



До питання ПРОГНОЗУВАННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТІВ

УДК 631.459.001.18

Павло МАТВЄЄВ,

здобувач,
директор ТОВ «Земінформ»
м. Харків

Розглянуто сучасні проблеми прогнозування кількісного визначення ерозії ґрунтів. Показано, що оцінка деградації ґрунтів в результаті ерозійних процесів на конкретній земельній ділянці може здійснюватися на основі комплексного обліку максимальної кількості параметрів, які спричиняють ерозію, на основі моделі Water Erosion Prediction Project (WEPP).

Ключові слова: водна ерозія, деградація ґрунтів, прогнозування, змив, втрати ґрунту.

Постановка проблеми

На сьогодні прогнозування кількісного визначення ерозії ґрунтів є найактуальнішим завданням, оскільки в результаті подрібнення великих господарств, зміни форм власності на землю, порушення технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції, недотримання сівозмін спостерігається прискорення інтенсивності ерозійного руйнування ґрунту [1-6]. З цією метою останнім часом у світі розроблені і використовуються багато математичних моделей [7-9], які дають можливість з достатнім ступенем імовірності спостерігати і передбачати змив ґрунту. Однак практично всі моделі мають низку недоліків:

- 1) моделі розроблені на основі аналізу статистичних спостережень в умовах штучного дощування на дослідних майданчиках (полігонах);
- 2) мають різний ступінь теоретичного обґрунтування умов і показників, за якими моделюються ерозійні процеси;
- 3) усі моделі можуть використовуватися тільки для конкретних природно-господарських умов певного регіону, тому не носять універсального характеру із застосування;
- 4) потребують багато інформаційних показників, які або відсутні, або вимагають проведення спеціальних досліджень на їх отримання, великих затрат як часу, так і коштів;
- 5) умови, які закладені в моделі, не можуть бути безпосередньо екстрапольовані на реальні умови навіть в тих регіонах, де вони отримані;
- 6) моделі не описують низку складових ерозійного процесу, які в природі можуть діяти і, як правило, діють одночасно в різних комбінаціях, що унеможлиблює з достатньою точністю передбачати наслідки руйнування ґрунту.

Виходячи з вище викладеного, постає завдання більш детально дослідити цю проблему і визначити деякі напрямки її вирішення.



Огляд останніх досліджень і публікацій

Значний внесок у розвиток ерозієзнавства, розробки методів та моделей дослідження ерозії ґрунтів внесли такі вчені: Г.Швебс, Т.Сурмач, І.Черваньов, І.Ковальчук, С.Булігін, М.Волощук, Р.Панас, Н.Гудзон, А.Джерард, М.Заславський, П.Захаров, М.-Дж.Киркбі, Г.Ларіонов, Н.Макавеєв, Ц.Мірцхулава, Т.Назаров, С.Соболев, Т.Сурмач, Р.Хартон, О.Світлічний, С.Чорний, Ф.Лисецький, В.Медведев, С.Позняк, О.Левченко, Ю.Бліндер та інші. За кордоном такими дослідженнями займалися Г.Бастраков, Г.Ларіонов, Г.Сурмач, М.Кузнєцов, W.Wischmeier, D.Smith, M.Nearing, L.Worton, H.Mitasova, J.Hofierka, J.Wilson, M.Lorang. Проте, попри широкий спектр проведених досліджень, практично всі сучасні методи [10-15] розрахунку схилової ерозії базуються на емпіричній залежності:

$$A = f(R, K, L, S, C, P),$$

де А — середньорічні втрати ґрунту під впливом дощів на одиницю площі в рік (т/га);

Р — індекс, який враховує фактор енергії та інтенсивності дощів (ерозійний індекс дощів).

Визначається шляхом статистичної обробки піввіограм всіх стокоутворюючих дощів як середньорічних значень енергії дощу за 30-хвилинної його інтенсивності або по карті ерозійного індексу опадів для території України.

К — індекс типу і стану ґрунту, тобто фактор піддатливості ґрунтів ерозійним процесам. Визначається як співвідношення середньорічного змивання ґрунту з 1 м² стічного майданчика до величини R залежно від крутості схилу та процентного вмісту величини фракцій ґрунту, органічних речовин його структури і водонепроникності. Однак фактор піддатливості ґрунтів ерозійним процесам враховує в основному лише відмінності ґрунтів в механічному складі, водночас опірність ґрунтів дуже сильно залежить від еродованості ґрунту, а неврахування цього суттєво впливає на зниження потенційної ерозійної безпеки орних земель.

L — довжина схилу (м) та S — крутість схилу (%) — фактори рельєфу — визначалися на стандартному стоковому майданчику, що часто не відповідає реальним умовам із-за неврахування особливостей формування стоку схилу і змивання на схилах складної форми.

