

УДК 911.9:631.459:504.06

**П'яткова А.В.**, канд. геогр. наук, викладач  
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова  
кафедра фізичної географії і природокористування  
пров. Шампанський, 2, Одеса, 65058, Україна,  
E-mail: [avpyatkova@mail.ru](mailto:avpyatkova@mail.ru)

## **УРАХУВАННЯ СТРУКТУРИ СХИЛОВОГО СТІКАННЯ ПРИ ПРОСТОРОВОМУ МОДЕЛЮВАННІ ЗЛИВОВОГО ЗМИВУ ҐРУНТУ**

Представлені дослідження структури схилового стікання та її впливу на результати розрахунків змиву-аккумуляції ґрунту. Розроблена методика урахування ступеню концентрації схилових водотоків при просторовому моделюванні водноерозійного змиву ґрунту.

**Ключові слова:** схилові тимчасові мікродозбори, концентрація схилових водотоків, «еталонний» мікродозбір.

### **ВСТУП**

Поверхневий схиловий стік формується у руслах тимчасових водотоків, які виникають в результаті випадіння інтенсивної зливи, танення снігу або зрошення. У залежності від морфологічних характеристик схилу — форма (у профілі та у плані), довжина, крутизна — тимчасові струмки формують особливий малюнок стікання, створюючи тимчасові схилові мікродозбори: а) течуть у верхній частині схилу майже паралельно, а нижче повільно концентруються — прямий схил, б) зливаються один з одним, при цьому значно зменшується ширина мікродозборів (басейнів схилових струмків) — збираючий схил, в) розтікаються у різні боки — розсіюючий схил (рис.1). Найбільш несприятливими з точки зору розвитку ерозії ґрунту є збираючі схили. В даному випадку говорять про поперечну концентрацію схилового стікання, в результаті якої відбувається збільшення розмиваючої сили тимчасових водних потоків.

У моделях змиву ґрунту, навіть у сучасних, ступінь концентрації схилових тимчасових водотоків майже не враховується, що призводить до помилок у розрахунках змиву ґрунту та до викривленого уявлення про просторовий розподіл зон переважаючого змиву або аккумуляції на схилі. Метою представленої роботи є розробка та обґрунтування методики урахування поперечної концентрації схилового стікання при просторовому моделюванні змиву-аккумуляції ґрунту. Задачі, що вирішувались під час дослідження: 1) визначення поняття «еталонний» мікродозбір; 2); вираження кількісної характеристики міри концентрації схилових водотоків 3) винайдення залежності довжини схилового «еталонного» мікродозбору від його площі.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Вплив збираючих та розсіюючих схилів на ерозію відмічений у багатьох роботах, зокрема у [1,2,3,4 та інші].

У відповідності до підходу Г.І. Швєбса, урахування поперечної концентрації схилового стікання виконується через введення у модель змиву ґрунту приведеної довжини схилу  $L'$  [3, 5], величина якої визначається за формулою

