

УДК 631.5:633.1.31/37:574

**С.Г. Корсун, доктор сільськогосподарських наук**  
**Г.В. Давидюк, кандидат сільськогосподарських наук**  
**В.М. Юла, кандидат сільськогосподарських наук**  
**М.О. Панасюк**  
 ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»

## ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ЄМНІСТЬ ФОСФАТІВ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ

*Метою роботи було виявити особливості зміни фактору ємності фосфатів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за умови тривалого систематичного застосування різних доз мінеральних і органічних добрив. Методи. Польовий, лабораторний, математико-статистичний. Результати. За різної інтенсивності систем удобрення, установлено, що тривале (28 років) застосування органічних та мінеральних добрив сприяло не лише стабілізації, а й відтворенню запасу рухомої фракції фосфатів у орному шарі ґрунту порівняно з вихідними даними (1987 р.). Зростання вмісту рухомого фосфору узгоджувалось з підвищенням агрохімічного навантаження у сівозміні. Висновки. Тривале систематичне застосування протягом 1987–2000 рр. мінеральних добрив у дозах 265–397 кг NPK по фоні 10 т гною на 1 га сівозмінної площі, у 2001–2010 рр. – 211–316,5 кг NPK на 1 га та у 2011–2015 рр. – 213,8–326,4 кг NPK на 1 га по фоні приорювання побічної продукції рослинництва мало істотний вплив на зміни фактору ємності фосфатного режиму, забезпечивши збагачення темно-сірого опідзоленого ґрунту доступними рослинам мінеральними фосфатами.*

**Ключові слова:** фосфор, фосфатний режим ґрунту, полігонний агроекологічний моніторинг, система удобрення, сівозміна.

Роль фосфору, як нутрієнту є значною, але кількість його доступних форм не завжди забезпечує потреби сільськогосподарських культур. Так як ґрунт – це основне джерело фосфору для рослин, то забезпеченість його цим елементом є одним із важливих показників родючості. Застосування фосфорних добрив для удобрення культур у сівозмінах має істотний вплив на фактор ємності фосфатів ґрунту, тому вченими проведено ряд досліджень стосовно змін у фосфорному режимі ґрунту при використанні різних за інтенсивністю систем удобрення. Ними установлено вплив абіотичних чинників на трансформування фосфорного фонду ґрунту залежно від різних ґрунтово-кліматичних умов [1–6]. Вважається, що моніторинг забезпеченості ґрунту рухомими сполуками фосфору дозволяє оптимізувати дози фосфорних добрив у повному мінеральному удобренні та попередити можливі непродуктивні втрати фосфатів з насиченого коренями шару ґрунту. Втім, у науковій літературі недостатньо даних з моніторингу забезпеченості ґрунтів агроландшафтів рухомими фосфатами за тривалого різного за інтенсивністю застосування мінеральних та органічних добрив в північній частині Правобережного Лісостепу України.

**Мета досліджень.** Метою наших досліджень було виявити особливості зміни фактору ємності фосфатів у темно-сірому опідзоленому ґрунті за умови тривалого систематичного застосування різних доз мінеральних і органічних добрив.

**Умови і методика досліджень.** Польові експерименти проводили з 1987 р. по 2015 р. на базі стаціонарного досліді відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи, розміщеному в межах дослідного поля ННЦ «Інститут землеробства НААН» (Києво-Святошинський район Київської області).

Впродовж періоду проведення моніторингу відбулось кілька реконструкцій досліді зі змінами у системі удобрення і сівозміні. Для вирішення по-

ставленого завдання досліджували ґрунтові фони чотирьох варіантів, які за роки спостережень були найменше змінені реконструкціями: варіант 12 без добрив (контроль); 2 – подвійна доза мінеральних добрив; 5 – потрійна доза мінеральних добрив; 6 – при закладанні досліді було внесено «у запас» 4700 кг/га  $P_2O_5$  для досягнення фактору ємності фосфатів на рівні 400 мг  $P_2O_5$  на 1 кг ґрунту, а також щорічно застосовували подвійну дозу мінеральних добрив. На ділянках варіантів № 2, 5, 6 мінеральні добрива вносили по фоні органічних.

