

МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

DISTURBED LAND MONITORING AND KEY DIAGNOSTIC INDICES OF DEGRADATION PHENOMENA IN IRRIGATED CHERNOZEMS

Ключевые слова: деградация, водная эрозия, полив по бороздам, уклон, расход воды, ирригационный смыв, орошение, плотность почвы, водопрочность, структурность.

Keywords: degradation, water erosion, furrow irrigation, slope, water consumption, irrigation soil loss, irrigation, soil density, water stability, structural properties.

Целью исследований являлось уточнение закономерностей эрозионного смыва почвы при поливе по бороздам в зависимости от расхода поливной струи, уклона и длины борозд. Объектом исследований являлся ирригационный смыв при поливе по бороздам. Методика исследований включала постановку лабораторных и лабораторно-полевых опытов. Лабораторные исследования проводились на образцах почвы, извлеченных из слоя почвы 0-30 см. Полевые опыты проводились на полях в июне-сентябре 2013-2015 гг. в условиях полива по бороздам в Городищенском районе Волгоградской области. В результате лабораторных опытов при расходах 0,1; 0,3; 0,6 л/с изменение смыва происходит в 1,5-3,0 раза. В полевых опытах, так же как и в лабораторных, характерно четкое возрастание смываемого слоя почвы по мере увеличения уклона поливных борозд. При увеличении расхода поливных струй с 0,1 до 1,8 л/с и при уклонах от 0,018 до 0,03 размывы и смывы приобретают катастрофические размеры. Отмечено, что при уклонах 0,03 увеличение расхода поливной струи в 10 раз увеличивает смыв почвы в 28-32 раза, увеличивает плотность сложения пахотного слоя почвы до 1,32 т/м³, разрушает агрегатный состав почвы (снижение водопрочности до 21,45% и структурности до 44,19%). При уклонах 0,018 увеличение расхода воды в борозде в 10 раз увеличивает ирригационный смыв в 20-25 раз, а при уклонах 0,002 увеличение смыва достигает в 15-18 раз. Увеличение уклона в 3 раза (0,006-0,09) при расходе воды 0,1 л/с увеличивает смыв в 1,1 раза, при расходе 1,2 л/с – в 3,3 раза, а при расходе 1,8 л/с – в 3,6 раза.

The research goal was to clarify the patterns of erosive soil loss under furrow irrigation depending on the flow of irrigation stream, slope and length of the grooves. The research target was irrigation soil loss under furrow irrigation. The research methodology included laboratory and field experiments. Laboratory studies were conducted on soil samples taken from the soil layer of 0-30 cm. The field experiments were carried out in the fields in June-September period from 2013 till 2015 under furrow irrigation in the Gorodishchenskiy District of the Volgograd Region. The laboratory experiments have revealed that at flow rates of 0.1; 0.3; 0.6 L s, soil loss changes 1.5-3.0 times. Both field and laboratory experiments are characterized by a clear increase of washed-off soil layer with increasing slope of irrigation furrows. When the flow rates increase from 0.1 to 1.8 L s and the slopes increase from 0.018 to 0.03, outwash and soil loss reach catastrophic proportions. It has been found that by the slope of 0.03, ten-fold increase of the flow rate increases soil erosion 28-32 times, increases topsoil density to 1.32 t m³, and destroys the soil aggregate composition (reduction of water stability to 21.45% and structural pattern to 44.19%). By the slopes of 0.018, a ten-fold increase of water consumption in a furrow increases irrigation soil loss 20-25 times, and by the slopes of 0.002, wash-off increases 15-18 times. Three-fold slope increase (0.006-0.09) at a flow rate of 0.1 L s increases soil wash-off 1.1 times, at a flow rate of 1.2 L s – 3.3 times, and at a flow rate of 1.8 L s – 3.6 times.

Пахомов Александр Алексеевич, к.т.н., доцент, проф. каф. «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», Волгоградский государственный аграрный университет. Тел.: (8442) 41-17-84. E-mail: volgau@volgau.com.

Pakhomov Aleksandr Alekseyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Applied Geodesy, Natural and Water Resources Management, Volgograd State Agricultural University. Ph.: (8442) 41-17-84. E-mail: volgau@volgau.com.

Введение

Одной из острых проблем орошаемого земледелия в России в настоящее время является прогрессирующая деградация почвенного покрова. В результате эрозии почв сельскохозяйственные земли деградирова-

ны и практически утратили плодородие на площади около 807,6 тыс. га. Среди всех видов деградации основную эколого-экономическую опасность представляет водная эрозия [1, 2].

