

МИЛЕНА МИТОВА, СВЕТЛА РУСЕВА

*Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаргов”, София*

## Оценка на потенциалния риск от плоскостна водна ерозия на почвата на територията на община Крушари

### *Assessment of the Potential Risk of Sheet Water Erosion for the Territory of Krushari Community*

*M. Mitova, S. Rousseva*

*N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria*

#### **Abstract**

Assessment of the potential risk of sheet water erosion using a predictive model is one of the first steps in soil conservation planning. Predicted potential soil erosion risk is assessed using indices characterising the terrain topography, rainfall erosivity and soil erodibility.

The methodology of the Universal Soil Loss Equation, integrated with GIS, was applied for the territory of Krushari community, Dobrich region, in order to assess the soil erosion factors and predicted annual soil loss (risk from sheet water erosion) at a scale M 1: 10 000. The assessments of the soil erosion factors and the risk of sheet water erosion obtained for the territory of Krushari community are compared with respective previous assessments at a scale M 1: 200 000.

**Key words:** USLE, topography factor, rainfall erosivity, soil erodibility, potential erosion risk, sheet water erosion

Ерозията е най-широко разпространеният и интензивен почвено-деградационен процес, при който под действието на вятър, дъждовни или поливни води при протичане на естествени и/или антропогенни процеси настъпва разрушаване на земната повърхност, пренасяне на разрушените материали и отлагането им в повече или по-малко отдалечени от зоната на разрушаването места. Ускоряването на почвено-ерозионните процеси при съвременния начин на земеползване налага все по-широкото прилагане на модели за оценка на факторите и риска от плоскостна водна ерозия. Тази оценка би помогнала правилния избор на подходи за борба с ерозията.

Целта на тази разработката беше да се извърши оценка на ерозионните фактори и

потенциалния риск от плоскостна водна ерозия в М 1 : 10 000 за територията на община Крушари и получените резултати да бъдат сравнени със съответните оценки от географската информационна система в мащаб М 1: 200 000 (Nikolov и др., 2007).

#### **Материал и методи**

Оценките за ерозионните фактори и потенциалния риск от плоскостна водна ерозия на почвата са извършени чрез географска информационна система (ГИС), интегрирана с адаптиран за условията на България модел за прогнозиране на вероятните средногодишни почвени загуби от ерозия. Тази система позволява визуализиране на тематични карти за потенциален и действителен риск от ерозия, които са получени при засичането на

различни картографски единици. За оценка на потенциалния риск от плоскостна водана ерозия е използван прогностичният модел, разработен в САЩ за целите на противоерозионното проектиране (Wischmeier, Smith, 1965; 1978) и е известен като Универсалното уравнение за почвени загуби (USLE):

$$A = R K L S C P, \quad (1)$$

където:  $A$  са прогнозни средногодишни почвени загуби  $t/ha$   $y$ ;  $R$  е индекс за ерозионността на дъждовете  $MJ\ mm/ha\ h$ ;  $K$  е индекс за податливостта на почвата към ерозиране  $t\ ha\ h/MJ\ ha\ mm$ ;  $LS$  е топографски индекс;  $C$  е индекс за почвозащитното действие на растителността;  $P$  е индекс за почвозащитно действие на приложените противоерозионни мерки. Потенциалният риск от ерозия на почвата е оценен чрез прогнозните средногодишни почвени загуби от ерозия, изчислени по уравнение (1) при липса на растителна покривка ( $C = 1$ ) и без противоерозионни мероприятия ( $P = 1$ ).

За оценка на индекса за ерозионност на дъждовете са взети данни за количеството на валежите от НИХМ за седем станции (Добруджански земеделски институт, Силистра, Исперих, Русе, Варна, Плевен и Калиакра) за годишни и месечни стойности (от 1 април до 31 октомври) на броя и количеството на отделен интензивен дъжд ( $> 9,5\ mm/24\ h$ ) за периода 2000 – 2004 година. За изчисляване на индекса за ерозионност на дъждовете чрез стандартна метеорологична информация е приложен адаптираният за условията на България (Русева, 2002) степенен модел, дефиниран от Richardson et al. (1983), изразен чрез формулата:

$$EI_{30} = a P^b, \quad (2)$$

като  $b = 1.81$ , а константата „ $a$ ” се определя отделно за всяко място (Haith et al., 1987).