Із 1987 р. по 2000 р. органічні добрива (гній) застосовували з розрахунку 10 т/га сівозмінної площі, мінеральні –  $N_{86-129}P_{80-120}K_{99-148}$  (265–397 кг NPK на 1 га). Чергування культур восьмирічної зерно-просапної сівозміни виглядало таким чином: горох, озимі зернові, цукрові буряки, ячмінь, кукурудза на силос, озимі зернові, кукурудза на зерно, овес.

У 2001 р. було проведено реконструкцію досліді із збереженням схеми внесення мінеральних добрив, але заміною гною як органічного добрива на приорювання побічної продукції рослинництва, та зміною набору культур у сівозміні і відповідним зниженням насиченості сівозміни мінеральними добривами. Восьмирічна сівозміна мала наступне чергування культур: горох, пшениця озима, кукурудза на зерно, ярі зернові, соя, ярі зернові, ярий ріпак, озимі зернові. Насиченість сівозміни мінеральними добривами залежно від варіанту була в межах  $N_{64-96}P_{72-108}K_{75-112,5}$  (211–316,5 кг NPK на 1 га). Проведена реконструкція спричинила певні зміни агрохімічних властивостей ґрунту, проте рівень забезпеченості азотом, як і в попередні роки залишався дуже низьким, рухомих фосфатів – підвищеним та дуже високим, обмінного калію – підвищеним та високим.

Реконструкція 2011 р. полягала у виділенні двох окремих чотирірічних зернових сівозмін та зміні співвідношення між азотом, фосфором і

калієм від 1:1,13:1,17 до 1:0,8:0,8 на користь азоту. Чергування культур у сівозміні 1 було таким: озимі культури (пшениця озима, тритикале, жито) – соя – ярі культури (пшениця яра, ячмінь) – льон. Саме в цій сівозміні продовжились наші спостереження, а насиченість добривами складала: варіант 12 – без добрив (контроль); варіанти удобрення по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва: 2 –  $N_{82,5}P_{67,5}K_{67,5}$ ; 5 –  $N_{123,8}P_{101,3}K_{101,3}$ ; 6 – фосфор внесено у запас +  $N_{77,5}P_{56,3}K_{80}$ . У визначених варіантах це відповідало 213,8–326,4 кг/га NPK по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва.

Тривале використання темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту в землеробстві (1987–2015 рр.) за різного агрохімічного навантаження призвело до створення агрофонів із різним поживним режимом. На момент 2015 р. ґрунти характеризувались підвищеним та дуже високим рівнем забезпеченості рухомими фосфатами, середнім та дуже високим – обмінного калію, низькою забезпеченістю гумусом, гідролізованим азотом, та слабкислою реакцією ґрунтового середовища.

Спостереження за вмістом рухомих фосфатів у ґрунті проводили в системі полігонного агроекологічного моніторингу. Відбирання та аналіз проб ґрунту здійснювали на базі відділу агроекології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН» згідно з відповідними нормативними документами [7, 8]. Фосфор у верхньому 0–20 см шарі ґрунту визначали за методом Чирикова, статистичну обробку даних виконували з використанням комп'ютерних програм: Microsoft Office 2003, Statistica 5.0.

**Результати досліджень.** При визначенні змін у фосфорному режимі темно-сірого опідзоленого ґрунту, спричинених різною інтенсивністю систем удобрення, установлено, що застосування органічних та мінеральних добрив сприяло не лише стабілізації, а й відтворенню запасу рухомої фракції фосфатів у орному шарі ґрунту порівняно з вихідними даними (1987 р.). Зростання вмісту рухомого фосфору узгоджувалось з підвищенням агрохімічного навантаження у сівозміні (Рис. 1).