© П'яткова А.В., 2013

$$L' = 0,5L \left( \frac{B_0}{B_L} + 1 \right) \quad (1)$$

А.В. П'яткова

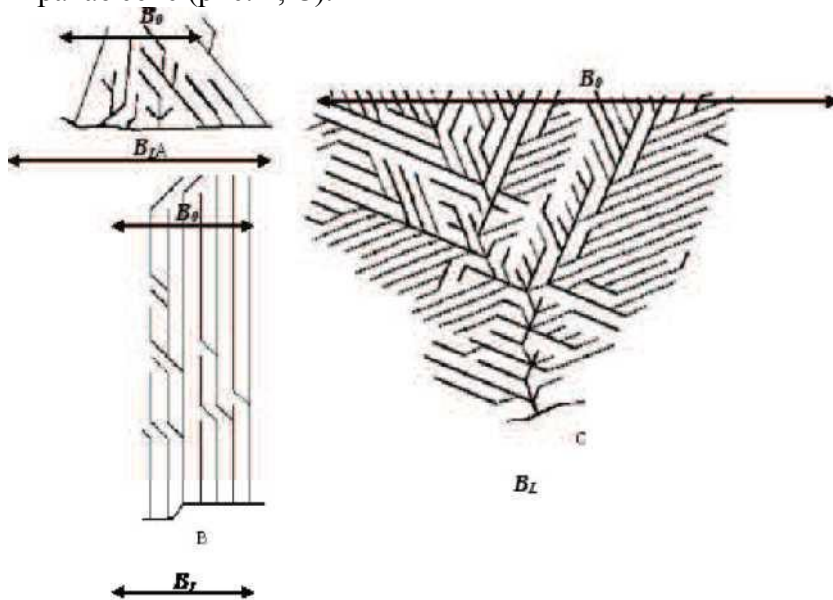
де  $B_0$  — ширина схилу по вододілу;  $B_L$  — ширина схилу на відстані  $Z$  від вододілу, яка розраховується за співвідношенням

$$B_L = B_0 + \frac{L}{L_c} (B_{Lc} - B_0)$$

де  $L_c$  — повна довжина схилу;  $B_{Lc}$  — ширина схилу на відстані  $L_c$  від вододілу.

У відповідності до формули (2) для прямих схилів  $B_0 = B_L$  і  $L' = L$ , для розсіюючих схилів  $B_0 < B_L$  і  $L' < L$ , а для збираючих схилів  $B_0 > B_L$  і  $L' > L$ .

Формула (2) обґрунтована у рамках так званої [6] моделі змиву ґрунту із зосередженими параметрами і в межах цієї моделі заперечень не викликає. Але у рамках просторової моделі, де величина змиву-аккумуляції оцінюється для кожного елементу території, який має свій водозбірний басейн, формула (2) потребує коректування, оскільки у нижній частині збираючого схилу відношення  $B_0/B_L$  тяжіє до нескінченності і формула (2) втрачає сенс (рис. 1, С).



А - розсіюючий схил,  $B_0 < B_L$ ; В - прямий схил,  $B_0 = B_L$ , С - збираючий схил.  $B_0 > B_L$

Рис. 1. Схема різних у плані схилів

Виходячи з того, що фізико-статистичні моделі, у тому числі і логіко-математична модель змиву ґрунту Г.І.Швебса, розроблені на основі даних спостережень на стокових ділянках постійної ширини і з вирівняною поверхнею, тобто без «примусової» поперечної концентрації схилового стікання (під впливом ввігнутої або випуклої форми поперечного профілю схилу і/або зменшення чи збільшення ширини схилу), ступінь поперечної концентрації схилових водотоків може бути оцінена за ступенем розвитку форми мікродозбору, під якою у даному випадку будемо розуміти ступінь відхилення ширини схилового мікродозбору заданої довжини у більший або менший бік від деякої середньої величини, що характерна для даних геоморфологічних, ґрунтово-кліматичних та господарських умов. Схильовий мікродозбір, на якому не виражені чітко концентрація або розсіювання тимчасових водотоків у даних рельєфних умовах, а співвідношення його

## УРАХУВАННЯ СТРУКТУРИ СХИЛОВОГО СТІКАННЯ ПРИ ПРОСТОРОВОМУ МОДЕЛЮВАННІ

довжини та ширини середні для даних рельєфних умов, можна вважати середнім, характерним, або «еталонним» для даних умов.

Характеристикою міри концентрації схилового стоку у кожному конкретному випадку буде відношення ширини даного схилового мікродозбору ( $B$ ) до ширини «еталонного» мікродозбору (5):

$$K_p = \frac{B}{B_{em}} \quad (3)$$

де  $K_p$  — коефіцієнт розвитку форми схилового тимчасового мікродозбору, безрозм.;  $B$  — ширина схилового мікродозбору у даній точці схилу, м;  $B_{em}$  — ширина середньостатистичного, «еталонного» мікродозбору при заданій довжині, м.

