

SOIL EROSION

Primary Verification and Adaptation of the WEPP Model for Ukrainian Conditions: Problems, Possible Solutions, and Perspectives

M. A. Nearing,* S. Yu. Bulygin,** and M. M. Kotova**

* National Soil Erosion Research Laboratory, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-1196, USA

** Sokolovskii Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, Kharkov, Ukraine

Received 31 March, 1995

Abstract—The method for the determination of soil characteristics that are used in the WEPP (Water Erosion Prediction Project) model on the basis of data on soil aggregation is suggested. The coefficient of soil aggregation is considered a key parameter for the WEPP. This parameter has already been measured or calculated for most Ukrainian soils, which makes it possible to use the parameter in the model and predict soil erosion on the territory of Ukraine.

INTRODUCTION

There is good reason to believe that extensive data accumulated during the study of soil resistance to erosion can be successfully applied in the WEPP model. In our study, we tried to determine the values of interrill and rill erodibility of soils (K_i and K_r) and the critical tangential tension (τ_c) on the basis of data on soil aggregation (K_a , coefficient of soil aggregation) with consideration for soil particle-size distribution, cation exchange capacity, coefficient of sodium adsorption, and the contents of magnesium, aluminum, and iron.

The general structure of the WEPP model was described in the papers published in the fifth number of the *Pochvovedenie* (Eurasian Soil Science) journal in 1997. Those who would like to learn more details on the model can read the report of the USA National Soil Erosion Laboratory (USDA, Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile version. NSERL, Report no. 2, 1989).

General problems of soil physics and erosion and soil resistance to erosion were described in [1, 5, 7, 8, 10–16].

MATERIALS AND METHODS

In our previous works [2–4], we identified the relationship between soil aggregation and soil resistance to erosion. We also suggested that the coefficient of soil aggregation (K_a) is suitable to be used as a pedogenetic parameter of soil susceptibility to erosion. A range of experiments were performed to validate this hypothesis. The soil loss induced by rainfall of 10% probability (with respect to such basic parameters as rainfall regime, size and velocity of raindrops, and their kinetic energy [9]) was determined. The intensity of potentially erosive rainfall was equal to 52.5 mm per

40 min; the maximum intensity reached 4 mm/min. The cumulative gradient of watering was equal to 5 mm per 10 min, 15 mm per 15 min, 35 mm per 20 min, 45 mm per 25 min, and 52.5 mm per 40 min.

Rainfall imitation performed using an Era-3 original laboratory device [6]. The device had been subjected to various tests and received the metrologic certificate. It permits one to imitate rainfall with preset parameters. More than a hundred experiments were performed to cover possible variation in all factors of rainfall-induced erosion. The only constant parameter in the experiment was the runoff distance. The latter was determined by the size of the experimental plot (1.5 m², 2.14 × 0.7 m). After this, we selected about 30 experiments (in four replicates), in which the differences in soil resistance to erosion could only be connected with the differences in the coefficient of soil aggregation (K_a). The slope gradient was equal to 12% (most of the experiments were performed at this gradient). All the experiments were performed in conditions of clean fallow.

RESULTS AND DISCUSSION

Statistical analysis made it possible to conclude that autonomous loamy-clay chernozems are characterized by a tight correlation between the K_a and experimentally registered soil loss (x , t/ha) during a model rain (y). This correlation may be described by the following equation:

$$K = a + bx + cx^2, \quad (1)$$

where $a = 26.873$, $b = -71545$, $c = 54.662$, and R (the correlation coefficient) = 0.97 ± 0.04 .

We suppose this to be persuasive proof for the correctness of using the coefficient of aggregation as a

quantitative parameter for determining soil resistance to erosion.

