

УДК 631.41

В. П. КОЛЯДА¹, канд. с.-г. наук, **М. В. ШЕВЧЕНКО**², д-р с.-г. наук,
О. В. КРУГЛОВ¹, канд. геол. наук, **А. О. АЧАСОВА**¹, канд. біол. наук,
П. Г. НАЗАРОК¹, **О. О. ГРЕБЕНЧУК**²

¹ ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, Україна;

² Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва, м. Харків, Україна

E-mail: alex_kruglov@ukr.net

ПРОТИЕРОЗІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ: ЛОКАЛЬНИЙ РІВЕНЬ

Мета. Розкрити переваги та вади сучасного стану протиерозійного проектування на прикладі конкретного сільськогосподарського підприємства. **Методи.** Картографічні, розрахунковий, геоінформаційний аналіз, статистично-математичні. **Результати.** На прикладі конкретного господарства показано недоліки існуючої структури посівних площ у протиерозійному аспекті. Проведено її оптимізацію з урахуванням спеціалізації господарства. Проаналізовано змив ґрунту за різних сценаріїв землекористування. **Висновки.** Структура посівних площ, відповідаючи формальним вимогам нормативних актів, не забезпечує адекватний захист від водної ерозії. Вона потребує додаткової експертизи з використанням математичних моделей ерозії.

Ключові слова: впорядкування угідь, водна ерозія, ґрунтозахисна оптимізація, математичне моделювання

Kolyada V. P.¹, **Shevchenko M. V.**², **Kruhlov O. V.**¹, **Achasova A. O.**¹, **Nazarok P. G.**¹, **Hrebenchuk O. O.**²

¹ National scientific center «Institute for soil science and agrochemistry research named after O.N. Sokolov-sky»;

² V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University

ANTI-EROSION OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL EQUIPMENT: LOCAL LEVEL

Soil erosion is a major factor in their economic and environmental degradation. Protection of land from erosion is characterized by insufficient methodological support at the local territorial level. **Purpose.** To reveal the advantages and disadvantages of the current state of anti-erosion design on the example of a particular agricultural enterprise. **Methods.** Cartographic, with application of geoinformation technologies, computational, statistical and mathematical. **Results.** On the example of one of the private farms of the Kharkiv region, the drawbacks of the existing structure of the crops area of agricultural crops in the anti-erosion aspect are shown. It was optimized taking in to account the specialization of the economy. The soil was washed out in different scenarios of land use. The introduction of erosion-optimized crop rotation allows to reduce the forecast of soil fault in field crop rotation by 1.3 times. **Conclusions.** The structure of the crop area of agricultural crops, even meeting the formal requirements of normative acts, does not provide adequate protection against water erosion. It requires additional expertise using mathematical models of erosion. Minor deviations from the recommended standards of permissible flushing can be adjusted by means of agrotechnical measures, significant – additional organizational and agronomic measures.

Keywords: land management, water erosion, soil protection optimization, mathematical modeling

Коляда В. П.¹, **Шевченко М. В.**², **Круглов А. В.**¹, **Ачасова А. А.**², **Назарок П. Г.**¹, **Гребенчук А. А.**²

¹ ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені А.Н. Соколовського»;

² Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва

ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ЛОКАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Цель. Раскрыть преимущества и недостатки современного состояния противоэрозионного проектирования на примере конкретного сельскохозяйственного предприятия. **Методы.** Картографические, геоинформационного анализа, расчетный, статистико-математический. **Результаты.** На примере одного из фермерских хозяйств Харьковщины показаны недостатки существующей структуры посевных площадей в противоэрозионном аспекте. Проведена ее оптимизация с учетом специализации хозяйства. Проанализирован смыв почвы при различных сценариях землепользования. **Выводы.** Структура посевных площадей сельскохозяйственных культур, даже отвечая формальным требованиям нормативных актов, не обеспечивает адекватную защиту от водной эрозии. Она нуждается в дополнительной экспертизе с помощью математических моделей эрозии.

