

УДК 631.6.02

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СКЛОНОВ НА ЭРОЗИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВ

М.В. Долганова

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

Дана оценка влияния морфометрических показателей склонов на эрозионную устойчивость пахотных земель и обоснована необходимость их учета при разработке и внедрении фитомелиоративных мероприятий на склоновых землях.

**Ключевые слова:** эрозия почв, эрозионная устойчивость почв, почвозащитная эффективность культур, элементы рельефа.

Развитие эрозионных процессов в любом регионе неразрывно связано с земледелием, т. е. с хозяйственной деятельностью людей. Естественные факторы развития эрозии в полной мере могут проявляться только на фоне этой деятельности.

Однако было бы неправильно думать, что хозяйственная деятельность людей может только способствовать развитию эрозионных процессов. Направленным агротехническим воздействием на почву, регулированием растительного покрова, правильной противоэрозионной организацией территории люди могут приостановить эрозию и значительно повысить плодородие эродированных земель. Таким образом, хозяйственная деятельность людей может и должна быть направлена на организацию защиты почв от эрозии. Она является основным фактором прекращения действия эрозионных процессов.

Российскими и зарубежными учеными обоснованы многие теоретические и практические положения почвозащитного земледелия. Однако и до настоящего времени возникают трудности в решении практических вопросов на самом ответственном этапе – проектировании противоэрозионных мероприятий, и в целом почвозащитных систем земледелия. Наиболее успешно решить проблему защиты почв от эрозии можно только путем комплексного учета совокупного влияния на почвенный покров природных и антропогенных факторов [5, 7].

Необходима количественная характеристика гидрометеорологического, геоморфологического, почвенного, агротехнического факторов применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Характерной особенностью геоморфологического фактора является относительное его постоянство. Длина, крутизна, формы и экспозиция склонов изменяются только в пространстве и остаются неизменными для каждого элементарного склона.

Интегральным и комплексным геоэкологическим показателем устойчивости земель в условиях эрозии является эрозионная устойчивость, от которой в прямой зависимости находится устойчивость агроландшафтов и под которой понимается способность участков земной поверхности противостоять силовому воздействию поверхностных водных потоков и дождевых капель. Эрозионная устойчивость отражает противодействие почв и горных пород в зависимости от комплекса конкретных условий: интенсивности стока, крутизны, экспозиции склонов и др., всегда зависима от сопротивления почв размыву и является величиной безразмерной [1, 2].

Для случая пахотных земель эрозионная устойчивость в пределах некоторой точки  $x$  элементарного водосбора в условиях плоскостной эрозии определяется критериальным выражением, которое имеет вид [1]:

$$P_x = \frac{R_x}{\rho g h S_y \sin^m \alpha}, \quad (1)$$

где  $R_x$  – сопротивление почвы размыву в пределах точки  $x$ , Н;  $g$  – ускорения свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $\rho$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $h$  – среднегодовой слой активного поверхностного

стока, м;  $\alpha$  – крутизна склона в пределах данной точки, град;  $S_y$  – условная расчетная площадь водосбора выше точки  $x$ , м<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент, учитывающий влияние экспозиции склона.

Значение условной расчетной площади водосбора  $S_y$  может быть найдено по формуле

$$S_y = kL^{0,4},$$

где  $k$  – коэффициент размерности;  $L$  – длина прямой линии активного стока, м.

Как видно, функция рельефа в модели эрозионной устойчивости включает такие элементы как крутизна поверхности, условная площадь водосбора, форма профиля и экспозиция склонов. Ведущим среди них является крутизна поверхности.

Пороговая величина данного показателя, при которой начинается эрозия, может быть весьма различной, что зависит от ряда других сопутствующих факторов. Вычисленные Е.В. Хориной средние для хозяйств Брянской области значения пороговой крутизны варьируют от 0,8 до 2°. Многими исследователями в качестве «порогового» значения крутизны, при котором возможен смыв почв, принята величина 1°. В Брянской области склоны свыше 1° составляют около 30 % площади пашни [8].

Физический смысл критерия  $P_x$  заключается в том, что он отражает соотношение двух сил: силы сопротивления почв размыву и расчетной силы водного потока, которая определяет его эродирующую способность. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что явная эрозия отсутствует, если значение критерия больше 0,3. Данная величина является самым низким пределом, при котором почвообразовательный процесс еще может компенсировать действие смыва [1–3].

