

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 621.530

Абдул Разак Салех, д.т.н.
Північний університет МалайзіїМОДЕЛЮВАННЯ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ ТЕПЛОГО
ВОЛОГОГО КЛІМАТУ¹*Розглянуто проблеми моделювання ерозії ґрунтів на прикладі теплового вологого клімату.*

Ерозія вважається однією з найбільш серйозних проблем, пов'язаних із сільським господарством. Вона є основним джерелом залишків, що забруднюють річки та наповнюють водоймища. Ерозія також викликає знищення цінних паливних речовин рослин. Усі моделі ерозії мають тенденцію відтворювати рух осаду на полях та водоймищах. Універсальне рівняння вивітрювання ґрунту є моделлю ерозії, що створена спрогнозувати довготривале загальне вивітрювання ґрунту на певній місцевості при певному засіванні та культивуванні. Метою дослідження було оцінювання можливостей моделі ХВЕСР (хімікати, вивітрювання та ерозія в системах рослинництва) для відтворення ерозії ґрунтів в умовах теплового вологого клімату.

Модель ХВЕСР була розроблена американськими вченими, щоб продемонструвати систему керування джерелами забруднення води (Knisel et al., 1980). Ця модель складається з трьох компонентів, що описують гідрологію місцевості, ерозію та осад, а також хімічний склад.

Ця модель використовувалась для того, щоб уникнути ерозії на експериментальній ділянці, розташованій на 5,5 км на південь від Університету Луїзіани, США. Поверхня ґрунту підлягала впливу стічних вод з двадцятихвилинним інтервалом, а також було проведено аналіз осаду. Протягом 7 років (з 1981 по 1987 рр.) отримані дані використовувались для оцінювання моделі з метою визначення зменшення осаду. В цілому застосування моделі ХВЕСР для зменшення осаду в умовах теплового, вологого клімату є задовільним.

Ключові слова: ерозія, осад, ХВЕСР-модель.

Вступ

Ерозія ґрунту – це двофазовий процес, що складається з відділення окремих частин з ґрунтової маси та їх переміщення такими ерозивними компонентами, як вода та вітер. Коли енергія для переміщення частин є недостатньою, відбувається третя фаза – зсув ґрунту. Ерозія є однією з найсерйозніших проблем у світі. Вона є одним з основних джерел осаду, що забруднює річки та водоймища. Ерозія також викликає знищення цінних поживних рослинних речовин в результаті впливу стічних вод. Основними факторами впливу на ерозію ґрунту є клімат, ґрунт, рослинність та топографія. Слід також здійснювати контроль рослинності та, до певної міри, ґрунту. Кліматичні та топографічні фактори, окрім довжини нахилу, контролювати неможливо (Schwab, 1996).

Усі моделі ерозії показують рух осаду на полі та водоймищі (Binger, 1990). Універсальне рівняння вивітрювання ґрунту (УРВГ) є моделлю ерозії, що створена спрогнозувати довготривале загальне вивітрювання ґрунту на певній місцевості при певному засіванні та культивуванні (Wischmeier and Smith, 1965). Взагалі, воно не використовується для визначення зменшення рівня ґрунту для певних погодних явищ або для певних періодів часу. УРВГ – рівняння, що виражається як:

$$A = RKCPSL, \quad (1)$$

де A – зменшення рівня ґрунту (тонна/акр);

R – фактор опадів та осаду (100 футів-дюймів-тонна/акр-година-рік);

K – фактор ерозивності ґрунту (тонна-акр-година/100 акрів-футів-тонн);

C – фактор покриття та керування (без показників);

P – фактор підтримки (без показників);

S – фактор довжини нахилу (без показників);

L – фактор довжини нахилу (без показників).

¹ Експериментальна робота проводилася в Університеті Луїзіани, США.