Окончателните изчисления за  $EI_{30}$  са направени по формулата:

$$EI_{30} = a (n P)^{1.81}, \quad (3)$$

където:  $n$  е средногодишният брой ерозионни дъждове в дадена база;  $P$  е средногодишното количество на отделен ерозионен дъжд в същата база;  $a$  е специфичен за дадено място параметър на степенния модел за оценка на индекса за ерозионността на дъждовете (Русева, 2002). В среда на Arc GIS 10 е получена карта за разпределение на територията

на община Крушари според така изчислените стойности на индекса за ерозионност на дъждовете.

Стойностите на индекса за податливост на почвите към ерозиране ( $K, t\ ha\ h/MJ\ mm$ ) са изчислени чрез номограмата на Wischmeier et al. (1971), представена аналитично чрез формулата:

$$K = 2.77 \cdot 10^{-7} M^{1.14} (12 - a) + 0,043(b - 2) + 0,033 (4 - c), \quad (4)$$

където:  $M = [\% (0,1 - 0,002)] [100 - \% (< 0,002)]$ ;  $a$  е процентното съдържание на органично вещество;  $b$  е кодът на агрегираност на повърхностния почвен слой;  $c$  е класът на хидравлична проводимост на почвения профил. Данните за изчисляването на  $K$  са взети от докладите от едромасщабните почвени проучвания на изследвания обект в  $M\ 1: 10\ 000$ . В среда на Arc GIS 10 е получена карта за разпределение територията на община Крушари според така изчислените стойности на индекса за податливост на почвите към ерозиране.

Съществуват различни емпирични модели за прогнозиране на плоскостна водна ерозия, които дефинират различни индекси за характеризиране на влиянието на топографията на терена чрез топографските характеристики на терена. В нашия случай топографският индекс е изчислен чрез формулата на Мооре et al. (1993):

$$LS = \left(\frac{A}{22} \cdot 13\right)^0 \cdot 4 \left(\frac{\sin \theta}{0} \cdot 0,0896\right)^1 \cdot 3 \quad (5)$$

където:  $A_s$  е специфична площ [ $m^2/m$ ], а степенният показател варира в зависимост от наклона на склона [ $\theta^\circ = \tan^{-1}(s/100)$ ]. В среда на Arc GIS 10 е получена карта за разпределение територията на община Крушари по наклони през 1 градус. Обособени са от  $1^\circ$  до  $18^\circ$  градуса и по-големи от  $18^\circ$  градуса. За всеки наклон е определен и топографският индекс  $LS$ .

## Резултати и обсъждане

### Ерозионност на дъждовете

На територията на общината преобладават площите с ерозионност на дъждовете от 200 до 400  $MJ\ mm/ha\ h$  (около 63%), следвани от площи със ерозионност на дъждовете от 400 до 600  $MJ\ mm/ha\ h$  – 37% (табл. 1). Да-

ните за станция Русе са изключени от оценките поради голямата разлика в стойностите на индекса за ерозионност на дъждовете със средногодишните оценки за периода 1930 – 1980 г. (Русева, 2002). Фигура 1 илюстрира разделянето на територията на изследваната община на две територии с различна стойност на индекса за ерозионност на дъждовете.