Ключевые слова: землеустройство, водная эрозия, почвозащитная оптимизация, математическое моделирование

Вступ

Серед викликів, що постали перед товаровиробниками у галузі землеробства, одним з найскладніших є зменшення темпів деградації ґрунтів. Для досягнення цієї мети слід послідовно вивчити та по можливості знівелювати вплив кожного з факторів деградації, серед яких провідним за масштабами та негативними наслідками для родючості ґрунтів та екологічної стійкості агроландшафтів є водна ерозія.

Ефект від проявів ерозійних процесів лежить у двох площинах: економічній – щорічний збиток вітчизняних господарників в результаті втрат рослинницької продукції внаслідок ерозії становить понад 10 млрд. доларів США [1] та екологічній – з 1 га ерозійнонебезпечних земель втрачається близько 15 т ґрунту. Втрати ґрунту означають не лише зниження глибини родючого шару ґрунту на полях та виносення поверхневими водами найбільш збагаченої поживними речовинами та гумусом ґрунтової речовини за межі робочої ділянки. Змив ґрунту з полів призводить до цілого ряду негативних екологічних наслідків – це і забруднення суміжних з сільськогосподарськими угіддями екосистем мінеральними добривами, пестицидами та агрохімікатами, евтрофікація, замулення водойм та водотоків, підвищення вразливості еродованих ґрунтів до фізичної деградації та забруднення, зниження протиерозійної стійкості ґрунтів на полях та подальша інтенсифікація ерозійних процесів. Таким чином ґрун-

тоохоронні заходи мають як господарське так і екологічне значення.

Проблема охорони ґрунтів від ерозії вирішується на двох територіальних рівнях: регіональному – проводиться просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь на рівні крупних адміністративно-територіальних одиниць (області, райони) [2] та локальному, що включає безпосередньо роботу з конкретною земельною ділянкою [3, 4]. Перший рівень включає роботу на законодавчому рівні, створення відповідної нормативної бази, відповідних обласних та регіональних програм. У другому випадку враховуються особливості просторового розташування ділянки, рельєфу, наявності та стану протиерозійних агролісомеліоративних об'єктів, спеціалізація господарства.

Якщо стан ґрунтоохоронних методичних розробок в Україні на регіональному рівні можна вважати задовільним [1, 5, 6] то це питання на локальному рівні є предметом дискусій. Існують певні суперечності між підходами, що застосовуються у сфері землеустрою [7, 8], діючими законодавством [9] та нормативною базою [10]. Основні тенденції використання таких методик пов'язані з розвитком ГІС-технологій [3, 11].

Мета роботи: розкрити переваги та вади сучасного стану протиерозійного проектування на прикладі конкретного сільськогосподарського підприємства.

Методика дослідження

Методика досліджень включала елементи картографічного аналізу з застосуванням геоінформаційних технологій, розрахунковий – для визначення еколого-економічної ефективності застосування структури посівних площ; статистично-математичні методи – для встановлення достовірності отриманих результатів дослідження. Для отримання інформації використовувались дані топографічних карт масштабу 1:10 000, космічних знімків та STRM, що оброблено засобами ГІС (використовувались QuantumGIS та ViewHGT).

При створенні моделі землекористування за основу використано вимоги ДСТУ 7904:2015 та Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою,

що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь.

