

УДК 332.3 : 631.438

О.М. Швець, О.П. Дмитрів

Національний університет водного господарства та природокористування

## СТРУКТУРИЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОТИЕРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ҐРУНТУ

© Швець О.М., Дмитрів О.П., 2011

*Предложено логически-математический метод оценки факторов развития водноэрозионных процессов, в основе которого – выяснение отношений предпочтения на множестве альтернатив в случае построения математической модели реальной ситуации.*

*The paper suggests a logical mathematical method for evaluation factors of developing water erosive processes. The basis of this the determination of priority relations through a set of alternatives in case of constructing a mathematical model of real situation.*

**Постановка проблеми.** Ерозія – це складний фізико-географічний процес, який є головною причиною переродження (деградації) природних комплексів, оскільки в процесі ерозії руйнується гарант, основа всього живого – ґрунт. Тому існує і завжди існуватиме проблема боротьби з ерозією, над якою потрібно працювати з метою якщо не зупинити, то хоча б зменшити швидкість та глобальність поширення цього деградаційного процесу. На нашу думку, це можна реалізувати, впливаючи на основні причини його виникнення та розвитку. Плануючи сільськогосподарське використання територій, доцільно враховувати основні фактори, що зумовлюють виникнення, розвиток та інтенсифікацію ерозійних процесів.

**Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями.** На сучасному етапі перед науковцями, органами управління земельними ресурсами та, власне, і перед землевласниками та землекористувачами гостро постало питання про збереження родючого шару ґрунту та використання його у такий спосіб, щоб отримувати стабільні високі врожаї сільськогосподарських культур, не завдаючи шкоди землі. Особливої актуальності це питання набуло в умовах дрібноконтурності землекористування. Проблем додає також відсутність чіткої законодавчої бази щодо використання еродованих земель.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких вирішується ця проблема.** Проблема боротьби з деградаційними процесами, зокрема і водноерозійними, а також оптимізацією землекористування в Україні займаються такі вчені, як А.М. Третяк, С.Ю. Булигін, В.М. Кривов, А.Я. Сохнич, О.П. Канаш, Л.Я. Новаківський, Л.В. Корнілов, А.Г. Мартин та багато інших.

**Невирішені частини загальної проблеми.** Під час планування сільськогосподарського використання ерозійно небезпечних територій прийнято враховувати лише один фактор розвитку водної ерозії – рельєф. На його основі побудована класична система контурно-меліоративної організації території. В умовах сучасного дрібноконтурного землекористування цей підхід втрачає свою дієвість. Тому постає питання про врахування інших факторів.

**Постановка завдання.** Метою цього дослідження є удосконалення системи протиерозійних заходів з визначенням найвпливовіших факторів розвитку водної ерозії з подальшим урахуванням їх при плануванні сільськогосподарського використання територій.

**Виклад основного матеріалу.** В.В. Докучаєв основними причинами виникнення ерозії вважав вирубування лісів та розорювання степів, оскільки це знищувало природний рослинний захист ґрунту [1]. В подальшому, враховуючи умови, що внаслідок цього склалися, і на підставі



теорії механізму розвитку ерозії [9], наслідковими причинами, що зумовлюють виникнення, розвиток та інтенсивність водної ерозії, можна назвати співвідношення кінетичної енергії (живої сили) водного потоку та здатність ґрунту протистояти розмивальній дії води.

Обидві названі вище головні причини виникнення, розвитку та інтенсивності водної ерозії (енергія водного потоку та здатність ґрунту протистояти розмивальній дії води), своєю чергою, залежать від низки факторів, які поділяються на зовнішні та внутрішні (рис. 1).



Рис. 1. Фактори виникнення, розвитку та інтенсивності водної ерозії

Узагальнюючи думки багатьох дослідників ерозійних процесів (В.Г. Касаткин, М.К. Шикіла, А.Т. Цурков та ін.), зовнішніми факторами водної ерозії визначено такі: геологічні, кліматичні, біологічні та антропогенні.

**Геологічні:** нахил поверхні (крутизна схилу), експозиція схилу і його довжина по лінії найбільшого (перпендикулярного до горизонталей) падіння. Вони зумовлюють швидкість води, яка стікає по схилу, глибину шару текучої води та витрату води по схилу.

