

УДК 504:63:631.459

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОХОРОНИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ ВІД ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ

О. Швець, О. Дмитрів, П. Черняга

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

Ключові слова: водна ерозія, модель, система охорони земель, ієрархія, пріоритет.

Постановка проблеми

Створення системи охорони сільськогосподарських земель від водної ерозії є актуальною проблемою сьогодення. На сучасному етапі розвитку земельних відносин особливо гостро це питання постало в зв'язку із розвитком дрібноконтурного господарювання та використання земель землевласниками і землекористувачами, які не мають спеціалізованої освіти, що призводить до посилення руйнівних водно-ерозійних процесів.

Важливою особливістю створення системи охорони земель є визначення найвпливовіших факторів розвитку водної ерозії та методів впливу на них.

Як метод досліджень вибрано метод аналізу ієрархій, розроблений Т. Саати [1].

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Розроблення оптимальної системи заходів захисту сільськогосподарських земель від ерозійних процесів дасть можливість оптимізувати систему організації територій з метою їх максимального захисту.

З практичного погляду розроблення такої системи скоротить затрати часу та коштів як під час складання проєктів організації території, так і під час їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Дослідженням розвитку процесів водної ерозії ґрунту, а також створенням систем охорони земель від їх руйнівного впливу займалося широке коло науковців [3]. Проте метод аналізу ієрархій в цій галузі досі не застосовувався. Цей метод у своїх роботах використовували А. Качинський [2], П. Кахнич, Р. Німкович, П. Черняга [5], Т. Бухальська, А. Люсак [7], К. Ніколайчук [6], О. Лагоднюк та інші.

Невирішені частини загальної проблеми

На нашу думку, визначальним моментом для створення системи охорони земель від водної ерозії є виділення тих факторів розвитку цього процесу, які можна змінити, застосовуючи найвпливовіші методи захисту.

Постановка завдання проблеми

Для того щоб виділити основні фактори розвитку водноерозійних процесів та знайти найвпливовіші методи їх зміни, потрібно побудувати модель системи охорони земель і, використовуючи метод аналізу ієрархій опрацювати її з метою оптимізації.

Виклад основного матеріалу проблеми

Головними ознаками моделі системи охорони земель є взаємозалежність та взаємозв'язок між її складовими частинами.

Під час складання моделі системи охорони земель ми виділили такі рівні ієрархії: 1 – мета – система охорони сільськогосподарських земель від водної ерозії; 2 – основні причини виникнення, розвитку та інтенсивності водної ерозії; 3 – фактори розвитку водної ерозії; 4 – заходи захисту земель від водної ерозії.

Розроблена модель унаочнена на рис. 1. З рисунка видно, що до основних причин розвитку водної ерозії, як показали попередні дослідження [8, 9], належать елементи рівня 2 – 2.1. енергія водного потоку та 2.2. ерозійна стійкість ґрунту. До факторів розвитку водної ерозії (рівень 3), за аналізом літературних джерел [3, 4,], належать:

1) геоморфологічні фактори: 3.1. – ухил схилу, 3.2. – експозиція схилу, 3.3. – довжина схилу, 3.4. – форма схилу;

2) кліматичні фактори: 3.5. – кількість опадів, 3.6. – інтенсивність опадів; 3.7. – характер танення снігу;

3) біологічні фактори: 3.8. – наявність, кількість та якість рослинного покриву;

4) антропогенні фактори: 3.9. – організація території, 3.10. – обробіток ґрунту;

5) внутрішні фактори ґрунту: 3.11. – еродованість ґрунту, 3.12. – водостійка структура ґрунту, 3.13. – водопроникність ґрунту.

До четвертого рівня належать складові класичної системи охорони земель від водної ерозії:

1) організаційно-господарські заходи: 4.1. – оцінка можливого прояву ерозійних процесів, 4.2. – проєкування елементів впорядкування території;

2) гідротехнічні заходи: 4.3. – гідротехнічні споруди;

3) лісомеліоративні заходи: 4.4. – лісосмуги, 4.5. – заліснення ярів, 4.6. – водозахисні насадження, 4.7. – суцільне заліснення;

4) агротехнічні заходи: 4.8. – спосіб обробітку ґрунту, 4.9. – вибір сільськогосподарських культур, 4.10. – створення буферних смуг, 4.11. – внесення добрив.