Значення  $K_p$  у залежності від структури схилового стікання може бути як більше одиниці (концентрація схилових водотоків), так і менше (розсіювання схилових водотоків).

Визначення ширини мікродозбору у заданій точці площини на сьогодні є задачею, що вирішується у середовищі будь-якого геоінформаційного пакету, у межах якого підтримується растровий формат електронних карт та присутні функції аналізу цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Постає питання визначення ширини «еталонного» мікродозбору у заданих рельєфних умовах.

При вивченні морфології річкових водозборів у [7, 8 та ін.] був виявлений тісний зв'язок між довжиною річки та площею її басейну. Результати узагальнення даних по річкових басейнах колишнього СРСР та США дозволили отримати рівняння цього зв'язку [7]:

$$F = 0,57F^{1.78} \quad (4)$$

де  $F$  — площа річкового басейну, км<sup>2</sup>;  $L$  — довжина водозбірної річки, км.

Схилі мікродозбори, як і річкові басейни, характеризуються певними геометричними параметрами — довжиною, шириною, площею, що мають тісний зв'язок один з одним. Але не слід забувати, що мікродозбори на відміну від річкових басейнів формуються на площах, де довжина потоків обмежена довжиною схилу, швидкість потоків визначається значною силою тяжіння, яка обумовлена відносно великим падінням їх русла. Мікродозбори мають тимчасовий характер, а стік у їх межах починається практично від вододілів.

Результати досліджень та обговорення. Відхилення ширини мікродозбору у точці території від середньої для даних рельєфних умов характеризує ступінь розвитку мікродозбору. Ширину мікродозбору у даній точці можна виразити через відношення площі мікродозбору до його довжини у даній точці простору, якщо вважати цю точку замикаючим створом. Таким чином, необхідно знайти залежність площі «еталонного» мікродозбору від його довжини.

Для побудови залежності площі «еталонного» мікродозбору від його довжини обрані ділянки степу та лісостепу України з різними рельєфними умовами (табл. 1).

Таблиця 1

## Характеристика ділянок дослідження

| Назва ділянки    | Місцезнаходження                                                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Улоговина Плоска | Верхів'я балки, площа 0,085 км <sup>2</sup> , басейн р. Бутеня, південь Київської області              |
| Банівка          | Правий схил долини малої річки Катлабух площею 0,81 км <sup>2</sup> , південний захід Одеської області |
| Балай            | Частина верхів'їв басейну малої річки Балай площею 87 км <sup>2</sup> , схід Одеської області          |
| Сталінградка     | Балковий водозбір у басейні р.Балай площею 63 км <sup>2</sup> , схід Одеської області                  |
| Бутеня           | Басейн р.Бутеня площею 57 км <sup>2</sup> , південь Київської області                                  |

У середовищі ГІС-пакетів геометричні параметри схилового мікродозбору, включаючи водозбірні площі та довжину ліній току, можна визначити для кожного окремого елементу території, тобто визначити їх просторову мінливість. Нами використаний пакет *PCRaster* [9]. У межах всіх ділянок дослідження з карт водозбірних площ у окремих точках відібрані дані по площах і довжині схилових мі-кродозборів та нанесені на координатну площину (рис. 2). Перевага віддавалась схиловим мікродозборам, де немає яскраво вираженої концентрації водотоків, або їх розсіювання.