В настоящее время в Южном Федеральном округе (ЮФО), куда и входит Волгоградская область, продолжается снижение плодородия почв в результате процессов водной эрозии. При орошении наиболее распространенными в настоящее время в ЮФО способами (поливы по бороздам и дождеванием), без соблюдения противоэрозионных правил, возникает эрозия в размерах, значительно превосходящих эрозию, вызванную самыми сильными ливнями [3-5].

Цель исследований – уточнить закономерности эрозионного смыва почвы при поливе по бороздам в зависимости от расхода поливной струи, уклона и длины борозд.

Объекты и методы

Объект исследований – ирригационный смыв при поливе по бороздам.

Процессы ирригационного смыва почв изучались постановкой лабораторных и лабораторно-полевых опытов. Лабораторные исследования выполнялись на образцах почвы, извлеченных из слоя почвы 0-30 см. Общее число отобранных образцов составило 65 шт.

Изучение водной эрозии велось на полях в июне-сентябре 2013-2015 гг. в условиях полива по бороздам. Наблюдения проводились на малых бороздах-междурядьях в период проведения технических поливов сельскохозяйственных культур в Городищенском районе Волгоградской области. Опыты проводились в трехкратной повторности. Исследования были поставлены на 25 поливных бороздах. Установление гидравлических параметров велось в 3-5 створах по длине борозды. В полевых условиях выполнено 127 лабораторно-полевых опытов [6, 7].

Результаты и их обсуждение

Многие из факторов, определяющих величину ирригационного смыва, поддаются техногенному воздействию. К ним относятся расход воды при поверхностных способах полива, уклон и форма склона, длина поливного участка, длительность полива, водопроницаемость и противоэрозионная стойкость почвы. Регулируя эти факторы, можно в известных пределах управлять процессами ирригационной эрозии [8].

Основным показателем, характеризующим явление ирригационной эрозии почв, является слой смытой с площади почвы в

зависимости от уклонов участков, размеров поливной струи, скорости и времени пропуска воды, свойства и состояния почв.

Слой смытой почвы полученных при различных уклонах борозд и поливных расходах воды в лабораторных опытах показывает главенство этих факторов. Как следствие, на смыв почв оказывает влияние скорость течения воды. Сопоставление данных о смыве и скоростей воды показывает, что с увеличением уклона и расхода возрастает скорость течения воды с одновременным увеличением смыва почвы. Графоаналитические трехмерные поверхности регрессии данного утверждения показаны на рисунках 1-3.

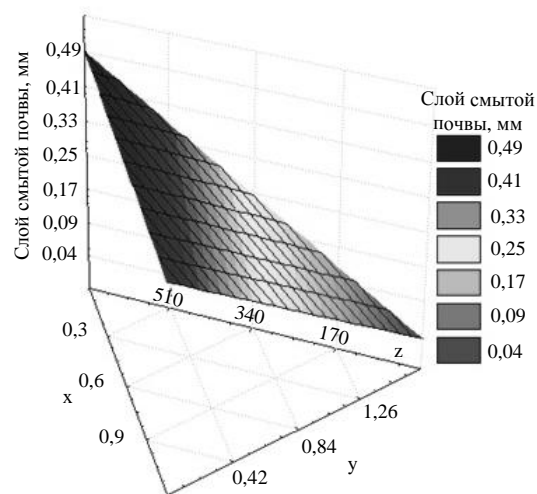


Рис. 1. Графоаналитическая зависимость среднего слоя смытой почвы (С) от расхода воды (х), площади (у) и объема (z) смытой почвы при уклоне (i) 0,002

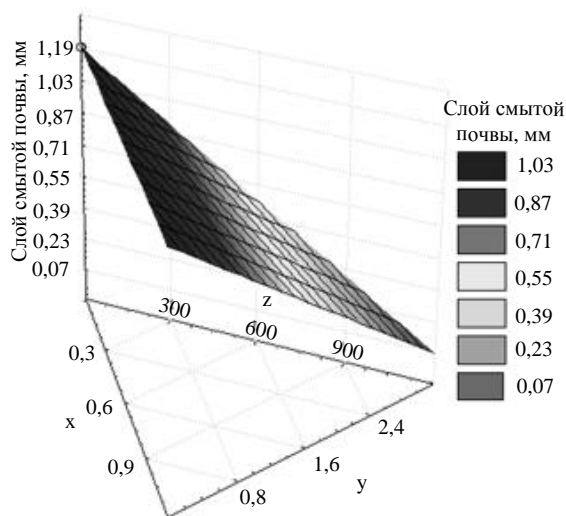


Рис. 2. Графоаналитическая зависимость среднего слоя смытой почвы (С) от расхода воды (х), площади (у) и объема (z) смытой почвы при уклоне (i) 0,012