Створену модель можна доповнити детальнішими характеристиками елементів. Наприклад, водостійка структура ґрунту зумовлена такими факторами, як вміст гумусу та глини у ґрунті, водопровідність залежить від наявності у ґрунтового горизонті водонепроникних шарів та від гранулометричного складу ґрунту тощо. Доповнення моделі дасть змогу виділити ті локальні особливості системи охорони земель, на які варто звертати увагу в конкретних ситуаціях (наприклад, внесення органічних добрив з метою збільшення вмісту гумусу в ґрунті, який позитивно впливає на водостійкість ґрунтової структури тощо).

Після визначення складових елементів ієрархічних рівнів знайдено та відображено зв'язки між елементами різних рівнів. Так, наприклад, на енергію водного потоку, що виникає внаслідок випадіння

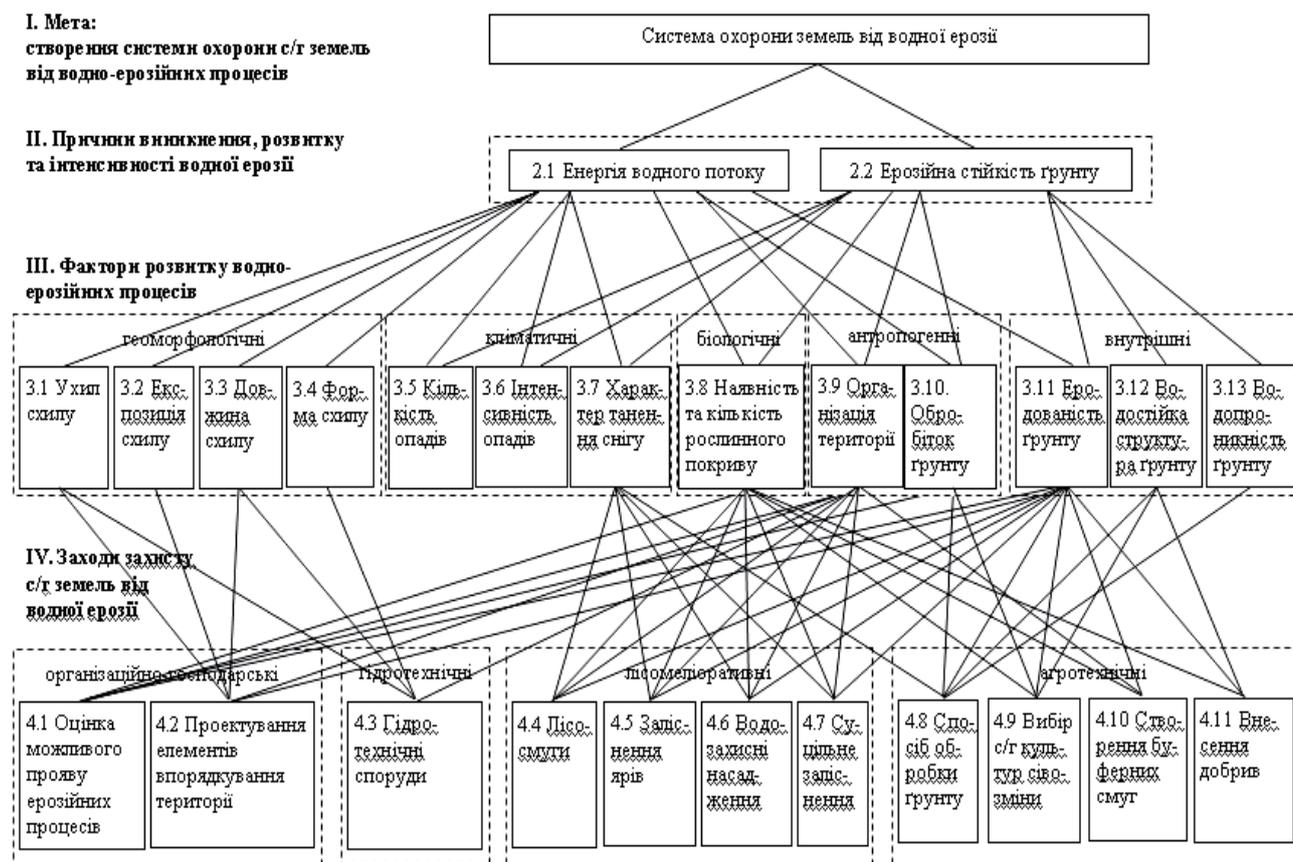


Рис. 1. Модель системи охорони сільськогосподарських земель від водної ерозії

зливи чи танення снігу, впливають геоморфологічні, кліматичні, біологічні, антропогенні та частково внутрішні фактори. Оскільки не всі елементи сусідніх рівнів є взаємопов'язаними, тобто окремі елементи не впливають чи незначно впливають на елементи вищого рівня, складена модель вважається неповною.

Щоб знайти найвпливовіші фактори рівнів 3 та 4, виконаємо детальні дослідження впливу окремих елементів нижчих рівнів ієрархічної моделі на її вершину.

Традиційно у разі застосування методу аналізу ієрархії оцінку виконує група експертів, до якої входять фахівці галузі та провідні спеціалісти напрямку.