В табл. 1 приведены расчетные данные эрозионной устойчивости и среднегодового смыва дерново-подзолистых почв, преобладающих в почвенном покрове Брянской области, в зависимости от крутизны поверхности. Расчет выполнен по средневзвешенным значениям сопротивления размыву дерново-подзолистых почв  $P_x = 18$  Н, среднегодового слоя поверхностного стока 100 мм и полного горизонтального расчленения 0,9 км/км<sup>2</sup>.

Таблица 1

Эрозионная устойчивость и среднегодовой смыв почвы в условиях чистого пара, в зависимости от крутизны поверхности

Крутизна поверхности, град	Эрозионная устойчивость	Смыв почвы, т/га
1	0,47	0,7
2	0,19	2,8
3	0,12	6,7
4	0,07	16,9
5	0,05	28,8
6	0,04	41,9
7	0,03	68,5

Уже при крутизне 1,5° эрозионная устойчивость пашни становится ниже критической величины (0,3), а среднегодовой смыв почвы составляет около 1,5 т/га. При более низкой устойчивости почвообразовательный процесс не в состоянии компенсировать эрозионные потери, и происходит деградация почвенного покрова. Таким образом, в среднем многолетнем разрезе со всей площади пашни области выносятся более 4 млн. т ценнейших компонентов гумусового горизонта почв.

В табл. 2 представлен расчет эрозионной устойчивости склоновых земель, произведенный на случай «чистого пара»  $P_{хн}$  и под культурами, с использованием показателя почвозащитной эффективности  $K$  в зависимости от длины линии активного стока  $L$  и крутизны  $\alpha$ :

$$P_{хк} = KP_{хн} \quad (2)$$

Анализ данных, представленных в табл. 2, показал, что показатель эрозионной устойчивости земель под сельскохозяйственными культурами  $P_{хк}$  изменяется с крутизной  $\alpha$  и длиной прямой линии активного стока  $L$ , уменьшаясь с увеличением указанных величин.

Таблица 2

Изменение величины эрозионной устойчивости под сельскохозяйственными культурами в зависимости от  $L$  и  $\alpha$

Культура (почва)	$\alpha$ , град	$R_n$ , Н	$K$	$P_{хн}$	$P_{хк}$
Озимая пшеница (серая лесная легкосуглинистая)	2	25	5,5	<u>0,39</u>	<u>2,14</u>
	4			0,25	1,37
	8			<u>0,15</u> 0,10	<u>0,82</u> 0,55
Озимая пшеница (дерново-подзолистая песчаная)	2	16	5,5	<u>0,25</u>	<u>1,37</u>
	4			0,16	0,88
	8			<u>0,09</u> 0,06	<u>0,49</u> 0,33
Овес (серая лесная легкосуглинистая)	2	20	3,0	<u>0,31</u>	<u>0,93</u>
	4			0,20	0,60
	8			<u>0,12</u> 0,08	<u>0,36</u> 0,24
Овес (дерново-подзолистая песчаная)	2	12	3,0	<u>0,19</u>	<u>0,57</u>
	4			0,12	0,36
	8			<u>0,07</u> 0,05	<u>0,21</u> 0,15
Картофель (серая лесная легкосуглинистая)	2	24	1,2	<u>0,38</u>	<u>0,45</u>
	4			0,24	0,28
	8			<u>0,14</u> 0,10	<u>0,16</u> 0,12
Картофель (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	2	18	1,2	<u>0,28</u>	<u>0,33</u>
	4			0,18	0,21
	8			<u>0,11</u> 0,07	<u>0,13</u> 0,08
Кукуруза (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	2	22	2,3	<u>0,34</u>	<u>0,78</u>
	4			0,22	0,50
	8			<u>0,12</u> 0,10	<u>0,27</u> 0,23
	8			<u>0,03</u> 0,02	<u>0,06</u> 0,04
				<u>0,05</u> 0,03	<u>1,00</u> 0,60

Окончание табл. 2

Клевер (дерново-подзолистая супесчаная)	2	10	20,0	<u>0,15</u>	<u>3,00</u>
				0,10	2,00
	4			<u>0,06</u>	<u>1,20</u>
		0,04	0,80		
	8	<u>0,02</u>	<u>0,40</u>		
		0,01	0,20		

Примечание: числитель – при  $L=100$  м; знаменатель – при  $L=300$  м).

