

УДК 631.459.2:633.2

РОЛЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В БОРЬБЕ С ВОДНОЙ ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ НА СКЛОНАХ

И. В. КОБОЗЕВ, А. Б. БАРАНОВСКИЙ, М. С. ПЕНЬКОВ

(Кафедра луговодства)

В статье приведены данные о влиянии искусственного дождя, способов орошения и внесения удобрений, лесополос, сельскохозяйственных культур на водную эрозию почв на склонах. Показаны причины и последствия водной эрозии, предложены мероприятия по уменьшению естественной и ирригационной эрозии почвы.

Для борьбы с водной эрозией почв рекомендуется ряд приемов. Однако нельзя утверждать, что производство имеет достаточно эффективный и дешевый способ, позволяющий предотвращать размыв почвы на склонах. Надо сказать также, что оценка существующих приемов противоречива. Так, одни авторы предлагают на склонах применять валкование, бороздование, контурную и гребневую вспашку [3], а другие считают такие приемы малоэффективными и зачастую вызывающими даже усиление эрозионных процессов [4, 15, 17]. Или, например, одни исследователи рекомендуют для уменьшения стока проводить глубокую отвальную вспашку [14], а другие доказывают, что данный прием усиливает эрозию почвы [18].

Наши исследования проводились с целью разработки приемов повышения продуктивности и почвозащитной роли многолетних трав на разных землях, подверженных эрозии. Некоторые результаты исследований, касающиеся влияния состава травосмесей, режимов орошения, норм и способов внесения удобрений на продуктивность травостоя, а также данные о действии обработки почвы на ее агрохимические показатели (содержание, солей, гумуса, фосфора, калия, рН, ОВ-потенциала) уже опубликованы [8—11]. В данном сообщении приводятся ре-

Характеристика почв, на которых проведены исследования

Место отбора образцов	Гумусный горизонт, см	Содержание в пахотном слое			
		гумуса, %	усвояемых форм, мг в 1 00 г		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Калужская обл., совхоз «Хвостовичский», почвы дерново-подзолистые среднесуглинистые					
Горизонтальные участки	18—24	1,4—2,8	4—5	9—14	12—21
Склон 2—2,5°	15—20	1,0—2,0	3,4	6—8	11—19
Склон 4—4,5°	8—17	0,9—1,4	3,4	5—8	9—15
Кировоградская обл., колхоз «Октябрь», чернозем обыкновенный среднесуглинистый					
Горизонтальные участки	103—107	4,5—5,1	4—6	8—12	15—24
Склон 2—2,5°	87—94	4,0—4,8	4—5	7—11	13—19
Склон 4—4,5°	64—83	3,5—3,8	3—4	6—10	12—15
Ставропольский край, колхоз «50 лет Октября», чернозем обыкновенный солонцеватый среднесуглинистый					
Горизонтальные участки	80—87	5,0—6,5	5—8	6—9	24—39
Склон 2—2,5°	65—80	4,5—6,0	4—6	4—7	18—30
Склон 4—4,5°	57—69	3,8—5,2	4—5	3—6	16—22

зультаты исследований влияния многолетних трав, способов улучшения их влагообеспеченности и минерального питания на водную естественную и ирригационную эрозию почв.

Методика

Исследования проводились в Кировоградской, Калужской областях и Ставропольском крае в 1973—1982 гг. Характеристика почв представлена в табл. 1 и в работах [8—11]. Первый модельный опыт проведен в 1973 г. и повторен в 1975 г. в Кировоградской области и в 1980 г. в Ставропольском крае на свежеспаханной почве и в посевах люцерны. Длина полос 150 м, поливная норма 350 м³/га. Начинали полив (опыт) при влажности почвы 70—75 % НВ в слое 0—50 см. Сток улавливали с помощью наклонных желобов в стеклянные цилиндры. В поливной и сточной воде определяли содержание нерастворенных частиц и солей (твердый сток).

Влияние многолетних трав, продолжительности полива и качества дождя на водопроницаемость почвы изучали в Кировоградской области на горизонтальных участках. Для увеличения интенсивности дождя повышали количество насадок или дождевальных аппаратов, но при этом не изменяли размера капель и средней суммарной энергии дождя.

Для изучения влияния разных культур на водопрочность структуры почвы ее образцы отбирали на производственных массивах и в полевых опытах. [8—11]. Воздействие растительного покрова и орошения на устойчивость почвы к ливневым дождям определяли в 1981 г. в колхозе «50 лет Октября» Ставропольского края на склоне 4,0—4,5° по методике, предложенной в работе [18].

В модельных опытах изучали влияние многолетних трав и агротехники их возде-

львания на скорость движения воды по склону и эрозию почв. В варианте с удобрениями ежегодно вносили 100P160K240N (азот в четыре приема по 60 кг/га). Почву рыхлили специально заточенными долотообразными лапами-растениепитателями через 45 см поперек склона на глубину 15 см. Здесь же оценивалась эффективность прерывистого дождевания на склонах. Ливневый дождь имитировался поливом ДДН-70. Замеры скорости движения воды были проведены также в 1980 и 1982 гг. в Калужской области в естественных условиях (в данном сообщении приведены выборочные, наиболее сравнимые и типичные результаты замеров).

Влияние лесополосы на урожайность люцерны и влажность почвы на склоне 4—4,2° изучали в Кировоградской области в 1975—1976 гг. [10]. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, урожайность — методом учетных деленок 2,5 × 4 м, расположенных по склону.

Эффективность прерывистого дождевания люцерны дождевальными шлейфами ДШ-25/300 устанавливали в 1981 г. в Ставропольском крае в колхозе «50 лет Октября». Под люцерну вносили 100P60NX6.

