

УДК 631.6

**Р. Хужакулов**

канд. техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Экология и защита  
окружающей среды»,  
Каршинский инженерно-экономический  
институт,  
г. Карши, Узбекистан

**С.С. Эшев**

канд. техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Эксплуатация  
гидротехнических сооружений  
и насосных станций»,  
Каршинский инженерно-экономический  
институт,  
г. Карши, Узбекистан

**У.Р. Хужакулов**

магистрант,  
Каршинский инженерно-экономический  
институт,  
г. Карши, Узбекистан

## ЭРОДИРОВАННОСТЬ ПОЧВ И ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ

**Аннотация.** В статье рассмотрено взаимодействие водного потока и почвенного слоя, в результате которого наблюдается смыв почвы. Во избежание этого явления и, следовательно, в целях сбережения водных ресурсов, по мнению авторов, необходимо изучить донную скорость потока и водно-физические свойства почв. В статье также приводятся: значение донных скоростей на границе подвижки мелкозема по сечению борозды и нормативные нагрузки воздействия потока воды на сечение борозды и соответствующей ей нормативный смыв почвы на уклонах 0,01-0,1 (для предгорной зоны Кашкадарьинской области).

**Ключевые слова:** смыв почвы, донная скорость, силы сцепления, эрозия, нанос.

**R. Hujakulov, Karshi Engineering-Economic Institute, Karshi, Uzbekistan**

**S.S. Eshev, Karshi Engineering-Economic Institute, Karshi, Uzbekistan**

**U.R. Hujakulov, Karshi Engineering-Economic Institute, Karshi, Uzbekistan**

### SOIL ERODIBILITY AND WATER SAVING

**Abstract.** The article is devoted to interaction of water flow and soil layer, in the result of which is observed washing off the soil. To avoid of this phenomenon and with the purpose of saving water resources, on the author's opinion, it is necessary to learn the velocity of flow and water – physical properties of soil. It is brought the meaning of these velocities on the boundary of motion of small soil in the section of furrow and normal loading of influence water flow on the furrow section and suitable to its standard water washing off on the slopes 0,01-0,1 (for mountain – nous zone of Kashkadarya region).

**Keywords:** soil erosion, bottom speed, soil particles, erosion, applied.

Практика показывает, что смыв почвы объясняется взаимодействием потока и почвенного слоя на границе их контакта, следовательно, необходимо изучить донную скорость потока и водно-физические свойства почв. Воспользуемся для этого трансформированной зависимостью донной скорости через физико-технические свойства почв, принятую в окончательном виде (1) (Камбаров, 1994).

$$V_{\Delta PW} = 1,55 \times \sqrt{\frac{g \times m_1 \times m_2}{\gamma \times n^1}} \times \left[ \left( 1 - \frac{P}{100} \right) \right] \times d_w \times (\gamma_{n.c.} - \gamma_0) \times (1 - tg\alpha) + 1,25 \times K \times l \times C_w, \quad (1)$$

где  $m_1$  – характеризует воздействие корневых систем в образце (пропашные, покровные культуры) почвы диаметром менее 1 мм, колеблется от 1 до 20;

$m_2$  – зависит от содержания наносов в воде, от 0,95 до 1,4;

$\gamma_{n.c.} \gamma_0$  – удельные массы почвы и жидкой фазы, т/м<sup>3</sup>;

$n^1$  – турбулентность потока, выраженная через 2,3;

$dw$  – диаметр водопрочных агрегатов, мм;

$P$  – порозность почвенных агрегатов, %;

$K$  – коэффициент однородности почвенных частиц для определения силы сцепления почвенных частиц;

$l$  – коэффициент зависимости силы сцепления почвенных частиц от массы почвы 0,002-0,04;

$\alpha$  – угол наклона борозды,  $tg\alpha$  – угол,  $(l-l)$  – имеет значение коэффициента влияния уклона;

$C_w$  – нормативно усталостная прочность сил сцепления почвенных частиц на приборе.

