

УДК 514.18

ЕРОЗІЯ ҐРУНТІВ ЯК СКЛАДНОСТРУКТУРОВАНА ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ

Кожедуб С. А., аспірант^{*}

Київський національний університет будівництва і архітектури
тел. 068-1937618

Анотація – в роботі проведене дослідження розвитку ерозії ґрунтів як складної системи, виявлені її елементи та зв'язки між ними. Наведені структурні формули втрати ґрунту та основних факторів впливу.

Ключові слова – ерозія ґрунтів, ерозійний процес, руйнування агроландшафту, протиерозійні заходи, фактор рельєфу.

Постановка проблеми. Ерозія ґрунтів - процес руйнування ґрунтового покриву та знесення його часток потоками води або вітру. В природних умовах ерозія ґрунтів відбувається постійно, але, як правило, не приймає загрозливих розмірів. В результаті господарської діяльності ерозія ґрунтів може різко посилитися й призвести до значного пониження родючості ґрунтів та продуктивності пасовищ. Знесення і розмив ґрунту призводить до виникнення на сільськогосподарських угіддях вимоїн та ярів, що робить важким обробку земель та використання техніки, призводить до втрати значної площі пащні. Наслідки ерозії ґрунтів - замулення річок та водоймищ, погіршення стану заплавлених земель.

Аналіз досліджень і публікацій. Існуючі моделі поверхневої схилової ерозії з точки зору аналізу і оцінки сучасних підходів до моделювання схилового ерозійного процесу доцільно розділити на дві основні групи: емпіричні та теоретичні. Недоліками емпіричних моделей є те, що застосування таких моделей обмежене умовами, для яких вони побудовані. До того ж необхідна достатня кількість однорідних даних стаціонарних спостережень, відсутність якої створює проблеми з екстраполяцією отриманих залежностей на реальні умови. Найбільш відома в світі емпірична модель – Універсальне рівняння втрат ґрунту (розроблена для території США) та його модифікації [2]. Теоретичні моделі більш гнучкіші, не мають просторових обмежень і потенційно

^{*} Науковий керівник дтн, проф. Плоский В. О.

· © Кожедуб С.А., аспірант

мають більші можливості, як інструмент оптимізації ерозійної системи агроландшафту. Однак, існуючі теоретичні моделі істотно відрізняються за ступенем детальності, обґрунтованості й повноти [1]. Прикладом сучасних складних динамічних моделей є ерозійна модель WEPP (США), LISEM (Нідерланди), EUROSEM (співка європейських країн).

Постановка завдання. З нашої сторони постає задача запропонувати узагальнену геометричну модель, за допомогою якої ми зможемо прогнозувати динаміку розвитку процесів ерозії, попередити небезпеку та запропонувати необхідні протиерозійні заходи. Метою статті є дослідження розвитку ерозії ґрунтів як складної системи, виявлення її елементів та зв'язків між ними [4], [5].

Основна частина. Ерозійний процес – це єдність процесів руйнування (утворення матеріалу переносу), перенесення та акумуляції (відкладення матеріалу), які змінюють один одного в часі і просторі. На рис. 1 відображено поєднання процесів та вплив факторів різного характеру. Необхідно також враховувати вплив факторів ґрунту, агрофона, рельєфу, які в одному випадку сприятимуть розвитку ерозії, в іншому навпаки виконуватимуть роль стримуючого бар'єру.