Об'єкт досліджень територіально знаходиться у Харківському районі Харківської області. Територія господарства розділена на дві частини долиною ріки Мжа. Діапазон абсолютних висот коливається у межах 95-173 м на правобережній частині території та 122-170 м на лівобережній. Ґрунтовий покрив лівобережної частини господарства представлений чорноземами опідзоленими та дерновими ґрунтами, правобережну частину представлено чорноземами опідзоленими та типовими різного ступеню змитості. Основними ґрунтоутворними породами на лівому березі є кварцеві

ні: I група – до 3°, II група – 3 – 7°, III група – понад 7°. Для кожної з цих груп визначені свої особливості технологій вирощування сільськогосподарських культур. На землях I групи рекомендується вирощування районованих сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями, включаючи просапні. У межах I групи виділяють дві технологічних підгрупи: Ia рівнинні землі крутістю до 1°, на які немає обмежень у виборі напрямку обробітку й посіву; Ib – схилі землі крутістю 1 – 3°, де обов'язковий обробіток і посів впоперек або під припустимим кутом до схилу. На землях II групи рекомендується проектування зерно-трав'яних та ґрунтозахисних

сівозмін з виключенням розміщення чорного пару, просапних культур та інших ерозійно нестійких культур. Для диференціації щільності протиерозійних заходів II технологічну групу поділяють на дві підгрупи: Па – схили крутістю 3 – 5° без улоговин; Пб – схили крутістю 3 – 7°, а також ускладнені улоговинами схили 3 – 5°. На землях підгрупи Па пропонується розміщення зерно-трав'яних сівозмін, а підгрупи Пб – травопільних ґрунтозахисних сівозмін.

На першому етапі проведено визначення еколого-технологічних груп землекористування. Визначення проведено шляхом обробки ЦМР території господарства (табл. 1).

Таблиця 1

Питома вага еколого-технологічних груп на полях землекористування

Поле	Площа, га	Еколого-технологічна група, % від загальної площі		
		I	II	III
1	42	100	-	-
2	67	99	1	-
3	58	97	2	1
4	55	99	1	-
5	34	99	1	-
6	36	70	10	20
7	10	5	90	5

Як бачимо, територія полів 1-5 може бути використана практично без агротехнологічних обмежень. Поля 6 та 7 потребують додаткового впорядкування – значна їх частина потребує спеціальних заходів.

На полях 1-5 пропонується сформувавши польову сівозміну. Для оптимізації землекористування та дотримання принципу рівновеликості полів передбачається зі складу поля 6 (з земель I групи) передати до складу поля 5 18 га. З залишків поля 6 та поля 7 пропонується сформувати травопільно-зернову сівозміну.

Враховуючи спеціалізацію господарства передбачено таке чергування культур:

- Польова сівозміна: 1 – кукурудза на силос, 2 – озима пшениця, 3 – кукурудза на зерно, 4 – Ячмінь ½ + Однорічні трави ½, 5 – Соняшник.

- Кормова сівозміна: 1 – озима пшениця, 2 – ячмінь з підсівом багаторічних трав, 3 – багаторічні трави 1 року використання, 4 – багаторічні трави 2 року використання, 5 – багаторічні трави 3 року використання.

Роком переходу до сівозміни заплановано 2018. Повне господарське освоєння відбудеться у 2020 році. План переходу представлено у таблиці 2. На цьому завершено основну частину роботи передбачену нормативними документами [8].

Наступним етапом є перевірка адекватності сформованої моделі землекористування за допомогою ДСТУ 7904:2015 (модель змиву Ц.Е. Мірцхулави). Це передбачає порівняння значень потенційного змиву ґрунту кожного з полів зі значеннями допустимого змиву, що становить до 1,5 т/га за рік [6].

За допомогою модуля з програми Quantum GIS та моделі Ц.Е. Мірцхулави [12] було розраховано потенційні втрати ґрунту за 3 сценаріями розвитку подій на території господарства: 1 – для умов чистого пару; 2 – для умов структури посівних площ 2017 року; 3 – для запроєктованої сівозміни (у середньому за ротацію).

Відповідно за формулою середнього зваженого було обчислено коефіцієнт захисної дії сільськогосподарських культур [12].