Оскільки зазвичай вплив різних елементів є нерівномірним, потрібно визначити пріоритетність одного елемента порівняно з іншим, тобто виконати попарні порівняння між елементами кожного рівня. Для цього знаходимо відносний вплив всіх елементів n -го рівня на кожен елемент рівня $n-1$. Порівняння виконуємо для всіх пар рівнів ієрархії. Результати попарного порівняння записуємо у вигляді матриць як вихідну інформацію. В результаті математичного опрацювання вихідних матриць, порядок якого описано в [1, 2] визначаємо локальні пріоритети для кожного рівня, тобто ступінь важливості кожного елемента для заданого рівня.

Завершальним етапом розрахунків є визначення глобальних пріоритетів [7] для всієї моделі, які і допоможуть оптимізувати нашу модель системи охорони земель.

Для того щоб визначити точність та однорідність проведення експертних оцінок, необхідно визначити відхилення власних чисел матриць вихідної інформації λ від порядку матриці n .

Однорідність суджень експертів можна оцінити за допомогою індексу узгодженості та відношенням узгодженості ВУ [7]:

$$IU = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (1)$$

Якщо $IU \leq 0,1$, то можна вважати судження однорідними.

$$BU = \frac{IU}{ВПУ} \quad (2)$$

де ВПУ – середнє значення індексу узгодженості (математичне очікування), яке визначено на підставі експериментальних даних. Якщо $BU \leq 0,10$, то судження можна вважати логічними. В іншому разі логіка суджень експертів викликає сумніви. Тоді оцінки потрібно переглянути або помінати експертів. У нашому випадку оцінка суджень експертів наведена в табл. 1.

Як видно з табл. 1, у нашому випадку вимоги (1) та (2) виконуються, а отже, судження експертів можна вважати логічними та узгодженими.

Обчислені власні вектори локальних пріоритетів подамо у вигляді табл. 2–4.

З табл. 2 видно, що ерозійна стійкість ґрунту в системі заходів захисту сільськогосподарських земель має важливіше значення, ніж енергія водного потоку, яка сформована факторами, що слабо піддаються корегуванню.