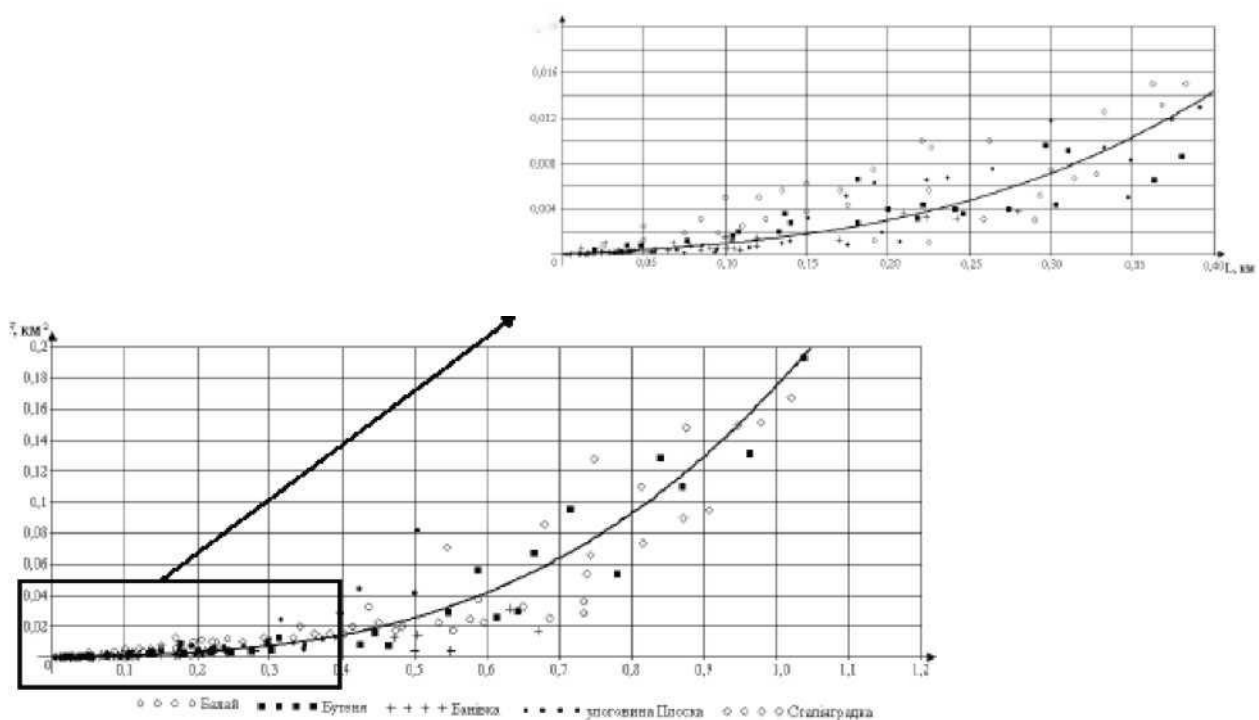


Рис. 2. Графік залежності площі схилових мікродозборів від їх довжини

Область точок, що представлена на рис. 2, дозволяє говорити про досить тісний зв'язок між довжиною схилових мікродозборів та їх площею. Отримана крива описується рівнянням наступного виду:

## УРАХУВАННЯ СТРУКТУРИ СХИЛОВОГО СТІКАННЯ ПРИ ПРОСТОРОВОМУ МОДЕЛЮВАННІ

$$F = 0,16F + 0,008 Z^2 + 0,007 L \quad (5)$$

де  $F$  — площа схилового мікродозбору, км<sup>2</sup>;  $L$  — довжина схилового мікродозбору вздовж ліній току води, км. Кореляційне відношення складає 0,84, що говорить про достовірний зв'язок між дослідженими параметрами.

Рівняння (5) характеризує площу середнього «еталонного» мікродозбору при заданих рельєфних умовах. Таким чином, формула (1) при просторовому моделюванні водноерозійного змиву-аккумуляції ґрунту набуває вигляду:

$$x' = 0,5x (K_p + 1) \quad (6)$$

де  $x'$  — приведена відстань даної точки простору від місцевого вододілу вздовж ліній току, м;  $x$  — відстань даної точки простору від місцевого вододілу вздовж ліній току, м;  $K_p$  — коефіцієнт розвитку форми схилових мікродозборів (або коефіцієнт форми схилових мікродозборів).