Таблиця 2

План переходу до запланованих сівозмін

№ поля сівозмін	Площа поля, га	Рік				
		2016	2017	2018	2019	2020
Польова сівозмін						
1	57,5	Ячмінь	Соняшник	Кукурудза на зерно	Ячмінь ½ + Однорічні трави ½.	Соняшник
2	58,7	Кукурудза на зерно	Соняшник	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Кукурудза на зерно
3	54,3	Кукурудза на зерно	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Кукурудза на зерно	Ячмінь ½ + Однорічні трави ½.
4	53,2	Соняшник	Кукурудза на зерно	Ячмінь ½ + Однорічні трави ½	Соняшник	Кукурудза на зерно
5	53,6	Соняшник	Кукурудза на зерно	Соняшник	Соняшник	Пшениця озима
Грунтозахисна сівозмін						
1	5,8	Соняшник	Кукурудза на силос	Пшениця озима	Ячмінь з підсівом багаторічних трав	Багаторічні трави 1
2	5,7	Соняшник	Кукурудза на силос	Ячмінь з підсівом багаторічних трав	Багаторічні трави 1	Багаторічні трави 2
3	8,1	Соняшник	Кукурудза на силос	Ячмінь	Однорічні трави	Пшениця озима
4	8,1	Соняшник	Кукурудза на силос	Ячмінь	Однорічні трави	Однорічні трави
5	8,0	Соняшник	Кукурудза на силос	Однорічні трави	Озима пшениця	Ячмінь з підсівом багаторічних трав

Запроектоване чергування культур забезпечує (за методикою Ф.Моргуна з співавторами [14]) середньорічний ступінь захисту земель у польовій сівозміні 0,66 та у кормовій – 0,17. Довідково: середній коефіцієнт для рівнинних областей України – 0,63 [15, 16]. За наявної структури посівних площ (на 2017 рік) він складає 0,74.

Розрахунок втрат ґрунту за різними сценаріями подано у таблиці 3.

Структура посівних площ, розрахована з урахуванням вимог до агротехнологічних груп земель (згідно діючих нормативних документів) після освоєння польової сівозміни забезпечує протиерозійну ефективність на рівні 0,66 (варіант 3). Як бачимо перевищення допустимих втрат спостерігається лише на полі № 4. Для ґрунтозахисної сівозміни характерний параметр 0,17, що

повністю знімає проблему прискореної ерозії. Проблема поля №4 вирішується, наприклад, при розміщенні на цьому полі у посівах просапних культур 10 % культур суцільного способу посіву.

Таким чином впровадження протієрозійно оптимізованої сівозміни дає змогу зменшити прогноз змиву ґрунту у польовій сівозміні в 1,3 рази, досягнувши значень допустимого змиву, а у випадку подальших обмежень, пов'язаних з урахуванням потенційних втрат ґрунту для кожного поля вийти на значення, нижче за допустимі. У ґрунтозахисній сівозміні очікується зниження змиву ґрунту у 3,6 рази. Незначні (до 25 %) відхилення від рекомендованих норм допустимого змиву можуть бути відкориговані за допомогою агротехнічних заходів.

Таблиця 3

Розрахунок потенційних втрат ґрунту за різних сценаріїв землекористування

№ поля сівозмін	Площа поля, га	Потенційний змив, т/га за рік		
		для структури 2017 року (варіант 1)	для умов чорного пару (варіант 2)	для рекомендованої структури на рік освоєння (варіант 3)
Польова сівозміна				
1	57,5	0,6	0,7	0,5
2	58,7	1,8	2,2	1,4
3	54,3	1,5	1,8	1,2
4	53,2	2,2	2,7	1,8
5	53,6	1,4	1,7	1,2
Ґрунтозахисна сівозміна				
1	5,8	1,7	2,1	0,4
2	5,7	1,6	2,0	0,3
3	8,1	4,2	5,1	1,0
4	8,1	4,1	5,0	0,9
5	8,0	4,9	5,9	1,2