До **кліматичних** факторів ерозії належать кількість та інтенсивність дощових опадів, величина та розподіл снігового покриву на поверхні, характер його танення (інтенсивність), температура повітря та її перепади, вологість ґрунту.

**Біологічні:** кількість та якість рослинного покриву схилів.

До групи **антропогенних** факторів розвитку водної ерозії науковці зараховують нераціональну та неправильну, відносно рельєфу та властивостей ґрунтів, організацію території, і неправильний обробіток ґрунту. Отже, умовно цю групу можна розділити на дві підгрупи: землевпорядкувальні та агротехнічні.

Внутрішніми факторами розвитку ерозійних процесів є властивості ґрунту як тіла ерозії. Властивості ґрунту визначають особливості формування поверхневого стоку (тобто створюють умови), а отже, великою мірою визначають еродувальну здатність водного потоку, що, своєю чергою, зумовлює інтенсивність ерозійних процесів [9].



В умовах сформованого стоку інтенсивність прояву ерозії значною мірою залежить від здатності ґрунту протистояти розмиванню, яка є результатом взаємозв'язку факторів, що її обумовлюють, насамперед властивостей ґрунту (рис. 2). Отже, здатність ґрунту протистояти розмивальній дії води є комплексною характеристикою ґрунту, тобто – його властивістю, яку називають ерозійною стійкістю.

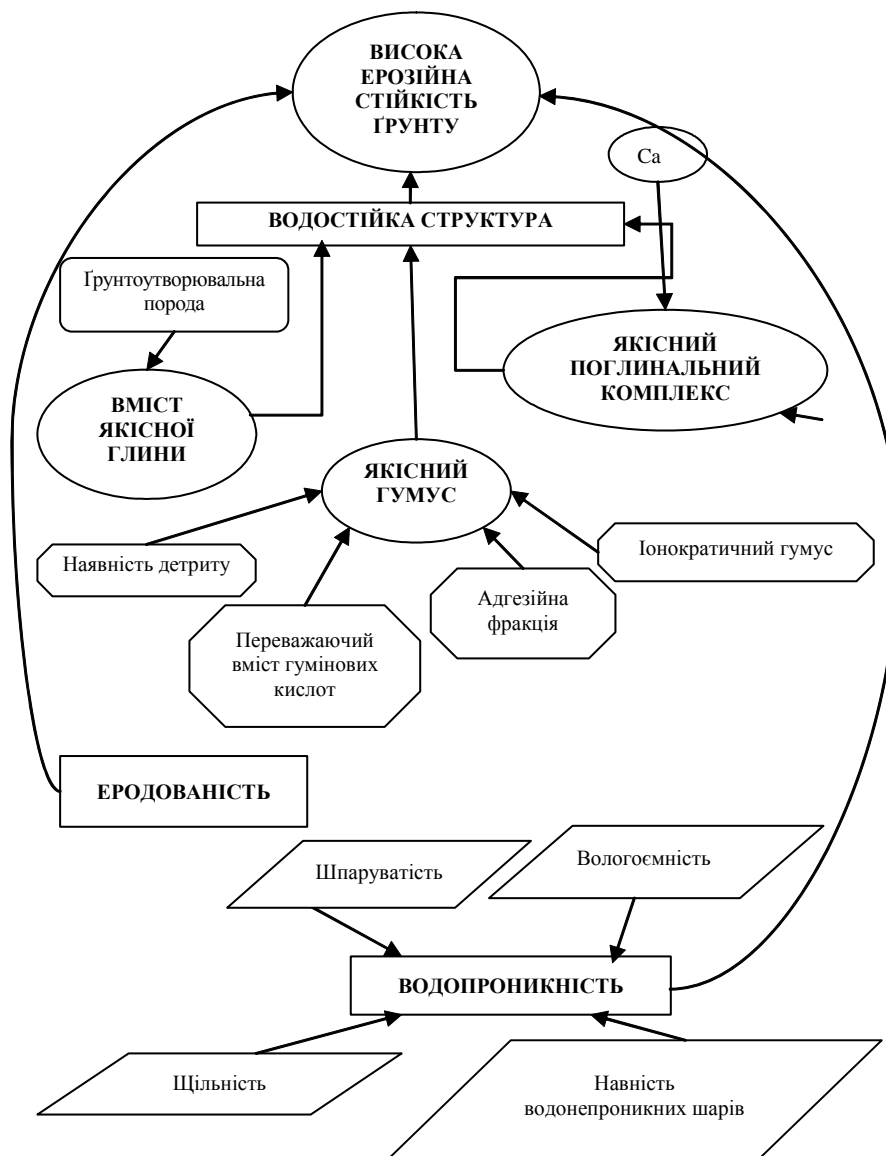


Рис. 2. Основні внутрішні фактори ґрунту, що впливають на його ерозійну стійкість

