

ЭРОЗИЯ ПОЧВ

УДК 631.459

ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ НА ПРЕДГОРНЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ

Э. К. Мирзакеев, Ф. Е. Козыбаева, Т. М. Шарыпова, Г.А. Сапаров

*Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У. У. Успанова
050060, Алматы, пр-т аль-Фараби 75в, Казахстан*

На основании исследований особенностей почвенного покрова, рельефа, характера проявления ирригационной эрозии разработаны почвозащитные мероприятия для орошаемых эродированных предгорных темно-каштановых почв в условиях овощного севооборота. Предложены теоретические расчеты выбора оптимальных элементов почвозащитной технологии полива, включающие поливы допускаемыми (по условию неразмываемости почв) скоростями и расходами воды в поливные борозды.

ВВЕДЕНИЕ

При орошении предгорных эродированных темно-каштановых почв важным и необходимым условием является разработка противозэрозионной технологии полива.

Под противозэрозионной технологией следует понимать оптимальное сочетание элементов техники полива овощных культур. Оптимизация их сочетаний проводится на основе соблюдения неразмываемости почвы, когда донная скорость потока в начале борозды не превышает допускаемой скорости, а также количественной оценки противозэрозионной эффективности мероприятий. Величина донной скорости зависит от расхода подаваемой воды в поливные борозды, фактического уклона и шероховатости их дна. Допустимая скорость воды в поливной борозде зависит в основном от почвенных свойств (порозности почв, размера водопрочных агрегатов и удельной массы почвы).

Их математическая интерпретация позволила разработать методику расчета допускаемого расхода воды в поливные борозды. Она основана на формулах гидравлики, включающих допускаемую скорость потока, характеристики шероховатости и уклона борозды [1, 2].

Используя ее, можно по легкоопределяемым свойствам почвы (средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, удельная масса и порозность почв) установить значения допускаемых расходов воды в борозды при различных уклонах на почвах с различной противозэрозионной стойкостью.

Цель исследований – разработать противозэрозионную, водосберегающую технологию полива и рекомендовать допустимые расходы в поливные борозды.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучение ирригационной эрозии проведены на орошаемых темно - каштановых почвах Казахского НИИ картофелеводства, расположенных на предгорной равнине северного склона Заилийского Алатау на высоте 1050 м над уровнем моря. Опытный участок ограничен с западной, южной и восточной сторон 2-3-рядными полезащитными лесными полосами. Рельеф представлен волнистыми предгорными равнинами, с уклоном 4-7° на северо-восток. На этом участке на протяжении 60 лет возделываются картофель и овощные культуры. В результате почвенно - эрозионного обследования этих земель выявлены слабо - средне - и сильно смытые орошаемые темно - каштановые почвы.

Опыт проведен по следующей методике:

1. Определение объемной массы методом Н.А. Качинского.

2. Удельная масса – пикнометрическим методом по Н.А. Качинскому.

3. Общая скважность почвы рассчитывались по данным объемной и удельной массы по методу Н.А. Качинского.

4. Водопрочность почвенных агрегатов – по методике Н.И. Савинова.

5. Определение допустимых донных скоростей и расходов воды в борозду, при которых не происходит процесс смыва почв – по методике М.С. Кузнецова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эрозионноопасными следует считать территории, где сочетание природных условий создает опасность проявления ускоренной эрозии при их хозяйственном использовании без осуществления необходимых противоэрозионных мероприятий.

При оценке потенциальной опасности ирригационной эрозии при поливе по бороздам необходимо учитывать следующие факторы: крутизну склонов, предлагаемые элементы техники полива (расход воды на разных уклонах, длину борозды, величину сброса, время добегаания поливной воды до конца борозды), а также противоэрозионную стойкость почвы, характеризуемую величиной донной размывающей скорости.

В связи с особенностями гидрологического режима на орошаемых площадях образуются три зоны: эрозионная, эрозионно - аккумулятивная и аккумулятивная.