Для почв предгорья они приведены от влажности почв в таблице 1.

$$C_w = A \times \left[ \frac{H \times \frac{V_n}{V_g}}{H_p + A' \times H} \right]; \quad H = A_H \times W^{an}, \quad (2)$$

где  $C_w$  – сила сцепления почвенных частиц, т/м<sup>2</sup>;

$H_p$  – глубина размыва на дне борозды, м;

$W$  – живое сечение, м<sup>2</sup>;

$A_H, an$  – соответственно, для легких суглинков – 1,82 и 0,6;

$A_c B a_c$  – соответственно, 0,66 и 1,25; 0,07 и 1,3; 0,076 и 1,45;

$A^1$  – 2,2; 2,0 и 1,6 (легкие, средние, тяжелые суглинки);

ППВ – предельно-полевая влагоемкость почвы.

При отсутствии данных по силам сцепления почвенных частиц, их значение можно получить по обобщенной взаимосвязи с использованием замеров донной и поверхностной скоростей, глубины воды в борозде и глубины размыва на дне борозды, установленную путем микроинвентаризации, согласно зависимости (2).

Таблица 1 – Значение донных скоростей на границе подвижки мелкозема по сечению борозды (начало смыва почвы) в диапазоне уклонов 0,01-0,1 в модельном лотке (для предгорной зоны Кашкадарьи)

| Обозначение почвенных образцов | Районы    | Почвенные условия                                                         | Донные скорости, м/с |
|--------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1                              | Шахрисабз | Целинный темный серозем, тяжелосуглинистый                                | 0,0385-0,0384        |
| 2                              | Китаб     | Орошаемый 25 лет темный серозем, среднесуглинистый                        | 0,0288-0,0286        |
| 3                              | Мираки    | Новоорошаемый типичный серозем в зоне темных сероземов, среднесуглинистый | 0,0279-0,0277        |
| 4                              | Мираки    | Богарный типичный серозем, тяжелосуглинистый                              | 0,0275-0,0273        |
| 5                              | Яккабаг   | Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый                         | 0,0267-0,0265        |
| 6                              | Яккабаг   | Целинный типичный серозем, среднесуглинистый                              | 0,0260-0,0259        |
| 7                              | Камаши    | Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый                         | 0,0265-0,0262        |
| 8                              | Яккабаг   | Староорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый                        | 0,0257-0,0255        |

|    |            |                                                                         |                |
|----|------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 9  | Камаши     | Богарный типичный серозем, среднесуглинистый                            | 0,0222-0,0220  |
| 10 | Чиракчи    | Новоорошаемый типичный серозем, среднесуглинистый, сильно эродированный | 0,0173-0,0172  |
| 11 | Яккабаг    | Типичный серозем, среднесуглинистый, после планировки земель            | 0,0184-0,0182  |
| 12 | Касан      | Новоорошаемый светлый серозем, супесчаный на галечнике                  | 0,0231-0,0228  |
| 13 | Касан      | Орошаемый 3-1 год, светлый серозем, легкосуглинистый                    | 0,0181-0,0179  |
| 14 | Касан      | Орошаемый 5 лет светлый серозем, легкосуглинистый                       | 0,0251-0,0249  |
| 15 | Мубарек    | Орошаемые 20 лет, серобурые, каменистые                                 | 0,0219-0,0214  |
| 16 | Нишан      | Новоорошаемые, серо-буро-сероземные, загипсованные, легкосуглинистые    | 0,0279-0,00271 |
| 17 | Дехканабад | Новоорошаемый светлый серозем, легкосуглинистый                         | 0,0149-0,0147  |
| 18 | Мубарак    | Новоорошаемые, серо-бурые, среднесуглинистые                            | 0,0454-0,0452  |

Переход от донных к средним и поверхностным скоростям осуществляется через зависимости (3)

$$\frac{V_{cp}}{V_n} = A_v \left( \frac{q}{V_l} \right)^{-av}; \frac{Y_{nc} V_g}{V_{cp}} = \left( Y_{nc} \cdot \frac{0,7 dw}{R} \right)^l, \quad (3)$$

где  $R$  – гидравлический радиус, м; расход в л/с.