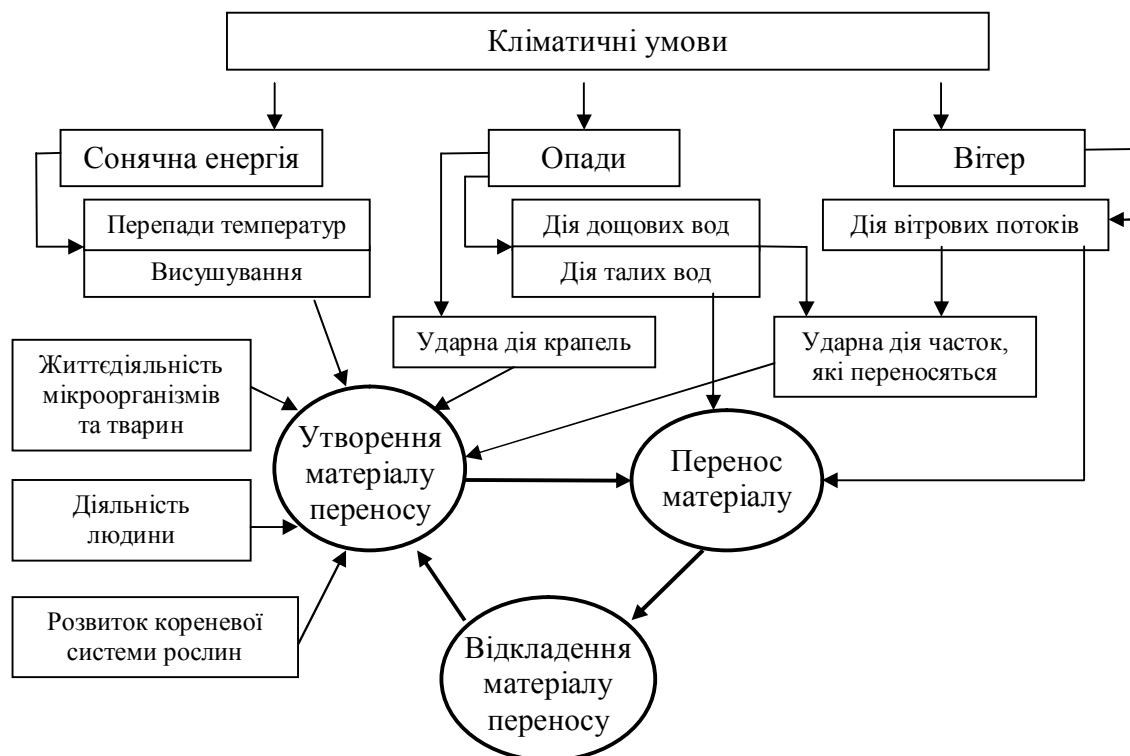


Рис. 1. Схема процесу ерозії ґрунту

Одним із найвагоміших факторів, який впливає на процес руйнування поверхневого шару ґрунту є кількість сонячної енергії, яку отримує певна ділянка місцевості за деякий проміжок часу. З цим показником пов'язаний період сніготанення, висихання ґрунтів, вегетативний період рослин тощо. Фактор діяльності людини (забудова територій, окультурювання земель, сільськогосподарська обробка ґрунтів, протиерозійні заходи, випас скота, вирощування різноманітних культур рослин та інше) найбільш небезпечний з точки зору розвитку процесів ерозії, тому його контроль та пониження його ступеня є важливою задачею.

Ерозію ґрунтів поділяють на водну та вітрову. Водна ерозія складається з двох складових: змиву від стоку дощових вод (рис. 2) та змиву внаслідок стоку талих вод (рис. 3). Дощові процеси відрізняються інтенсивністю опадів та часом випадання. З показником інтенсивності опадів пов'язані параметри крапель, від яких буде залежати еродуюча здібність дощу. Падаюча крапля характеризується розміром, формою, швидкістю падіння, енергією. В той же час на краплю діють зовнішні сили (сила тяжіння Землі, опір повітря, напрям та сила вітру), які змінюють ці параметри. При ударі дощової краплі о землю 2/3 енергії витрачається на утворення ударного кратера та відокремлення часток ґрунту, а залишок енергії - на розбризкування ґрунту [2].