При поливе по бороздам интенсивный смыв почвы наблюдается лишь в верхних частях борозд, далее сменяется зоной транзита наносов и зоной аккумуляции. Смыв почвы при оценке потенциальной опасности эрозии рассчитывается для верхнего 25-50 - метрового участка.

Количественно противоэрозионная стойкость почвы оценивается величиной донной размывающей скорости потока, при которой начинается непрекращающийся отрыв почвенных агрегатов. Для рыхлой почвы (с объемной массой не более 1,3 т/м³), ее можно рассчитать по следующей формуле [2]:

$$V_{\Delta p} = 1,55 \times \sqrt{\frac{g}{n \times \gamma} \times (\gamma - \gamma_0) \times d \times (1 - \frac{P}{100})} \quad (1)$$

$V_{\Delta p}$ - донная размывающая скорость потока для почвы при ее исходной влажности, м/с;

g - ускорение силы тяжести, м/с² ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

γ, γ_0 - соответственно, удельный вес твердой фазы почвы и плотность воды, т/м³;

n - коэффициент, характеризующий пульсацию скоростей в потоке и равняется 2,3 для потока воды в поливной борозде;

P - порозность агрегатов, %;

d - средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов после мокрого просеивания почвы по Савинову при ее исходной влажности.

Аргументами в этой формуле является средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, порозность агрегатов, удельная масса твердой фазы почвы.

Определить донную размывающую скорость потока для культивированного слоя темно-каштановой почвы при поливе овощных культур по бороздам.

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов рассчитывается по агрегатному составу почв, найденному методом Савинова, по следующей формуле:

$$d = \frac{d_1 p_1 + d_2 p_2 + \dots + d_n p_n}{100} \quad (2)$$

где: $d_1, d_2, \dots, d_n$ - средний диаметр фракции; $p_1, p_2, \dots, p_n$ - ее содержание, %.

По формуле (1) устанавливаем значение донной размывающей скорости.

$$V_{\Delta p} = 1,55 \times \sqrt{\frac{9,81}{2,28} \times (2,59 - 1,0) \times 0,6 \times (1 - \frac{50}{100})} = 1,55 \times 10^{-2} \sqrt{4,3 \times 1,59 \times 0,6 \times 0,5} = 1,55 \times 10^{-2} \times 4,63 = 0,072 \text{ м/с.}$$

Согласно исследованиям академика РСХА Ц. Е. Мирцхулава, определяем донную допускаемую скорость в борозде [3]:

$$V_{\text{доп}} = V_{\Delta p} : 1,2 \quad (3)$$

Пользуясь формулами Шези, Павловского, Гончарова можно выразить глубину потока в борозде следующим образом:

$$H = [(1,04 V_{\text{доп}}^2 n^2) : (\Delta^{0,33} i)]^{\frac{1}{0,67 + 3\sqrt{n}}} \quad (4)$$

$V_{\text{доп}}$ - допускаемая донная скорость потока;

n - коэффициент шероховатости ложа борозды по (Павловскому);

Δ - величина выступов геометрической шероховатости ложа борозды, м;

i - уклон поливной борозды; $i=0,01$

Высоту выступов шероховатости (Δ) определяем из соотношения:

$$\Delta = 0,7d \quad (5)$$

где: d - средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов.

Величина коэффициента шероховатости зависит не только от высоты выступов шероховатости поверхности, но и от скорости потока.

Расчет коэффициента шероховатости (n) производится методом подбора по уравнению (Григорьева) [1]:

$$n = 0,050 \times \Delta^{0,17} + 0,065 e^{-10,65V} \quad (6)$$

где: e - основание натурального логарифма;

V - средняя скорость потока, м/с;

В приведенной формуле (6) второе слагаемое играет существенную роль лишь при малых скоростях потока.

Для районов орошения, потенциально опасных в эрозионном отношении, следует предусмотреть применение про-

тивозэрозионных мероприятий и, в первую очередь, элементы противозэрозионной технологии полива.