С — індекс, який віддзеркалює вплив землекористування — сівозміних умов, тобто залежність від рослинного покриву на ерозійні умови. Визначення цього фактору є достатньо складним завданням через велике різноманіття культур.

P — індекс впливу протиерозійних заходів, тобто їх ефективності. Визначається як відношення втрат ґрунту з ділянки зайнятою тими чи іншими сільськогосподарськими культурами з певними протиерозійними заходами до втрат ґрунту з контрольної ділянки, що знаходиться під паром без протиерозійних заходів.

Аналіз і зіставлення моделей та рівнянь визначення втрат ґрунту від водної ерозії, які найчастіше застосовуються для прогнозування (табл. 1), можна відзначити, що відмінності наведених моделей переважно полягають у: спрощенні чи ускладненні базової системи рівнянь; виборі різних граничних умов; застосуванні різних схем при чисельній реалізації; наявності або відсутності стандартної технології підготовки вихідних даних і ступеню їх деталізації. Таким чином, проблема вибору оптимальної моделі прогнозування ерозії, в т.ч. для умов різних регіонів України, зберігає свою актуальність та потребує подальших досліджень.)

Виклад основного матеріалу досліджень

Для успішної протидії деградації ґрунтів, пов'язаної із ерозійними процесами, та впровадження ґрунтоохоронних заходів на локальному рівні, тобто на рівні конкретної земельної ділянки, необхідно здійснювати комплексний облік максимальної кількості факторів, які сприяють ерозії. Найбільш ефективною на сьогодні є модель прогнозування водної ерозії *Water Erosion Prediction Project (WEPP)*. Ця модель базується на об'єктивних природних законах фізики ерозійно-аккумулятивних процесів, а тому її можна застосовувати для моделювання протиерозійного упорядкування агроландшафтів. При моделюванні ерозійних процесів модель *WEPP* працює з декількома блоками даних (рис. 1) «Ґрунт», «Клімат», «Агротехніка» (дані можна зібрати для даного регіону шляхом усереднених або характерних величин), «Рельєф» (дані притаманні тільки для даної конкретної земельної ділянки).

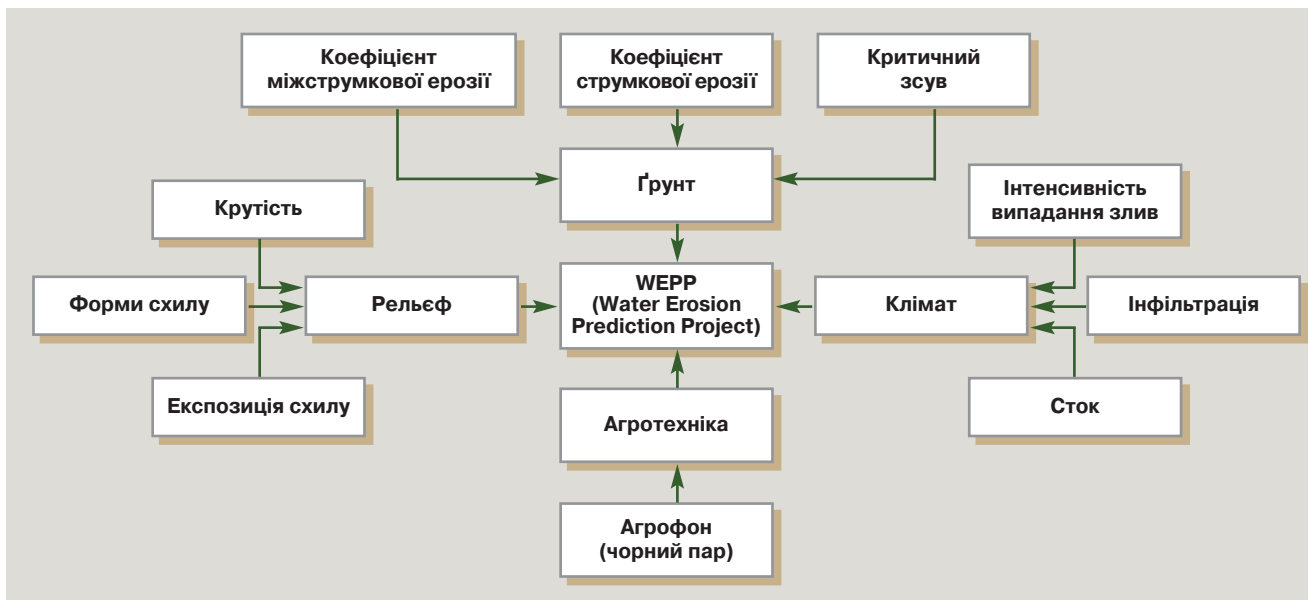
Для створення блоку «Рельєф», а саме спрощення та більшої конкретизації бази даних тієї чи іншої земельної ділянки, нами пропонується використовувати програмне забезпечення ArcInfo MapScene (табл. 1).

