

## МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

УДК 631.4:631.6

Ю. П. ПОЛЯКОВ

### ИРРИГАЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ ЗЕМЕЛЬ И ПРИЕМЫ ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Описаны приемы по предотвращению ирригационной эрозии при различных способах орошения почв на Северном Кавказе. Приведены количественные характеристики предлагаемых приемов.

Мелиоративное состояние орошаемых земель обычно характеризуется их заболачиваемостью и засолением. Как установлено нашими исследованиями, на Северном Кавказе кроме этих факторов как на староорошаемых, так и особенно на вновь вводимых площадях происходят недопустимо большие смывы почв при поливах, т. е. ирригационная эрозия, которую необходимо учитывать наряду с факторами засоления и заболачивания при характеристике мелиоративного состояния орошаемых земель.

Причем смывы почв происходят при наиболее распространенных способах полива — поверхностном и дождевании.

Размыв временной оросительной сети, или так называемый глубокий с боковым, происходит при поверхностном поливе и дождевании, так как в том и другом случае временная сеть выполняется в основном в земляном русле (за исключением закрытой оросительной сети) вдоль максимального уклона и в основном является неотъемлемой частью при указанных способах полива.

Плоскостной смыв верхних горизонтов почвы при дождевании в основном происходит тогда, когда оросительная вода, поступающая из дождевальных аппаратов, не успевает впитываться почвой, в результате чего на поле образуется слой воды, которая затем, стекая вдоль склона, переносит различное количество почвы на то или иное расстояние (рис. 1, 2).

Такое положение при орошении дождеванием можно объяснить тем, что практически ни одна из серийно выпускаемых и широко распространенных машин не в состоянии полностью обеспечить требуемую интенсивность дождя (допустимой для тяжелых почв является интенсивность дождя, равная 0,06—0,15, для средних — 0,1—0,25 и легких — 0,15—0,45 мм/мин).

При поверхностном поливе эрозию почвы вызывают недопустимо большие скорости воды во временной поливной сети, обуславливаемые большими уклонами и большими расходами воды, подаваемыми в каждый ее элемент.

Вредное действие ирригационной эрозии почвы состоит в смыве значительного количества верхнего плодородного слоя, выносе питательных веществ вместе с этим слоем и вследствие этого снижении урожаев сель-

скохозяйственных культур. В отечественной и зарубежной практике орошения площадей с большим уклоном поверхности накоплен определенный опыт предупреждения и предотвращения смыва почв при поливах. Для Северного Кавказа исследованы поливы по бороздам строго дозированными безопасными струями, по контурным бороздам, бороздам-щелям, закрепление почвы в поливных бороздах искусственными структурообразователями, прерывистое бороздование, лункование, искусствен-

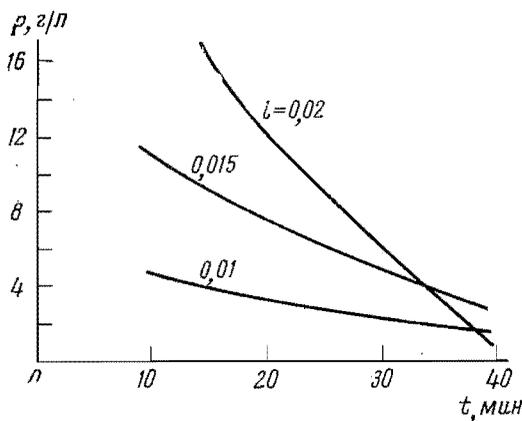


Рис. 1

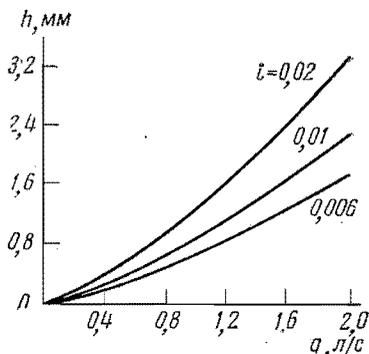


Рис. 2

Рис. 1. Изменение мутности стоковых вод во время полива при различных уклонах борозд. (Полив дождевальной машиной ДДА-10М, интенсивность дождя 1,35 мм/мин)

Рис. 2. Слой смываемого почвогрунта при поливе по бороздам в зависимости от величины параметров полива

ное оструктуривание поверхности почвы при дождевании, электроимпульсное закрепление почвогрунтов.

