

ЭРОЗИЯ ПОЧВ

УДК 631.4→632.125

М. С. КУЗНЕЦОВ

О ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ТЕХНИКЕ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА
ХЛОПЧАТНИКА В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Предложен строго количественный подход к установлению допускаемого по условно неразмываемости почв расхода поливной струи в борозду. В статье приведены значения этого важнейшего элемента техники бороздкового полива для почв с разными противоэрозионными свойствами Каршинской степи 2-ой очереди освоения в зависимости от уклона поливных борозд.

Ирригационная эрозия — опасный и разрушительный вид эрозии почв. Размыв каналов, смыв наиболее плодородного верхнего слоя почв, уменьшение площади пашни при росте оврагов наносят громадный ущерб сельскому хозяйству орошаемых районов.

Степень проявления ирригационной эрозии при бороздковом поливе зависит от выбора элементов техники полива и соблюдения их. Условия неразмываемости почвы в поливной борозде определяет верхний предел возможной величины расхода воды в борозду. Для некоторых почв допустимые расходы при разных уклонах установлены экспериментально, однако даже для почв, близких по своим свойствам, рекомендации разных авторов весьма различны.

Расчет допускаемого расхода воды проводится разными методами. Некоторые авторы используют для этого эмпирические уравнения, связывающие расходы с уклоном и допускаемой нормой смыва [6].

Другие исследователи предлагают проводить расчет по зависимостям, связывающим расход воды в поливные борозды с уклоном и эмпирическими коэффициентами противоэрозионной стойкости [8, 17], третьи пользуются формулами гидравлики, включающими допускаемую скорость движения воды ($V_{\text{доп}}$) и коэффициент шероховатости русла [5, 16]. Последний метод представляется более перспективным, так как он непосредственно вытекает из самого механизма эрозии почв.

По мнению Костякова [7], величина «допустимой по условию эрозии почв» скорости лежит в пределах 0,10—0,20 м/сек. Можно было бы ожидать, что для сероземов, обладающих низкой водопрочностью макропористости [18], следует принять нижний предел 0,10 м/сек. Однако, по мнению некоторых авторов, размыв борозд на сероземах начинается при скорости движения, равной 0,20 м/сек [5, 14]. Мирзажанов и Майлибаев [15] также считают, что «предельная скорость в борозде» не должна превышать 0,20—0,25 м/сек. Кривовяз [цит. по 13] отмечает, что в потоках малой глубины (1—3 см) допускаемые скорости должны быть меньше 0,10 м/сек. Хамдамов и Бердикулов [19] наблюдали смыв в поливных бороздах при скоростях 0,04—0,17 м/сек. Бердикулов [2] предложил считать «критической скоростью размыва» в условиях бесструктурных пылевато-глинистых типичных сероземов — скорость 0,04 м/сек. Различия в

Смыв почвы с верхних 50-метровых участков поливных борозд за 6 поливов

Почва	Вариант	Уклон	Расход воды, л/сек	Смыв, т/га	Донная скорость в головной части борозды, см/сек
Светлый серозем легкосуглинистый	Сухие борозды	0,01	0,40	29,2	12,1
			0,20	28,7	9,0
			0,15	2,6	4,8
	0,005	0,10	0,9	2,5	
		0,75	45,4	11,0	
		0,50	19,1	8,5	
Светлый серозем средне-суглинистый	Сухие борозды	0,006	0,30	2,3	3,7
			0,50	30,2	10,6
			0,30	8,0	6,5
	Увлажненные борозды	0,006	0,20	2,0	2,8
			0,50	3,0	6,0
			0,30	1,8	3,4
Типичный серозем средне-суглинистый	Сухие борозды	0,04	0,20	2,0	2,5
			0,05	10,0	11,1
			0,03	1,2	4,1
	Увлажненные борозды	0,04	0,10	15,8	15,7
			0,05	1,6	5,2
			0,03	0,2	3,1

рекомендуемых максимальных скоростях движения воды в поливной борозде (в допускаемых скоростях), по нашему мнению, объясняются различным толкованием этого понятия и субъективностью метода их определения.