Водопроницаемость почвы определяли методом заливаемых малых площадей и полуизолированных колонн [7], водопрочность — по Н. И. Саввинову. В исследованиях применяли общепринятые методы [2, 5, 7, 13]. Более подробно методика и условия проведения опытов описаны в работах [8, 11].

Причины и последствия водной эрозии почвы

Под действием падающих капель дождя почва разбрызгивается и уплотняется, а водный сток смывает самый плодородный верхний ее слой [18]. В результате эродированные почвы в значительной степени отличаются по агрохимическим показателям от обычных почв (табл. 1).

Качество и размеры поверхностного стока в значительной степени зависят от уклона и интенсивности дождя [18]. Модельные опыты (табл. 2) свидетельствуют, что при увеличении интенсивности дождя (i) и размеров капель повышается не только сам сток, но и количество твердых частиц и солей, смываемых с полей. При одной и той же интенсивности дождя его отрицательное воздействие на почву возрастает по мере увеличения средней суммарной кинетической энергии (E). Чем крупнее капля, чем выше энергия дождя, тем быстрее разрушается структура почвы, тем больше ее разбрызгивается (табл. 2) [18]. Разбрызганная почва подхватывается нисходящим током воды, скорость которого повышается по мере увеличения уклона. При этом одновременно возрастает гидравлическое трение между стоком и почвенными частицами, что ускоряет разрушение последних, обуславливая эрозионные процессы.

Из табл. 2 видно, что при увеличении энергии дождя в 1,8 раза количество смывтой почвы возросло в 1,6—5,6 раза. При одновременном увеличении интенсивности дождя в 3,3 раза, а его кинетической энергии

Таблица 2

Показатели стока с полосы 150 м на пашне (в числителе) и в посевах люцерны 3-го года пользования (в знаменателе) при разных интенсивности (i), средней кинетической энергии (E) и размерах капель (d) дождя в зависимости от крутизны склона

Установки и их количество	Характеристика дождя			Коэффициент стока, %		Взвешенные частицы и соли в стоке, г/га		Смыто почвы, т/га	
	i	E^*	d	2°	4°	2°	4°	2°	4°

Кировоградская область, чернозем обыкновенный; НВ в слое 0—50 см на склонах 2° и 4° 31,9 и 30,1 %; на пашне — 32,0 и 30,7 % по объему

КДУ-55М:

				<u>0,6</u>	<u>4,2</u>	<u>89</u>	<u>648</u>	<u>0,02</u>	<u>0,18</u>
1 шт.	0,12	150	0,2—1,5	0,0	0,7	0,0	60	0,0	0,0
				<u>1,2</u>	<u>8,2</u>	<u>190</u>	<u>1420</u>	<u>0,03</u>	<u>0,33</u>
2 шт.	0,24	150	0,2—1,5	0,2	1,6	10	134	0,0	0,01
				<u>10,2</u>	<u>28,3</u>	<u>1720</u>	<u>5610</u>	<u>1,13</u>	<u>2,47</u>
ДДН-70	0,4	750	0,6—3,7	0,2	5,0	30	908	0,01	0,24

КИ-50«Роса-3»:

				<u>1,6</u>	<u>9,0</u>	<u>270</u>	<u>1510</u>	<u>0,10</u>	<u>1,01</u>
1 шт.	0,21	412	0,6—3,9	0,1	1,4	12	152	0,0	0,03
				<u>3,4</u>	<u>19,8</u>	<u>580</u>	<u>3251</u>	<u>0,20</u>	<u>1,59</u>
2 шт.	0,42	412	0,6—3,9	0,2	3,0	26	338	0,01	0,07

Ставропольский край, чернозем обыкновенный солонцеватый; НВ во всех случаях 31,9—32,1 %. Полив пашни при 70 % НВ

				<u>0,9</u>	<u>60</u>	<u>344</u>	<u>1602</u>	<u>0,05</u>	<u>0,30</u>
КДУ-55М, 1 шт.	0,12	150	0,2—1,5	0,1	0,09	134	230	0,0	0,01
				<u>2,4</u>	<u>13,6</u>	<u>815</u>	<u>3290</u>	<u>0,18</u>	<u>1,65</u>
КИ-50«Роса-3», 1 шт.	0,21	412	0,6—3,9	0,2	2,0	126	497	0,02	0,08
Дождевальная установка ДШ-25/300 КД-10 «Тимирязевец»	0,16	125	0,2—1,5	0,9	5,4	282	1405	0,03	0,17
				0,1	0,7	109	211	0,0	0,01

* По [14].

Накопление гумуса в почве и ее водопрочность (в среднем по 8 образцам)
под посевами многолетних трав и пропашных культур

Место отбора образцов и тип почвы	Пропашные и овощные культуры (4 года подряд и более)		Многолетние травы 3-го и 4-го годов пользования или луг	
	гумус, %	водопрочность, %	гумус, %	водопрочность, %
Ростовская обл., пойма р. Тихая, чернозем луговой	3,39	35—47	4,51	46—52
Кировоградская обл., пойма р. Бешка, чернозем луговой	3,61	39—54	4,03	48—59
Кировоградская обл., чернозем обыкновенный	4,46	24—58	4,52	
Ставропольский край, чернозем обыкновенный, солонцеватый	5,97	24—32	6,18	31—40
Калужская обл., дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы	1,78	30—52	1,82	44—50

в 5 раз масса перемещенных частиц увеличилась в 16 раз [14], количество смытой почвы в нашем опыте — в 14—56 раз.

Другими факторами, влияющими на эрозионные процессы, являются водопроницаемость и водопрочность почвы и грунтов. Чем выше водопроницаемость и меньше интенсивность дождя, тем менее вероятно появление поверхностного стока и водной эрозии.