Програма призначена для моделювання і аналізу топографічнозв'язаних об'єктів у вигляді просторових мереж, відображення безперервних географічних явищ. ArcInfo здійснює підтримку координатної геометрії (введення як первинних геодезичних даних, так і координатних) і перетворення растрового зображення у векторне, що дає можливість вираховувати крутість схилів, створювати модель рельєфу у тривимірному зображенні.

Використавши цей програмний продукт для аналізу даних об'єкта наукового дослідження (ПСП «Молнія-1» Вовчанського району Харківської області), отримали такі результати. Всього сільськогосподарських угідь, які розташовані на землях з ухилом до трьох градусів, майже 80%, при цьому більше 16% ріллі (приблизно 1561 га) залишається в зоні ризику водної ерозії з ухилом рельєфу від 3 до 7 градусів до 11,4%, а понад 7 градусів більше 5% (табл. 2).

Застосування цієї методики значно точніше відображає фактичну ерозійну небезпеку ґрунтів порівняно із загальною характеристикою по Харківській області (табл. 3).

Рис. 1
АЛГОРИТМ МОДЕЛІ WEPP



Таблиця 1
АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЗА РІВНЕМ ВТРАТ ҐРУНТУ ВІД ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ

№ з/п	Моделі та рівняння втрати ґрунту від водної ерозії	Характеристика	Особливості значень та коефіцієнтів
Методи розрахунку водної ерозії			
1.	USLE $A=RLKSCP$	Використовується для розрахунку міжструмкової та струмкової ерозії як функції факторів клімату, ґрунту, топографії і використання земель	A — втрати ґрунту; R — коефіцієнт розмиву ґрунту опадами; K — коефіцієнт розмиву ґрунту (втрати ґрунту від дощу в стандартних умовах); L — коефіцієнт довжини (втрати ґрунту з водозбору); C — коефіцієнт землекористування; S — коефіцієнт уклону; P — коефіцієнт протиерозійних заходів
2.	RUSLE	Збережені усі фактори USLE, однак формули перероблені	R — вираховується на підставі статистичної обробки погодинних даних шару дощу на території США; K — розрахований за програмою для визначення еродованості ґрунту.
Моделі не може вважатися універсальною, однак технологія може бути використана			
3.	EPIC $A=RKCPLS$	Моделює водну ерозію викликану зливою і короткочасними опадами. Основана на універсальному рівнянні USLE	A — величина ерозії, т/га; R — продукт осадку, т/га; K — коефіцієнт розмиву ґрунту; C — коефіцієнт врожайності протягом усіх днів, коли є опади, т/га; P — коефіцієнт протиерозійних заходів; L, S — коефіцієнти нахилу і крутизни.
Вимагає досить складних додаткових розрахунків коефіцієнтів K, C, L, S, R (виключення коефіцієнт P — визначається так, як у моделі USLE)			
4.	WEPP рівняння нерозривності для потоку наносів, що встановився $dG/dx=D1 + Dr$	Моделює попередні процеси до ерозії 3 часовим кроком в один день і базується на концепції міжструмкової і струмкової ерозії	G — питомі витрати наносів по довжині схилу, кг/с/м; x — відстань вниз по схилу, м; D1 — інтенсивність бокового привнесення потоком часток, кг/с/м ² ; Dr — інтенсивність відриву чи відкладання часток в струмочках, кг/с/м
Моделі обмежується прогнозом тільки поверхневої, струмкової та яркової ерозії			

Таблиця 2

РОЗПОДІЛ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ПО УХИЛАХ РЕЛЬЄФУ ПСП «МОЛНІЯ-1» ВОВЧАНСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ухил рельєфу, градуси	Рілля		Пасовища		Сіножати		Всього	
	га	%	га	%	га	%	га	%
До 3	7704,9	83,2	151,0	25,2	19,2	28,2	7875,1	79,3
Від 3 до 7	1056,9	11,4	107,4	17,9	21,7	31,8	1186,0	11,9
Більше 7	504,1	5,4	341,5	56,9	27,3	40,0	872,9	8,8
Всього	9265,9	100	599,9	100	68,2	100	9934,0	100

Таблиця 3

ЕРОЗІЙНА НЕБЕЗПЕКА ҐРУНТІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

	Середньозважена довжина схилу, м	Середньозважений ухил, градуси	Змив ґрунту, т/га			Середньозважена потужність ґрунтового горизонту H, см	Індекс збереження ґрунтів, роки
			При зливах	При сніготаненні	Всього		
По Харківській області	492,0	1,8	4,7	19,4	24,1	42,1	234,5
Адміністративні райони Лісостепової зони	462,5	1,9	5,0	25,1	30,1	40,0	149,6
Вовчанський район	430,0	1,7	3,8	21,0	24,8	41,0	182,0
Адміністративні райони Степової зони	535,0	1,7	4,4	11,1	15,5	45,1	347,5

TO THE QUESTIONS OF PREDICTING SOIL EROSION

Matveev P.