Исследования закономерностей смыва почв в зависимости от различных уклонов, длин борозд и величины поливных струй воды позволили определить количественные характеристики поливов. На основании математической обработки этих данных получена зависимость, описывающая явление и позволяющая с помощью ЭВМ по известной допустимой величине смыва определить безопасные сочетания уклона, длины борозд и расхода воды в них, при которых смыв не будет превышать естественного почвовосстановительного процесса:

$$h = \left\{ \sum_{i=1}^3 \left[ \sum_{l=1}^3 a_l l^{(3-i)} \right] \cdot i^{(3-i)} \right\} q^{i-1} \left[ \sum_{l=1}^3 b_l l^{(2-i)} \right] \cdot i^{(3-i)}$$

где  $h$  — слой смываемого почвогрунта, мм,  $l$  — длина поливных борозд, м,  $i$  — уклон борозд,  $q$  — расход воды в борозду, л/с,  $a$ ,  $b$  — эмпирические коэффициенты.

Кроме этого для конкретных почвенных условий и ряда сочетаний элементов техники полива нами исследованы и найдены их безопасные величины, применение которых может значительно ослабить, а в некоторых случаях полностью исключить процессы эрозии на орошаемых землях:

Уклон борозд	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030
Расход воды в борозду, л/с	1,2	0,9	0,65	0,45	0,35	0,20

Оптимальная длина поливной борозды, по данным Б. А. Шумакова и Д. А. Штокалова, зависит от водно-физических свойств почвы, которые определяют скорость впитывания воды, а также рельеф орошаемой территории (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость длины борозды от скорости впитывания воды почвой и уклона орошаемого участка

Скорость впитывания воды почвой (средняя за час наблюдений)	Уклон орошаемого участка	Длина борозды, м
$< 0,15$ мм/мин	0,002—0,004	250—300
	0,004—0,007	300—350
	0,007—0,01	350—400
0,15—0,3 мм/мин	0,002—0,004	200—250
	0,004—0,007	250—300
	0,007—0,01	300—400
0,3 мм/мин	0,002—0,004	120—200
	0,004—0,007	200—250
	0,007—0,01	250—300

В случае больших продольных уклонов орошаемых участков размер поливной струи можно увеличить, если нарезку поливных борозд сделать под углом к линии наибольшего уклона.

Широко доступным и эффективным способом полива участков с большим уклоном без смыва почв является полив по контурным бороздам. От полива по обычным бороздам этот способ отличается тем, что обработку почвы, посев или посадку возделываемых культур, а затем полив по бороздам, нарезаемым в междурядьях, ведут вдоль горизонталей

Таблица 2

Ирригационная эрозия почвы при различных способах бороздного полива

Варианты	Средний уклон борозды	Длина борозд, м	Смыв почвы, мм/год
Контурное орошение	0,002—0,003	100	0,004
Полив вдоль склона	0,02	100	1,5

или под небольшим углом (уклон 0,002—0,003) к последним, а не в направлении основного уклона поля.