Представлений підхід дозволяє ураховувати ступінь концентрації схилових водотоків та визначити зони переважного змиву або переважної аккумуляції ґрунтового матеріалу при розрахунках водноерозійного змиву ґрунту.

### **ВИСНОВКИ**

На основі виконаних досліджень зроблено наступні висновки:

1. Схиловий мікродозбір, на якому не виражені чітко концентрація або розсіювання тимчасових водотоків, а співвідношення його довжини та ширини середні для даних рельєфних умов, можна назвати «еталонним» для даних умов.
2. Характеристикою поперечної концентрації схилових потоків можна вважати відношення ширини даного схилового мікродозбору до ширини «еталонного» мікродозбору.
3. На основі аналізу багатьох мікродозборів у різноманітних рельєфних умовах отримана залежність площі «еталонного» мікродозбору від його довжини.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2013

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. *Сластихин В.В.* Вопросы мелиорации склонов Молдавии / Сластихин В.В. — Кишинев: Каргя Мол-давеняскэ, 1964. — 212 с.
2. *Сурмач Г.П.* Водная эрозия и борьба с ней / Сурмач Г.П. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. — 190 с.
3. *Швебс Г.И.* Теоретические основы эрозиоведения / Швебс Г.И. — Киев-Одесса: Выща школа, 1981. — 223 с.
4. *Ларионов Г.А.* Эрозия и дефляция почв / Ларионов Г.А. — Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 200 с.
5. *Светличный А.А.* Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / Светличный А.А., Черный С.Г., Швебс Г.И. — Суммы: «Университетская книга», 2004. — 410 с

- 6 *Светличный А.А.* Математическое моделирование водной эрозии почвы: проблемы классификации / Светличный А.А. // Вестник ОНУ Географические и геологические науки. — 2010. — Том 15. — Вып. 13.-С.32-39
- 7 *Чалов Р.С.* Географические исследования русловых процессов / Чалов Р.С. — Москва: Изд-во МГУ 1979.—232 с.
- 8 *Нежиховский Р.А.* Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды / Нежиховский Р. А. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. — 474 с.
- 9 *PCRaster manual, version 2.* — Utrecht: Faculty of Geographical Sciences Utrecht University & PCRaster Environmental Software. -1998. — 368 p.

**Пяткова А.В.,** к.г.н., преподаватель

Одесский национальный университет им. И.И.Мечникова

кафедра физической географии и природопользования

пер. Шампанский, 2, Одесса, 65058, Украина,

E-mail: [avpyatkova@mail.ru](mailto:avpyatkova@mail.ru)

## **УЧЕТ СТРУКТУРЫ СКЛОНОВОГО СТЕКАНИЯ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЛИВНЕВОГО СМЫВА ПОЧВЫ**

### **Резюме**

Представлены исследования структуры склонового стекания и ее влияния на результаты расчета смыва-аккумуляции почвы. Разработана методика учета степени концентрации склоновых водотоков при пространственном моделировании водноэрозионного смыва почвы.

**Ключевые слова:** склоновые временные микроводосборы, концентрация склоновых водотоков, «эталонный» микроводосбор.

**Pyatkova Alla V.,** Ph.D. in Geography, Lecturer

Odessa I.I.Mechnikov's State University

Department of Physical Geography and Nature Use

Shampanskiy lane, 2, Odessa, 65058, Ukraine,

E-mail: [avpyatkova@mail.ru](mailto:avpyatkova@mail.ru)

## **TAKING INTO ACCOUNT THE HILLSIDE FLOWING STRUCTURE ON THE SPACE MODELING OF RAINFALL SOIL WASHING OFF**

### **Summary**

The researches of hillside flowing structure and its influence on counting of soil washing off and accumulation are represented. The methods of taking into account the hillside flows concentration or dispersing on the space modeling of soil erosion are developed.

**Key words:** hillside temporal catchments, concentration of hillside flows, standard catchment.