У досліді найнижчий рівень мінеральних фосфатів відмічено в ґрунті контрольного варіанту (варіант 12). Але впродовж періоду моніторингу вміст рухомого фосфору у ґрунті цих ділянок був на рівні середньої і підвищеної забезпеченості та навіть у окремі роки близьким до оптимального і становив 80–130 мг/кг. Це пояснюється тим, що відсутність надходження азоту з добривами, а отже невисокі врожаї культур, сприяли відносно низькому використанню фосфатів з ґрунту. Крім того, відбувалося поповнення фосфатного фонду за рахунок переміщення фосфатів кореневою системою рослин з нижніх горизонтів ґрунту до орного шару. Попри відсутність екзогенних надходжень сполук фосфору до цих екотопів, коефіцієнт варіації фактору ємності фосфатів мав середній рівень – 15,6 %, що свідчить про вагомий вплив інших чинників на фосфатний режим ґрунту. Так після реконструкції у 2011 р. відмічено тенденцію до зниження вмісту рухомого фосфору від підвищеної до середньої забезпеченості – 80,0–97,5 мг/кг, що очевидно пов'язано із порушенням рівноваги в агробіогеоценозі, спричиненого заміною 8-пільної зерно-просапної сівозміни на дві 4-пільні зернові.

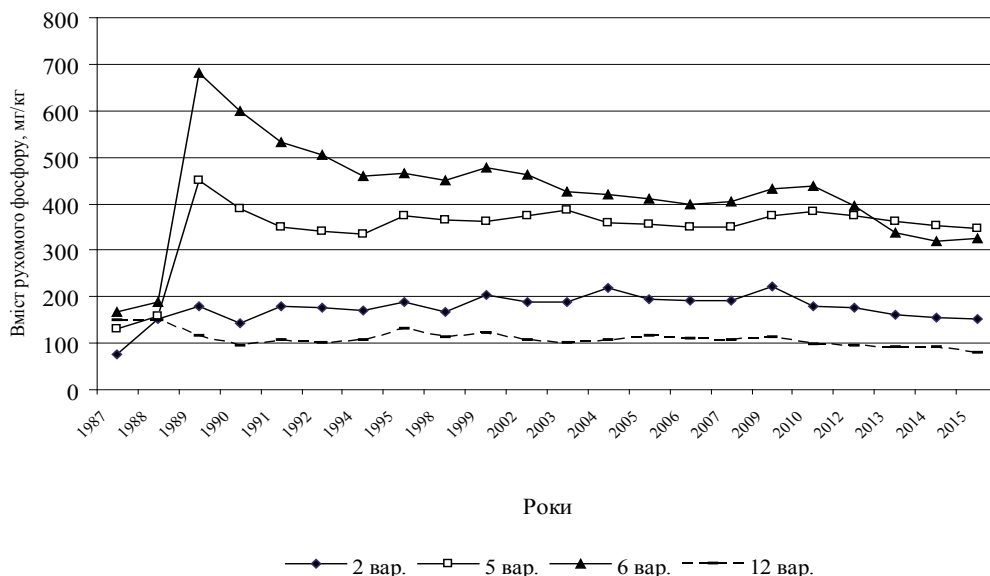


Рис. 2.

**Зміна вмісту рухомого фосфору у темно-сірому опідзоленому ґрунті за різного агрохімічного навантаження у сівозміні, 1987–2015 рр.:**

варіанти: 12 – без добрив (контроль); варіанти удобрення по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва: 2 –  $N_{64-86}P_{67,5-80}K_{67,5-99}$  (подвійна доза добрив); 5 –  $N_{96-129}P_{101,3-120}K_{101,3-148}$  (потрійна доза добрив); 6 – фосфор внесено у запас +  $N_{64-86}P_{56,3-80}K_{75-99}$  (подвійна доза добрив).

При насиченості сівозміни мінеральними добривами впродовж 1987–2015 рр. у дозах  $N_{64-86}P_{67,5-80}K_{67,5-99}$  (варіант 2) рівень забезпеченості ґрунту рухомими фосфатами коливався в межах від підвищеного до високого – 142–223  $P_2O_5$  мг/кг ґрунту. За результатами статистичного аналізу варіювання показника в цей період моніторингу було середнім – 17,3 %. При тому з моменту закладання дослідів до 2010 р. спостерігали повільне збільшення вмісту рухомих фосфатів, що свідчило про підвищення окультуреності ґрунту і підтверджувалося позитивним балансом елементу в системі добриво-ґрунт-рослина [9]. Реконструкція дослідів у 2011 р. зі зміщенням співвідношення між азотом, фосфором і калієм у бік азоту спричинила розширення мобілізації доступних форм фосфатів фітоценозом, а отже відповідне зниження фактору ємності фосфатів. Загалом, результати моніторингу свідчать, що внесення  $P_{67,5-80}$  на фоні азотних, калійних і органічних добрив створювало оптимальні умови для фосфорного живлення рослин і було найбільш доцільним.