Обидві групи факторів є нерозривно пов'язаними та взаємозалежними один від одного, причому варто розділити два ваємопов'язані поняття: це протиерозійна стійкість ґрунту, яка залежить від сукупності зовнішніх та внутрішніх факторів ерозії, та ерозійна стійкість ґрунту, яка є результуючою характеристикою внутрішніх факторів ґрунту.

Узагальнюючи особливості виникнення та розвитку процесів водної ерозії, можна зробити висновок про те, що зовнішні фактори у сукупності є причиною виникнення ерозії, а внутрішні – причиною її розвитку та прогресування.

Для того щоб впливати на розвиток водноерозійних процесів (призупинити, стабілізувати тощо) головну увагу, на нашу думку, треба звернути на їх внутрішні (грунтові) фактори, які



визначають ерозійну стійкість ґрунту, оскільки більшість зовнішніх факторів людина не може істотно змінити і поліпшити.

На підставі механізму прояву та перебігу водної ерозії внутрішні впливові фактори ерозійної стійкості ґрунту можна розділити на три групи:

- 1) властивості ґрунту, що впливають на руйнування ґрунтових агрегатів:
  - структурність і водостійкість ґрунтових агрегатів;
  - гранулометричний склад;
  - вміст та склад гумусу;
  - зв'язність;
  - склад поглинального комплексу;
- 2) властивості ґрунту, що впливають на транспортабельність ґрунтових агрегатів:
  - розмір окремих часток ґрунту та їх вага;
  - щільність;
  - щільність твердої фази ґрунту;
- 3) властивості ґрунту, що впливають на інфільтрацію води в ґрунт (запобігають розмиву ґрунту):
  - щільність;
  - шпаруватість;
  - вологість на початок випадіння опадів;
  - вологоємність;
  - відсутність водонепроникних шарів у ґрунтовому профілі.

Для практичного визначення безпосереднього впливу кожного із факторів на розвиток водно ерозійних процесів використаємо математичне моделювання, за умов нечіткої вихідної інформації та нечіткого відношення – переваги на множині альтернатив [7,8].

Нехай ми маємо  $n$ -факторів (властивостей)  $A_1, \dots, A_n$  і маємо  $w(w_1, \dots, w_n)$  – вектор відносних ваг цих ознак, до того ж виконується рівність:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Попарно порівнюючи ознаки за вагами, отримаємо відношення ваг цих факторів у вигляді матриці  $n$ -го порядку:

$A$	$A_1$	$A_2$	$\dots$	$A_n$
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\dots$	$\frac{w_1}{w_n}$
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\dots$	$\frac{w_2}{w_n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$A_n$	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	$\dots$	$\frac{w_n}{w_n}$

За умов нечіткої вхідної інформації вектор ваг  $w$  є невідомим. Знайти його можна за допомогою матриці  $A$  та за розв'язком рівняння:

$$(A - n * I) w = 0, \quad (1)$$

де  $n$  – розмірність матриці  $A$  (єдине власне число матриці);  $I$  – одинична матриця.

За наявності чіткої інформації матриця  $A$  мала б вигляд матриці, наведеної вище, але за цих умов елементи матриці  $A$  будуть не відношенням ваг, а відношенням оцінок ознак експертів. Тому вектор ваг знайдемо з рівняння загальнішого вигляду:

$$(A - L_{\max} * I) w = 0, \quad (2)$$

де  $L_{\max}$  – максимальне власне число матриці.

Якщо число  $L_{\max}$  достатньо близьке до  $n$ , то нормативний вектор є розв'язком рівняння.



Мета нашого дослідження – оцінити визначені фактори розвитку водної ерозії та вибрати серед них найвпливовіші.