Допускаемый расход воды в поливные борозды удобно было бы рассчитывать на размывающую скорость (V_p) в головной части борозды, так как она имеет определенный физический смысл: при меньших скоростях потока с увеличением скорости движения воды интенсивность смыва возрастает с постоянным или уменьшающимся ускорением, при больших — с увеличивающимся [9]. Однако в производственных условиях трудно поддерживать строго заданную скорость потока, поэтому целесообразно рассчитывать допускаемый расход на скорость, несколько меньшую размывающей, чтобы иметь некоторый запас. По мнению Мирцхулавы [16], смыв практически прекращается, когда скорость потока равна 0,8 размывающей скорости, следовательно

$$V_{\text{дон}} = 0,8 V_p. \quad (1)$$

Интересно все же конкретно установить величину смыва при допускаемой скорости потока, чтобы сравнить ее с допускаемой нормой смыва почв. Поскольку зона смытых почв наблюдается лишь в верхних частях борозд и далее сменяется зоной отсутствия смыва и зоной аккумуляции, необходимо установить длину участка, на котором следует фиксировать величину смыва. Она должна быть не более половины наименьшей длины борозды, рекомендуемой для данной территории, чтобы перемещение почвы с верхней половины борозды на нижнюю прослеживалось достаточно четко. Наименьшая длина борозды, рекомендуемая для почв Каршинской степи, составляет 100 м [20], поэтому можно считать длину этого участка равной 50 м.

Для определения величины выноса почвы при разных скоростях движения воды в поливных бороздах были проведены полевые опыты в колхозе «Путь к коммунизму» Камашинского района Кашкадарьинской обл. на светлом сероземе легко- и среднесуглинистом и в колхозе «Коммунизм» Янгиюльского района Ташкентской обл. на типичном среднесуглинистом сероземе. В 50-метровых створах устраивали порожки, на кото-

рых брали пробы на мутность через 5, 15 и 30 мин, 1 час и далее через каждые 2 час после добегания воды до створа. Расход воды фиксировали по водосливу, глубину потока и живое сечение — с помощью металлической линейки, размер выступов шероховатости — шпитценмасштабом. Донную скорость потока рассчитывали по логарифмической зависимости Гончарова [3].

Из данных таблицы видно, что при поливе по бороздам максимальной донной скоростью, при которой величина смыва еще не превышает допускаемой нормы, составляющей для сероземов 2,0—2,5 т/га·год [1, 21], является скорость потока 4,1 см/сек в случае сухих борозд и 5,2 см/сек в случае предварительно увлажненных малыми расходами воды. Если учесть, что донные размывающие скорости для этих вариантов опыта составляют соответственно 4,3 и 7,7 см/сек [11], можно считать равенство (1) в общем справедливым.

В результате обследования территории Каршинской степи 2-ой очереди освоения установлено, что для почв в воздушно-сухом исходном состоянии различия в донных допускаемых скоростях невелики, и для всей территории может быть принято одно значение — 3,5 см/сек. По величине донной допускаемой скорости потока для предварительно увлажненных почв исследуемую территорию разделили на два района с донными допускаемыми скоростями 6,3 и 4,2 см/сек соответственно для тяжело- и среднесуглинистых почв, супесчаных и легкосуглинистых.

Для расчета допускаемого по условию неразмываемости расхода воды для сухих поливных борозд воспользуемся формулой Шеши:

$$H = \frac{V^2}{C^2 I},$$

где

$$C = \frac{H^{1,5} V \bar{n}}{n}; \quad V = \frac{V \Delta}{0,98 \left(\frac{\Delta}{H}\right)^{1/6}} \quad \text{при } \frac{H}{\Delta} > 40. \quad [3]$$

Тогда

$$H = \frac{V \Delta^2 H^{1/3} n^2}{0,98^2 \Delta^{1/3} H^3 V \bar{n} I} = \frac{V \Delta^2 H^{0,33-3} V \bar{n} n^2}{0,96 \Delta^{1/3} I};$$

$$H^{0,67+3} V \bar{n} = \frac{V \Delta^2 n^2}{0,96 \Delta^{1/3} I}; \quad H = \left(\frac{V \Delta^2 n^2 1,04}{\Delta^{0,33} I} \right)^{\frac{1}{0,67+3}}$$

Далее поставляем значения $V \Delta_{\text{доп}} = 3,5 \cdot 10^{-2}$ м/сек, $\Delta = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м и, подставляя для каждого значения уклона (I) разные значения коэффициента шероховатости (n), выбираем такое, чтобы получившееся значение глубины потока (H) давало бы при данной $V \Delta_{\text{доп}}$ такое значение допускаемой средней скорости ($V_{\text{доп}}$), которое соответствует именно этому значению n по графику на рис. 1 [10].