Таблиця 1

Оцінка однорідності та логічності суджень експертів

Рівні	Пріоритети	n	λ	IУ	ВУ
1	1	2	2,000	0,0000	0,0000
2	2,1	11	11,145	0,0145	0,0096
	2,2	9	9,140	0,0175	0,0121
3	3,1	2	2,000	0,0000	0,0000
	3,3	2	2,000	0,0000	0,0000
	3,7	5	5,000	0,0000	0,0000
4	3,8	7	7,000	0,0000	0,0000
	3,9	8	8,025	0,0036	0,0025
	3,10	3	3,000	0,0000	0,0000
	3,11	10	10,076	0,0085	0,0057
	3,12	3	3,000	0,0000	0,0000

Таблиця 2

Власний вектор локальних пріоритетів для рівня II

	I Система охорони
2.1. Енергія водного потоку	0,25
2.2. Ерозійна стійкість	0,75
Σ	1

Таблиця 3

Матриця власних векторів локальних пріоритетів для рівня III

	2.1. Енергія водного потоку	2.2. Ерозійна стійкість ґрунту
1	2	3
3.1.	0,18	0,00
3.2.	0,04	0,00
3.3.	0,17	0,00
3.4.	0,04	0,00
3.5.	0,05	0,05
3.6.	0,24	0,08
3.7.	0,05	0,03
3.8.	0,05	0,07
3.9.	0,06	0,04
3.10.	0,06	0,04
3.11.	0,06	0,10
3.12.	0,00	0,32
3.13.	0,00	0,27
Σ	1	1

Дані табл. 3 свідчать про те, що найбільший вплив на величину енергії водного потоку мають фактори 3.6 – інтенсивність дощових опадів, 3.1 – ухил схилу та 3.3 – довжина схилу. Найбільше впливають на величину ерозійної стійкості ґрунту фактори 3.12 – водостійка структура ґрунту та 3.13 – водопроникність ґрунту.

З табл. 4 видно, що, знаючи ухил місцевості – фактор 3.1 та довжину схилу – 3.3, ми повинні врахувати їх під час проектування елементів впорядкування території – 4.2. Вплинути на їхню роль у розвитку водноерозійних процесів можна переважно за рахунок будівництва гідротехнічних споруд.

Таблиця 4

Матриця власних векторів локальних пріоритетів для рівня IV

	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13
4.1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,40	0,22	0,00	0,00
4.2	0,75	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,14	0,00	0,00
4.3	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
4.4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,14	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00
4.5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,14	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00
4.6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,14	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00
4.7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,14	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00
4.8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,40	0,23	0,23	0,67	0,00
4.9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,20	0,13	0,11	0,00	0,00
4.10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,20	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
4.11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,12	0,22	0,00	0,00
Σ	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

Наша модель показала, що на експозицію схилу – 3.2 та на його форму – 3.4, а також на кількість опадів – 3.5, їх інтенсивність – 3.6. та водопроникність ґрунту – 3.13 впливати ми практично не можемо.

Характер танення снігу – 3.7 можна регулювати за допомогою лісомеліоративних заходів – 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 та способу обробітку ґрунту – 4.8. Причому їх вплив є рівномірним.

Наявність і кількість рослинного покриву – 3.8 визначається насадженням лісової рослинності у ході лісомеліоративних заходів, проектуванням сівозмінних масивів – 4.9, із буферними смугами – 4.10. Якісний стан рослинного покриву визначається мірою застосування добрив – 4.11.

Визначивши локальні вектори, ми отримали значення глобальних пріоритетів для кожного рівня, знайшовши добутки матриць локальних векторів нижчого рівня та глобальних пріоритетів вищого рівня (табл. 5–7).

Для II рівня матриця глобальних пріоритетів відповідає своєму ж власному вектору локальних пріоритетів (табл. 5).

Таблиця 5

Глобальні пріоритети II рівня

	I
2.1.	0,25
2.2.	0,75

Як видно з табл. 5, важливішу роль відіграють внутрішні фактори розвитку процесів водної ерозії.

З табл. 6 видно, що серед факторів, які визначають процес розвитку водної ерозії, найбільшу питому вагу мають внутрішні фактори ґрунту – водостійка струк-

тура та водопроникність. Найменше впливають на цей процес експозиція та форма схилу. Їхній глобальний пріоритет становить 0,01.