Величина для диаметра водопрочных агрегатов; для легких суглинков 0,06...0,091 мм – 0,026...0,82; для супеси – от 0,07 до 0,82; для средних суглинков при диаметре – 0,04...0,058 мм от 0,058 до 0,17; для тяжелых суглинков при 0,022...0,039 мм от 0,041 до 0,058. Значения  $A_v$  и  $av$  даны в таблице 2.

В эрозионном лотке установлены зависимости живого сечения, смоченного периметра, гидравлического радиуса от расхода и уклона борозды (4):

$$W = B \frac{q^{B_1}}{i^{B_2}}; S = C \cdot \frac{q^{C_1}}{i^{C_2}}; R = \frac{w}{s}; V_{cp} = \frac{q}{w}, \quad (4)$$

где  $W$  – живое сечение, м<sup>2</sup>;

$S$  – смоченный периметр, м;

$R$  – гидравлический радиус, м;

$V_{cp}$  – средняя скорость воды, м/с.

Предварительно можно вычислить давление потока воды на 1 п.м. длины борозды в секунду при различных скоростях потока и расхода воды.

$$F_o = \xi \times l \times \gamma_{n.c.} \times V_g \times \left( \frac{1}{R \times \Delta} \right)^{0,5} \times i. \quad (5)$$

Допустимые нагрузки для легкосуглинистых почв, как давление на борозду в секунду, – 0,024-0,041 кг/м·с, а при содержании гипса выше 50%, повышается за счет сцепления почвенных частиц, – 0,044-0,08; для среднесуглинистых – 0,11-0,26; для тяжелосуглинистых почв в горных условиях (Китабский район) – 0,18-0,33 кг/м·с. В этом значении стойкость почвы после планировки снижает допустимую нормативную нагрузку в 1,2 раза, на легкосуглинистых и в 1,1 раза на среднесуглинистых почвах. Величины нормативной нагрузки ориентируют на предельное состояние почв (табл. 2), выше которых начинается общий процесс подвижки мелкозема, т.е. смыв почвы, сигнализирующий о начале развития эрозии. Темные сероземы имеют

более высокие нагрузки и самую наименьшую сопротивляемость имеют серо-буро-каменистые почвы. По механическому составу более устойчивы тяжелосуглинистые и самые наименее устойчивые легкосуглинистые после планировки земель.

В таблице 2 приведены обобщенные показатели этих нагрузок и нормативные величины смыва почв по данным исследований на юге Узбекистана, которые в дальнейшем используются при планировании элементов техники полива на староорошаемых (реконструированных) и новоорошаемых землях.

Таблица 2 – Нормативная нагрузка воздействия потока воды на сечение борозды соответствующей ей нормативный смыв почвы на уклонах 0,01-0,1 по условиям допустимости их влияния на плодородие почв склоновых земель

| Освоенность земель | Районы    | Тип почвы и районы их распространения | Расходы на границе смыва почв, л/с | Допустимая нагрузка, кг/м с | Допустимый смыв почв, т/га год |
|--------------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Новоосвоенные      | Шахрисабз | Темные сероземы                       | 0,31/0,054                         | 0,182/0,330                 | до 5                           |
|                    | Яккабаг   | Типичные сероземы                     | 0,094/0,014                        | 0,112/0,205                 | до 3                           |
|                    | Касан     | Светлые сероземы                      | 0,093/0,010                        | 0,024/0,041                 | до 2                           |
|                    | Нишан     | Серо-буро-сероземные                  | 0,128/0,013                        | 0,044/0,080                 | до 1,5                         |
| Орошаемые          | Шахрисабз | Темные сероземы                       | 0,23/0,04                          | 0,14/0,41                   | до 6,5                         |
|                    | Яккабаг   | Типичные сероземы                     | 0,06/0,011                         | 0,029/0,050                 | до 4,5                         |
|                    | Киракчи   | Светлые сероземы                      | 0,073/0,013                        | 0,056/0,100                 | до 3                           |
|                    | Нишан     | Серо-буро-сероземные                  | 0,075/0,007                        | 0,034/0,062                 | до 1,5                         |