Морфология рельефа склоновых водосборов, изменяя параметры стоков [7], также вносит свою лепту в изменение величины эрозионной устойчивости под культурами (табл. 3), что свидетельствует о необходимости учета данного элемента рельефа при оптимизации эрозионной устойчивости склоновых земель.

Таблица 3

Изменение величины эрозионной устойчивости под сельскохозяйственными культурами в зависимости от профиля склона  $\psi$  (при  $\alpha = 4^\circ$ ,  $L = 250$  м)

$\psi$	<u>1,00</u> 1,00	<u>1,03</u> 0,95	<u>1,05</u> 0,90	<u>1,10</u> 0,85	<u>1,15</u> 0,80	<u>1,20</u> 0,75	<u>1,25</u> 0,70	<u>1,30</u> 0,65	<u>1,40</u> 0,60
Культуры									
Озимые зерновые	<u>0,66</u> 0,66	<u>0,67</u> 0,62	<u>0,69</u> 0,59	<u>0,72</u> 0,56	<u>0,75</u> 0,52	<u>0,79</u> 0,49	<u>0,82</u> 0,46	<u>0,85</u> 0,42	<u>0,92</u> 0,39
Яровые зерновые	<u>0,40</u> 0,40	<u>0,41</u> 0,38	<u>0,42</u> 0,36	<u>0,44</u> 0,34	<u>0,46</u> 0,32	<u>0,48</u> 0,30	<u>0,50</u> 0,28	<u>0,52</u> 0,26	<u>0,56</u> 0,24
Высокостебельные пропашные	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,26</u> 0,23	<u>0,27</u> 0,21	<u>0,28</u> 0,19	<u>0,31</u> 0,18	<u>0,32</u> 0,17	<u>0,33</u> 0,17	<u>0,34</u> 0,16	<u>0,35</u> 0,15
Низкостебельные пропашные	<u>0,12</u> 0,12	<u>0,13</u> 0,11	<u>0,13</u> 0,10	<u>0,13</u> 0,10	<u>0,14</u> 0,09	<u>0,14</u> 0,09	<u>0,15</u> 0,08	<u>0,15</u> 0,08	<u>0,16</u> 0,07
Многолетние травы	<u>2,00</u> 2,00	<u>2,05</u> 1,90	<u>2,10</u> 1,80	<u>2,20</u> 1,72	<u>2,30</u> 1,60	<u>2,40</u> 1,50	<u>2,50</u> 1,40	<u>2,60</u> 1,30	<u>2,80</u> 1,20

Примечание: числитель – выпуклый профиль; знаменатель – вогнутый профиль.

Таким образом, эрозионная устойчивость склоновых земель может быть повышена за счет увеличения сопротивления почв размыву включением в севооборот эффективных в противозерозионном отношении сельскохозяйственных культур.

О величине смыва за годовой период на склонах разной эрозионной устойчивости, как в условиях нарушенного сложения, так и под культурами, можно судить по данным табл. 4.

Таблица 4

Расчетные значения среднегодового смыва почвы  $A$  с учетом показателя почвозащитной эффективности культурной растительности  $K$  (при  $H = 0,12$ ;  $\alpha = 3^\circ$ ;  $L = 200$  м)

Культура (почва)	$A_k$ , т/га
Озимая пшеница (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	0,4
Озимая пшеница (серая лесная легкосуглинистая)	0,3
Овес (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	2,3
Овес (серая лесная легкосуглинистая)	1,0
Картофель (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	3,0
Картофель (серая лесная легкосуглинистая)	5,5
Клевер (дерново-подзолистая легкосуглинистая)	0,1

Исследования показали, что сельскохозяйственные культуры по-разному предохраняют почву от смыва. Среднегодовой смыв почвы в условиях чистого пара (при оценке эрозионной устойчивости склона произведенной по среднему значению  $P$ , где значения всех исходных величин являются средневзвешенными по склону) составляет при средней крутизне  $3^\circ$  и длине линии стока 200 м – 10 т/га.

При указанных морфометрических условиях среднегодовой смыв почвы под сельскохозяйственными культурами в среднем составляет: 0,10 т/га под посевами клевера; 0,40 т/га – озимые зерновые; 2,30 т/га – овес; 5,45 т/га – картофель [4–6].

Таким образом, при рациональной структуре посевных площадей, с учетом показателей сопротивления размыву почв нарушенной и ненарушенной структур, эрозионной устойчивости склонов, можно в значительной степени стабилизировать агроландшафты и на этой основе обеспечить высокую продуктивность агроценозов.