It can be assumed that there is a stable correlative interdependence between the K_a values and the aforementioned parameters of the WEPP model— K_i , K_r , and τ_c . This can be confirmed by statistical data obtained by the authors of WEPP when they performed particular experiments to reveal K_i , K_r , and τ_c . Thus, for the loamy-clay soil, the corresponding regression equations are expressed as follows:

$$K_i = a - bx;$$

$$K_r = a + b \exp^{-cx};$$

$$\tau_c = 3.5,$$

where a , b , and c are the regression coefficients, and x is the clay ($d < 0.002$ mm) content in the soil. Similar equations were obtained for sandy and sandy loamy soils. Generally, K_i , K_r , and τ_c depend on the content of clay, sand, and organic matter in the soil. The interdependence between these parameters is also well manifested. Therefore, in order to avoid the separation of the erosion curve into several parts, we should find some universal parameter that would allow erosion prediction by the WEPP model. It is worth noting that the dependencies found cannot be directly used for soils that were not experimentally tested. In this case, certain interpolation of the results is required. However, it may be complicated by a number of nonlinear dependencies of K_a on the genetic nature of a soil [3, 4].

The arguments of these dependencies are the aforementioned indices of the particle-size distribution and humus state (especially, humus composition). It is obvious that these parameters and K_a should have a common nature.

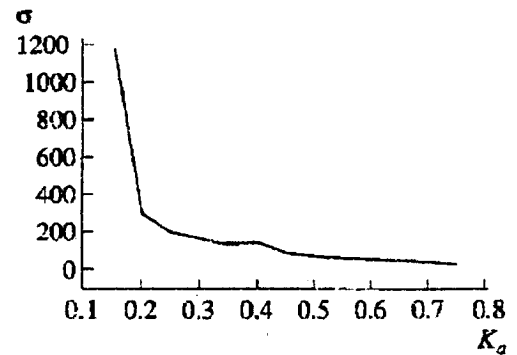
It should be emphasized that the indices K_i and K_r are the factors of soil erodibility, i.e., the soil loss increases with an increase in these factors, all the other indices being stable. The τ_c index is inversely proportional to erosion intensity, i.e., the soil loss decreases as τ_c increases. The contributions of all these indices to the resulting erosion are different. Computer modeling enabled us to put these indices into a simple equation that takes into account individual effects of these factors on the total soil loss (σ) and sums them up to a single index:

$$\sigma = (K_i + K_r)/(10 + \tau_c). \quad (2)$$

We have found an almost functional relationship between $K_a(x)$ and $\sigma(y)$ that is expressed by the following equation:

$$\sigma = ax^b \exp^{cx}, \quad (3)$$

where $a = 2.119$, $b = -3.120$, $c = 2.549$, and $R = 0.99 \pm 0.001$.



The dependence of general index σ on K_a .

Thus, an inverse exponential dependence takes place in this case (Fig. 1).

Such a close relationship is not coincidental. The equation (3) was obtained in the following manner. First of all, the specific weight of each factor of soil erodibility in the total soil loss was determined (equation (2)). It was found that the effects of K_i and K_r were approximately the same and directly proportional to the soil loss from erosion. The effect of τ_c was 10 times lower and inversely proportional to the erosion intensity. Then, the starting point (the values sufficient for the beginning of erosion) for K_i , K_r , τ_c , and K_a were determined by means of computer modeling.

The package of applied WEPP software includes numerous examples of calculations. Thus, the following parameters of our raining experiment were inputted to WEPP as initial data: the runoff distance is 2.15 m, tangent $\tan \alpha = 0.7$, and the agricultural background is clean fallow. The parameters of soil resistance to erosion remained unchanged during the experiment: $K_i = 2\,000\,000$, $K_r = 0.008$, and $\tau_c = 3.0$ ($\sigma = 1230$). The results of mathematical modeling occurred to be almost the same as the data obtained from the physical experiment at $K_a = 0.15$. Thus, the starting point value was obtained. It was suggested that the changes in K_a should result in corresponding changes in K_i , K_r , and τ_c values in equation (2). Then, the model calculations were made using the same procedure as in the case of the starting point calculation. A fragment of these calculations is presented in the table. These data show a close similarity between the experimental data and the calculated values of soil loss.

It should be admitted that there is some apparent incorrectness in our calculations (an attempt to determine three varieties by a single one). However, taking into account the considerations above, we suppose that this incorrectness is quite allowable. In order to obtain more accurate values of the indices, some additional calculations are necessary. The essence of these calculations can be explained by the following example.