Таблиця 6

Матриця глобальних пріоритетів для рівня III

	2
3.1	0,05
3.2.	0,01
3.3.	0,04
3.4.	0,01
3.5.	0,05
3.6.	0,12
3.7.	0,04
3.8	0,06
3.9	0,05
3.10	0,05
3.11	0,09
3.12.	0,24
3.13.	0,20

Таблиця 7

Матриця глобальних пріоритетів для IV рівня

	3
4.1.	0,05
4.2.	0,09
4.3.	0,03
4.4.	0,02
4.5.	0,02
4.6.	0,02
4.7.	0,02
4.8.	0,21
4.9.	0,06
4.10.	0,02
4.11.	0,07

Дані табл. 7 на перший погляд видаються незрозумілими, оскільки найбільший глобальний пріоритет має спосіб оброблення ґрунту. Проте, якщо визначити сумарний пріоритет кожної із груп заходів захисту, то побачимо, що найбільше значення матиме група агротехнічних заходів – 0,36; на другому місці буде група організаційно-господарських заходів із глобальним пріоритетом 0,14.

Лісомеліоративні заходи загалом мають глобальний пріоритет 0,08, а гідротехнічні заходи – 0,03.

Отже, оцінивши причини виникнення, розвитку та інтенсивності водноерозійних процесів, фактори їх розвитку та заходи захисту земель від таких процесів, можна зробити висновок про те, що найефективнішими заходами боротьби з водною ерозією на сільськогосподарських землях є агротехнічні та організаційно-господарські заходи. Причому за їх допомогою можна ефективно впливати на домінуючі фактори розвитку ерозії – внутрішні фактори ґрунту.

Висновки:

1. Захист сільськогосподарських земель від водної ерозії у сучасних умовах земельних відносин є дуже актуальним.
2. Вперше застосовано метод аналізу ієрархій для оптимізації моделі охорони сільськогосподарських земель від водної ерозії.

3. Результати дослідження дають змогу виділити найвпливовіші фактори розвитку водної ерозії та методи захисту земель від неї.

Література

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
2. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А.Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
3. Бульгин С.Ю. Формирование экологически сбалансированных ландшафтов. Проблема эрозии / С.Ю. Бульгин, М.А. Неаринг. – Харьков, 1999. – 271 с.
4. Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: МГУ, 1996.
5. Кахнич П. Ієрархічна модель приміської зони / П. Кахнич, Р. Німкович, П. Черняга // Землепорядний вісник. – К., 2005. – № 1. – С. 53–56.
6. Ніколайчук К.М. Ієрархічна модель системи оціночних елементів земель населених пунктів / К.М. Ніколайчук // Вісник НУВГП. – Рівне, 2008. – Вип. 2 (42). – Ч. 1. – С. 409–416.
7. Черняга П. Оптимізаційна модель врахування небезпечних фізико-геологічних процесів при формуванні землекористувань міста / П. Черняга, Т. Бухальська // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2009. – Вип. 1 (17). – С. 278–288.
8. Швець О.М. Протиерозійна стійкість основних типів ґрунтів Рівненської височини у зв'язку з їх фізичними властивостями / О.М. Швець // Вісник НУВГП. – Рівне, 2004. – Вип. 3 (27). – С. 97–104.
9. Корнілов Л. Протиерозійна стійкість ґрунту в системі заходів захисту ґрунтів від водної ерозії / Л. Корнілов, О. Швець // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2007. – Вип. 1. – С. 278–288.

Модель системи охорони сільськогосподарських земель від водної ерозії

О. Швець, О. Дмитрів, П. Черняга

Для оптимізації системи охорони сільськогосподарських земель використано метод аналізу ієрархій. Визначено найвпливовіші фактори розвитку водноерозійних процесів та найефективніші заходи захисту сільськогосподарських земель.

Модель системы охраны сельскохозяйственных земель от водной эрозии

О. Швець, О. Дмытрив, П. Черняга

Для оптимизации системы охраны сельскохозяйственных земель используется метод анализа иерархий. Определены наиболее весомые факторы развития водноэрозионных процессов и наиболее влияющие мероприятия защиты сельскохозяйственных земель.

The model of the system of protection of agricultural lands from water erosion

O. Shwetz, O.Dmytriv, P. Chernyaga

To optimize the system of protection of agricultural lands the method of analysis of hierarchies has been used.

The most influential factors to develop water erosion processes and the most effective measures the protect agricultural lands have been determinant.