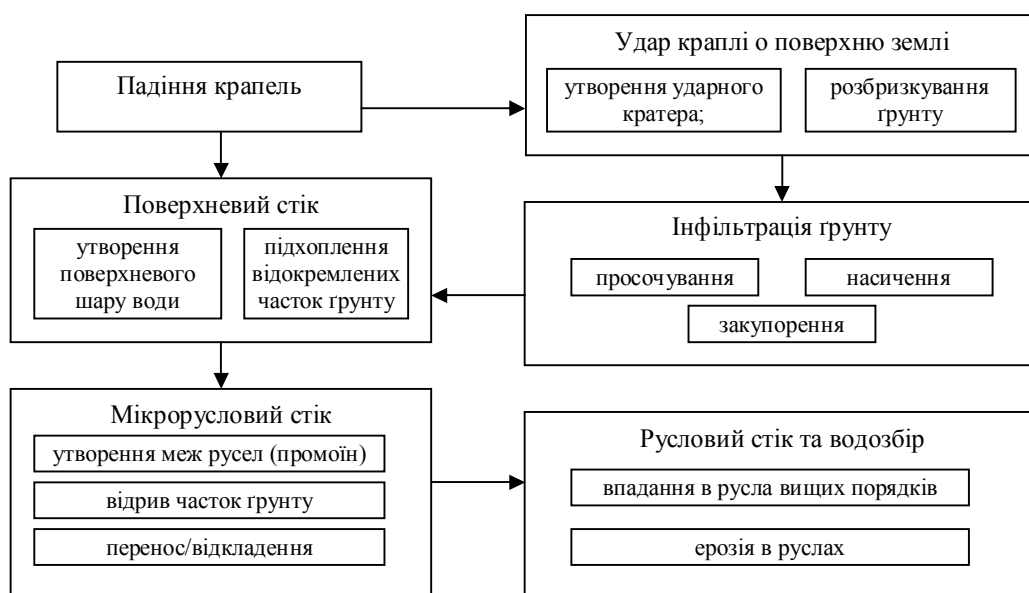


Рис. 2. Схема процесу ерозії ґрунту дощовими водами

В залежності від верхнього шару ґрунту, щільності та типу рослинності, а також параметрів краплі процес розбризкування ґрунту буде відбуватися по різному або може зовсім не виникнути. Ніяких глобальних перерозподілів ґрунту не відбувається, але цей процес забезпечує наявність матеріалу, який захоплюється та переноситься при поверхневому стоці, що в свою чергу є результатом сповільнення процесу інфільтрації (всмоктування води ґрунтом). Ударна дія краплі ущільнює поверхневий шар ґрунту, а частинки ґрунту, які розбризкуються при ударі, закупорюють пори, таким чином процес інфільтрації сповільнюється, при насиченні ґрунту починається процес поверхневого стоку. Відокремлені частинки ґрунту захоплюються потоками води та транспортуються в напрямку руху потоку, до того ж розмір цих частинок залежить від швидкості потоків. Поверхневий стік не має фіксованих русел і не володіє ерозійними властивостями при незначній інтенсивній дощу й невеликих нахилах схилу. Але в разі утворення чітких меж русел потоків води та підвищення швидкості потоку вище 30 м/с [2], виникає процес утворення вимоїн та промоїн, при цьому потік стає турбулентним, що в свою чергу підвищує ерозійні властивості потоку води.

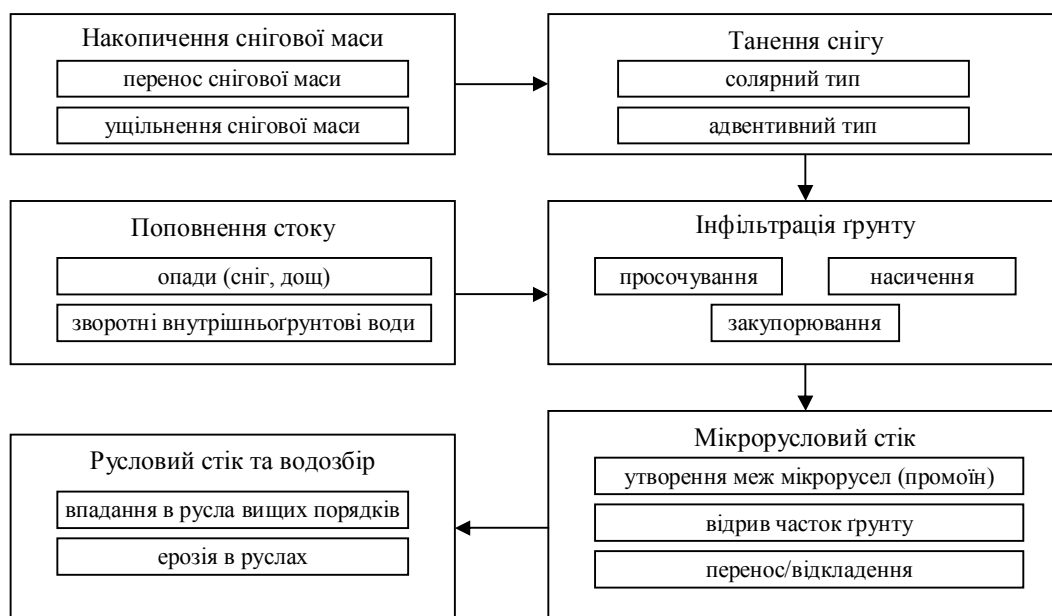


Рис. 3. Схема процесу ерозії ґрунту талими водами

В зимовий період перепади температур призводить до розтріскування ґрунту та відділення його часток внаслідок замерзання води в його порах, таким чином утворюється додатковий матеріал, який вимивається або вивітрюється. Наявність шару снігу зменшує вплив дії низьких температур [3], але з початком весни танення снігу викликає процес змиву ґрунту талими водами (рис. 3). Процес залежить від кількості отриманої сонячної енергії земною поверхнею (солярний тип сніготанення) та прогріву повітря (адвентивний тип). На відміну від змиву дощовими водами при сніготаненні з'являються додаткові фактори впливу, такі як: запаси води в снігу, розподіл снігової маси, ступінь промерзання ґрунтів, агрофон, інтенсивність і час танення тощо. Під час сніготанення можливі додаткові опади, що веде до збільшення стоку води і підвищення ерозійної дії потоку. Відомі випадки появи води зворотного внутрішньо ґрунтового стоку [3].