Важнейшим элементом противозэрозионной технологии полива по бороздам является допускаемый (по условию неразмываемости почвы) расход воды в поливную борозду. На эрозионноопасных землях неразмываемость почвы определяет максимально возможную величину расхода воды. В соответствии с величиной допускаемого расхода воды определяются другие элементы техники полива (длина борозды, длительность полива и др.).

Среди существующих методов расчета допускаемого расхода воды в поливную борозду наиболее перспективным представляется метод, основанный на формулах гидравлики, включающих допускаемую скорость движения воды и коэффициент шероховатости русла.

Известно, что при поливах по бороздам наибольшему смыву подвергается верхняя часть поливных борозд, где расход воды и, следовательно, глубина и скорость еще велики. Поэтому расчет допускаемого расхода проводится с учетом неразмываемости головной части борозды. Приводим расчет допускаемого расхода в головной части борозды.

$$\begin{aligned} H &= (7,122 \times 0,032)^{0,84} = 0,00641^{0,84} \\ \lg H &= 0,84 \lg 0,00641 = 0,84 \times 3,8069 = 0,84 \\ &(-2,1931) = -1,8422; \\ H &= 0,0144 \text{ м} \\ \omega &= 3,0 \times H^{1,68} = 3,0 (0,0144)^{1,68}; \\ \lg \omega &= \lg 3 + 1,68 \lg 0,0144 = 0,4771 + 1,68 \\ &(-1,8422); \\ \omega &= 0,002 \text{ м}^2 \\ q &= V_{\text{доп}} \times \omega = 0,06 \times 0,002 = 0,00012 \text{ м}^3/\text{с} = 0,12 \text{ л/с} \end{aligned}$$

Наиболее строгим количественным показателем противозэрозийной стойкости является донная размывающая скорость потока воды, при которой начинается непрекращающийся отрыв почвенных агрегатов. На основе полученных экспериментальных материалов (порознос-

ти почв, средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов, удельной массы почвы) и гидравлических формул проведены расчеты по определению донной допускаемой скорости, значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Допускаемые скорости воды в борозде

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов	Порозность почв, %			
	35	45	50	60
	Донная допускаемая скорость, м/с			
0,20	0,036	0,030	0,030	0,030
0,24	-	-	0,036	-
0,30	0,048	0,043	0,040	0,035
0,40	0,052	0,052	0,052	0,050
0,50	0,088	0,055	0,050	0,050
0,60	0,097	0,063	0,060	0,055

Одним из противозэрозийных мероприятий является полив допускаемым расходом воды, то есть таким расходом воды, при котором скорость потока в головной части борозды не превышает допускаемой, а смыв не превышает скорости почвообразования. Расчет допускаемого расхода воды основан на применении формул Шези, Павловского и других формул гидравлики. Наиболее разработана в настоящее время схема расчета, предложенная В. Я. Григорьевым и др. [1].

По литературным данным, допускаемые расходы для почв, даже близких по свойствам, у разных авторов значительно отличаются. Причины этого заключаются в различиях допускаемых величин смыва, принимаемых авторами, в скорости потока, а также значениях коэффициента шероховатости. Поэтому очень важно найти значения этих параметров для каждой почвы.

В качестве примера нами, были рассчитаны допускаемые расходы воды в поливные борозды при порозности почв 50 %. Они основаны на использовании

формулы гидравлики. Установленные допустимые расходы воды в поливные борозды для почв предгорий Заилийского Алатау при различных уклонах следующие: при уклоне 0,005 допускаемый расход для исследуемых почв в воздушно-сухом состоянии составляет 0,3-0,59 л/с, при уклоне 0,007-0,22 - 0,47 л/с и при уклоне 0,01-0,18 - 0,29 л/с.

Для предварительно увлажненных почв эти величины значительно выше. Так, при уклоне 0,005 допускаемый расход составил 0,41-0,81 л/с, при уклоне 0,007-0,26 - 0,55 л/с и при уклоне 0,01-0,21 - 0,33 л/с.

Результаты расчета свидетельствуют о том, что допускаемые по условию неразмываемости почв расходы воды в борозду весьма малы и близки к полученным ранее В.Я. Григорьевым [1] и М.С. Кузнецовым [2].