На засоленных слабопроницаемых почвах поверхностный сток больше, чем на хорошо проницаемых (табл. 2). У засоленных почв слабая водопрочность. При их увлажнении наблюдается пептизация почвенных коллоидов, в результате чего почва приобретает текучесть [6, 11], т. е. в этом случае смываются не только твердые частицы, но и гелеобразные коллоиды, а в стоке увеличивается количество взвешенных частиц и солей (табл. 2).

Водопрочность почвы зависит от многих факторов, в том числе и от гумусированности, которая повышается при возделывании трав [11] (табл. 3).

Водопроницаемость почвы изменяется в зависимости от энергии дождя. Чем больше последняя, тем быстрее разрушается структура почвы, сильнее идет уплотнение (рис. 1). Под действием осадков протраивания между структурными образованиями заполняются разбрызганной и размытой почвой, т. е. уменьшается общая скважность [11]. Под многолетними травами, защищающими почву от воздействия пада-

ющих капель, водопроницаемость почвы в меньшей степени зависит от энергии дождя. По мере насыщения почвы водой водопроницаемость ее уменьшается. Поэтому при увеличении интенсивности, средней кинетической энергии и

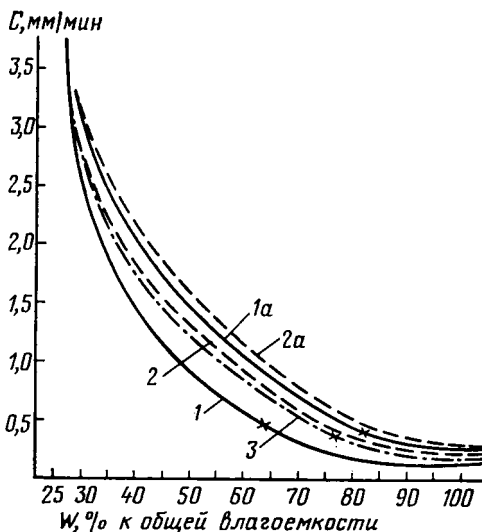


Рис. 1. Изменение скорости (C) впитывания воды почвой в зависимости от ее влажности (W) при поливе разными дождевателями и поливной норме $350 \text{ м}^3/\text{га}$.

1 и 1а — ДДН-70 ($i=0,41 \text{ мм/мин}$; $E=750 \text{ Дж/м}^2$) соответственно на пашне и в посеве люцерны; 2 и 2а — «Роса-3», 1 шт. ($i=0,21 \text{ мм/мин}$; $E=412 \text{ Дж/м}^2$) — на пашне и в посеве люцерны; 3 — «Роса-3», 2 шт. ($i=0,42 \text{ мм/мин}$; $E=412 \text{ Дж/м}^2$) на пашне.

продолжительности дождя значительно возрастает вероятность поверхностного стока и водной эрозии. Если же интенсивность дождя не изменяется, а энергия его увеличивается (ДДН-70), то сток возникает раньше (на рис. 1 отмечено звездочкой). При одной и той же энергии и структуре дождя увеличение его интенсивности в 2 раза не влияет на характер изменения водопроницаемости почвы. Однако при меньшей интенсивности дождя вода успевает впитаться в почву, что обуславливает отсутствие стока при поливе одним аппаратом «Роса-3».

Таким образом, для предотвращения поверхностного стока и водной эрозии необходимо замедлить скорость движения воды по склону, увеличить водопроницаемость и водопрочность почвы, защитить ее от воздействия падающих капель дождя. При орошении следует стремиться снизить кинетическую энергию и интенсивность дождя, размер его капель.

Многолетние травы и водная эрозия почвы

Важнейшим приемом закрепления почв на склонах является возделывание многолетних трав [4, 17, 18], благодаря чему увеличивается содержание гумуса [18] и тем самым повышается водопрочность почвенной структуры (табл. 3). Определенную роль в скреплении между собой микрочастиц почвы, вероятно, играют и корневые выделения трав.

Многолетние травы, развивая мощную корневую систему, скрепляют корнями почвенные агрегаты как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении (табл. 4). Растения, укрывая почву от прямого воздействия дождя, предохраняют ее от разбрызгивания, уплотнения и разрушения. Кроме того, травостой, особенно густой, резко снижает скорость движения водного стока по уклону [3, 4].

Следует отметить, что при большом стоке концентрация в нем солей и взвешенных частиц иногда меньше, чем при малом, однако общее количество смытых почвы, солей и взвешенных частиц всегда больше (табл. 2, 5).

Ранее нами было показано [8], что под бобово-злаковым травостоем накапливается больше корневых остатков и гумуса, чем под бобовым или злаковым. Бобово-злаковая травосмесь лучше задерживает поверхностный сток, снижая скорость движения водного стока [10], причем злаковые травы благодаря мочковатой корневой системе способствуют горизонтальному скреплению почвы, а бобовые — и вертикальному.