An example of comparing the data gained by computer simulation and physical modeling of soil erosion

Point	K_i	K_r	τ_c	σ	K_a	Soil loss (t/ha)	
						calculated	measured
1	500000	0.02	0.75	93	0.45	6.3	5.9
2	400000	0.0016	0.5	60.4	0.50	5.2	5.5
3	400000	0.0016	0.9	58.3	0.55	5.0	4.7
4	300000	0.001	1.3	29.2	0.75	3.5	3.1
5	360000	0.0014	1.0	45.8	0.70	4.4	4.1
6	700000	0.025	0.5	166.7	0.30	8.5	9.5
7	2000000	0.008	1.0	1230	0.15	17.7	18.2
8	750000	0.002	0.75	139.5	0.35	7.8	8.3
9	750000	0.002	0.5	142.2	0.35	8.0	8.3

For instance, we need to simulate the erosion process within a particular landscape by means of the WEPP model in order to obtain the data required for elaboration of erosion control measures. Let us restrict the discussion to the calculation of K_i , K_r , and τ_c values (table).

The K_a value for the investigated soil can be either calculated [1, 3, 4] or experimentally determined. Then, using the special curve (figure) or the equation (3), we can determine the values of the other parameters. As mentioned above, the erosion started when $\sigma_K = 1230$ ($K_a = 0.15$); thus, we can find the values of K_i (2 000 000), K_r (0.008), and τ_c (3.0).

Let us assume that σ for investigated soil is 123, i.e., it is ten times ($n = 10$) less than the critical (σ_K) value. The decrease in the σ value results in a corresponding decrease in the other parameters of equation (2). The extent factor (m) is the same for all three parameters and can be determined using n by means of the following equation:

$$m = [10n / (10 + 3/n^{0.5})]^{0.5} \quad (4)$$

In our case,

$$m = 1010 / (10 + 3/10^{0.5})^{0.5} = 3,$$

i.e., all three parameters of soil resistance to erosion in the WEPP model— K_i , K_r , and τ_c —decrease by a factor of 3 compared to the starting point values and are equal to 666 666, 0.0027, and 1, respectively.

Using these parameters, one can model the soil loss and runoff processes on the slope.

CONCLUSIONS

The aforementioned makes it possible to confirm the possibility of applying the WEPP model to Ukrainian soils. We do not pretend an exhaustive consideration of all abilities and peculiarities of the model, since this is just the first experience model application in the conditions of Ukraine. In spite of the numerous difficulties which one may expect to encounter, we believe that the model can serve as a reliable instrument to simulate and forecast the erosion process in any landscape. Such a forecast would serve as the basis for projecting preventive erosion control measures without spending a lot of time and money on numerous long-term experimental investigations in each particular region.

REFERENCES

1. Bulygin, S.Yu., Quantitative Estimates of Soil Erosion Hazard, *Pochvovedenie*, 1993, no. 3, pp. 74–79.
2. Bulygin, S.Yu. and Komarova, T.D., On Evaluation of the Effect of Management Practice on Soil, *Pochvovedenie*, 1990, no. 6, pp. 135–138.
3. Bulygin, S.Yu. and Lisetskii, F.N., Microaggregation as an Attribute of Erosion Stability of Soils, *Pochvovedenie*, 1991, no. 12, pp. 98–104.
4. Bulygin, S.Yu. and Lisetskii, F.N., *Printsipy otsenki mikroagregatsionogo sostava pochvy dlya tselei upravleniya i monitoringa* (Principles of Evaluation of Microaggregate Composition of Soil for Monitoring Purposes), Dep. Agrarnaya nauka, 1993, no. 5.
5. Voronin, A.D., *Osnovy fiziki pochvy* (Fundamentals of Soil Physics), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1986.
6. Krasnov, S.F., Larionov, G.A., and Petrova, V.N., USSR Inventor's Certificate no. 1029909.