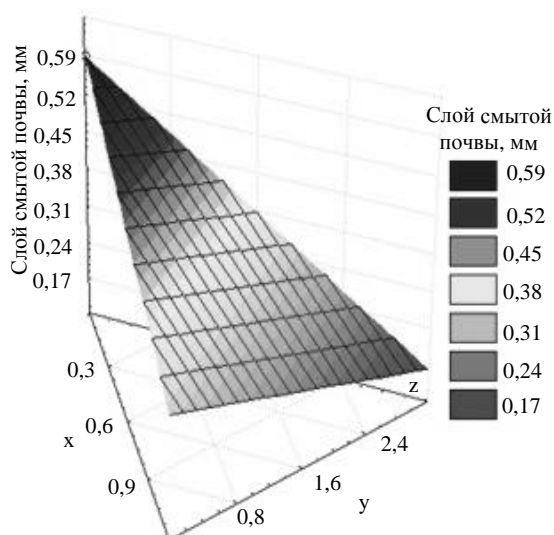


Рис. 3. Графоаналитическая зависимость среднего слоя смытой почвы (С) от расхода воды (х), площади (у) и объема (z) смытой почвы при уклоне (i) 0,024

Линейные уравнения регрессии к рисункам 1-3 представлены в таблице 1.

Таблица 1
Уравнения регрессии к рисункам 1-3

Рисунок	Уравнение	R ²
1	$C = -511,322x - 8,3803y + 924,215z$	0,912
2	$C = 234,667x - 139,335y + 35,892z$	0,987
3	$C = -185,018x - 304,423y + 82,431z$	0,925

Примечание. С – средний слой смытой почвы, мм; х – расход воды, л/с; у – средняя площадь смытой почвы по сечению, см²; z – объем смытой почвы по всей длине борозды, см³.

С увеличением уклонов орошаемых полей смыв почвы закономерно возрастает, причем смыв и вынос почвы начинает проявляться уже при уклонах 0,002. Судя по данным лабораторных опытов, при расходах 0,1; 0,3; 0,6 л/с связь объема смытой почвы почти функциональная, изменение смыва происходит в 1,5-3,0 раза. В пределах исследуемых диапазонов уклонов при расходах 0,9; 1,2; 1,5; 1,8 л/с влияние первых более существенно в интервале 0,012-0,024. При этом смыв почвы возрастает до 5 раз. Что касается интенсивности ирригационного смыва, то темпы роста значений смыва почвы отстают от темпов

роста уклонов. По существу процесс идет в затухающем русле. При уклонах 0,002 величина смыва составляет 23,6 м³, а при уклонах от 0,015 до 0,024 значения показателей смыва превышают 25-60 м³, что доказывает значительное влияние уклона на вынос почвы.

Для того чтобы окончательно количественно и качественно произвести оценку влияния уклонов орошаемых полей на показатели эрозии при поливах, в подтверждение и развитие лабораторных опытов были проведены полевые исследования. Результаты полевых исследований в обработанном и обобщенном виде представлены на рисунках 4-6.

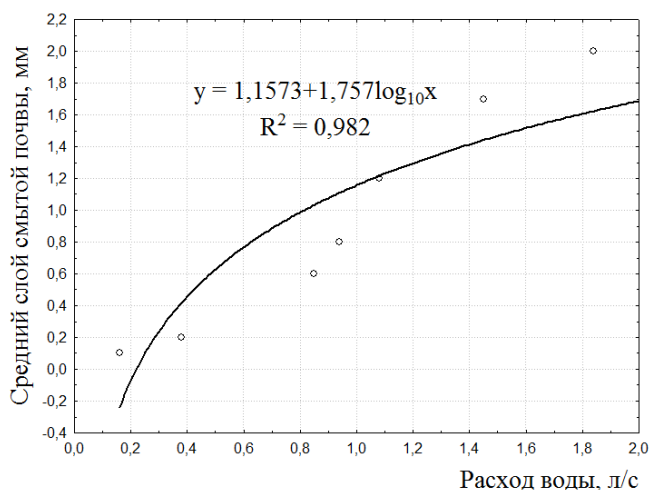


Рис. 4. Зависимость среднего слоя смытой почвы (С, мм) от расхода поливной струи (q, л/с) при уклоне (i) 0,002