Примечание: числитель – для уклона 0,01; знаменатель – для 0,1

Таблица 3 – Значение параметров  $Av$  и  $av$

| Объекты орошения           | Механический состав | $Av$  | $av$  |
|----------------------------|---------------------|-------|-------|
| Новоосвоенные              | Легкие суглинки     | 0,43  | 0,052 |
|                            | Средние суглинки    | 0,31  | 0,082 |
|                            | Тяжелые суглинки    | 0,027 | 0,112 |
| Орошаемые                  | Легкие суглинки     | 0,42  | 0,051 |
|                            | Средние суглинки    | 0,30  | 0,079 |
|                            | Тяжелые суглинки    | 0,24  | 0,108 |
| Орошаемые, каменистые      | Легкие суглинки     | 0,23  | 0,049 |
|                            | Средние суглинки    | 0,24  | 0,048 |
|                            | Тяжелые суглинки    | 0,25  | 0,047 |
| Оструктуренные с полимером | Легкие суглинки     | 0,67  | 0,046 |
|                            | Средние суглинки    | 0,68  | 0,044 |
|                            | Тяжелые суглинки    | 0,69  | 0,042 |

$$n = A^1 n \cdot \Delta^{\alpha^1} + A^{11} \cdot e^{-\alpha^2 \cdot V_{cp}}, \quad (6)$$

где  $\alpha^1$  и  $\alpha^2$  – средневзвешенный диаметр по мехсоставу и микроагрегатному составу почвы, мм. Коэффициент Шези определяется по Павловскому для случая  $R < 0,1$  м (6)

$$C = \frac{1}{n} R^{1,7n}. \quad (7)$$

Определение значения коэффициентов  $\beta$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  в зависимости (8) даны в виде таблицы 4.

$$\varpi = B \cdot \frac{qP_1}{i\beta_2}; \chi = c \cdot \frac{qc_1}{ic_2}; R = \frac{\varpi}{\chi}; V_{cp} = q/\varpi. \quad (8)$$

Таблица 4 – Значение коэффициентов в зависимости (8)

| Мехсостав почвы  | $\beta$                 | $\beta_1$          | $\beta_2$           | $C$                 | $C_1$               | $C_2$                |
|------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Легкие суглинки  | <u>0,0020</u><br>0,0022 | <u>0,4</u><br>0,3  | <u>0,2</u><br>0,15  | <u>0,08</u><br>0,09 | <u>0,18</u><br>0,14 | <u>0,09</u><br>0,08  |
| Средние суглинки | <u>0,0021</u><br>0,0024 | <u>0,6</u><br>0,45 | <u>0,3</u><br>0,23  | <u>0,04</u><br>0,05 | <u>0,20</u><br>0,15 | <u>0,10</u><br>0,075 |
| Тяжелые суглинки | <u>0,0023</u><br>0,0026 | <u>0,7</u><br>0,6  | <u>0,35</u><br>0,30 | <u>0,03</u><br>0,03 | <u>0,22</u><br>0,17 | <u>0,11</u><br>0,085 |

Методически при выборе расхода в борозду при поливе мутной водой и при отсутствии смыва почв, устанавливая расходы на границе подвижки мелкозема, кольматация почв наносами осуществляется определением длины пути кольматации по борозде с помощью наблюдений на поле.

$$\rho = A\rho \times \left[ 1 - \left( \frac{lx}{Dm^{\theta}} \right)^{ax} \right] \times (Vcp \times R \times i)^{\beta_1} \times \left( \frac{Y \times R \times i}{Q} - 1 \right), \quad (9)$$

