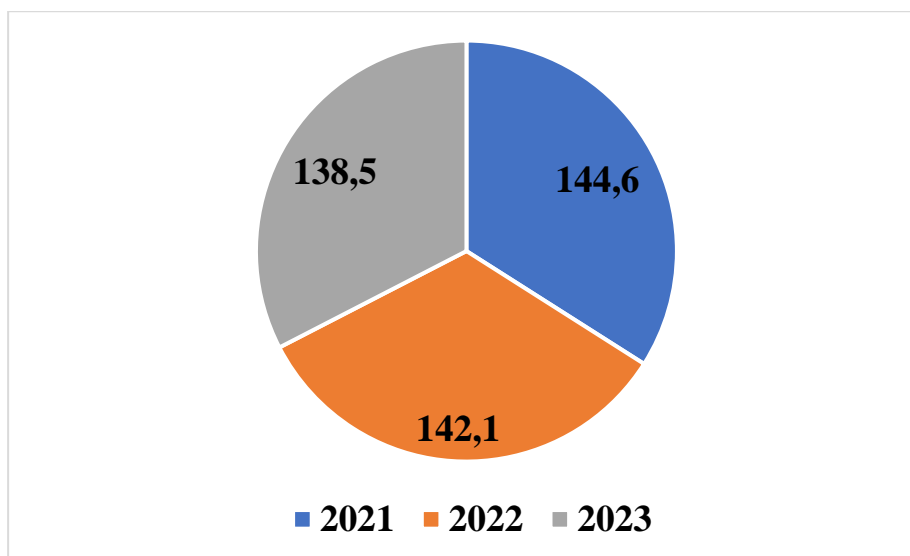


Рис. 1. Вміст нітратів у ґрунтах ТОВ "Агрофірма Брусилів" протягом 2021-2023 р.р., мг/кг (при ГДК=130 мг/кг)

Встановлено, що вміст нітратів перевищує ГДК, протягом всього періоду дослідження. Слід відмітити, що з роками їхня кількість знижується, що пов'язано із зменшенням кількості добрив, що вносяться. Незначне перевищення ГДК можна пояснити тим, що вноситься багато видів добрив, які у своєму складі мають іон азоту.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що з роками зменшується вміст у ґрунтового середовищі досліджуваних показників, що пов'язано зі зменшенням використання мінеральних добрив та отрутохімікатів на складах. За межами санітарно-захисної зони спостерігали значне зниження вмісту нітратів у ґрунті, що у 2023 році складає нижче норми. Встановлено, що вміст сульфатів у ґрунті за межами санітарно-захисної зони зменшився у 2,5 рази, рухомої сірки – у 2,5 рази, хлору – у 11 раз, нітратів – у 8,2 рази. Проте вміст сульфатів та рухомої сірки у ґрунті за межами санітарно-захисної зони є високим. Зменшення внесення кількості мінеральних добрив впливає на хімічні показники його стану, а саме на вміст важких металів, нітратів та фосфору.

Отримані результати досліджень дозволяють більш повно оцінити якість ґрунтів і можуть бути використані фермерськими господарствами при облаштуванні складів зі зберігання мінеральних добрив, а також при плануванні норм внесення мінеральних добрив у сільськогосподарські ґрунти.

Література:

1. Бордюг Н.С., Патица В.П., Патица М.В. Проблеми біогенної безпеки агросфери України. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 15-річчю науково-дослідної лабораторії «Екологія і освіта». Екологія: наука, освіта, природоохоронна діяльність. К.: Науковий світ, 2007. С. 58–60.

2. Алпатова О. М., Кузьменко В. Я. Проблема деградації ґрунтів Житомирської області. Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції», 11 листопада 2021 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. С. 109-110.

3. Дорогунцов С.І., Хвесик М.А., Горбач Л.М., Пастушенко П.П. Екосередовище і сучасність. Т.3. Економічна оцінка природного середовища. К.: Кондор, 2006. 426 с.

4. Мальований М.С., Гавриляк М.Я. Можливості екологічно безпечного використання мінеральних добрив. *Екологічна безпека*. 2009. №3. С. 31-37.

5. Патики В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: Монографія. К.: Основа, 2005. 300 с.

6. Фурдичко О. І. Роль агроекології у формуванні збалансованої агросфери. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 7-14.

7. Карпіщенко О.І., Карпіщенко О.О. Еколого-економічні проблеми використання мінеральних добрив. *Вісник СумДУ. Серія Економіка*. 2013. № 2. С. 5-11.

8. Даниленко А.С., Горлачук В.В., В'юн В.Г., Песчанська І.М., Сохнич А.Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв: Вид-во ПП «Іліон», 2003. 39 с.

9. Козьякова Н.О., Макаренко Н. А., В.М. Кавецький. Міграція важких металів в системі «ґрунт-рослина» – екотоксикологічний критерій їх небезпечності. *Науковий вісник НАУ*. 2000. Вип.32. С.365-370.

10. Макаренко Н.А. Вплив природних та антропогенних факторів на рухомість важких металів у ґрунті. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2001. №61. С.213-220.

11. Тимчук І. С. Негативний вплив мінеральних добрив на агроecosystemу і його мінімізація методом капсулювання добрив. *Наук. вісник Львівського національн. універс. вет. медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2012. С. 116-123.

12. Казакова І. В. Особливості формування світового та вітчизняного ринків мінеральних добрив. *Економіка і прогнозування*. 2015. № 2. С. 104-118.