7. Kuznetsov, M.S., *Protiverozionnaya stoikost' pochv* (Erosion Resistance of Soil), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1981.
8. Mirskhulava, Ts.E., *Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoi erozii* (Methods for Calculation and Prediction of Water Erosion), Moscow: Kolos, 1970.
9. *Spravochnik po pochvozashchitnomu zemledeliyu* (Handbook on Conservation Agriculture), Bezruchko, I.N. and Mil'chevskaya, L.Ya., Eds., Kiev: Urozhai, 1990, pp. 5-42.
10. Khan, K.Yu., Igoshin, N.I., and Gaivoron, A.I., Erosion Stability of Some Southern Soils, *Nauchno-Tekhn. Byull. (Kursk)*, 1981, no. 28, pp. 3-7.
11. Shveibs, G.I., *Teoreticheskie osnovy eroziovedeniya* (Theoretical Fundamentals of Erosion Science), Kiev, 1981.
12. Flanagan, D.C. and Laflen, J.M., The USDA Water Erosion Prediction Project (WEPP), *Proc. Int. Workshop on Soil Erosion*, 1993, pp. 16-34.
13. Nearing, M.A., Foster, R.G., Lane, L.J., and Finkner, S.C., A Process-based Soil Erosion Model for USDA: Water Erosion Prediction Project Technology, *Trans. ASAE*, 1989, vol. 32(5), pp. 1587-1593.
14. Nearing, M.A. and Norton, L.D., Basic Principles of Soil Erosion, *Proc. Int. Workshop on Soil Erosion*, 1993, pp. 60-66.
15. West, L.T., Miller, W.P., *et al.*, Cropping System Effects on Rill and Intertill Erodibility, *Proc. Int. Workshop on Soil Erosion*, 1993, pp. 210-229.
16. Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, Agriculture. Handbook no. 537*, US Dept. of Agriculture, 1978.

УДК 631.459.2

ПЕРВИЧНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ WEPP* ДЛЯ УСЛОВИЙ УКРАИНЫ: ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

© 1998 г. М. А. Неринг¹, С. Ю. Булыгин², М. М. Котова²¹Национальная научно-исследовательская лаборатория эрозии почв, Западный Лаффайет, Индиана, США²Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского, Харьков

Поступила в редакцию 31.03.95 г.**

Предлагается метод определения некоторых эрозионных характеристик почвы, используемых в модели водной эрозии WEPP, по коэффициенту агрегированности, который известен для большей части почв Украины, что позволит использовать модель для прогнозирования эрозии почв на территории Украины.

Имеются достаточно большие наработки по оценке эрозионной устойчивости и поэтому представляется целесообразным использовать эти данные в модели WEPP. В связи с этим целью настоящей работы является определение трех производных от гранулометрического состава, емкости обмена катионов, коэффициента поглощения иона натрия, содержания магния, алюминия и железа параметров межручейковой и ручейковой эродированности (K_r , K_p) и критического касательного напряжения (τ_c) по коэффициенту агрегированности (K_a).

Общая структура модели WEPP описана в статьях, опубликованных в пятом номере журнала "Почвоведение" за 1997 г. Желаящие подробно познакомиться с моделью могут воспользоваться отчетом Национальной лаборатории эрозии США (USDA – Water Erosion Prediction. Project: Hillslope profile version. NSERL, Report № 2, 1989).

Общие проблемы физики эрозии почв, а также их противозерозионной стойкости освещены в работах [1, 5, 7, 8, 10–16].

Ранее нами были установлены количественные связи эрозионной стойкости с показателями микроагрегатного состава иерархического уровня почвенного тела [2–4]. Сформулирована научно обоснованная гипотеза о возможности и целесообразности использования коэффициента агрегированности K_a для количественной характеристики генетически заданной составляющей эрозионной сложности почв. Для подтверждения нашей гипотезы были поставлены специальные эксперименты. Определялся смыв, вызываемый эрозионно-опасными ливнями 10%-ной вероятности превышения по всем основным параметрам: режиму

выпадения, общему слою, средней и максимальной интенсивности, спектру капель, скорости падения капель и соответственно их кинетической энергии [9]. Слой эрозионноопасной части ливня составлял 52.5 мм, время выпадения – 40 мин, максимальная интенсивность – 4 мм/мин, градиент дождевания (кумулятивный): 10 мин – 5 мм, 15 мин – 15 мм, 20 мин – 35 мм, 25 мин – 45 мм, 40 мин – 52.5 мм.