Modern problems of forecasting quantification of soil erosion are viewed. It is shown that the assessment of land degradation as a result of erosion on a particular land plot may be based on integrating the maximum number of parameters that cause erosion, model-based Water Erosion Prediction Project (WEPP).

Keywords: water erosion, soil degradation, forecasting, flushing, loss of soil.

* * *

Pavlo Matveev, Researcher, Director of «Zeminform», Kharkiv.

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВ

Матвеев П.Н.

Рассмотрены современные проблемы прогнозирования количественного определения эрозии почв. Показано, что оценка деградации почв в результате эрозионных процессов на конкретном земельном участке может осуществляться на основе комплексного учета максимального количества параметров, которые вызывают эрозию, на основе модели Water Erosion Prediction Project (WEPP).

Ключевые слова: водная эрозия, деградация почв, прогнозирование, смыв, потери почвы.

* * *

Матвеев Павел Николаевич, соискатель, директор ООО «Земинформ», г. Харьков.

Література

- Булыгин С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. — Харків: ХДАУ, 2001. — 116 с.
- Вилучення з інтенсивного обробітку малопродуктивних земель та їхнє раціональне використання. — Київ: Аграрна наука, 2000. — 40 с.
- Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. — Київ, 2002. — 63 с.
- Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані. — Харків, 1998. — 88 с.
- Булыгин С.Ю. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов: Проблема эрозии. — Х.: Эней, 1999. — 272 с.
- Джамаль В. А., Шелякин М.М. Захист ґрунтів від ерозії. — К.: Урожай, 1986. — 240 с.
- Миццулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. — М.: Колос, 1970. — 240 с.
- Phonon F.E., Meger L.D., Michesey D.S.. Doph of erozion assement using iron-manganese nodile concentration in surface horizons //Sil. sci. — 1991. — V. 152. — №5. — P. 389-399.
- Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно допустимой величине эрозии почвы / Тр. ВНИАЛМИ, 1970. — Вып. 1/16. — С. 239-258.
- Эрозия почв / Пер. с англ. и предисловие М.Ф. Пушкарева. — М.: Колос, 1984. — 415 с.
- Elliot W.G. Liedenov A.V., Lafle G.M., Kohl K.D. A Compendium of Soil Erodibility Data from WEPP. Cropland Soi1 Field Erodibility Experiments 1987 and 1988. — NSERL Rep. №3 USDA ARS. — 1989. 318 p.
- Flanagan D.C., Nearing M.A. USDA — Water Erosion Prediction Project: HillsoIope, protile and watershed model documentation. NSERL Report №10, West Lafayette, 1995. — 1996 p.
- Кривов В.М. Екологічно безпечне землекористування Лісостепу України. Проблеми охорони ґрунтів / В.М. Кривов. — 2-ге вид., допов. — К.: Урожай, 2008. — 304 с.
- Flanagan D.C., J.C. Ascough II, M.A. Nearing and J.M. Laflen. 2001. Chapter 7: The Water Erosion Prediction Project: (WEPP) Model. In (R.S.. Harman and W.W. Doe III, ed.s.): Landscape Erosion and Evolution Modeling. Kluwer Academic Publishers. Norwell. MA. 51 p.
- Булыгин С.Ю., Котова М.М. Первичная верификация и адаптация модели WEPP для условий Украины: Проблемы, пути решения, перспективы // Почвоведение. — 1998. — №1. — С. 96-99.

Висновки

- Існуючі моделі прогнозування ерозійних процесів ґрунтів характеризуються різними ступенями узагальнення, вибіркової та використання інформації.
- У ході дослідження більш високого рівня розвитку інформаційної бази та її наповнення новими даними моделі, що використовуються на сьогодні, слід поновлювати та удосконалювати, залишаючи їх сутність.
- Створення універсальної моделі прогнозування втрат ґрунту від водної ерозії шляхом застосування інших напрямків програмного забезпечення дасть змогу з більшою вірогідністю передбачати ситуацію на перспективу.