Данните в табл. 1 свидетелстват за съществени разлики в оценките на R-фактор за територията на община Крушари, получени в М 1: 10 000 и М 1: 200 000. Това се потвърждава и от среднопретеглените стойности на R-фактор в двата мащаба – 375 MJ mm/ha h в едрия мащаб и 670 MJ mm/ha h в дребния

Таблица 1. Процентно разпределение на територията на община Крушари според индекса за ерозионност на дъждовете (R-фактор)  
Table 1. Percentage distribution of the territory of Krushari municipality according to the rainfall erosivity index (R-factor)

| R- фактор,<br>MJ mm/ha h | Дял, %      |              |
|--------------------------|-------------|--------------|
|                          | М 1: 10 000 | М 1: 200 000 |
| Урбанизирани земи        | 0           | 4.3          |
| >200 <= 400              | 62,8        | 0            |
| > 400 <= 600             | 37,2        | 0            |
| > 600 <= 800             | 0           | 95,7         |

Таблица 2. Процентно разпределение на територията на община Крушари според индекса за податливост на почвата към ерозиране (K-фактор)

Table 2. Percentage distribution of the territory of Krushari municipality according to the soil erodibility index (K-factor)

| K- фактор,<br>t ha h/ha MJ mm | Дял, %      |              |
|-------------------------------|-------------|--------------|
|                               | М 1: 10 000 | М 1: 200 000 |
| Урбанизирани земи             | 0           | 4,3          |
| > 0 <= 0,01                   | 0,24        | 0            |
| > 0,01 <= 0,02                | 0           | 52,3         |
| > 0,02 <= 0,03                | 4,1         | 27,6         |
| > 0,03 <= 0,04                | 34,8        | 15,9         |
| > 0,04 <= 0,05                | 52,5        | 0            |
| > 0,05                        | 8,41        | 0            |

мащаб. Тук трябва да отбележим, че тази разлика до известна степен се дължи и на различните периоди за оценка ерозионността на дъждовете в двата мащаба. Ако се отчетат резултатите от анализа на чувствителност на прогнозните потенциални почвени загуби от ерозия от R-фактор (Митова, Русева, 2014), разликата от около 300 MJ mm/ha h е предпоставка за надценяване на потенциалния риск от ерозия с около 12,9 t/ha у при оценката в дребния мащаб в сравнение с едромащабните оценки.

*Податливост на почвата към ерозиране*  
Почвите със средна до силна и силна по-

Таблица 3. Процентно разпределение на територията на община Крушари според топографския индекс (LS-фактор)  
Table 3. Percentage distribution of the territory of Krushari municipality according to the topography index (LS-factor)

| Наклон [°]        | Дял, %      |              |
|-------------------|-------------|--------------|
|                   | М 1: 10 000 | М 1: 200 000 |
| Урбанизирани земи | 0           | 4,3          |
| > = 1             | 34,06       | 58,5         |
| > = 1 > 2         | 31,26       |              |
| > = 2 > 3         | 9,77        |              |
| > = 3 > 4         | 7,22        | 24,6         |
| > = 4 > 5         | 5,35        |              |
| > = 5 > 6         | 3,75        |              |
| > = 6 > 7         | 2,53        | 9,3          |
| > = 7 > 8         | 1,75        |              |
| > = 8 > 9         | 1,26        |              |
| > = 9 > 10        | 0,94        | 2,3          |
| > = 10 > 11       | 0,69        |              |
| > = 11 > 12       | 0,43        |              |
| > = 12 > 13       | 0,27        | 0,7          |
| > = 13 > 14       | 0,19        |              |
| > = 14 > 15       | 0,21        |              |
| > = 15 > 16       | 0,14        | 0,3          |
| > = 16 > 17       | 0,09        |              |
| > = 17 > 18       | 0,06        |              |
| > 18              | 0,04        |              |

Таблица 4. Процентно разпределение на територията на община Крушари според потенциалния ерозионен риск

Table 4. Percentage distribution of the territory of Krushari municipality according to the potential soil erosion risk

| Потенциален риск, t/ha у | Дял, %      |              |
|--------------------------|-------------|--------------|
|                          | М 1: 10 000 | М 1: 200 000 |
| Урбанизирани земи        | 0,24        | 4,3          |
| > 0 < = 5                | 70,61       | 0            |
| > 5 < = 10               | 29,15       | 46,6         |
| > 10 < = 20              | 0           | 11,9         |
| > 20 < = 40              | 0           | 22,3         |
| > 40 < = 100             | 0           | 14           |
| > 100 < = 200            | 0           | 0,9          |

датливост към ерозиране заемат преобладаващата част (88%) от територията на община Крушари (табл. 2, фиг. 2). Почви с много силна податливост към ерозиране заемат около 8,4% от територията, а тези със слаба и много слаба – едва малко над 4%.