Закономірно, що у варіанті із внесенням фосфорних добрив „у запас” (варіант 6) кількість рухомих фосфатів була дуже високою. У період із 1988 р. по 1992 р. їхня концентрація у верхньому 20-сантиметровому шарі ґрунту досягала 680–500 мг  $P_2O_5$  на 1 кг. Післядія одноразового внесення добрив у запас збереглась впродовж 28 років, але лише до 2010 р. кількість рухомих фосфатів підтримувалась на рівні близькому 400 мг/кг ґрунту. Після реконструкції дослідів у 2011–2015 рр. показник фактору ємності фосфатів знизився до 325–338 мг/кг ґрунту, і майже втричі перевищуючи оптимальний рівень їх вмісту у опідзолених ґрунтах, він все ж не досягав рівня 400 мг/кг ґрунту, запроєктованого при закладанні дослідів. За врахування усього періоду моніторингу варіювання показника було дуже високим – 27,1 %. Високий коефіцієнт варіації у варіанті з внесенням фосфору «у запас» свідчить про те, що попри потужне антропогенне навантаження екосистема ґрунту намагається наблизитися до природного зрівноваженого стану, а отже в ґрунті продовжуються перетворення у фосфатному фонді з активним трансформуванням сполук фосфору. Завдяки підтримуючому внесенню  $N_{64-86}P_{56,3-80}K_{67,5-99}$  відбулось відносно стабілізування вмісту рухомих фосфатів і у період починаючи з 1994 р. коефіцієнт варіації зменшився до середнього значення – 11,8 %.

Тривале внесення (впродовж 28 років) потрібної дози мінеральних добрив у варіанті № 5 сприяло поповненню фонду поживних елементів у агроєко-топі з високим варіюванням фактору ємності фосфатів –  $V=20,1\%$ . Відносно стабілізування показника склалось з 1995 р. У цей період варіювання було середнім ( $V=12,0\%$ ) за фактичних значень 340–390

$P_2O_5$  мг/кг ґрунту. Після останньої реконструкції дослідів (у 2011 р.) застосування  $N_{123,8}P_{101,3}K_{101,3}$  на ділянках варіанту № 5 забезпечило на 23–25 мг/кг ґрунту вищі показники вмісту рухомих форм фосфору порівняно з варіантом внесення фосфорних добрив „у запас” і становило 348–363  $P_2O_5$  мг/кг. Отже, при тривалому використанні  $101,3-120$  кг  $P_2O_5$  на фоні  $N_{96-129}K_{101,3-148}$  на 1 га сівозмінної площі з пріорюванням побічної продукції культур є можливим створення запасу рухомих фосфатів у орному шарі ґрунту, які в кількісному вираженні близькі до одержаних за внесення фосфорних добрив „у запас” з підтримуючим внесенням мінеральних добрив у дозі  $N_{64-86}P_{56,3-80}K_{75-99}$  кг на га сівозмінної площі.

#### Висновки.

Застосування впродовж 1987–2000 рр. мінеральних добрив у дозах  $N_{86-129}P_{80-120}K_{99-148}$  (265–397 кг NPK) по фоні 10 т гною на 1 га сівозмінної площі, у 2001–2010 рр. –  $N_{64-96}P_{72-108}K_{75-112,5}$  (211–316,5 кг NPK) та у 2011–2015 рр. –  $N_{77,5-123,6}P_{56,3-101,3}K_{67,5-101,3}$  (213,8–326,4 кг NPK) по фоні пріорювання побічної продукції рослинництва мало істотний вплив на фактор ємності фосфатів, забезпечивши збагачення темно-сірого опідзоленого ґрунту доступними рослинам мінеральними фосфатами порівняно з вихідними даними та варіантом без добрив. Заміни у чергуванні культур сівозмін та співвідношення між азотом, фосфором і калієм, які відбулись у процесі моніторингу, спричинили варіювання фактору ємності фосфатів на середньому та високому рівнях у межах кожного варіанту.