УРВГ – це емпіричне рівняння, що базується на даних більше, ніж 10000 ділянок та широко використовується, при цьому кожний з факторів визначається для багатьох типів ґрунту та різних ситуацій по США. Вільямс (1975) модифікував УРВГ (МУРВГ), замінюючи фактори опадів та осаду на емпірично виведений термін, що базується на поточних характеристиках певних погодних умов.

Це рівняння підвищує точність прогнозування випадання осадів, виключає необхідність введення співвідношення та може бути застосованим до певних погодних умов (Williams, 1977). Воно виражається як:

$$G = 95 (Qq_p)^{0.56} KCPLS/A, \quad (2)$$

де K, C, P, S, L – фактори рівняння УРВГ;

G – випад осадів при певних погодних умовах (тонна/акр);

Q – об'єм вивітріння;

q_p – максимальна швидкість потоку;

A – площа осушення (акр).

УРВГ та МУРВГ являють собою два протилежні вирази у відношенні до необхідної енергії, оскільки проводиться розділення щодо використання енергії дощових опадів в повному обсязі в першому випадку, в той час, коли другий вираз використовує енергію стічних вод.

Метою дослідження було вираження здатності моделі ХВЕРС показати ерозію ґрунту на прикладі теплого вологого клімату.

Характеристика моделі ХВЕРС

Модель ХВЕРС (хімікати, вивітрювання та ерозія в системах рослинництва) була розроблена американськими вченими, щоб продемонструвати систему керування джерелами забруднення води (Knisel et al., 1980). Модель складається з трьох компонентів, що описують гідрологію місцевості, ерозію та осад, а також хімічний склад.

Компонент гідрології описує об'єм стічних вод та максимальну швидкість потоку, інфільтрацію, евапотранспірацію, вміст води у ґрунті та її проникнення за один день. Компонент ерозії показує рівень ерозії та осаду, включаючи розподіл часток на поверхні за один день. Хімічний компонент включає елементи поживних речовин та пестицидів на окремо розглянутій ділянці. Також розглядаються вплив дощових злив на осад, розчинні хімічні елементи стічних вод та перлокаційні частки.

Компонент ерозії розглядає основні процеси розділення ґрунту, його переміщення та розподіл. Концепцією моделі є контроль завантаження осаду способом його найменшого переміщення. При цьому розділення є меншим, ніж переміщення. Розділення також можливе при наявності стічних вод, в той час, коли зміщення відбувається, якщо накопичення осаду перевищує здатність переміщення. Ця модель повністю описує ділянку, приділяючи увагу тим потокам води, що охоплюють комплексні поверхні нахилів, концентрованим потокам у руслах, а також невеличким водоймищам. Модель також показує розподіл часток осаду, що переміщуються. В першу чергу, це – пісок, болотний осад та глина, а також малі снолуки основних часток.

Розділення описується способом модифікації УРВГ для випадку одиничної зливи:

$$D_{Li} = 0,21 EI (s + 0,014) KCP (\sigma_p/V_u); \quad (3)$$

$$D_{Fr} = 37983 mV_u \sigma_p^{1/3} (x/72.6)^{m-1} s^2 KCP (\sigma_p/V_u), \quad (4)$$

де D_{Li} – швидкість міжпоточного розділення (легка порода/фут²/ділянка);

D_{Fr} – швидкість розділення потоку (легка порода/фут²/ділянка);

EI – ерозивність дощової зливи за Віхмайєром (100(фут-тонна/акр)(година/дюйм));

x – відстань до найнижчого нахилу (фут);

s – синус кута нахилу;

m – експонента довжини нахилу;

K – фактор ерозивності УРВГ [(тонна/акр)(акр/100 фут-тонна)(година/дюйм)];

P – УРВГ фактор контурної обробки ґрунту;

V_u – об'єм стоку [об'єм/одиниця часу (фут/ділянка)];
 σ_p – максимальна швидкість стоку [об'єм/одиниця часу (фут/ділянка)];

Якщо використовуються кількісні показники дощових опадів за один день, ерозивність (E1) виводиться з рівняння (5):

$$E1 = 8,0 V_R^{1,51}, \quad (5)$$

де E1 – злива E1 [(100 футів-тонн/акр) (дюйм/година)];

V_R – об'єм дощового потоку (дюйм).