И по отношение оценките на К-фактор за територията на община Крушари, получени в М 1: 10 000 и М 1: 200 000 се установяват съществени разлики (табл. 2). Това се потвърждава и от среднопретеглените стойности на този фактор в двата мащаба – 0,04 t ha h/MJ ha mm в едрия мащаб и 0,02 t ha h/MJ ha mm – в дребния. Предвид резултатите от анализа на чувствителност на прогнозните потенциални почвени загуби от ерозия от К-фактор (Митова, Русева, 2014), разликата от 0,02 t ha h/MJ ha mm е предпоставка за подценяване на потенциалния риск от ерозия с около 12,8 t/ha у при оценката в дребния мащаб в сравнение с едромашабните оценки.

#### Топография

Данните за разпределението на наклоните на територията на община Крушари показват (табл. 3, фиг. 3), че най-голям дял имат земите с наклон до 1° (34% от цялата територия), следван от дела на земите с наклон от 1° до 2° (31%), земите с наклон от 3° до 6° (16,3%) и земите от 2° до 3° (10%). Земите с наклон от 6° до 9° заемат 5,5%, от 9° до 12° – 2,1%, от

12° до 18° – около 1% и над 18° – едва 0,04% от територията на община Крушари.

Различният подход за характеризирание на разпределението по наклони на територията на община Крушари – през 1° в мащаб М 1: 10 000 и в групи по 3° в мащаб М 1: 200 000 (табл. 3) водят до разлика в стойностите на среднопретегления наклон на територията – съответно 2,3° и 3° и на среднопретеглените стойности на LS-фактор – съответно 0,486 и 0,823. Предвид резултатите от анализа на чувствителност на прогнозните потенциални почвени загуби от ерозия от LS-фактор (Митова, Русева, 2014), разликата от 0,337 е предпоставка за надценяване на потенциалния риск от ерозия с около 15,9 t/ha у при оценката в дребния мащаб в сравнение с едромашабните оценки.

Предвид резултатите от анализа на чувствителност на прогнозните потенциални почвени загуби от ерозия от факторите, които ги определят (Митова, Русева, 2014), обсъдените разлики в оценките на ерозионните фактори в двата сравнявани мащаба би трябвало да доведат средно сумарно до надценяване на потенциалния риск от ерозия с около 16 t/ha у (12,9 – 12,8 + 15,9 = 16) при оценката му в дребния мащаб в сравнение с едромашабните оценки.