Висновки

Як показали наші дослідження на прикладі аналізу існуючої структури посівних площ одного з приватних господарств Харківщини, формальна відповідність вимогам нормативних актів щодо проектування сівозмін не забезпечує адекватний захист ґрунтів від водної ерозії. В кожному конкретному випадку новостворювані проекти землеустрою, до складу яких входять

проекти сівозмін, повинні підлягати експертній перевірці за допомогою моделювання процесів водної ерозії відповідно до ДСТУ 7904:2015. Незначні відхилення від рекомендованих норм допустимого змиву можуть бути відкориговані за допомогою агротехнічних заходів, значні – додатковими організаційними та агротехнічними заходами.

Література

1. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. К.: Урожай, 2005. 300 с.
2. Куценко М.В. Комплексна просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь: регіональний рівень. Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія», 2014 (10), 99-105.
3. Куценко М.В., Круглов О.В. Ґрунтозахисна оптимізація структури сільськогосподарських угідь. Вісн. аграрної науки, 2014(1), 51-54.
4. Тімченко Д.О., Куценко М.В., Круглов О.В., Назарок П.Г. Оцінювання ерозійної небезпеки ґрунтів під час проведення землевпорядних робіт. Агроекологічний журнал. 2015(1). 59-62.
5. Светличный А.А., Черный С.Г., Швевс Г.И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. Сумы: Университетская книга, 2004. 410 с.
6. Куценко М.В., Тімченко Д.О. Теоретичні основи організації системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні: Монографія. Харків: КП «Міська друкарня», 2016. 240 с.
7. «Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах» Постанова кабінету міністрів України від 11 лютого 2010 р. № 164 //Офіційний вісник України. 2010 (№ 13). 33 – 34.
8. «Про затвердження Методичних рекомендації щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь». Наказ № 396 від 02.10.2013. Землевпорядний вісник, 2013 (10). 52 – 63.

9. “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення умов ведення бізнесу (дерегуляція)” Закон України № 191-VIII /Голос України від 04.04.2015. № 61.
10. Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів : ДСТУ 7904:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – К.: ДП УкрНДНЦ, 2016. 12 с. – (Національний стандарт України).
11. Ачасов А., Ачасова А. До питання формування аграрних геоінформаційних систем. Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія», 2016 (14). 15-19.
12. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 240 с.
13. Балакай Н.И. Оценка интенсивности проявления эрозии и почвозащитное действие сельскохозяйственных культур. Науч. журн. КубГАУ, 2011 (65 (01)). 1-11.
14. Моргу́н Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г. Почвозащитное земледелие. К.: Урожай, 1983. 240 с.
15. Куценко М.В. Просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь. Вісник аграрної науки, 2015 (5). 11 – 15.
16. Круглов О.В. Математика проти ерозії. Український Фермер, 2017 (2). 74 - 76.