где  $\rho$  – объем кольматирующих наносов, т/м<sup>3</sup> га;

$lx$  – длина пути кольматации, м;

$M$  – норма полива, нетто, м<sup>3</sup>/га;

$ax$  – степень влияния длины склона на общее перемещение потока, насыщенного наносами;

$\theta$  и  $D$  – параметры, определяемые из графика добега струи;

$Q_n$  – гидравлическая крупность наносов;

$Q_k$  – средневзвешенная по Н.А. Гостунскому –  $\frac{Q_n + Q_k}{3}$ ;

остальные гидравлические обозначения в зависимости известны. Значения  $\theta$  и  $D$  даны в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Параметры для определения  $\theta$  и  $D$  к зависимости добега струи и определения длины пути кольматации

| Почва                                                    | $A$ и $\theta$        | $AD$                  | $\alpha^1$            | $\alpha^2$              |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Темные сероземы, тяжелосуглинистые                       | <u>0,431</u><br>0,183 | <u>1,29</u><br>0,262  | <u>0,178</u><br>0,058 | <u>0,235</u><br>0,076   |
| Типичные сероземы, среднесуглинистые                     | <u>0,197</u><br>0,332 | <u>7,40</u><br>3,25   | <u>0,136</u><br>0,101 | <u>0,159</u><br>0,061   |
| Светлые сероземы, легкосуглинистые                       | <u>0,359</u><br>0,620 | <u>17,71</u><br>12,48 | <u>0,064</u><br>0,301 | <u>0,470</u><br>0,034   |
| Серо-буро-каменистые, среднесуглинистые                  | <u>0,258</u><br>0,162 | <u>1,58</u><br>27,25  | <u>0,156</u><br>0,134 | <u>0,030</u><br>0,318   |
| Серо-буро сероземные заглинизированные, легкосуглинистые | <u>0,022</u><br>0,103 | <u>126,7</u><br>74,9  | <u>0,559</u><br>0,133 | $\theta$ и $D$<br>0,252 |

Примечание: числитель – структурные почвы (после люцерны); знаменатель – малоструктурные почвы.

При расчете длины пути кольматации наносов по борозде коэффициент  $A\rho$  – среднее значение, соответственно, принимается для ранее перечисленных типов в таблице 6 – 1,20; 1,42; 0,38; 1,11. На орошаемую площадь этих почв поступают наносы гидравлической крупности, соответственно:  $10^{-4} \cdot 5,2$ ;  $10^{-4} \cdot 6,5$ ;  $10^{-4} \cdot 9,8$ ;  $10^{-4} \cdot 7,6$ ;  $10^{-4} \cdot 8,9$ . Длина пути кольматации при

расходах на границе подвижки мелкозема гораздо меньше, чем длина борозды, поэтому это мероприятие на всю удлиненную часть борозды лучше проводить на поливах севооборотных культур в дополнение к повышению плодородия почв за счет этих культур.

Таблица 6 – Гидравлическая характеристика бороздовой струи при кольматировании наносов на почвах, оструктуренных севооборотами