Для этого использовалась лабораторная дождевальная установка, названная авторами "Эра-2" [6]. Установка прошла метрологическую аттестацию и позволяет воспроизводить дождь в соответствии с заданными параметрами. Было выполнено более сотни экспериментов, которые охватывали возможный размах практически всех факторов ливневой эрозии, за исключением длины линии стока, которая всегда была постоянной. Размер стоковой площадки 1.5 м² (2.14 × 0.7 м). После этого были отобраны лишь те эксперименты (порядка 30 в 4-кратной повторности), в которых различия касались только параметров эрозионной стойкости, характеризующей значением K_a . Уклон в этих экспериментах составил 12% (на этой крутизне было выполнено наибольшее количество экспериментов из общего количества), агрофон – выровненный чистый пар.

Статистическая обработка результатов отобранных экспериментов позволила выявить для черноземных автоморфных почв тяжелого гранулометрического состава очень тесную корреляционную связь между K_a и фактически регистрируемым смывом (x , т/га) за модельный ливень (y), которая описывается уравнением

$$K = a + bx + cx^2, \quad (1)$$

где $a = 26.873$; $b = -71.545$; $c = 54.662$; R (коэффициент корреляции) = 0.97 ± 0.04 .

* Water Erosion Prediction Project.

** После доработки 14.06.97 г.

Таким образом, можно констатировать наличие дополнительных достаточно убедительных аргументов в пользу гипотезы о возможности использования показателя K_a в качестве количественной характеристики эрозионной стойкости почв.

Очевидно, что между K_a как показателем эрозионной стойкости почв и параметрами K_i , K_r и τ_c модели WEPP должна быть устойчивая тесная связь. Подтверждением может служить логика статистических зависимостей, которые получены при проведении разработчиками WEPP активных экспериментов для получения K_i , K_r и τ_c . Так, например, для почв тяжелого гранулометрического состава соответствующие регрессионные уравнения имеют вид

$$K_i = a - bx,$$

$$K_r = a + b \exp^{-cx},$$

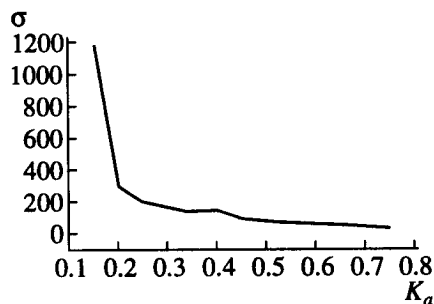
$$\tau_c = 3.5,$$

где a , b , c – коэффициенты регрессии; x – содержание глины по американской классификации гранулометрического состава почв ($d < 0.002$ мм).

Аналогичные зависимости имеют место и для почв легкого гранулометрического состава. В целом установлено, что значения K_i , K_r и τ_c определяются содержанием глинистой, песчаной фракций и органического углерода. Четко прослеживается взаимосвязь и взаимообусловленность этих параметров. Возникает необходимость в разработке единого показателя эрозионной стойкости почв, чтобы исключить в какой-то мере искусственное ее разделение на отдельные отрезки. С другой стороны, использовать эти простейшие регрессионные уравнения для почв, на которых не проводились эксперименты, нельзя. Такие зависимости “работоспособны” лишь в условиях интерполяции. При этом уже имеет место серия достаточно сложных нелинейных зависимостей K_a от генетически обусловленных свойств почв (частично они опубликованы) [3, 4].

Аргументами в этих зависимостях выступают все те же показатели гранулометрического состава и гумусового состояния (прежде всего группового состава гумуса). Не вызывает сомнения единая природа и физическая сущность K_a и параметров K_i , K_r , τ_c .

Отметим, что K_i и K_r – показатели эродуемости, т.е. с их возрастанием при равенстве всех остальных параметров смыв увеличивается; τ_c – обратный им показатель, с его ростом происходит снижение потерь. Сила влияния этих показателей различна. Компьютерное моделирование позволило объединить их в простое выражение, учитывающее силу их влияния на смыв (σ) и позволяющее выразить эти три показателя одним числом



Зависимость синтетического показателя σ от K_a .

$$\sigma = (K_i + K_r) / (10 + \tau_c). \quad (2)$$

Установлена фактически функциональная зависимость между $K_a(x)$ и $\sigma(y)$, которая описывается уравнением

$$\sigma = ax^b \exp^{cx}, \quad (3)$$

где $a = 2.119$; $b = -3.120$; $c = 2.549$; $R = 0.99 \pm 0.001$.