Получив для каждого уклона соответствующее значение глубины потока, воспользуемся далее эмпирической зависимостью для нахождения площади живого сечения

$$\omega = 3,0 H^{1,66} \quad [10]$$

Затем, рассчитав $V_{\text{доп}} = \frac{V \Delta_{\text{доп}}}{0,98 \left(\frac{\Delta}{H}\right)^{1/6}}$, получим допускаемый расход

при данном уклоне:

$$q_{\text{доп}} = V_{\text{доп}} \omega.$$

При расчете его для предварительно увлажненных борозд подставим значения $V \Delta_{\text{доп}} = 6,3 \cdot 10^{-2}$ м/сек, $\Delta = 3,9 \cdot 10^{-4}$ м/сек для среднесугли-

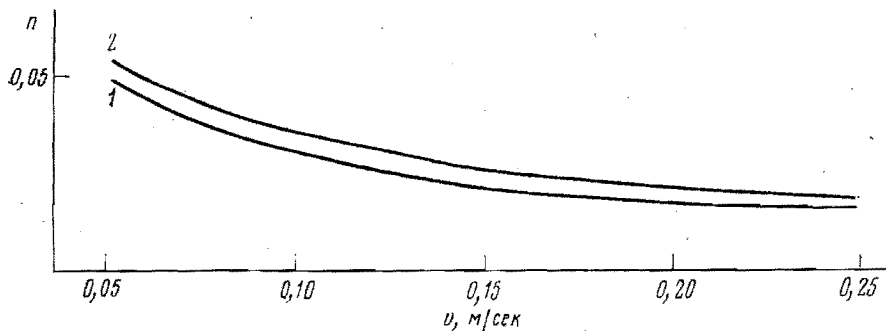


Рис. 1. Зависимость коэффициента шероховатости (n) от средней скорости потока (V) и величины выступов геометрической шероховатости (Δ)
 1 — при $\Delta < 0,35$ мм, 2 — при $0,35 < \Delta < 0,50$ мм

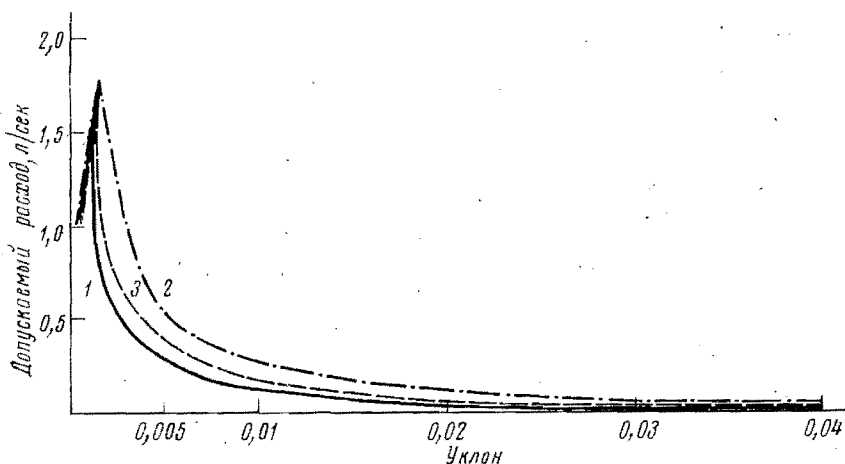


Рис. 2. Допускаемый по условию неразмываемости и непереполняемости борозд расход воды в зависимости от их уклона, механического состава и исходной влажности почвы

1 — воздушно-сухая почва, 2 — предварительно увлажненные тяжело- и среднесуглинистые почвы, 3 — то же, легкосуглинистые и супесчаные почвы