Для применения контурного орошения прежде всего необходимы данные о детальном строении рельефа орошаемых участков местности, для чего выполняют геометрическое нивелирование по квадратам со сторонами 20—50 м, в результате которого составляют план местности с выражением ее рельефа горизонталями при высоте сечения 0,5—1,0 м. Поливные контурные борозды нарезают обычными культиваторами с арычниками вдоль междурядий. Временные оросители в этом случае необходимо нарезать вдоль наибольшего (размывающего) уклона, поэтому подачу воды в контурные борозды можно осуществить только с применением средств механизации. В частности, наиболее удобным оказался полив разборным трубопроводом-шлейфом РТП-180КМ (конструкции ЮжНИИГиМ). Размер максимально допустимой струи в контурную борозду ограничивается возможностью перелива воды через нижний борт, вследствие чего может развиваться ирригационная эрозия почв, в нашем случае он составил 1,0—1,1 л/с. Смыв почвы при контурном орошении практически не происходит, в то время как при поливе вдоль склона наблюдаются недопустимые смывы (табл. 2).

Контурное орошение способствует повышению урожаев на 10—15%. Дополнительные затраты при контурном орошении необходимы для топографических и разбивочных работ, выполняемых один раз в 2—3 года.

Полив по бороздам-щелям является также одним из приемов, уменьшающих ирригационную эрозию почв. Учитывая то, что рекомендованный Б. А. Шумаковым полив по бороздам-щелям увеличивает поверхность поглощения воды почвой в 2,5 раза, а следовательно, повышает способность борозды-щели поглощать примерно в 2 раза больше воды по сравнению с обычными бороздами, нарезаемыми культиватором КРН-4,2, нами и был исследован этот вид борозд как противозэрозийный прием при поливе, значительно повышающий удельный расход воды на впитывание. От обычных борозды-щели отличаются тем, что ниже дна борозды в них устраивают щель шириной 3 и глубиной 15—17 см. Общая глубина борозды-щели составляет 36—40 см. Борозды нарезают бороздоделателем-щелерезом БЩН-3У.

Было установлено, что смыв при поливе по бороздам-щелям уменьшается в среднем в 2—2,5 раза по сравнению со смывом при поливе по обычным бороздам. Уменьшение эрозии прежде всего происходит из-за значительного уменьшения продолжительности времени сброса воды. В обычных бороздах длиной 100 м поливная струя (0,4—0,6 л/с) доходит до конца борозды за 20—25 мин. При одинаковых условиях в борозды-щели расстояние 100 м та же струя проходит за 40—50 мин. За это время обеспечивается выдача поливной нормы около 300 м<sup>3</sup>/га. При применении борозды-щелей ранее рекомендованные нами с учетом допустимого смыва почв поливные струи можно увеличивать в 2 раза. Так, для уклона 0,03 рекомендованная нами (для обычных борозд) поливная струя 0,2 л/с при поливе по бороздам-щелям может быть увеличена до 0,4—0,5 л/с.

Искусственное оструктурирование почв в условиях их сильной распаханности и невозможности восстановления структуры периодическими посевами многолетних трав приобрело в последнее время широкую известность.

Рассматриваемый здесь частный случай применения искусственных структурообразователей в борьбе с ирригационной эрозией почв в определенной степени сказывается на улучшении общего оструктурирования их, так как даже после рыхления междурядий или вспашки поля, в результате которых будет разрушен поверхностный закрепленный слой почвы в бороздах, оструктурирующее последствие приема сохраняется в течение двух лет.

Учитывая то, что с поливных борозд вымывается в основном разрыхленный почвогрунт, который образуется в результате осыпания вслед за проходом бороздоделателя, предотвращение смыва этой массы является главной задачей борьбы с ирригационной эрозией при бороздном поливе.

Достигнуть этого наряду с другими приемами возможно путем придания водопрочности и неразмываемости поверхностному слою почвы в борозде посредством обработки его искусственными структурообразователями. Будучи нанесенными на поверхность почвы, полимеры коагулируют мелкодисперсную часть ее в более крупные и водопрочные агрегаты, кроме того, склеивают их по граням контакта, одновременно образуя поверхностный хорошо водопроницаемый и при этом неразмываемый слой почвы толщиной до 4 мм. При достаточной дозе водного раствора структурообразователя, соответствующей определенной величине поливной струи воды в борозде, размыв почвы практически отсутствует, мутность воды не повышается, что благоприятно сказывается на процессе впитывания воды почвой и обеспечивает полную выдачу поливной нормы. Скорость воды в закрепленных бороздах по сравнению с контролем (не обработанные полимером борозды) из-за повышенной шероховатости русла уменьшается на 20—25%. Противозэрозийный эффект приема наступает после высыхания обработанной поверхности до воздушно-сухого состояния, что в летний период происходит через 4—5 часов после нанесения структурообразователя на поверхность почвы.