Следует подчеркнуть, что под многолетними травами водопроницаемость почвы меньше, чем под пропашными культурами. Важным приемом ее увеличения, а также повышения урожайности и густоты

Таблица 4

Накопление корневой массы в слое 0—30 см и действие искусственного дождя на почву ($i=0,16$ мм/мин, $E=300$ Дж/м², поливная норма 600 м³/га, склон 2°. Ставропольский край, колхоз «50 лет Октября»)

Культура	Корни, ц воздушно-сухого в-ва на 1 га	Проективное покрытие почвы, %	Общая скважность, %		Количество разбрызганной почвы, т/га	
			до дождя	после дождя	вниз по склону	вверх по склону
Пашня без растительности	0	0	57,0	50,9	1,9	0,9
Кукуруза	45,9	64,4	53,7	50,1	1,4	0,6
Люцерна без орошения и удобрений	61,4	97,1	47,2	46,8	0,5	0,2
Люцерна при орошении и внесении 100Р60N×6	79,2	100,0	46,9	46,7	0,3	0,1
Озимая пшеница	51,0	85,3	49,2	47,4	0,7	0,4

Поверхностный сток при продолжительности дождевания ДДН-70 3 ч (в числителе)
и по 3 ч 2 раза с перерывом 1,5 ч (в знаменателе) в посевах многолетних трав
(Кировоградская обл., длина полосы 210 м, (=0,4 мм/мин,
исходная влажность почвы в слое 0—50 см 23—24 %)

Растительность	Общая скваж- ность, %	Исходная скорость филтра- ции, мм/мин	Склон 2—2,5°			Склон 4—4,5°		
			поверх- ностный сток, мм	содержание в стоке, мг/л		поверхностный сток, мм	содержание в стоке, мг/л	
				взвешен- ных ча- стиц	солей		взвешен- ных ча- стиц	солей
Выровненная све- жевспаханная поч- ва	57	18,5	$\frac{1,4}{17,8}$	$\frac{9,4}{26,5}$	$\frac{35,8}{30,9}$	$\frac{8,4}{28,5}$	$\frac{29,6}{75,0}$	$\frac{35,3}{30,3}$
Пашня, через 21 день	50	8,9	$\frac{2,9}{20,9}$	$\frac{9,0}{24,4}$	$\frac{33,1}{30,6}$	$\frac{12,3}{35,9}$	$\frac{20,7}{70,4}$	$\frac{34,8}{32,4}$
Овсяница луговая после 1 укоса	45	5,4	$\frac{1,4}{17,8}$	$\frac{7,0}{6,6}$	$\frac{25,8}{22,0}$	$\frac{11,0}{28,0}$	$\frac{9,2}{18,9}$	$\frac{24,0}{21,1}$
Люцерна перед 1 укосом	45	5,7	$\frac{1,3}{12,8}$	$\frac{6,9}{6,4}$	$\frac{27,3}{21,2}$	$\frac{7,5}{24,3}$	$\frac{9,9}{25,3}$	$\frac{26,1}{20,8}$
Овсяница луговая перед 1 укосом	45	5,8	$\frac{1,2}{10,0}$	$\frac{7,0}{6,0}$	$\frac{25,8}{20,6}$	$\frac{6,0}{19,6}$	$\frac{9,0}{18,2}$	$\frac{24,1}{19,6}$
Люцерно-злаковая смесь без орошения и удобрений	45	5,9	$\frac{1,0}{12,3}$	$\frac{6,9}{6,4}$	$\frac{25,6}{21,2}$	$\frac{7,5}{24,3}$	$\frac{9,9}{25,3}$	$\frac{26,2}{20,8}$
То же с рыхле- нием на 15 см че- рез 45 см	51	5,9	$\frac{0,9}{8,7}$	$\frac{6,8}{5,6}$	$\frac{26,3}{25,0}$	$\frac{5,0}{12,6}$	$\frac{9,0}{18,0}$	$\frac{26,0}{24,9}$
То же с рыхле- нием и одновре- менным внесением НРК на 15 см	51	7,7	$\frac{0,5}{6,3}$	$\frac{6,7}{5,0}$	$\frac{27,4}{26,0}$	$\frac{3,0}{10,3}$	$\frac{6,0}{18,0}$	$\frac{26,5}{25,1}$

стояния многолетних трав является щелевание [10, 11] или рыхление почвы долотообразными рабочими органами поперек склона через 45 см с внесением удобрений на глубину 15 см. При этом не только снижаются размеры поверхностного стока, но и замедляется эрозия почвы (табл. 5).

Исследованиями, проведенными нами в Нечерноземной зоне, в Кировоградской и Ростовской областях, Ставропольском крае [8, 11], установлено, что комплексное применение мелиоративных и агротехнических приемов не только повышает урожайность надземной части многолетних трав, но и увеличивает густоту травостоя, его корневую массу, улучшает водно-физические и агрохимические свойства почвы, что в результате способствует замедлению водной эрозии (табл. 2—9). Более того, многолетние травы способствуют очищению водного стока и тем самым предохраняют реки, ручьи и пруды от загрязнения (табл. 2—6).

Важным приемом борьбы с водной эрозией и образованием оврагов в Нечерноземной зоне является сохранение естественной растительности на склонах (табл. 6) и создание защитных водопоглощающих древесно-кустарниковых полос [10, 17], а также посев многолетних трав.

В Нечерноземной зоне на сильнокислых малогумусных почвах, расположенных на террасах рек и приовражных участках, где основным компонентом травостоя является белоус торчащий (*Nardus stricta* L.), разрушение травянистого покрова часто ведет к образованию оврагов. Достаточно проехать автомобилю по сырой почве, и образуется колея, которая нередко превращается в овраг. Плохо зарастают колеи и ого-

Поверхностный сток на участках с разной растительностью при $i=0,06$ (а) и $i=0,11$ мм/мин (б) и продолжительности дождя 90—100 мин (Калужская обл., 1980 г., влажность почвы не опускалась ниже 80 % НВ)

Растительность на участке склона 4—4,5°, длина полосы 200 м	Скорость потока в конце наблюдений, м/мин		Содержание солей и взвешенных частиц, %		Поверхностный сток, мм		Смыв почвы, т/га	
	а	б	а	б	а	б	а	б
Пашня, супесчаные почвы	11,5	27,9	42	49	0,2	1,2	0	0,03
Пашня, среднесуглинистые почвы	17,9	28,4	22	53	0,7	2,5	0,02	0,04
Белоусовый травостой, почвы среднесуглинистые	3,7	10,2	20	25	0,4	2,2	0	0,01
Клевер, почвы среднесуглинистые	3,8	10,5	22	28	0,5	2,0	0,01	0,08
Клеверо-злаковый травостой, почвы среднесуглинистые	3,6	8,9	21	27	0,4	1,7	0	0,04
Тимофеевка луговаяН-овсяница луговая, почвы среднесуглинистые	3,6	7,0	21	27	0,4	1,9	0	0,03

ленные места на склонах в лесостепной и степной зонах из-за недостатка влаги.