13. Ткачук О.П., Зайцева Т.М., Дубовий Ю.В. Вплив сільськогосподарських токсикантів на агроекологічний стан ґрунту *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (Т. 2). С. 102-109.

14. ДСТУ 4287:2007. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ, 2005. 10 с.

References:

1. Bordiuh, N.S., Patyka, V.P., & Patyka, M.V. (2007). Problemy biohennoi bezpeky ahrosfery Ukrainy [Problems of biogenic security of the agricultural sector of Ukraine]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii prysviachenoj 15-richchju naukovo-doslidnoi laboratorii «Ekolohiia i osvita»*. *Ekolohiia: nauka, osvita, pryrodokhoronna diialnist – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 15th anniversary of the Ecology and Education Research Laboratory. Ecology: science, education, environmental protection*. (pp. 58-60). K.: Naukovyi svit [in Ukrainian].

2. Alpatova, O. M., & Kuzmenko, V. Ya. (2021). Problema dehradatsii hruntiv Zhytomyrskoi oblasti [The problem of soil degradation in the Zhytomyr region]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh «Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehratsii» – Abstracts of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists "Sustainable Development of*

the Country in the Framework of European Integration". (pp. 109-110). Zhytomyr: «Zhytomyrska politekhnika» [in Ukrainian].

3. Dorohuntsov, S.I., Khvesyk, M.A., Horbach, L.M., & Pastushenko, P.P. (2006). Ekose-redovyshe i suchasnist. T.3. Ekonomichna otsinka pryrodnoho seredovyscha [The environment and modernity. T.3. Economic assessment of the natural environment]. K.: Kondor [in Ukrainian].

4. Malovanyi, M.S., & Havryliak, M.Ia. (2009). Mozhlyvosti ekolohichno bezpechnoho vykorystannia mineralnykh dobryv [Opportunities for environmentally friendly use of mineral fertilizers]. *Ekolohichna bezpeka – Environmental safety*, 3, 31-37 [in Ukrainian].

5. Patyka, V.P., Makarenko, N.A., Mokliachuk, L.I. & et al. (2005). Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobryv ta pestytsydiv [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides]. A monograph. K.: Osnova [in Ukrainian].

6. Furdychko, O. I. (2017). Rol ahroekolohii u formuvanni zbalansovanoi ahrosfery [The role of agroecology in the formation of a balanced agrosphere]. *Ahroekolohichni zhurnal – Agroecological journal*, 2, 7-14 [in Ukrainian].

7. Karpishchenko, O.I., & Karpishchenko, O.O. (2013). Ekoloho-ekonomichni problemy vykorystannia mineralnykh dobryv [Ecological and economic problems of mineral fertilizers use]. *Visnyk SumDU. Seriiia Ekonomika – Bulletin of Sumy State University. Series Economics*, 2, 5-11 [in Ukrainian].

8. Danylenko, A.S., Horlachuk, V.V., Viun, V.H., Peschanska, I.M., & Sokhnych A.Ia. (2003). Upravlinnia vidtvorenniam i zberezheniam rodiuchosti gruntu u konteksti staloho rozvytku pryrodokorystuvannia [Management of reproduction and conservation of soil fertility in the context of sustainable development of nature management]. Mykolaiv: Vyd-vo PP «Ilion» [in Ukrainian].

9. Koziakova, N.O., Makarenko, N. A., & Kavetskyi, V.M. (2000). Migrantsiia vazhkykh metaliv v systemi «hrunt-roslyna» – ekotoksykologichnyi kryterii yikh nebezpechnosti [Migration of heavy metals in the system "soil-plant" - ecotoxicological criterion of their danger]. *Naukovyi visnyk NAU – Scientific Bulletin of the National Academy of Sciences*, 32, 365-370 [in Ukrainian].

10. Makarenko, N.A. (2001). Vplyv pryrodnykh ta antropohennykh faktoriv na rukhomist vazhkykh metaliv u hrunti [Influence of natural and anthropogenic factors on the mobility of heavy metals in soil]. *Ahrokhimiia i hruntoznavstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk – Agrochemistry and soil science. Interdepartmental thematic scientific collection*, 61, 213-220 [in Ukrainian].

11. Tymchuk, I. S. (2012). Nehatyvnyi vplyv mineralnykh dobryv na ahroekosystemu i yoho minimizatsiia metodom kapsuliuвання dobryv [Negative impact of mineral fertilizers on agroecosystem and its minimization by fertilizer encapsulation]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryanoi medytsyny ta biotekhnolohii im. S. Z. Gzhytskoho – Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky*, 116-123 [in Ukrainian].

12. Kazakova, I. V. (2015). Osoblyvosti formuvannia svitovoho ta vitchyznianoho rynkiv mineralnykh dobryv [Peculiarities of formation of the world and domestic markets of mineral fertilizers]. *Ekonomika i prohnozuvannia – Economics and forecasting*, 2, 104-118 [in Ukrainian].

13. Tkachuk, O.P., Zaitseva, T.M., & Dubovyi, Yu.V. Vplyv silskohospodarskykh toksykantiv na ahroekolohichni stan hruntu [Influence of agricultural toxicants on the agroecological state of soil]. *Silke gospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 6 (2), 102-109 [in Ukrainian].

14. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]. (2005). *DSTU 4287:2007 from 2005-07-01*. Kyiv [in Ukrainian].