нистых и более тяжелых почв и $V \Delta_{\text{доп}} = 0,042$ м/сек, $\Delta = 2,0 \cdot 10^{-4}$ м для супесчаных и легкосуглинистых почв. В связи с увеличением высоты выступов шероховатости в результате предварительного увлажнения борозд могут возникнуть случаи, когда $\frac{H}{\Delta} < 40$. Тогда следует пользоваться зависимостями

$$V = \frac{V \Delta}{1,25 \left(\frac{\Delta}{H}\right)^{1/4}} \quad \text{и} \quad H = \left(\frac{V \Delta^2 n^2}{1,5 \Delta^{0,5} I}\right)^{\frac{1}{0,5+3 V n}}$$

При малых уклонах рекомендуется проверять допускаемый расход по условию непереливаемости борозд, л/сек:

$$q_0 = 1,28 \sqrt{I h^2}, \quad [8]$$

где I — уклон борозды; h — допускаемая глубина воды в борозде, рассчитанная на наполнение только выемки борозды и зависящая также от точности планировки поверхности, см:

$$h = 0,6 H - 2\Delta',$$

где H — глубина борозды от поверхности гребня до дна, см; Δ' — точ-

ность планировки поверхности поля (см), показывающая, какое возможно отклонение фактической отметки поверхности от проектной (в среднем $\Delta' = \pm 3$ см). Условия пропускной способности борозды ограничивают допустимый расход при уклонах 0,001—0,002.

Допускаемые расходы воды, полученные расчетным методом (рис. 2), хорошо согласуются с экспериментальными данными (таблица).

Полученные допускаемые по условию неразмываемости и перереливаемости борозд расходы воды оказались для легко и среднесуглинистых почв Каршинской степи 2-ой очереди освоения значительно ниже рекомендуемых для этой территории Челюкановым и др. [20]. В то же время для тяжелосуглинистых почв эти различия сглаживаются.

Допускаемые по условию неразмываемости почв расходы воды в борозду весьма малы, поэтому применение современных методов полива по длинным бороздам должно сочетаться с обязательным проведением мероприятий по борьбе с ирригационной эрозией.

Одним из них является уменьшение скорости воды в бороздах при уменьшении их уклона путем нарезки скошенных и контурных борозд. На хорошо спланированных склонах оптимальный уклон борозд составляет 0,002, на более сложных склонах во избежание прорыва борозд его следует увеличить до 0,005—0,002, на склонах со сложным мезорельефом — до 0,01—0,005 [6]. Полученные результаты (рис. 2) позволяют подобрать допустимый расход воды при этих уклонах.

Некоторые мероприятия по борьбе с ирригационной эрозией направлены на повышение донной допускаемой скорости, среди них предварительная замочка верхней части поливных борозд малыми расходами воды. Наиболее резкое увеличение противозерозионной стойкости наблюдается сразу же после предварительного увлажнения, поэтому интервал в несколько часов между замочкой и основным поливом можно считать достаточным. Предварительное увлажнение поливных борозд малыми расходами воды приводит к повышению донных допускаемых скоростей движения воды и увеличению выступов геометрической шероховатости соответственно до 6,3 см/сек и 0,38 мм на средне- и тяжелосуглинистой почвах, до 3,9 см/сек и 0,15 мм на супесчаных и легкосуглинистых. В результате этого повышаются допускаемые расходы: на тяжелых почвах в среднем в 1,7 раза, а на легких — в 1,2 раза (рис. 2).

Одним из новых методов повышения противозерозионной стойкости почв является обработка поливных борозд перед поливом растворами полимеров-структурообразователей с целью создания на поверхности почвы водопрочной пленки [12]. Опыт работы на типичном сероземе в Ташкентской обл. свидетельствует о том, что внесение гидролизованного полиакрилонитрила (К-4) в оптимальной дозе 20 кг/га увеличивает донную допускаемую скорость с 4,6 см/сек до 16,3 см/сек, а величину выступов геометрической шероховатости с 0,25 до 4,0 мм. В результате допускаемый расход воды на разных уклонах увеличивается в 5,9 раз [12].

Правильное применение указанных приемов борьбы с ирригационной эрозией позволяет использовать на территории Каршинской степи 2-ой очереди освоения передовые способы полива по бороздам и избежать в то же время угрозы смыва почв.