References

1. Bulygin, S.Yu. (2005). Formuvannya ecolohichno stalych agrolandshaftiv. [Formation of environmentally sustainable agricultural landscapes]. K.: Urozhay. 300. [in Ukrainian].
2. Kutsenko, M.V. (2014). Kompleksna prostoroва optymizatsiya struktury sil'skohospodars'kyh uhid': rehionalnuu riven'. [Integrated spatial optimization of the agricultural land structure: regional level]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, 10, 99-105. [In Ukrainian].
3. Kutsenko, M.V., Kruglov, O.V. (2014). Gruntozahysna optymizatsiya struktury sil'skohospodars'kyh uhid'. [Soil-protective optimization of the structure of agricultural lands]. *Visn. ahrarnoyi nauky*, 1. 51-54. [In Ukrainian].
4. Timchenko, D.O., Kutsenko, M.V., Kruglov, O.V., Nazarok, P.G. (2015). Otsynuvannya eroziynoyi nebezpeky gruntiv pid chas provedennya zemlevporyadnyh robit. [Estimation of soil erosion hazard during land surveying works]. *Agroecological journal*, 1. 59-62. [In Ukrainian].
5. Svetlichny, A.A., Cherny, S.G., Shvebs, G.I. (2004). Eroziovedenie: teoreticheskie I prikladnyie aspekty. [Erosiology: theoretical and applied aspects]. Sumy: The University Book. 410. [in Russian].
6. Kutsenko, M.V., Timchenko, D.O. (2016) Teoretychni osnovy orhanizatsiyi systemy ohorony gruntiv vid eroziyi v Ukraini: Monohrafiya. [Theoretical Foundations of Organization of the Soil Protection System against Erosion in Ukraine: Monograph]. Kharkiv: KP “Mis'ka drukarnya”. 240. [In Ukrainian].
7. “Pro zatverdzhennya normatyviv optimal'noho spivvidnoshennya kul'tur u sivozminah v riznyh pryrodno-sil'skohospodars'kyh rehionah”. [“On Approval of the Norms of Optimal Ratio of Crop in Crop rotations in Various Natural-Agricultural Regions”]. Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution dated February 11, 2010 No. 164] // The Official Bulletin of Ukraine. 13. 33 - 34. [In Ukrainian].
8. Pro zatverdzhennya Metodichnyh rekomendatsiy shodo rozroblennya proektiv zemleustroyu, sho zabezpechuyut' ecoloho-economiche obhruntuvannya sivozminy ta vporyadkuvannya uhid'. [“On Approval of Methodical Recommendations for the Development of Land Management Projects, Providing Ecological and Economic Justification for Crop rotation and Land Reconciliation”]. Order No. 396 (dated 02.10.2013), *Zemlevporyadnyy visnyk*, 10. 52 - 63. [In Ukrainian].
9. Pro vnesennya zmin do deyakyh zakonodavchyh aktiv shodo sproshennya umov vedennya biznesu (Derehulyatsiya). [“On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Facilitation of Business Conditions (Deregulation)”]. The Law of Ukraine No. 191-VIII / Voice of Ukraine dated 04.04.2015, 61. [In Ukrainian].
10. Yakist' ґрунту. Vyznachennya potentsiynoyi zagrozy eroziyi pid vplyvom doshiv. [Quality of soil. Determination of the potential threat of erosion under the influence of rains].: DSTU 7904: 2015. [Effective from 01-07-2016]. - K. : DP UkrNDNC, 2016. 12 . (National Standard of Ukraine). [In Ukrainian].
11. Achasov, A., Achasova, A. (2016) Do pytannya formuvannya agrarnykh geoinformatsiynykh system. [To the issue of formation of agrarian geoinformation systems]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv national university series «Ecology»*, 14, 15-19. [In Ukrainian].
12. Mirtshulava, Ts.E. (1970). Inzhenernyie metody raschyota I prognoza vodnoj erozii. [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]. M. : Kolos. 240. [In Ukrainian].
13. Balakay, N.I. (2011). Otsenka intensivnosti proyavleniya erozii i pochvozaschitnoe deystvie selskohozyaystvennykh kultur. [Estimation of intensity of manifestation of erosion and soil protection effect of agricultural crops]. *Sci. journ Kuban State Technical University*, 65 (01). 1-11. [in Russian].
14. Morgun, F.T., Shikula, N.K., Tarariko, A.G. (1983). Pochvozaschitnoe zemledelie. [Soil-protecting agriculture]. K.: Urozhay. 240 p. [In Ukrainian].
15. Kutsenko, M.V. (2015) Prostorova optymizatsiya struktury sil'skohospodars'kyh uhid'. [Spatial optimization of the structure of agricultural lands]. *Visn. ahrarnoyi nauky*, 5. 11 – 15. [In Ukrainian].
16. Kruglov, O.V. (2017). Matematyka proty eroziyi. [Mathematics versus erosion]. *Ukrainian Farmer*, 2. 74 - 76. [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 30.03.2018