Для улучшения влагообеспеченности многолетних трав на склонах необходимо предпринимать все меры по задержанию снега, талых вод и осадков, перевести поверхностный сток в грунтовый, внутрипочвенный [1,3, 12, 17, 18]. Кроме того, на склонах можно организовать такое орошение, которое не только не усиливает эрозию, но и предотвращает ее, способствуя хорошему развитию многолетних трав [11].

Некоторые исследователи для задержания влаги и уменьшения эрозии на склонах рекомендуют проводить лункование, валкование, гребневую вспашку, бороздование и т. д. [3]. Однако данные, полученные в других опытах [5, 16, 18], свидетельствуют о том, что ни один из этих приемов не дает ожидаемого эффекта, а зачастую они даже усиливают эрозию, так как при выпадении ливневых дождей борозды и гребни

способствуют образованию линейных водотоков [18], по которым вода собирается в понижения, где в результате сильного стока образуются овраги. Помимо того, в производственных условиях невозможно провести бороздование, валкование или гребневую вспашку точно по горизонталям. Валки и борозды будут всегда располагаться под некоторым углом к горизонталям, что неизбежно усиливает сток. Об этом свидетельствует и производственный опыт колхоза «Октябрь» Кировоградской области. Там ливневые дожди в мае 1974 г. на участках, где кукуруза и сахарная свекла были посеяны поперек склона, нанесли большой ущерб, чем на массивах с расположением рядков вдоль по уклону. Во втором случае сток распределялся более равномерно и бурных водотоков не образовывалось. Наимень-

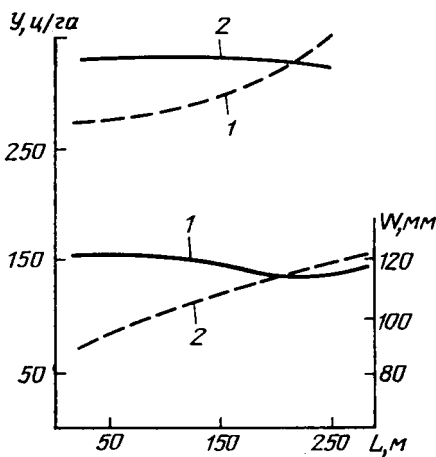


Рис. 2. Изменение содержания воды в слое почвы 0—50 см вниз по склону 4—4,5° и сбор зеленой массы люцерны (Y) за 3 укоса на участках без лесополосы (1) и с лесополосой (2). Опыт 1974 г., конец апреля.

шее количество смытой почвы было при направлении рядков под углом к горизонталям, когда рядки располагались с уклоном не более 0,005. В таких случаях исключаются переполнение междурядий водой и перетекание ее из одной борозды в другую. При данном уклоне вода медленно (0,12—0,30 м/с) движется по бороздам, не вызывая эрозии почвы.

Наиболее надежным приемом уменьшения водной эрозии, перевода поверхностного стока в почву и увеличения за счет этого влагообеспеченности посевов является организация лесопосадок [1, 3, 10, 12, 17, 18]. Как видно на рис. 2, лесополоса способствует увеличению в 1,2—1,4 раза влажности почвы на участках, расположенных ниже по склону; то же можно сказать и об урожайности трав (рис. 2).

К важным приемам улучшения роста многолетних трав на склонах относится обработка почвы долотообразными органами через 45 см на глубину 15 см с одновременным внесением удобрений. Этот прием улучшает поглощение и задержание влаги почвой и растительностью. Поскольку поверхность склонов быстро высыхает, то поверхностное внесение удобрений в этих условиях малоэффективно, более того, возникает опасность их смывания. Внесение удобрений на глубину 15 см в 1,2—1,5 раза эффективнее поверхностного (табл. 7, 8, 9).

При использовании орошения для улучшения роста многолетних трав главным условием при дождевании являются низкие интенсивность и кинетическая энергия дождя, что достигается при мелкодисперсном и аэрозольном орошении, подземном увлажнении и прерывистом дождевании.

Таблица 7

Эффективность способов внесения удобрений и прерывистого дождевания в посевах многолетних трав в зависимости от крутизны склона (Кировоградская обл., в среднем за 1975—1976 гг., в числителе — полив ДДН-70, в знаменателе — КИ-50)