### **Список литературы**

1. Бастраков, Г.В. Эрозионная устойчивость рельефа и противоэрозионная защита земель / Г.В. Бастраков. – Брянск: Изд-во БГПУ, 1994. – 260 с.
2. Демихов, В.Т. Эрозионные свойства почв Брянской области / В.Т. Демихов, М.В. Долганова, Е.В. Хорина, Д.И. Чучин. – Брянск: ООО «Новый проект», 2015. – 184 с.
3. Долганова, М.В. Вклад Бастракова Г.В. в решение проблемы рационального землеустройства и землепользования в условиях эрозии почв / М.В. Долганова, В.Т. Демихов, Д.И. Чучин // Вестник Брянского государственного университета. – 2015. – № 2. – С. 396-398.
4. Долганова, М.В. Обоснование фитомелиоративных мероприятий при оптимизации эрозионной устойчивости склоновых земель / М.В. Долганова // Вестник Брянского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 132 – 134.
5. Долганова, М.В. Повышение эрозионной устойчивости почв агроландшафтов Брянской области фитомелиоративными мероприятиями / М.В. Долганова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/11.pdf>.
6. Долганова, М.В. Почвозащитная противоэрозионная способность культурной и естественной травянистой растительности: дис. ... канд. биолог. наук / М.В. Долганова. – Брянск, 2005. – 230 с.
7. Литвин, Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л.Ф. Литвин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 225 с.
8. Хорина, Е. В. Эрозионная устойчивость пахотных земель Брянской области: дис. ... канд. географ. наук / Е.В. Хорина. – Воронеж, ВГУ. 2013. – 124 с.

### **Об авторе**

Долганова Марина Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского, [dolganova0801@yandex.ru](mailto:dolganova0801@yandex.ru).

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF SLOPES ON EROSION RESISTANCE OF SOILS

Dolganova M.V.

Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University

In article the assessment of influence of morphometric indicators of slopes on erosive stability of arable lands is given and proved need of their account at development and deployment of phytomeliorative actions on slope lands.

**Keywords:** *erosion of soils, erosive stability of soils, soil-protective efficiency of cultures, relief elements.*

### References

1. Bastrakov G.V. *Eroziionnaya ustoychivost relefa i protiveroziionnaya zashchita zemel* [Erosion resistance of the relief and protection of land]. Bryansk, BGPU, 1994. 260 p.
2. Demikhov V.T., Dolganova M.V., Khorina E.V., Chuchin D.I. *Eroziionnye svoystva pochv Bryanskoy oblasti* [Erosive properties of soils of the Bryansk region]. Brjansk, OOO Novyy proekt, 2015. 184 p.
3. Dolganova M.V., Demikhov V.T., Chuchin D.I. Vklad Bastrakova G.V. v reshenie problemy ratsionalnogo zemleustroystva i zemlepolzovaniya v usloviyakh erozii pochv, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No.2, pp. 396-398.
4. Dolganova, M.V. Obosnovanie fitomeliorativnykh meropriyatiy pri optimizatsii eroziionnoy ustoychivosti sklonovykh zemel, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, No.4, pp. 132 – 134.
5. Dolganova M.V. Povyshenie eroziionnoy ustoychivosti pochv agrolandshaftov Bryanskoy oblasti fitomeliorativnymi meropriyatiyami, *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU)*, 2016. No.1, available at: <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/11.pdf>.
6. Dolganova M.V. Pochvozashchitnaya protiveroziionnaya sposobnost kulturnoy i estestvennoy travyanistoy rastitelnosti. Cand. Diss. (Biology). Brjansk. 2005. 230 p.
7. Litvin L.F. *Geografiya erozii pochv selskokhozyaystvennykh zemel Rossii* [The geography of soil erosion on agricultural lands of Russia]. Moscow, IKC Akademkniga, 2002. 225 p.
8. Khorina E.V. Eroziionnaya ustoychivost pakhotnykh zemel Bryanskoy oblasti. Cand. Diss. (Geography). Voronezh. 2013. 124 p.

### Author' information

Marina V. Dolganova – Candidate of biological Sciences, Associate Professor, Department of geography, ecology and land management of natural-geographical faculty at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University, [dolganova0801@yandex.ru](mailto:dolganova0801@yandex.ru).