#### Потенциален ерозионен риск

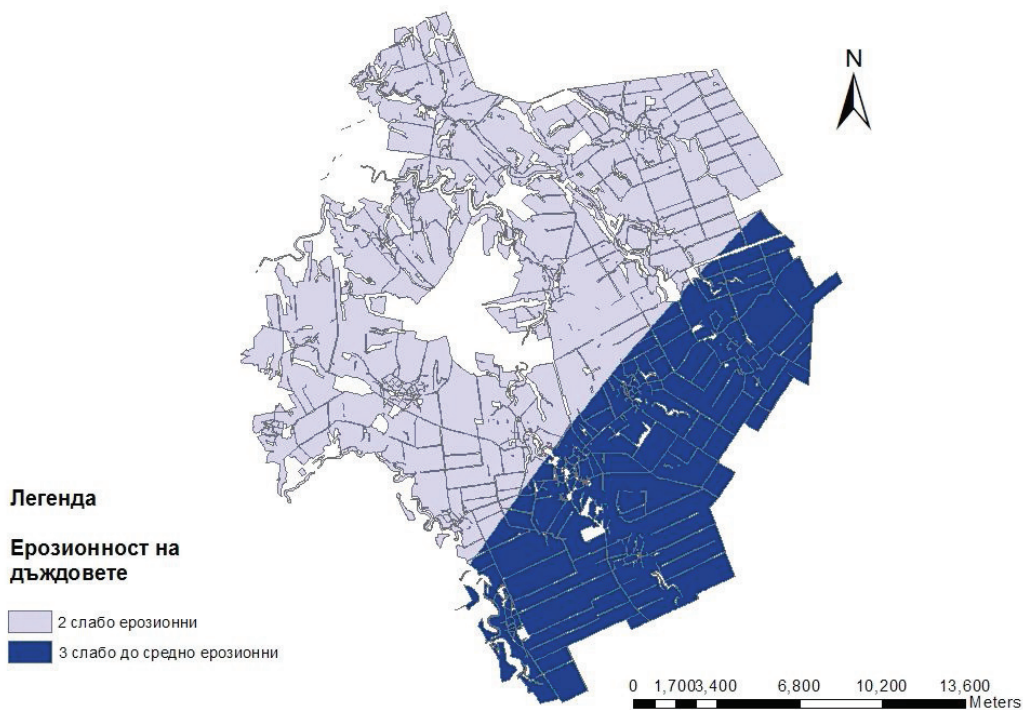
От засичането на получените карти на ерозионните фактори (индекс за ерозионността на дъждовете, фактор за податливостта на почвите към ерозиране и топографския индекс) се получава резултатната карта на потенциалния риск от плоскостна водна ерозия, която показва, че в границите на общината се наблюдават два класа потенциален ерозионен риск (фиг. 4).

Данните за разпределението на територията на община Крушари по потенциален риск от плоскостна водна ерозия показват (табл. 4), че преобладават земите с потенциален риск от 0 до 5 t/ha у (около 80%). Останалите 20% от територията са заети от земи с потенциален риск от 5 до 10 t/ha у.

Данните в табл. 4 отразяват сумарното влияние върху потенциалния ерозионен риск на обсъдените по-горе разлики в оценките на ерозионните фактори в двата сравнява-