Процес вітрової ерозії (рис.4) відбувається під дією потоків повітря, які підхоплюють відокремлені частинки ґрунту та переносять їх.

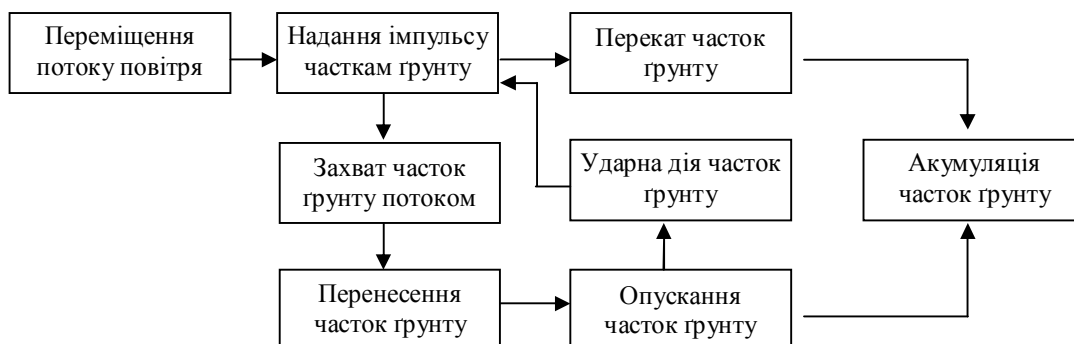


Рис. 4. Схема процесу вітрової ерозії ґрунту

Порив вітру підхоплює частинки ґрунту і знову опускає їх. Під час удару частинки ґрунту о землю, імпульс сили може розсіюватися по декількох напрямках. По-перше частинка може бути знову підхоплена потоком повітря, по-друге при ударі вона впливає на іншу частинку, яка б не могла бути приведена в рух під дією лише потоку повітря, по-третє при ударі може відбуватися розрив поверхні, наприклад розпад агрегатів (комочків ґрунту), в таких умовах частки підштовхують одна одну і можуть пересуватися, до того ж діаметр часток, які пересуваються таким чином, може перевищувати діаметр падаючих частинок у 6 разів [2].

Для визначення небезпеки ерозії ґрунтів використовується поняття втрати ґрунту (W). Підсумовуючи вище наведені міркування та

проаналізувавши ряд літературних джерел, отримано структурну формулу середньої втрати ґрунту:

$$W = (\Phi_{кл}, \Phi_{гр}, \Phi_{рел}, \Phi_{агр}, \Phi_{л.д.}), \quad (1)$$

де $\Phi_{кл}$ - фактор кліматичних (гідрометеорологічних) умов, $\Phi_{гр}$ - фактор ґрунтових умов, $\Phi_{рел}$ - фактор рельєфних умов, $\Phi_{агр}$ - фактор агротехнічних умов, $\Phi_{л.д.}$ - фактор діяльності людини та/або протиерозійні заходи.

В залежності від періоду року умови протікання процесів ерозії будуть різними. Основними чинниками гідрометеорологічних умов $\Phi_{кл}$

$$\Phi_{кл} = (F_{дощ}, F_{сніг}, F_{вітер}, F_{сон.}) \quad (2)$$

є $F_{дощ}$ - фактор еродуючої здібності дощу (3), $F_{сніг}$ - фактор еродуючої здібності талих вод (4), $F_{вітер}$ - фактор еродуючої здібності вітрових потоків (5), $F_{сон.}$ - фактор еродуючої здібності сонячної енергії (6).

$$F_{дощ} = (f_{крап}, f_{інт}, f_{\Delta t}) \quad (3)$$

де $f_{крап}$ - параметри падаючої краплі (маса, розмір, форма, швидкість падіння, кут удару о поверхню), $f_{інт}$ - інтенсивність опадів, $f_{\Delta t}$ - тривалість опадів.