Способ внесения удобрений	Сбор сухого вещества, ц/га		Прибавка сухого вещества, кг			
			на 1 м ² поливной воды		на 1 кг НРК	
	2—2,5°	4—4,5°	2—2,5°	4—4,5°	2—2,5°	4—4,5°
Без орошения						
Без удобрений	60,1	54,5	—	—	—	—
	66,2	56,9	—	—	—	—
НРК поверхностно	66,2	56,8	—	—	1,22	0,58
НРК одновременно с рыхлением на глубину 15 см через 45 см поперек склона	69,1	62,8	—	—	1,00	1,66
Полив до появления стока; оросительная норма на склонах 2 и 4° для ДДН-70 3900 и 4070 м ³ /га, для КИ-50—3810 и 3920 м ³ /га						
Без удобрений	88,1	78,0	0,72	0,57	—	—
	89,7	80,1	0,79	0,65	—	—
НРК поверхностно	115,9	98,4	1,30	1,02	5,56	4,08
	117,0	100,5	1,33	1,11	5,66	4,08
НРК одновременно с рыхлением	128,9	109,7	1,48	1,15	7,76	6,52
	128,4	112,9	1,56	1,28	7,72	6,56
Прерывистое дождевание для поддержания влажности в слое 0—70 см 80—100 % НВ, поливная норма 400—450 м ³ /га, оросительная — на склонах 2 и 4° для ДДН-70 3820 и 3920 м ³ /га, для КИ-50 — 3700 и 3860 м ³ /га						
Без удобрений	99,2	82,3	0,79	0,71	—	—
	91,0	83,9	0,74	0,76	—	—
НРК поверхностно	116,8	104,6	1,59	1,19	5,32	4,46
	118,69	104,0	1,61	1,22	5,58	4,02
НРК одновременно с рыхлением	131,8	121,3	1,64	1,50	8,01	7,80
	134,2	125,9	1,70	1,63	8,64	8,40

Поверхностный водный сток после поливов в посевах многолетних трав с помощью ДДН-70 на склонах крутизной 2—2,5° (в числителе) и 4—4,5° (в знаменателе) в модельном опыте (Кировоградская обл.; $I=0,4$ мм/мин, $t=40$ мин)

Способ внесения удобрений	Количество по- бегов на 1 м ²	Воздуш- но-сухая масса корней, ц/га	Водный сток, мм	Содержание в 1 л стока, мг			
				взвешен- ных ча- стиц	N	PO ₄ ³⁻	K ⁺
Без орошения							
Без удобрений и рыхле- ния	720	60,0	4,7	40,2	7,9	3,4	6,0
	703	59,0	6,1	46,1	8,0	3,0	6,0
НРК поверхностно	840	64,3	4,0	40,3	9,4	4,0	7,0
	824	62,1	5,6	44,4	9,9	4,1	7,0
НРК одновременно с рых- лением на 15 см	906	66,7	3,4	39,1	9,2	3,0	6,0
	961	64,2	5,0	40,3	9,5	2,9	6,2
Полив до появления стока (малая норма)							
Без удобрений и рых- ления	803	73,5	4,3	38,5	6,1	3,0	6,0
	780	70,2	5,7	44,9	6,0	3,2	5,9
НРК поверхностно	930	77,4	3,2	37,6	8,5	4,0	7,2
	900	76,8	4,9	41,5	8,0	3,8	6,7
НРК одновременно с рыхлением	984	79,7	3,0	35,4	6,2	3,6	6,0
	956	78,5	4,2	38,4	6,3	3,5	6,1
Прерывистое дождевание для поддержания влажности почвы в слое 0—70 см в пределах 85—100 % НВ							
Без удобрений и рыхле- ния	839	74,0	4,0	36,5	5,5	2,8	5,0
	808	71,4	5,6	43,1	5,4	2,8	5,0
НРК поверхностно	956	77,6	3,0	34,5	8,0	4,0	6,5
	932	78,0	4,3	34,6	7,6	4,4	6,0
НРК одновременно с рыхлением	1024	80,1	2,6	30,9	5,0	3,2	4,9
	980	80,4	3,8	32,0	5,1	3,1	4,7

Примечание. В вариантах с применением КИ-50 значения рассматриваемых, показателей были практически такими же, но в случае полива до стока размеры стока и эрозия почвы — несколько меньше.

Наиболее доступным и дешевым способом орошения на склонах в настоящее время является прерывистое дождевание. Такой полив успешно осуществляется поливным комплектом КСИД «Коломна-2».

Прерывистое дождевание пахотных земель можно применять даже на склонах крутизной более 0,05 (4—6°), увеличивая продолжительность такта «отдых» и уменьшая такт «полив». В этом случае возможно применение и других поливных машин и систем (комплект «Радуга» К.И-50, или «Сигма-50Д», или при оборудовании оросительной сети дождевателями типа ДД-30 и др.), если поочередно включать и отключать дождевательные аппараты либо целые их звенья.

Исследования [8—11] свидетельствуют, что оптимальным режимом орошения во время отрастания трав в Кировоградской области является поддержание влажности почвы в слое 0—70 см в пределах 85—100 % НВ, а в Ставропольском крае — этой же влажности в слое 0—50 см (поливная норма 450—500 м³/га). На склонах выдать такое количество воды за один прием нельзя, поэтому необходимо применять прерывистое дождевание (табл. 7—10). Если же поливать до появления стока, то глубина промачивания оказывается недостаточной — менее 15—20 см [8]. Для поддержания влажности почвы в этом слое не ниже 75—85 % НВ приходится проводить частые поливы нормами 100—120 м³/га, не более, что не всегда рентабельно и осуществимо в произ-

Вынос почвы и питательных веществ с поверхностным стоком, вызванным дождем при $i=0,41$ мм/мин и $t=40$ мин, в посевах многолетних трав на склонах крутизной 2—2,5° (в числителе) и 4—4,5° (в знаменателе) в модельном опыте (Кировоградская обл.)