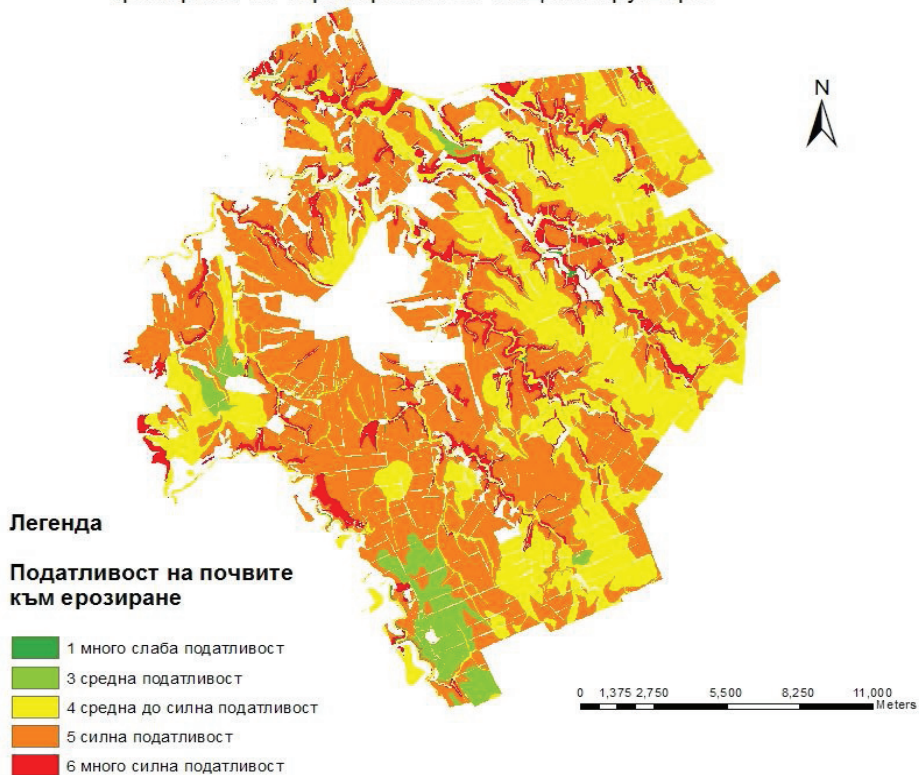


Карта за ерозионността на дъждовете  
за територията на община Крушари



Фиг. 1. Карта за ерозионността на дъждовете (R-фактор) за територията на община Крушари  
Fig. 1. Map of rainfall erosivity (R-factor) for the territory of Krushari community

Карта за податливостта на почвите към  
ерозирание за територията на община Крушари

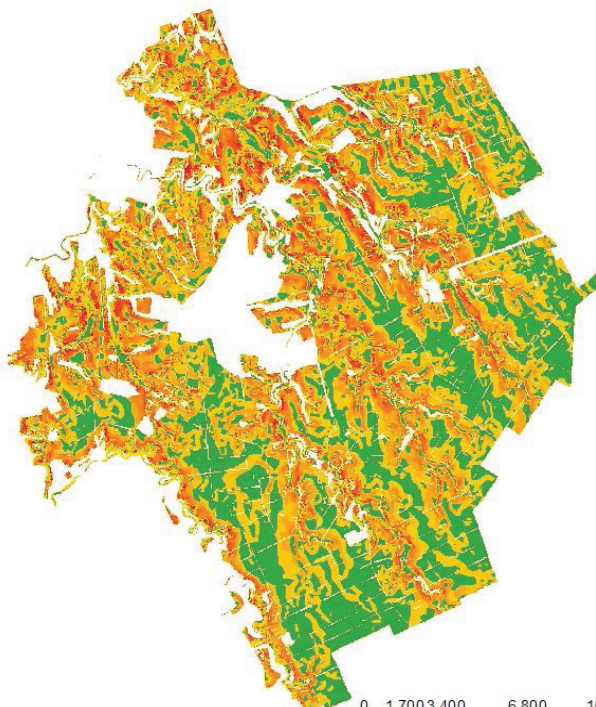


Фиг. 2. Карта на класовете на податливост на почвата към ерозирание (K-фактор) на територията на община Крушари  
Fig. 2. Map of soil erodibility (K-factor) for the territory of Krushari community

Карта за разпределение на площите по наклони за територията на община Крушари

Легенда

Наклон на склона през един градус

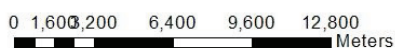
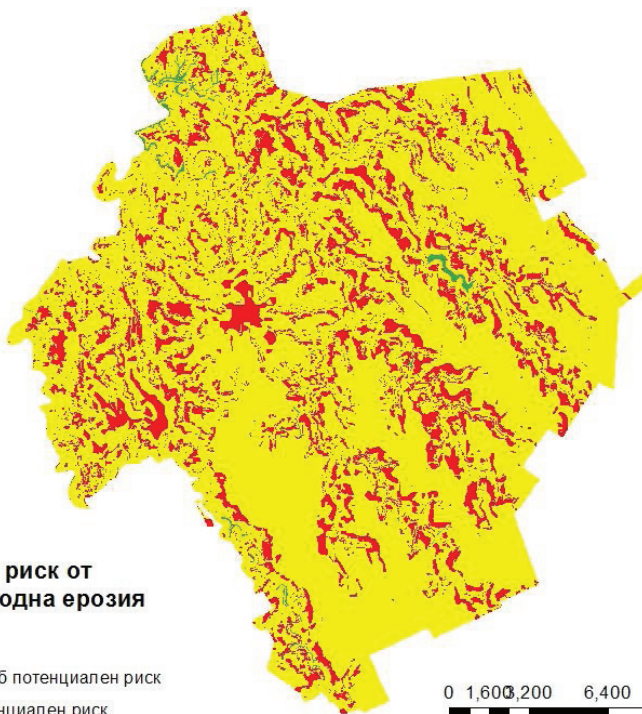
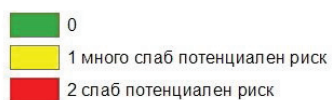