Першим кроком розв’язання задачі є оцінка сукупності основних зовнішніх та внутрішніх факторів (табл. 1).

Таблиця 1

**Оцінка основних факторів розвитку водноерозійних процесів ґрунту**

№ з/п	Назви факторів	Умовне позначення факторів	Оцінка факторів за 10-бальною шкалою
1	Ухил поверхні	A1	10
2	Довжина схилу	A2	7
3	Ерозійний базис території	A3	8
4	Інтенсивність опадів	A4	9
5	Організація території	A5	9
6	Еродованість ґрунту	A6	7
7	Вміст глини	A7	10
8	Вміст гумусу	A8	10
9	Вміст Ca+Mg	A9	9
10	Пористість	A10	7

Порівнюючи оцінки одна з одною, склали матрицю відношень:

A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	A <sub>10</sub>
A <sub>1</sub>	1	$\frac{10}{7}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$	1	1	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$
A <sub>2</sub>	$\frac{7}{10}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{7}{9}$	1	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{9}$	1
A <sub>3</sub>	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{7}$	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{7}$
A <sub>4</sub>	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{8}$	1	1	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{10}$	1	$\frac{9}{7}$
A <sub>5</sub>	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{8}$	1	1	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{10}$	1	$\frac{9}{7}$
A <sub>6</sub>	$\frac{7}{10}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{7}{9}$	1	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{9}$	1
A <sub>7</sub>	1	$\frac{10}{7}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$	1	1	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$
A <sub>8</sub>	1	$\frac{10}{7}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$	1	1	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{7}$
A <sub>9</sub>	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{8}$	1	1	$\frac{9}{7}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{9}{10}$	1	$\frac{9}{7}$
A <sub>10</sub>	$\frac{7}{10}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{7}{9}$	1	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{7}{9}$	1

Розв’язавши матрицю за допомогою програмного комплексу MathCAD Proffesional 2000, було обчислено вагові коефіцієнти оцінених факторів (табл. 2).



Таблиця 2

**Вагові коефіцієнти основних факторів розвитку водноерозійних процесів ґрунту**

№ з/п	Назви факторів	Умовне позначення факторів	Вагові коефіцієнти
1	Ухил поверхні	A1	0,115
2	Довжина схилу	A2	0,081
3	Ерозійний базис території	A3	0,093
4	Інтенсивність опадів	A4	0,105
5	Організація території	A5	0,105
6	Еродованість ґрунту	A6	0,081
7	Вміст глини	A7	0,116
8	Вміст гумусу	A8	0,116
9	Вміст Са+Mg	A9	0,105
10	Пористість	A10	0,082

Як видно з розрахунків (табл. 2), найбільший вплив на розвиток водноерозійних процесів із сукупності зовнішніх та внутрішніх факторів справляють внутрішні фактори. Зокрема, найбільший вплив мають вміст глини та вміст гумусу, які визначають міцну структуру ґрунту. Серед зовнішніх факторів значну роль відіграє ухил поверхні.

**Висновки.** Виконаний аналіз підтверджує теоретичні передумови поставленої задачі та визначає ті фактори, які обов'язково потрібно враховувати, використовуючи території із сільсько-господарською метою.

Надалі планується детальніше оцінити внутрішні фактори ґрунту з метою врахування комплексного показника ерозійної стійкості ґрунту у проектах використання територій.

1. Значение научных идей В.В. Докучаева для борьбы с засухой и эрозией в Лесостепном и Степном районе СССР. – Москва: АН СССР, 1955. 2. Кахнич П., Німкович Р., Черняга П. Ієрархічна модель приміської зони // Землепорядний вісник. – Київ, 2005. – № 1. – С. 53–56. 3. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. – 312 с. 4. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – М.: МГУ, 1996. 5. Кузнецова И.В. Роль органического вещества в образовании водопрочной структуры дерново-подзолистых почв // Почвоведение. – 1994. – № 11. 6. Ніколайчук К.М. Ієрархічна модель системи оціночних елементів земель населених пунктів // Вісник НУВГП. Вип. 2 (42), Ч. 1. – Рівне, 2008. – С.409–416. 7. Орловский А.И. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 208 с. 8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. 9. Швебс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев–Одесса: ВШ, 1981.