Имеет место обратная экспоненциальная зависимость (рисунок).

Тесная, почти функциональная связь не случайна, так как уравнение (3) получено в результате следующей процедуры. Вначале был установлен “удельный вес” параметров эродуемости в векторе влияния факторов почвы на интенсивность эрозионных процессов, в результате чего была получена зависимость (2). Установлено, что сила влияния K_i и K_r на величину эрозионных потерь примерно равна и прямо пропорциональна, а τ_c в 10 раз слабее и действует обратно пропорционально. Далее была установлена “точка отсчета” для K_i , K_r , τ_c и соответственно для K_a , что вполне логично было осуществить также с помощью компьютерного моделирования.

В пакете прикладных программ модели WEPP предоставлено довольно большое количество примеров расчетов. В качестве исходных данных для расчетного моделирования по модели WEPP были заданы параметры нашего активного эксперимента моделирования ливневой эрозии: длина линии стока 2.15 м, $\text{tg} \alpha = 0.07$, агрофон – чистый пар. Параметры эрозионной стойкости не изменялись: $K_i = 2000000$, $K_r = 0.008$, $\tau_c = 3.0$ ($\sigma = 1230$). В результате моделирования получилось расчетное значение смыва, которое было почти равно полученному при физическом моделировании при $K_a = 0.15$. Таким образом была получена “точка отсчета”. Было сделано предположение, что с изменением значения K_a пропорционально изменяются значения K_i , K_r и τ_c , затем было проведено моделирование таким же образом, как и при получении “точки отсчета”. Фрагмент этих расчетов приведен в таблице.

Фрагмент сопоставления результатов компьютерного моделирования эрозии с данными ее физического моделирования

Точка	K_j	K_r	τ_c	σ	K_a	Смыв, т/га	
						расчетный	фактический
1	500000	0.02	0.75	93	0.45	6.3	5.9
2	400000	0.0016	0.6	60.4	0.50	5.2	5.5
3	400000	0.0016	0.9	58.3	0.55	5.0	4.7
4	300000	0.001	1.3	29.2	0.75	3.5	3.1
5	360000	0.0014	1.0	45.8	0.70	4.4	4.1
6	700000	0.0025	0.5	166.7	0.30	8.5	9.5
7	2000000	0.008	1.0	1230	0.15	17.7	18.2
8	750000	0.002	0.75	139.5	0.35	7.8	8.3
9	750000	0.002	0.5	142.2	0.35	8.0	8.3

Из данных таблицы рельефно просматривается очень тесная корреляционная связь между экспериментально полученными и расчетными значениями смыва почвы.

Необходимо признать, что просматривается определенная кажущаяся некорректность в наших расчетах, заключающаяся в попытке определить три переменных по значению одной переменной, что, однако, с учетом изложенных выше соображений вполне допустимо. Для получения значений перечисленных показателей необходимо произвести некоторые дополнительные расчеты, суть и последовательность которых рассмотрим на примере.

Допустим, что для целей противоэрозионного обустройства конкретного склона или участка местности необходимо провести компьютерное моделирование стоко-эрозионного процесса с использованием пакета прикладных программ WEPP. Выше представлен порядок работы с этим пакетом, а также освещены его возможности. Здесь более подробно остановимся лишь на получении значений K_i , K_r и τ_c .

Инструментальным или расчетным методом [1, 3, 4] определяется значение K_a для данной почвы склона. Далее, по формуле (3) или с использованием графика, приведенного на рисунке, устанавливается значение показателя. Напомним, что "точка отсчета" по $\sigma_K = 1230$ ($K_a = 0.15$) и, соответственно, $K_i = 2000000$, $K_r = 0.008$, $\tau_c = 3.0$.