Фиг. 3. Карта на наклоните за територията на община Крушари  
 Fig. 3. Map of slope gradients for the territory of Krushari community

Карта на потенциалния риск от плоскостна водна ерозия за територията на община Крушари

Легенда

Потенциален риск от плоскостна водна ерозия



Фиг. 4. Карта на потенциалния риск от плоскостна водна ерозия за територията на община Крушари  
 Fig. 4. Map of the potential soil erosion risk for the territory of Krushari community

ни мащаба и потвърждават изводите за надценяване на потенциалния риск от ерозия с около 16 t/ha у при оценката в дребния мащаб в сравнение с едромашабните оценки. Среднопотеглените стойности на прогноз-

ните средногодишни почвени загуби от ерозия, изчислени от разпределенията в табл. 4, са съответно 4 t/ha у в едрия мащаб и 23,1 t/ha у в дребния, т. е. разликата между оценките в двата мащаба е 19,1 t/ha у.

### Изводи

На територията на община Крушари преобладават площите с ерозионност на дъждовете от 200 до 400 MJ mm/ha h (около 63%), податливост на почвите към ерозиране от 0,03 до 0,05 t ha h/MJ ha mm (около 88%) и терени с наклон до 2° (65%). При такава характеристика на ерозионните фактори на територията на общината преобладават земите с потенциален ерозионен риск от 0 до 5 t/ha у (около 80%), а останалите 20% са с потенциален риск от 5 до 10 t/ha у.

Установено е, че при характерните топографски, климатични и почвени условия на територията на община Крушари, област Добрич, оценките в мащаб М 1: 200 000 надценяват влиянието на климатичния и топографския фактор и подценяват влиянието на почвения фактор в сравнение с оценките в М 1: 10 000, което сумарно води до надценяване на потенциалния риск от ерозия с около 16 t/ha у при оценката му в дребния мащаб в сравнение с едромашабната оценка.

Получените резултати са поредно доказателство за необходимостта от прецизиране на методиката за оценка на ерозионните фактори и риск от ерозия на почвата за целите на противоерозионното проектиране в едър мащаб.

### Литература

**Митова, М., Русева, С.** 2014. Анализ на чувствителността на прогнозните почвени загуби от ерозия от факторите, които ги определят. *Почвозна-ние агрохимия и екология*, **48** (1): 26-30

**Русева, С. С.** 2002. Информационна основа на географска база данни за площната водна ерозия. Хабилитационен труд. ИП „Н. Пушкаргов“, София, 147 с.

**Moore, I. D., Turner, A. K., Wilson, J. P., Jenson, S. K., Band, L. E.** 1993. GIS and lan-surface-subsurface modeling. In: M. F. R. Goodchild, B. O. Parks

and L. T. Steyaert (Eds.) *Environmental Modeling with GIS*. p. 196-230

**Nikolov, I., Rouseva, S., Stefanova, V.** 2007. Consultancy Company on specifying and improving the water erosion assessment model. Project 00043507 „Capacity Building for Sustainable Land Management in Bulgaria” Contact No 2006-072-POG. Report [http://www.unccd-slm.org/files/1-Water\\_erosion\\_model\\_EN.pdf](http://www.unccd-slm.org/files/1-Water_erosion_model_EN.pdf)

**Wischmeier, W. H., D. D. Smith.** 1978. Predicting rainfall-erosion losses – A guide to conservation planning. *Agricultural Handbook*, No 537.