$$F_{сніг} = (f_{\Delta H}, f_{вод}, f_{\Delta T}) \quad (4)$$

де $f_{\Delta H}$ - розподіл снігової маси, $f_{вод}$ - запаси води в снігу та можливі додаткові води, $f_{\Delta T}$ - період та інтенсивність сніготанення.

$$F_{вітер} = (f_{\rightarrow}, f_v, f_{\Delta v}) \quad (5)$$

де f_{\rightarrow} - переважний напрямок потоку повітря, f_v - швидкість потоків повітря, $f_{\Delta v}$ - поривчастість вітру.

$$F_{сон.} = (f_{пол}, f_{дата}, f_B, f_{хмар}) \quad (6)$$

де $f_{пол}$ - просторове положення точок схилу, $f_{дата}$ - день року, f_B - географічна широта та $f_{хмар}$ - хмарність та/або затінення.

Фактор ґрунтових умов або фактор схильності ґрунту ерозії

$$\Phi_{гр} = (F_{мех.}, F_{\Delta}, F_{проф.}, F_{вол.}, F_{-t.}). \quad (7)$$

залежить від механічного складу ґрунту, ґрунтових агрегатів (розмірів часток ґрунту) F_{Δ} , товщини шарів ґрунту (профілю) $F_{проф.}$, вологості ґрунту $F_{вол.}$, розподілу сезонної мерзлоти $F_{-t.}$.

Вплив фактору рельєфу (8) незаперечний так, як від нього залежить напрям еродуючого потоку, швидкість потоку, кількість збираної води зі схилу, розподіл снігової маси, а експозиції схилів (розподіл сонячної енергії) впливають на прогрів поверхні землі і розвиток рослинності. Структурна формула фактору рельєфу має вигляд

$$\Phi_{рел} = (F_{ухил}, F_{довж.}, F_{форм}, F_{експ}), \quad (8)$$

де $F_{ухил}$ - розподіл крутизни схилу, $F_{довж.}$ - довжини схилу від вододілу, $F_{форм}$ - форма схилу, $F_{експ}$ - просторове положення схилів відносно напрямку світу (експозиція схилу).

Фактор агротехнічних умов $\Phi_{агр}$ (9) поєднує в собі фактору розвитку рослинності $F_{росл}$ (вегетативний період) та фактору с/г обробки ґрунту $F_{обр.}$.

$$\Phi_{агр} = (F_{росл}, F_{обр.}) \quad (9)$$

В залежності від типу рослинності, її висоти, площі покриття (густини), типу кореневої системи і часу та типу с/г обробки (боронування, культивація, полив, прополка) змінюватимуться показники сили удару дощової краплі о землю, швидкість інфільтрації, швидкість потоку та його фільтрація.

Висновки. Процес ерозії в природі відбувається постійно і є складною багатокомпонентною системою, яка є стійкою і збалансованою, однак діяльність людини порушує зв'язки між елементами цієї системи, що приводить до різких змін, прискорення руйнування агроландшафту та зменшення ерозійної стійкості ґрунтів. Виконане дослідження ерозійних процесів як складної системи та виявлення структурних зв'язків між її елементами є кроком до подальшої розробки нових та оптимізації існуючих моделей ерозійних процесів.

Література

1. *Светличный А.А.* Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / А.А.Светличный, С.Г.Черный, Г.И.Швебс//. — Сумы : Университетская книга, 2004. — 410с.
2. Эрозия почвы / Под редакцией М. Дж. Киркби / Перевод с англ. и предисловие М.Ф.Пушкарева. — М.: Колос, 1984. — 415с.
3. Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 11. / Научный редактор Р.С. Чалов//. -М., изд-во Моск. ун-та. 1997.- 260с.
4. *Сурмин Ю.П.* Теория систем и системный анализ /Ю.П.Сурмин// Учебн. пособ. — К.: МАУП, 2003. — 368 с.
5. *Плюский В.О.* Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії /В.О.Плюский // Дис...д-ра техн. наук. — К.: КНУБА, 2007. — 277 с.

ЭРОЗИЯ ГРУНТОВ – КАК СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Кожедуб С. А.,

Аннотация

В работе проведено исследование развития эрозии грунтов, как сложной системы, выявлены ее элементы и связи между ними. Приведены структурные формулы потери грунта и основных факторов влияния.

EROSION GRUNTOB - AS COMPLEX STRUCTURE GEOMETRICAL MODEL

S. Kozhedub

Summary

In work research of development of erosion grounds as complex system, its elements and communications between them are revealed is lead. Structural formulas of loss of a ground and major factors of influence are resulted.