Одноразове внесення фосфорних добрив „у запас” (4700 кг/га  $P_2O_5$ ) з наступним систематичним застосуванням подвійної дози мінеральних добрив ( $N_{64-86}P_{56,3-80}K_{75-99}$ ) по фоні органічних дозволило не лише створити, а й стабільно підтримувати рівень рухомих фосфатів у орному шарі ґрунту на дуже високому рівні впродовж 28 років – 325 мг  $P_2O_5$  на 1 кг ґрунту (2015 р.).

При тривалому застосуванні потрібної дози мінеральних фосфатів – 101,3–120 кг  $P_2O_5$  на фоні  $N_{96-129}K_{101,3-148}$  та органічних добрив є можливим створення в орному шарі ґрунту запасу доступного рослинам фосфору, близького до отриманого за внесення фосфорних добрив „у запас” – 348–363  $P_2O_5$  мг/кг ґрунту.

Внесення впродовж 28 років подвійної дози – мінеральних добрив ( $N_{64-86}P_{67,5-80}K_{67,5-99}$ ) по фоні органічних гарантує підтримання стабільно високого рівня вмісту рухомих фосфатів у темно-сірому опідзоленому ґрунті. Фактор ємності фосфатів складав 142–223  $P_2O_5$  мг/кг ґрунту, забезпечуючи оптимальні умови для фосфорного живлення рослин зерно-просапної і зернових сівозмін.

#### Література

1. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / [В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур]. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
2. Дмитренко П.А. Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения / П.А. Дмитренко // Тр. Почв. ин-та им В.В. Докучаева. – Т.1. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С.152–274.
3. Носко Б.С. Фосфатный режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С. Носко. – Київ: Урожай, 1990. – 224 с.

4. Носко Б.С. Проблема фосфору в землеробстві України / Б.С. Носко, А.О. Христенко, В.П. Максимова // Вісник аграрної науки, 1998.– № 5.– С.13.
5. Марчук І.У. Добри́ва та їх використання: Довідник / І.У. Марчук, В.М. Макаренко, В.Є. Розстальний, А.В. Савчук. – Київ: ТОВ «Компанія» «Юнівест Маркетинг», 2002. – 246 с.
6. Гринник І.В. Проблема фосфору у землеробстві Полісся і шляхи її вирішення / І.В. Гринник, О.М. Бердніков, Л.В. Потапенко, Т.Б. Мілютенко // Сільськогосподарська мікробіологія, 2013. – Вип. 18. – С. 146–158.
7. ДСТУ 4115-2002 Грунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чурикова.
8. ДСТУ ISO 10381-2:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб.
9. Камінська В.В. Баланс нутрієнтів та важких металів залежно від рівня удобрення культур ланки зернопросапної сівозміни / В.В. Камінська, І.І. Клименко, О.Ф. Дудка // Збалансоване природокористування: традиції та інновації: Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 жовт. 2014 р.: тези доп. – Київ, 2014. – С. 88–90.