Коли використовуються основні моменти дощових опадів, злива E1 обчислюється шляхом використання стандартних процедур УРВГ. Енергія зливи на одиницю дощових опадів виражається:

$$e = 916 + 331 \log_{10} i, \quad (6)$$

де e – енергія дощу на одиницю дощових опадів (фут-тонн/акр-дюйм);

i – інтенсивність дощових опадів (дюйм/година).

Методи

Модель ХВЕРС використовувалася для показу ерозії на експериментальній ділянці, розташованій на 5,5 км від Університету Луїзіани, США. Поверхня ґрунту підлягала впливу стічних вод з двадцятихвилинним інтервалом, а також було проведено аналіз осаду. Протягом 7 років отримані дані використовувалися для аналізу роботи моделі ХВЕРС.

Результати обговорення

Річні показники дослідженого та змодельованого зменшення осаду показані в табл. 1. Модель точно показала зменшення осаду в 1986р., переоцінила загальне зменшення осаду за 1981, 1982 рр. та недооцінила – за 1984, 1985; 1987рр.

Таблиця 1

Досліджене та змодельоване зменшення осаду

Рік	Досліджене зменшення осаду	Змодельоване зменшення осаду	% Похибки
1981	412,5	1729,0	319,2
1982	2587,5	3285,7	27,0
1983	5469,7	4865,9	-11,0
1984	1494,7	963,3	-35,6
1985	5162,0	2939,3	-43,1
1986	3574,1	3606,2	1,0
1987	3826,4	2865,2	-25,1
Загальне	22526,9	20254,6	-10,1

Зворотний аналіз показав таке співвідношення місячного змодельованого та дослідженого зменшення осаду:

$$S_{sm} = 36,54 + 0,76 S_{om}; \quad (7)$$

$$r = 0,75,$$

де S_{sm} – змодельоване місячне зменшення осаду, кг/гектар;

S_{om} – досліджене місячне зменшення, кг/гектар.

Тест ANOVA продемонстрував, що існує значна лінійна залежність між змодельованим та дослідженим місячним зменшенням осаду (P – величина, що дорівнює 0,0001).

T-тест показав, що нахил лінії регресії статистично відрізнявся від 1,0 і перепопа статистично не відрізнялася від 0 (P – величина, що дорівнює 0,0001). Загальне зменшення змодельованого осаду було на 10,1 % меншим, ніж досліджене зменшення осаду.

Модель ХВЕРС недооцінила зменшення осаду на 10,1 % за семирічний період. В цілому, застосування цієї моделі для модельованого зменшення осаду за умов теплового вологого клімату є задовільним.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Bingner, R.L.* 1990. Comparison of the components used in several sediment yield models. TRANSACTIONS of the ASAE 33(4):1229–1238.
2. *Foster G.R., Meyer L.D., and Onstad C.A.* 1977. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. TRANSACTIONS of the ASAE 30(6):1679–1688.
3. *Knise W.G., Ed.* 1980. CREAMS: A field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems. U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration, Conservation Report No. 26. – 643 p.
4. *Schwab O.G., Frevert R.K., Edminster T.W., and Varnes K.K.* 1966. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons. – New York.
5. *William J.R.* 1975. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. – P. 224–252. In: Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources: Proceeding of the sediment-yield workshop. USDA Sedimentation Lab., Oxford, MS. November 28–30. – 1972. ARS-s-40.
6. *Wischmeir W.H. and Smith D.D.* – 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook No. 537. – 58 p.

Абдул Разак Салех – доктор технічних наук Північного університету Малайзії.

Наукові інтереси:

– ерозія ґрунтів.

Подано 23.10.2003