Из ряда исследованных структурообразователей (полимер К-4, полиакриламид, латекс, сульфит-лигнинин) наилучшим оказался полимер К-4. Оптимальные дозы полимера К-4 (с 10%-ным содержанием действующего начала), исключающие размыв почвы в бороздах и не допускающие излишнего перерасхода препарата, для участков с уклоном 0,02—0,03 при каждой нарезке борозд имеют следующие величины:

Поливная струя воды, л/с	0,2	0,3	0,5
Доза структурообразователя, кг/га	130—150	200—225	300—350

На почву искусственный структурообразователь наносят в виде 7%-ного раствора (1 часть структурообразователя на 15 частей воды).

Разработанный нами комплекс механизма в составе культиватора КРН-4,2 и реконструированного подкормщика ПОУ, агрегируемых с трактором «Беларусь», позволяет совместить операцию нарезки борозд с обработкой структурообразователем.

Для приготовления рабочего раствора воду и полимер заливают в емкости подкормщика в вышеназванных дозах и перемешивают в течение 5—7 мин. при работе подкормщика «на себя», т. е. по замкнутой циркуляционной схеме — с емкостей к нанесу и обратно в емкости. Если учесть, что перемешивание рабочего раствора осуществляется тем же агрегатом, то практически вся технология закрепления почвы в бороздах выполняется одним агрегатом и является эффективным противоэрозийным приемом.

Прерывистое бороздование является эффективным приемом предупреждения ирригационной эрозии почв при дождевании, создающим на поверхности поля микрорельеф в виде продолговатых углублений, в которых аккумулируется не успевающая впитываться оросительная вода, в результате чего предотвращается сток, а следовательно, и смыв почвы.

Прием, одинаково применимый как для влагозарядковых, так и вегетационных поливов, при которых прерывистые борозды устраиваются в междурядьях растений бороздопрерывателем ППБ-0,6 конструкции ГСКБ Главпочвомаша (Ростов-на-Дону).

Ширина образуемых прерывистых борозд по поверхности поля составляет 350—400, глубина — до 200 мм. Прерывистые борозды способны вместить без учета фильтрации до 250—300 м<sup>3</sup> воды на одном гектаре.

Исследования, проведенные нами по изучению возможности применения прерывистого бороздования как противоэрозийного приема, показали, что прерывистое бороздование способствует уменьшению стока воды при поливе примерно в 3,5 раза и уменьшению ирригационной эрозии почв в 2—2,5 раза. Вода, заполняя прерывистые борозды, не перемещается по полю, а задерживается в них и постепенно впитывается.

Вследствие вышеизложенного этот прием способствует значительному улучшению промачивания корнеобитаемого слоя. В результате перечисленных достоинств при прерывистом бороздовании отмечено в опытах увеличение урожаев сельскохозяйственных культур на 35% по сравнению с участками, обработанными обычными приемами.

Луноквание также является приемом предупреждения ирригационной эрозии почв при дождевании и состоит в том, что на поверхности поля создаются лунки, т. е. овальные в плане микровпадины. Как и прерывистое бороздование, этот прием направлен прежде всего на предотвращение стока воды, не успевающей впитываться при поливе дождеванием. В связи с наличием на поверхности поля лунок поверхностная вода собирается в них и, таким образом, предотвращается сток и смыв почвы. Емкость одной лунки составляет 18—25 л. На одном гектаре таких лунок устраивают около 12—14 тысяч. Общий объем лунок составляет 250—350 м<sup>3</sup>/га. При существующих механизмах и технологии нарезки лунок этот прием практически возможно применять только перед

влагозарядковым поливом по вспаханному и незасеянному полю. Для нарезки лунок по предложению Донского ЗНИИСХ рекомендуется применять лункообразователь ПЛДГ-10 на базе обычного дискового лущильника с шириной захвата 10 м.