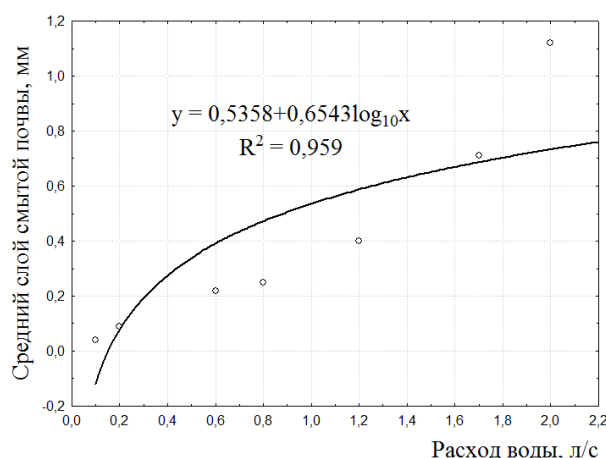


Рис. 5. Зависимость среднего слоя смытой почвы (С, мм) от расхода поливной струи (q, л/с) при уклоне (i) 0,018

Представленные логарифмические зависимости, полученные при полевых опытах, строго идентичны графоаналитическим поверхностям регрессии, построенным по данным лабораторных исследований. Это, в целом, свидетельствует о достоверности проведенных опытов, а также о возможности лабораторных и полевых данных при оценке и прогнозировании влияния уклонов поливных борозд на характер и количественные показатели ирригационной эрозии.

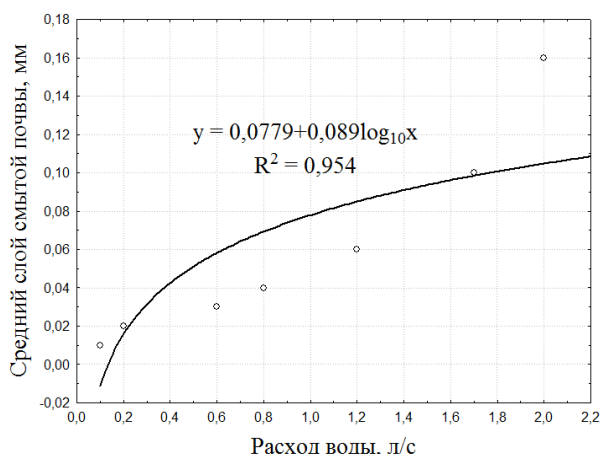


Рис. 6. Зависимость среднего слоя смыва почвы (С, мм) от расхода поливной струи (q, л/с) при уклоне (i) 0,03

В лабораторных опытах, так же как и полевых, характерно четкое возрастание смываемого слоя почвы по мере увеличения уклона поливных борозд. Полностью подтверждается установленный ряд закономерностей по влиянию уклонов на смыв почвы по мере увеличения расходов. Что касается увеличения смыва, то по мере увеличения расхода поливных струй с 0,1 до 1,8 л/с и при уклонах от 0,018 до 0,03 размывы и смывы приобретают катастрофические размеры.

Анализируя графоаналитические поверхности регрессии и полученные зависимости, можно отметить, что смыв почвы начинается при самом минимальном расходе 0,1 л/с. Однако абсолютные значения смыва при этом определяются уклоном борозды и ее длиной. При уклонах до 0,03 смыв почвы составляет 1,5-2,8 т/га. При дальнейшем увеличении уклонов от 0,03 и этом же расходе он может достигать 10-22 т/га и более. Таким образом, избежать практически смыва почв при поливах невозможно. Следует исходить из

допустимых его пределов, которые определяются скоростью естественных почвообразовательных и искусственных деградационных процессов.

Преыдушие исследователи характера эрозии почв в Волгоградской области отмечали, что интенсивность смыва почвы, по мере увеличения расходов вдвое от предыдущего к последующему, закономерно снижается, что говорит о затухающем характере этого процесса. Они указывают, что лишь при уклоне 0,08 характер процесса начинает носить линейный характер. Однако проведенные нами исследования позволяют говорить о том, что затухающий характер процесса в лабораторных исследованиях выявлен не был. Причиной такого расхождения служат деградационные процессы, протекающие на длительно орошаемых полях.