#### References

1. Mineev, V.G., Debretseni, B. & Mazur, T. (1993). *Biologicheskoe zemledelie i mineralnye ydobreniia*. Moskva: Kolos.
2. Dmitrenk P.A. Fosfatnyi rezhim pochv Ukrainskoi SSR i priomy ego uluchsheniia /P.A. Dmitrenko // Tr. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva.–Т.1. – М.:Izd-vo AN SSSR, 1957. – P.152–274.
3. Nosko, B.S. (1990). Fosfatnyi rezhim gruntiv i effektivnist dobriv. Kyiv: Urozhai.
4. Nosko, B.S., Khristenko, A.O. & Maksymova, V.P. (1998). Problema fosforu v zemlerobstvi Ukrainy. Visnyk ahrarnoi nauky, 5, 13.
5. Marchuk, I.U., Makarenko, V.M., Rozstalnyi, V.Ye. & Savchuk, A.V. (2002). Dobryva ta yikh vykorystannia: Dovidnyk. Kyiv : TOV «Kompaniia» «Yunist Marketynh».
6. Hrynnyk, I.V., Berdnikov, O.M., Potapenko, L.V. & Miliutenko, T.B. (2013). Problema fosforu u zemlerobstvi Polissia i shliakhy yii vyrishennia. Silskohospodarska mikrobiolohiia, 18, 146–158.
7. DSTU 4115-2002 Grunty. Vyznachennia rukhomyykh spolyuk fosforu i kaliuu za modyfikovanyim metodom Chyrykova.
8. DSTU ISO 10381-2:2004 Yakist hruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 2. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob.
9. Kaminska, V.V., Klymenko, I.I. & Dudka, O.F. (2014). Balans nutriientiv ta vazhkykh metaliv zalezhno vid rivnia udobrennia kultur lanky zernoprosapnoi sivozminy. Zbalansovane pryrodokorystuvannia: tradytsii ta innovatsii: Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 16–17 zhovt. Kyiv.

**Корсун С.Г., Давидюк А.В., Юла В.М., Панасюк Н.А.**

#### **Влияние систем удобрения на емкость фосфатов темно-серой оподзоленной почвы**

Целью работы было выявить особенности изменения фактора емкости фосфатов в темно-серой оподзоленной почве при длительном систематическом применении различных доз минеральных и органических удобрений. Методы. Полевой, лабораторный, математико-статистический. Результаты. По разной интенсивности систем удобрения, установлено, что длительное (28 лет) применение органических и минеральных удобрений способствовало не только стабилизации, но и воспроизводству запаса подвижной фракции фосфатов в пахотном слое почвы по сравнению с исходными данными (1987 г.). Рост содержания подвижного фосфора согласовывался с повышением агрохимической нагрузки в севообороте. Выводы. Длительное систематическое применение, в течение 1987–2000 гг., минеральных удобрений в дозах 265–397 кг NPK по фону 10 т навоза на 1 га севооборотной площади, в 2001–2010 гг. – 211–316,5 кг NPK на 1 га и в 2011–2015 гг. – 213,8–326,4 кг NPK на 1 га по фону запахивания побочной продукции растениеводства оказало существенное влияние на изменение фактора емкости фосфатного режима, обеспечив обогащение темно-серой оподзоленной почвы доступными растениям минеральными фосфатами.

**Ключевые слова:** фосфор, фосфатный режим почвы, полигонный агроэкологический мониторинг, система удобрения, севооборот.

**Korsun S.G., Davidiuk A.V., Yula V.M., Panasiuk N.A.**

#### **The effect of fertilization systems on the capacity of phosphates dark gray podzolized soil**

Identify the features of changes in the factor of capacity of phosphates in the dark gray soil in long-term systematic application of different doses of mineral and organic fertilizers. Methods. Field, laboratory, mathematical and statistical. Results. By varying the intensity of fertilizer systems, it found that long-term (28 years) application of organic and mineral fertilizers contribute to not only stabilize but also the reproduction of the stock of mobile fraction of phosphates in the arable soil layer, compared with the original data (1987). The growth of mobile phosphorus content was consistent with the increase in the agrochemical load in crop rotation. Conclusions. Long-term systematic application for 1987–2000 years mineral fertilizers in doses of 265–397 kg of NPK on the background of 10 tons of manure per 1 ha of crop rotation, in 2001–2010 years – 211–316,5 kg of NPK per 1 ha, and in 2011–2015 years – 213,8–326,4 kg of NPK per 1 ha on the background plowing crop by-products had a significant impact of changes in the factor of capacity of phosphates regime, ensuring the enrichment of dark gray soil available to plants mineral phosphates.

**Keywords:** phosphorus, phosphate regime of soil, landfill agroecological monitoring system of fertilizer, crop rotation.

#### **Рецензенти**

Балаєв А.Д. – д. с.-г. н.

Дегодюк Е.Г. – д. с.-г. н.

Стаття надійшла до редакції – 14.04.2016 р.