Способ внесения удобрений	Смыв почвы, т/га	Взвешенные частицы	N	PO ₄ ³⁻	K ⁺
Без орошения					
Без удобрений	1,99	1889	369	159	282
	3,97	2802	486	183	366
НРК поверхностно	1,80	1612	376	160	280
	3,67	2486	504	230	392
НРК одновременно с рыхлением на 15 см	1,53	1340	313	102	204
	2,33	2015	475	145	310
Полив до появления стока					
Без удобрений	1,70	1655	262	129	258
	3,75	2549	342	182	336
НРК поверхностно	1,36	1203	296	128	230
	3,10	1660	392	186	335
НРК одновременно с рыхлением	1,26	1062	186	108	180
	2,82	1613	265	147	256
Прерывистое дождевание для поддержания влажности почвы в слое 0—70 см в пределах 85—100 % НВ					
Без удобрений	1,55	1460	220	112	200
	3,67	2414	302	157	230
НРК поверхностно	1,27	1035	240	120	195
	2,85	1488	327	189	258
НРК одновременно с рыхлением	1,13	803	130	82	127
	2,61	1216	194	118	179

Примечание В данном случае количество смывтой почвы нельзя считать абсолютной величиной эрозии, так как оно определялось на полосе 40 м. Чем уже полоса, тем больше этот показатель в пересчете на 1 га.

водственных условиях. При неглубоком промачивании и малых нормах полива увеличивается физическое испарение воды не только из почвы, но и при дождевании в воздухе [8, 9]. Кроме того, в случае срыва очередного обязательного полива резко уменьшается урожайность трав и снижается эффективность орошения, так как у растений в этих условиях формируется поверхностная корневая система [8, 9]. Поскольку опасность нарушения графика поливов, скорость и глубина высыхания на склонах больше, чем на горизонтальных участках, глубокое промачивание в первом случае дает даже больший эффект, чем в последнем [10, 11]. Поэтому прерывистое дождевание на склонах можно считать важнейшим резервом повышения урожайности трав и эффективным приемом борьбы с эрозией почвы [8—11].

Как видно из табл. 7, чем меньше энергия и интенсивность дождя, тем глубже промачивается почва за 1 раз и тем больше может быть разовая норма воды. Поэтому при поливе до стока в варианте с КИ-50 урожайность и густота трав были больше, чем при поливе ДДН-70, особенно на склоне большей крутизны.

Количество смен тактов «полив» и «отдых» (в числителе)
и разовая норма полива (мм, в знаменателе) при прерывистом дождевании
в зависимости от уклона и механического состава почвы (поливная норма 450—500 м³/га)

Дождеватель	Тяжелый суглинок			Средний суглинок			Супесчаные почвы		
	2—4°	4—6°	6—8°	2—4°	4—6°	6—8°	2—4°	4—6°	6—8°
КД-10 «Тимирязевец»	3—5 15—10	5—8 10—6	8—11 6—4	2—3 22—15	3—5 15—10	5—10 10—5	1—2 50—22	1—4 45—11	3—5 15—9
КДУ-55М	2—4 22—11	4—7 11—7	7—10 7—5	1—2 45—22	2—4 22—11	4—8 11—6	1—1 50—45	1—3 45—15	3—5 15—10
КИ-50 «Роса-3» и ДД-30	4—6 11—80	6—9 8—5	9—13 5—4	3—4 15—11	4—6 11—8	6—31 8—4	2—3 22—15	2—5 22—10	4—6 11—80
ДДН-70	8—9 8—5	— —	— —	5—7 10—7	— —	— —	3—5 15—9	5—8 9—6	— —
Соотношение про- должительности такта «полив» и такта «отдых»	1:2	1:3	1:3	1:1	1:2	1:2	1:1	1:1	1:1

Результаты исследований свидетельствуют, что при внесении удобрений увеличиваются густота травостоя и масса корней. Все это способствует сокращению водного стока, уменьшению содержания в нем ила и замедлению эрозии почвы. Однако поверхностное внесение удобрений повышает содержание их в стоке, что приводит к загрязнению рек и водоемов (табл. 8—9). Орошение способствует более полному использованию удобрений, а следовательно, и предотвращению смыва элементов питания. Это же обеспечивается и при локальном внесении удобрений одновременно с рыхлением на глубину 15 см поперек склона. Наибольший эффект от удобрений достигается при прерывистом дождевании, когда глубина промачивания почвы составляет не менее 50 см. Чем больше крутизна склона, тем быстрее высыхает почва, тем более эффективны указанные приемы (табл. 7—9). На склонах коэффициент водопотребления трав в 1,2—1,5 раза выше, чем на горизонтальных участках. Это объясняется не только более быстрым испарением влаги, но и тем, что почвы на склонах беднее, чем на горизонтальных участках. При увеличении уклона водно-физические свойства почвы ухудшаются. Из-за этого, а также вследствие быстрого испарения влаги снижается и эффективность удобрения (табл. 7).

При прерывистом дождевании и локальном внесении удобрений (на глубину 15 см поперек склона через 45 см) увеличивалось содержание азота в растениях, повышались сбор сырого протеина и коэффициенты использования удобрений [11]. В этих условиях наблюдалось и самое экономное использование поливной воды. С увеличением крутизны склона эффективность указанных приемов возрастала, но особенно она была высока на тяжелых и засоленных почвах.

В последнее время на кафедре луговодства ТСХА в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории технологии и механизации орошения сенокосов и пастбищ разработаны дождевальные шлейфы с попеременным переключением дождевальных аппаратов типа «Тимирязевец» КД-10. Для прерывистого дождевания на оросительных системах можно применять и обычные дождевальные шлейфы ДШ-25/300 и ДШК-20/600, обеспечив попеременное включение их в работу. Так как ДШ-25/300 — полустационарная система, полив ведется позиционно. На перемещение установки с позиции на позицию в целом затрачивается 0,5—0,6 чел.-ч на 1 га, а на переключение шлейфов без перемещения — не более 0,2 чел.-ч/га. Указанные затраты времени не зависят от нормы полива. Поэтому на склонах выгоднее проводить прерыви-

стое дождевание, чем полив до стока с последующим перемещением шлейфов на новую позицию [11]. Трассы движения шлейфов должны располагаться по горизонтали или под небольшим углом к ним так, чтобы уклон колеи, оставляемой трактором-буксировщиком, не превышал 0,01.