| $I$                 | $Q, \text{л/с}$ | $W, \text{м}^2$ | $S, \text{м}$ | $R, \text{м}$ | $V, \text{м/с}$ | $\alpha x$ | $\beta^2$ | $D$  | $\theta$ | $Q, \text{м}^3/\text{га}$ | $\rho, \text{м}^3/\text{га}$ | $A\rho, \text{м}$ | $Lx, \text{м}$ |
|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|------------|-----------|------|----------|---------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| Темные сероземы     |                 |                 |               |               |                 |            |           |      |          |                           |                              |                   |                |
| 0,10                | 0,13            | 0,00199         | 0,0265        | 0,0751        | 0,065           | 0,95       | 0,5       | 0,80 | 0,65     | $10^{*}5,2$               | 1,12                         | 51                | 20;46;60*)     |
| 0,07                | 0,18            | 0,00232         | 0,0284        | 0,0817        | 0,077           |            |           | 0,86 | 0,69     |                           |                              |                   | 39;61;60       |
| 0,04                | 0,28            | 0,00287         | 0,0310        | 0,0925        | 0,097           |            |           | 0,96 | 0,77     |                           |                              |                   | 59;99;132      |
| 0,01                | 0,95            | 0,00511         | 0,0411        | 0,1240        | 0,0186          |            |           | 1,27 | 0,98     |                           |                              |                   | 124;235;344    |
| Типичные сероземы   |                 |                 |               |               |                 |            |           |      |          |                           |                              |                   |                |
| 0,10                | 0,10            | 0,00145         | 0,0420        | 0,0345        | 0,069           | 0,80       | 0,5       | 1,13 | 0,57     | $10^{*}6,5$               | 3,34                         | 805               | 32;47;60       |
| 0,07                | 0,13            | 0,00176         | 0,0450        | 0,0391        | 0,074           |            |           | 1,35 | 0,58     |                           |                              |                   | 39;59;75       |
| 0,04                | 0,19            | 0,00238         | 0,0490        | 0,0479        | 0,079           |            |           | 1,68 | 0,61     |                           |                              |                   | 55;86;109      |
| 0,01                | 0,51            | 0,00512         | 0,0640        | 0,0800        | 0,079           |            |           | 2,65 | 0,67     |                           |                              |                   | 80;127;168     |
| Светлые сероземы    |                 |                 |               |               |                 |            |           |      |          |                           |                              |                   |                |
| 0,10                | 0,07            | 0,00105         | 0,0232        | 0,0452        | 0,067           | 0,77       | 0,5       | 2,79 | 0,52     | $10^{*}9,4$               | 4,52                         | 316               | 48;70;80       |
| 0,07                | 0,10            | 0,00145         | 0,0254        | 0,0571        | 0,069           |            |           | 3,43 | 0,53     |                           |                              |                   | 56;29;110      |
| 0,04                | 0,15            | 0,00210         | 0,0282        | 0,0744        | 0,071           |            |           | 4,30 | 0,54     |                           |                              |                   | 59;64;104      |
| 0,01                | 0,48            | 0,00522         | 0,0365        | 0,1430        | 0,092           |            |           | 8,50 | 0,58     |                           |                              |                   | 29;43;55       |
| Сери-бурые сероземы |                 |                 |               |               |                 |            |           |      |          |                           |                              |                   |                |
| 0,10                | 0,07            | 0,00105         | 0,0232        | 0,0452        | 0,067           | 0,75       | 0,5       | 13,0 | 0,10     | $10^{*}7,6$               | 2,70                         | 1169              | 37;41;45       |
| 0,07                | 0,10            | 0,00145         | 0,0254        | 0,0571        | 0,069           |            |           | 15,5 | 0,21     |                           |                              |                   | 52;60;65       |

Примечание: \*) – 1-ая цифра длины пути кольматажа, – 2-ая цифра – длина борозды, – 3-ая цифра добега струи за пределами длины борозды

Таким образом, можно сделать вывод о том, что смыв почвы наблюдается в результате взаимодействия водного потока и почвенного слоя. Во избежание этого явления, и, следовательно, в целях сбережения водных ресурсов, по мнению авторов, необходимо изучить донную скорость потока и водно-физические свойства почв. Кроме того, в данной работе приводятся значения донных скоростей на границе подвижки мелкозема по сечению борозды и нормативные нагрузки воздействия потока воды на сечение борозды и соответствующей ей нормативный смыв почвы на уклонах 0,01-0,1 (для предгорной зоны Кашкадарьинской области).

#### Список литературы:

1. Отчёт о НИР №К-02-22 на тему «Разработка современной технологии экономного и эффективного использования воды при орошении земель в условиях маловодья Кашкадарьи» (заключительный). Карши, 2003. 187 с.