Для оценки потенциальной опасности эрозии почвы является ожидаемая величина смыва. Для расчета возможной величины смыва почв при поливе по бороздам В. Я. Григорьевым и др. [1] установлена следующая зависимость:

$$Q = \frac{1,97 \times l}{M} \left(\frac{q^{0,6} \times J}{V_{\Delta P}} \right)^3 \times t \quad (7)$$

где: Q – смыв почвы с участка длиной (l = 50 м), т/га;
q – расход воды в конце борозды, л/с;
J – уклон борозды;
t – время полива после добегания воды до конца борозды, ч;
l – длина борозды, м;
M – ширина междурядий, м;

ΔP – донная размывающая скорость поливной воды, м/с.

Приведем пример расчета.

Исходные данные: длина борозды, l = 50 м; расход воды в конце борозды, q = 0,63 л/с; уклон борозды, J = 0,005; время полива после добегания воды до конца борозды, t = 6 ч; ширина междурядий, M = 0,6 м; донная размывающая скорость поливной воды, $V_{\Delta P} = 0,072$ м/с

Подставляя числовые значения в формулу (7) рассчитываем ожидаемую величину смыва почвы при поливе.

$$Q_{50} = \frac{1,97 \times 50}{M} \left(\frac{q_{0,6} \times J}{V_{\Delta P}} \right)^3 \times t = \frac{1,97 \times 50}{0,6} \left(\frac{0,63^{0,6} \times 0,005}{0,072} \right)^3 \times 6 = 164,17 (0,63^{0,6} \times 0,07)^3 \times 6 = 985,02 (0,63^{0,6} \times 0,07)^3 = 985,02 (0,63^{0,6 \times 3} \times 0,07) = 985,02 \times 0,63^{1,8} \times 0,07^3$$

$$\begin{aligned} lqQ_{50} &= lq985 + 1,81q0,63 + 3lq0,07 \\ lqQ_{50} &= 2,9934 + 1,8 \times 1,7993 + 3 \times 2,8451 \\ lqQ_{50} &= 2,9934 + 1,8 \times (-0,2007) + 3 \times (-1,1549) \\ lqQ_{50} &= 2,9934 - 0,3612 - 3,4647 \\ lqQ_{50} &= -0,8325 = 1,1675; \\ Q_{50} &= 0,147 \text{ т/га} \end{aligned}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная схема потенциальной опасности ирригационной эрозии с количественной оценкой смыва почвы при орошении дает возможность более рационально проектировать и распределять по территории, подлежащей орошению противозерозионные мероприятия с учетом факторов эрозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В. Я., Кузнецов М. С., Ким А. Д., Жураев Б. Р. О расчете элементов техники полива по бороздам // Науч. Докл. Высшей школы «Биологические науки» 1978. № 7. С. 138 - 139.
2. Кузнецов М. С. Противозерозионная стойкость почв. М.: МГУ. 1981. 135 с.
3. Мирцхулава Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос. 1970. 239 с.

ТҮЙІН

Топырақ жабындысын, жер бедерін, суландыру эрозиясының пайда болу сипатының ерекшеліктерін зерттеу негізінде көкөніс ауыспалы егістігі жағдайындағы суарылатын эрозияға ұшыраған тау бөктеріндегі күңгірт-қоңыр топырақтар үшін топыраққорғау іс-шаралары әзірленді. Атыздардағы судың топырақты шайып кетпейтіндей жылдамдығы мен шығынын суарудың топыраққорғау технологиясының оңтайлы элементтері ретінде таңдаудың теориялық есептемелері ұсынылады.

RESUME

Soil protective measures for the irrigated eroded piedmont dark-chestnut soils have been worked out in the conditions of vegetable rotation based on the researches devoted to the peculiarities of soil cover, relief, nature of irrigation erosion displaying. Theoretical calculations for the choice of optimal elements on soil protective technologies of irrigation including the irrigations with allowable (according to the conditions of soil unbreaking) rates and water discharge in irrigation furrows.