На основе полевых опытов и наблюдений были выполнены расчеты разных схем прерывистого дождевания в зависимости от крутизны склона и механического состава почвы (табл. 10). Продолжительность такта «полив» уменьшается от начала орошения к его окончанию, соответственно изменяется и разовая доза воды.

На склонах крутизной более 4° применение ДДН-70 нецелесообразно, поскольку поливная норма составляет менее 50 м³/га. Следует отметить, что без перемены позиции ДДН-70 из-за простаивания 50 % и более рабочего времени использовать для прерывистого дождевания невыгодно, а при переездах в посевах образуются большие колеи, что на склонах недопустимо.

Выводы

1. Эрозия почвы на склонах усиливается по мере увеличения их крутизны, продолжительности, интенсивности и кинетической энергии дождя, повышения солонцеватости, уменьшения водопрочности и водопроницаемости почвы.

2. Выращивание многолетних трав и факторы, увеличивающие их урожайность, способствуя улучшению водно-физических свойств почвы, снижению скорости водного тока по склону, препятствуют водной эрозии склоновых земель. К таким факторам относятся правильное орошение, щелевание или рыхление долотообразными органами поперек склона с одновременным внесением удобрений, создание водопоглотительных лесополос.

3. Бобово-злаковые травосмеси лучше защищают почву от эрозии, чем однокомпонентные травостои или однолетние, и особенно пропашные культуры.

4. Водопоглотительные лесополосы преобразуют поверхностный сток в грунтовый, внутрипочвенный, благодаря чему в 1,1—1,2 раза повышается урожайность трав, расположенных ниже по склону. На склоне 4—4,5° лесополоса шириной 20—30 м полностью задерживает поверхностный сток с полосы шириной 250 м.

5. Прерывистое дождевание с целью глубокого промачивания почвы без стока и поддержания влажности в слое 0—70 см в пределах 85—100 % НВ, а также одновременное рыхление и внесение удобрений на глубину 15 см через 45 см поперек склона при его крутизне 4—4,5° позволяют в большей мере увеличивать урожайность многолетних трав, чем поверхностное внесение удобрений и полив до стока (в нашем опыте соответственно до 121—126 и 110—113 ц сухого вещества с 1 га против 52 ц в контроле). При прерывистом дождевании снижаются затраты на полив, поскольку уменьшается количество перемещений дождевательных установок с позиции на позицию. Прерывистое дождевание многолетних трав и локальное внесение удобрений на глубину 15 см, рыхление долотообразными органами поперек склона через 45 см замедляют водную эрозию почвы, повышают эффективность использования воды и элементов питания растениями. Чем больше уклон, тем выше эффективность указанных приемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванин Д. Е., Рожков А. Г., Здорнов дев И. П. и др. Методика обоснования мероприятий по защите почв от водной эрозии. — В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 3—23.
2. Воробьев С. А., Егоров В. Е. и др. Практикум по земледелию. М.: Колос, 1967. — 3. Воробьев С. А., Егоров В. Е. Земледелие. М.: Колос, 1972. — 4. Гавриленко Л. Н., Гусаров В. Г. Дифференцированное применение агротехнических противозерозийных приемов. —

В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 102—107. — **5.** Кауричев И. С. Практикум по почвоведению. М.: Колос, 1973. — **6.** Кауричев И. С. Почвоведение. М.: Колос, 1975. — **7.** Качинский Н. А. Физика почвы. Ч. II. Водно-физические свойства и режимы почв. М.: Высшая школа, 1970. — **8.** Кобозев И. В. Водный и пищевой режим люцернового и люцерно-злакового травостоя при орошении и удобрении. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 6, с. 37—49. — **9.** Кобозев И. В. Продуктивность люцерны и люцерно-злакового травостоя при орошении и разных способах внесения удобрений. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 2, с. 44—45. — **10.** Кобозев И. В. Влияние агротехнических факторов на состояние сельскохозяйственных угодий в поймах малых и средних рек Нечерноземной зоны (на примере рр. Ресета и Велье). — Изв. ТСХА, 1985, вып. 4, с. 41—50. — **11.** Кобозев И. В. Орошение и удобрение люцерны, возделываемой на склонах. — Земледелие, 1985, № 4, с. 47—49. — **12.** Кузнецов В. Ф. Противозерозионное содержание почвы в междурядьях сада на скло-

нах. — В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 190—195. — **13.** Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968. — **14.** Сластухин В. В., Галрилица А. О. Воздействие искусственного дождя и атмосферных осадков на поверхность водосбора. — В сб.: Гидрология малых водосборов Молдавии. Кишинев-АН МССР, 1975. — **15.** Сурмач Г. П. Обоснование мероприятий по задержанию стока ливневых и талых вод. — В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 42—55. — **16.** Сурмач Г. П., Барабанов А. Т. Роль микрорельефа пашни на серых лесных почвах центральной лесополосы. — В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 93—102. — **17.** Федотов В. С., Германюк Д. Д., Сахаров В. М. Эффективность комплекса противозерозионных приемов в центральной зоне Молдавии. — В сб.: Водная эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1977, с. 48—55. — **18.** Шведас А. И. Закрепление почв на склонах. Л.: Колос, 1974.

Статья поступила 9 января 1987 г.

SUMMARY

The data on the effect of artificial rainfall produced by different machines, of different irrigation and fertilization techniques, forest strips, and different crops on water erosion on slopes are presented. The reasons and the results of water erosion are shown, and measures for reducing natural and irrigational soil erosion are proposed