Все вышесказанное говорит о том, что за последнее время свойства орошаемых черноземов сильно изменились, особенно по водно-физическим диагностическим показателям в зависимости от уклона поля. Изменяется структурное состояние почвы, т.е. отмечается неудовлетворительное качество структуры с очень низкой водопрочностью (до 21,45%) и структурностью (до 44,19%). Отмечено увеличение плотности сложения пахотного слоя почвы до 1,32 т/м³. Это подтверждается представленными лабораторными анализами водно-физических свойств почвы (табл. 2).

Таблица 2
Изменение водно-физических свойств черноземной почвы в зависимости от уклона

Диагностические показатели	i = 0,002	i = 0,018	i = 0,03
Плотность сложения, т/м ³	1,21	1,25	1,32
Водопрочность, %	43,23	38,14	21,45
Структурность, %	62,18	57,34	44,19

Выводы

Установлено, что в организационно-хозяйственных условиях основными факторами, обуславливающими ирригационный смыв при поливе по бороздам, являются уклон и длина борозд; расход поливной струи и скорость воды в борозде. При катастрофических уклонах (0,03) увеличение расхода поливной струи в 10 раз увеличи-

вает смыв почвы в 28-32 раза, увеличивает плотность сложения пахотного слоя почвы до 1,32 т/м³, разрушает агрегатный состав почвы (снижение водопрочности до 21,45% и структурности до 44,19%). При уклонах 0,018 увеличение расхода воды в борозде в 10 раз увеличивает ирригационный смыв в 20-25 раз, а при уклонах 0,002 увеличение смыва достигает в 15-18 раз. Увеличение уклона в 3 раза (0,006-0,09) при расходе воды 0,1 л/с увеличивает смыв в 1,1 раза, при расходе 1,2 л/с – в 3,3 раза, а при расходе 1,8 л/с – в 3,6 раза.

Библиографический список

1. О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: утв. Постановлением Правительства РФ от 12 октября 2013 г. N 922: по состоянию на 10 сентября 2016 г. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.
2. Васильев С.М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. – Серия: Техн. науки. – Ростов н/Д, 2006. – 364 с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноз водной эрозии. – М., 1970. – 179 с.
4. Григоров М.С., Черемсинов А.Ю. Режимы мелиоративных агросистем // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 2. – С. 28-33.
5. Васильев С.М., Митяева Л.А. Результаты изучения опасности ирригационной эрозии в контуре Нижне-Донской оросительной системы Ростовской области // Природообустройство. – 2011. – № 5. – С. 7-11.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
8. Васильев С.М., Домашенко Ю.Е., Антонова Н.А. Оценка возможности возникновения кавитационной эрозии при осу-

ществлении прогнозов местных размывов на сопрягающих сооружениях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 54. – С. 84-87.

References

1. Federal'noy tselevoy programme «Razvitie melioratsii zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody»: utv. Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 12 oktyabrya 2013 g. N 922: po sostoyaniyu na 10 sentyabrya 2016 g. // Garant Ekspert 2016 [Elektronnyy resurs]. – NPP «Garant-Servis», 2016.
2. Vasil'ev S.M. Povyshenie ustoychivosti i effektivnosti ispol'zovaniya agrolandshaftov aridnoy zony v usloviyakh postoyannogo i tsiklicheskogo orosheniya // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. seriya: Tekhn. nauki. – Rostov-n/D., 2006. – 364 s.
3. Mirtskhulava Ts.E. Inzhenernye metody rascheta i prognoz vodnoy erozii. – M., 1970. – 179 s.
4. Grigorov M.S., Cheremsinov A.Yu. Rezhimy meliorativnykh agrosistem // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 1993. – № 2. – С. 28-33.
5. Vasil'ev S.M., Mityaeva L.A. Rezul'taty izucheniya opasnosti irrigatsionnoy erozii v konture Nizhne-Donskoy orositel'noy sistemy Rostovskoy oblasti // Prirodoobustroystvo. – 2011. – № 5. – С. 7-11
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
7. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
8. Vasil'ev S.M., Domashenko Yu.E., Antonova N.A. Otsenka vozmozhnosti vznikeniya kavitatsionnoy erozii pri osushchestvlenii prognozov mestnykh razmyvov na sopryagayushchikh sooruzheniyakh // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. nauch. tr. / FGBNU «RosNIIPM». – Vyp. 54. – Novocher-kassk: RosNIIPM, 2014. – С. 84-87.