Образование слоя воды на поверхности поля при орошении дождеванием в большой мере обусловлено не свойствами самой почвы или только интенсивностью дождя, а также и снижением ее впитывающей способности в результате кольматации.

Кроме применения допустимой интенсивности дождя важнейшим эффективным противозерозионным приемом при орошении дождеванием можно считать закрепление поверхности почвы с целью придания ей повышенной устойчивости ударному воздействию капель и гидродинами-

Таблица 3  
Влияние ударного закрепления на интенсивность размыва грунтов

Способ закрепления грунта	Интенсивность размыва, мм/мин	
	легкий суглинок (физ. глина, 22,3%)	тяжелый суглинок (физ. глина, 52,1%)
Естественная структура	14,0—18,0	12,0—16,0
Трамбование	1,2—1,5	1,0—1,3
Электроимпульсное в грунте	0,1—0,12	0,06—0,12
То же в воде	0,3	0,02

ческому воздействию потока. Такие свойства придают почве искусственные структурообразователи и, в частности, исследованный в наших опытах полимер К-4. Доза полимера 500—700 кг/га достаточна, чтобы придать поверхности почвы необходимую противозерозионную стойкость. Обработку поверхности почвы полимером производят до появления всходов и ее последствие сохраняется (если рыхление почвы не производят) на весь период вегетации растений.

Наряду с изложенными приемами одним из эффективных способов борьбы с ирригационной эрозией временной оросительной сети является электроимпульсное закрепление почвогрунтов, которое заключается в создании водоустойчивого уплотненного ложа временных оросителей с помощью электрического разряда. Сущность предполагаемого противозерозионного электроимпульсного закрепления заключается в использовании мощного ударного воздействия, возникающего при высоковольтном разряде в жидкости или почве.

Возможность использования электрических разрядов для повышения стойкости грунтов к размыву водным потоком требовала тщательной экспериментальной проверки. Для этой цели грунты ненарушенной структуры подвергали электроимпульсному воздействию в малом грунтовом канале, состоящем из режущих колец. Эрозионную стойкость грунта до и после уплотнения определяли на установке размыва вертикальной струей. Как видно из табл. 3, эффективность электроимпульсного закрепления связанных грунтов выше уплотнения падающим штампом более чем в 10 раз. Экспериментальные данные показывают, что электрические разряды вполне применимы в качестве противозерозионного мероприятия как для действующих, так и для строящихся каналов. Определение гидравлической активной пористости по методу С. С. Морозова при электроимпульсном упрочнении выявило ее уменьшение в 10 раз.

Наблюдение за эрозионной стойкостью закрепленных образцов показало, что при периодических циклах затопления и доведения до воздушно-сухого состояния, характерных для условий эксплуатации временных

оросителей, разупрочнение уплотненных каналов не превышает 3—5% за сезон.

Все из перечисленных приемов способствуют уменьшению или предотвращению эрозии почв при поливах. Предпочтение тому или иному из них следует отдать, исходя из конкретных условий. Ведение поливов без защиты почв от ирригационной эрозии следует категорически исключить.

Южный НИИ  
гидротехники и мелиорации  
Минводхоз РСФСР

Дата поступления  
21.VI.1976 г.

---

Уч. Р. POLYAKOV

### IRRIGATIONAL EROSION OF LANDS AND ITS CONTROL

Practices controlling irrigational erosion with the use of different methods of soil irrigation on the North Caucasus are described. Quantitative parameters of irrigation under different conditions are presented.

---