Представим, что σ искомой почвы равно 123, т.е. в 10 раз ($n = 10$) меньше по сравнению с σ_K . Уменьшение σ обусловлено пропорциональным уменьшением параметров формулы (2). Причем коэффициент пропорциональности (обозначим его m) одинаков по всем трем параметрам и может быть определен через n по формуле

$$m = [10n / (10 + 3/n^{0.5})]^{0.5}. \quad (4)$$

Для нашего примера

$$m = 1010 / (10 + 3/10^{0.5})^{0.5} \approx 3,$$

т.е. все три параметра эрозионной стойкости модели WEPP уменьшились по сравнению с "точкой отсчета" в 3 раза и соответственно равны: $K_i = 666666$, $K_r = 0.0027$, $\tau_c = 1$.

Теперь, зная значения параметров эрозионной стойкости, можно моделировать стоко-эрозионные процессы на склоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все вышесказанное позволяет допустить возможность положительного ответа на вопрос о применимости модели WEPP в условиях Украины. Конечно, в этом направлении сделаны только первые шаги, и мы ни в коей мере не претендуем на доскональное изложение всех возможностей и особенностей модели. Несомненно, на этом пути встретится много проблем и препятствий, однако, по нашему мнению, необходимо стремиться к их успешному решению и преодолению, так как сделав это, мы получим надежный инструмент, позволяющий прогнозировать эрозионные процессы практически для любой местности. На основе такого прогноза может быть составлен проект противоэрозионных конструкций и с помощью моделирования оценена их эффективность без огромных затрат на создание опытных образцов в каждом регионе и без потери многих лет на проверку их эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин С.Ю. Количественные оценки эрозионной опасности почв // Почвоведение. 1993. № 3. С. 74-79.

2. Булыгин С.Ю., Комарова Т.Д. К оценке влияния механической обработки на почву // Почвоведение. 1990. № 6. С. 135–138.
3. Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. Микроагрегированность как показатель противоэрозионной стойкости почв // Почвоведение. 1991. № 12. С. 98–104.
4. Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. Принципы оценки микроагрегатного состава почвы для целей управления и мониторинга. Деп. Аграрная наука, реф. 1993. № 5. С. 47.
5. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 244 с.
6. Краснов С.Ф., Ларионов Г.А., Петрова В.Н. Лабораторная дождевальная установка: Авт. свид. № 1029909, А. 01С25/00.
7. Кузнецов М.С. Противоэрозионная стойкость почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 135 с.
8. Мирицхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 240 с.
9. Справочник по почвозащитному земледелию / Под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевского. Киев: Урожай, 1990. С. 5–42.
10. Хан К.Ю., Игошин Н.И., Гайворон А.И. О противоэрозионной стойкости некоторых типов почв юга ЕТС // Научно-техн. бюл. (Курск). 1981. № 28. С. 3–7.
11. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев–Одесса, 1981. 224 с.
12. Flanagan D.C., Laflen J.M. The USDA Water Erosion Prediction Project (WEPP) // Proc. of an Intern. Workshop on Soil Erosion, 1993. P. 16–34.
13. Nearing M.A., Foster R.G., Lane L.J., Finkner S.C. A process-based soil erosion model for USDA – Water Erosion Prediction Project Technology // Trans of ASAE. 1989. V. 32(5). P. 1587–1593.
14. Nearing M.A., Norton L.D. Basic principles of soil erosion // Proc. of an Intern. Workshop on Soil Erosion, 1993. P. 60–66.
15. West L.T., Miller W.P. et al. Groping System Effects on Rill and Interrill Erodibility // Proc. of an Intern. Workshop on Soil Erosion. 1993. P. 210–229.
16. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. US Dep. of Agriculture, Agriculture. Handbook № 537. 1978. 26 p.

Primary Verification and Adaptation of the WEPP Model for Ukrainian Conditions: Problems, Possible Solutions, and Perspectives

M. A. Nearing, S. Yu. Bulygin, and M. M. Kotova

The method for determination of soil characteristics that are used in the WEPP (Water Erosion Prediction Project) model on the basis of data on soil aggregation is suggested. The coefficient of soil aggregation is considered as a key parameter for the WEPP. This parameter has already been measured or calculated for most Ukrainian soils, which makes it possible to use the parameter in the model and predict soil erosion on the territory of Ukraine.