Литература

1. Бельгибаев М. Е., Долгилевич М. И. О предельно допустимой величине эрозии почв. Тр. ВНИИАЛМИ, вып. 1 (61). Волгоград, 1970.
2. Бердикулов И. Ирригационная эрозия в связи с элементами техники бороздкового полива хлопчатника в условиях Самаркандской обл. Тез. докл. Среднеазиатской научн. конф. по вопросам мелиор. земель и борьбы с эрозией почв. Ташкент, 1974.
3. Гончаров В. Н. Основы динамики русловых процессов. Л., Гидрометеоздат, 1954.
4. Гусак В. Б., Махсудов Х. М. Ирригационная эрозия на типичном сероземе и вопросы борьбы с нею. Тр. Ин-та почвоведения МСХ УзССР, вып. 3, Ташкент, 1963.

5. *Жарова К. А.* Техника полива по бороздам на больших уклонах Чуйской долины. Фрунзе, 1961.
6. *Камбаров Б. Ф.* Совершенствование техники бороздкового полива с учетом защиты почв от ирригационной эрозии в условиях больших уклонов и сложных рельефов. Автореф. дис. Ташкент, 1972.
7. *Костяков А. Н.* Основы мелиорации. Сельхозиздат, 1951.
8. *Кривовяз С. М.* Механизация и районирование техники полива. Ташкент, 1966.
9. *Кузнецов М. С.* К вопросу о методике исследования эродированности почв. В сб.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 3. Изд. МГУ, 1973.
10. *Кузнецов М. С., Григорьев В. Я.* Особенности гидравлики потока в поливной борозде. В сб.: Основные проблемы охраны почв. Изд. МГУ, 1973.
11. *Кузнецов М. С., Григорьев В. Я.* Об оценке противозерозионной стойкости почв второй очереди освоения Каршинской степи. Научн. докл. Высшей школы. Биол. науки, 1976, № 7.
12. *Кузнецов М. С., Григорьев В. Я., Паганяс К. П., Саатов Р.* Применение полимера К-4 для повышения противозерозионной стойкости почвы в поливной борозде. Научн. докл. Высшей школы. Биол. науки, 1976, № 1.
13. *Лактаев Н. Т.* Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработки результатов и обоснование этих указаний. Ташкент, 1965.
14. *Махсудов Х. М.* Ирригационная эрозия на типичном сероземе и принципы борьбы с ней. Автореф. дис. Ташкент, 1963.
15. *Мирзаяннов К., Майлибаев С.* Эрозия почв и меры борьбы с ней. Тез. докл. Среднеазиатской научн. конф. по вопросам мелиор. земель и борьбы с эрозией почв. Ташкент, 1974.
16. *Мирзахулава Ц. Е.* Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. «Колос», 1970.
17. *Петросян А. А., Саноян В. Г.* Методика гидравлического расчета элементов техники бороздного полива с учетом борьбы с ирригационной эрозией. Тр. ВНИИГиМ, вып. 1. М., 1972.
18. *Умаров М. У.* Физические свойства почв районов нового и перспективного орошения УзССР. Ташкент, 1974.
19. *Хамдамов Х. Х., Бердикулов И.* Техника полива и ирригационная эрозия почв. Гидротехника и мелиорация, 1971, № 11.
20. *Челюканов М. Д., Безбородов Г. А., Ташев Х. Т.* Изучение потерь воды и техники полива хлопчатника в Каршинской степи. Тр. САНИИРИ, вып. 135. Ташкент, 1972.
21. *Шикунда Н. К., Рожков А. Г., Трегубов П. С.* Картирование территории по интенсивности эрозионных процессов. Тр. X Междунар. конгр. почвов., т. XI. М., 1974.

Факультет почвоведения МГУ

Дата поступления
20.XII.1976 г.

M. S. KUZNETZOV

ON ANTIEROSION TECHNIQUE USED IN FURROW IRRIGATION OF COTTON IN KARSHINSK STEPPE

A strict quantitative approach has been suggested for the establishment of a permissible, not allowing soil outwash, discharge of irrigation water into furrow. Values of this most important element of the furrow irrigation technique are given for soils with different resistance to erosion depending on the gradient of irrigation furrows.