

УДК 633.2.03(470.31):[631.432.2+631.674

ОРОШЕНИЕ СЕЯНЫХ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СКЛОНОВЫХ УЧАСТКАХ

Б. Б. ШУМАКОВ, Н. Н. ДУБЕНОК
(Кафедра мелиорации и геодезии)

Под кормовые культуры в Нечерноземной зоне РСФСР используется значительная доля пахотных земель — 25—40 % [4]. Однако потребности животноводства в кормах все еще удовлетворяются не в полной мере, что во многом определяется низкой урожайностью кормовых культур из-за неудовлетворительного мелиоративного состояния земель, недостатка влаги в почве, особенно в засушливые периоды (нередкие в этой зоне), относительно высокой температуры воздуха и почвы [1, 6, 8]. Все это свидетельствует о возрастающей роли орошаемых сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне.

Большинство массивов кормовых угодий в зоне расположено на склоновых участках, на которых не всегда можно применять имеющиеся рекомендации по режимам орошения и технологии дождевания, разработанные для равнинных условий, поскольку на этих землях часто наблюдается проявление эрозионных процессов.

Наиболее эффективно защищают склоновые земли от водной эрозии многолетние травы [3, 6, 7—9]. Поэтому залужение и орошение их являются важными мероприятиями, направленными на защиту почвы от эрозии и укрепление кормовой базы.

Создание орошаемых культурных сенокосов и пастбищ на склоновых землях в Нечерноземной зоне РСФСР требует решения ряда важных вопросов. При проектировании таких угодий и разработке научно обоснованных режимов орошения многолетних трав особенно важно иметь данные об основных статьях водного баланса по длине склона.

Цель нашей работы — исследовать динамику влажности почвы по длине склона с учетом климатических, рельефных и гидрологических условий, разработать режим орошения сеяных многолетних трав на склоновых участках в Нечерноземной зоне для лет с различной обеспеченностью влагой и теплом.

Условия и методика исследований

Исследования проводили в учхозе Тимирязевской академии «Дружба» Ярославской области в 1977—1980 гг. Длина опытного участка 250 м, склон южной экспозиции, уклон 0,04—0,06°. В расчетном слое почвы 0—40 см порозность 44—48 %, ВЗ — 11 %, НВ — 27 %. Плотность твердой фазы в верхней части склона 2,43—2,47 г/см³, в середине и у основания — 2,60 г/см³, плотность сложения — соответственно 1,15—1,23 и 1,30—1,40 г/см³. Мощность гумусового горизонта на верхнем участке склона 23 см, в середине — 26 и у основания — 32 см. Бобово-злаковую травосмесь высевали поперек склона на всех трех указанных его частях.

Схема опыта следующая: контроль (без орошения) и три варианта орошения при нижнем пороге влажности — 70—75, 75—80 и 80—85 % НВ. Норма минеральных удобрений во всех вариантах — 110N90P120K.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в течение вегетации в слое 0—100 см через 10 см подекадно, а также перед поливом и после него. Орошение проводили с помощью установок ДДН-70 и КИ-50.

Для определения режима орошения использовали водобалансовые расчеты. Приходно-расходные составляющие вычисляли по уравнению

$$\Delta W + \alpha P + M + E_{зр} \pm q - E = 0, \quad (1)$$

где ΔW — изменение запасов влаги в расчетном слое почвы за расчетный период, мм; α — коэффициент использования атмосферных осадков; P — атмосферные осадки, мм; $E_{зр}$ — использование грунтовых вод, мм; $\pm q$ — водообмен с нижележащими горизонтами на глубине расчетного слоя почвы, мм; E — суммарное водопотребление, мм.

Максимальные размеры поливных норм m для вариантов с разными порогами влажности высчитывали по формуле А. Н. Костякова

$$m = Hd(\gamma_2 - \gamma_1), \quad (2)$$

где H — мощность расчетного слоя почвы, см; d — плотность почвы, г/см³; γ_2 — влажность в расчетном слое, соответствующая НВ; γ_1 — влажность в расчетном слое почвы при нижнем пороге влажности, % от сухой массы.

Оросительную норму M для многолетних трав, представляющую собой разность между суммарным водопотреблением травами и естественной влагообеспеченностью, определяли по уравнению

$$M = E_{\phi} - (\Delta W + \alpha P + E_{зр}), \quad (3)$$

где E_{ϕ} — суммарное водопотребление, мм; ΔW — запасы влаги в расчетном слое почвы за расчетный период, мм; αP — используемые атмосферные осадки за расчетный период, мм; $E_{зр}$ — подпитывание грунтовыми водами за расчетный период, мм.

Суммарное водопотребление мы рассчитывали по формулам, приведенным в [6, 7] за период с 1 мая по 30 сентября, используя при этом данные Переяславль-Залеской метеостанции за 36 лет:

$$E_{зрх} = 1,521 + 4,68 \quad (4)$$

$$E_{осн} = 1,44 T + 4,48, \quad (5)$$

где $E_{зрх}$ и $E_{осн}$ — суммарное водопотребление соответственно на вершине и у основания склона за декаду; T — среднесуточная температура воздуха за декаду; °С.

Подпитывание грунтовыми водами в основании склона определяли расчетным путем [2].

Результаты исследований

Запасы влаги на контрольном (неорошаемом) участке в начале вегетационного периода в расчетном слое почвы 0—40 см были близки к наименьшей влагоемкости.

На протяжении вегетационного периода влажность почвы значительно изменялась в зависимости от метеорологических условий. Так, в засушливом 1977 г. (осадков выпало на 80 мм меньше нормы) на верхнем участке в первой декаде июля она снизилась до 69 % НВ, в конце третьей декады июля — до 50 %, а в конце августа — до 35 %

НВ. Самая низкая влажность наблюдалась в начале второй декады сентября — 17,5 % НВ. Аналогичные ее изменения отмечены и в середине склона. У основания склона в начале июня и во второй декаде июля влажность в расчетном слое почвы составила 95—97 % НВ и только в третьей декаде августа снизилась до 70 %, а в конце первой декады сентября — до 50 % НВ, далее она повысилась в результате выпадения обильных осадков.

В связи с указанными различиями влажности по элементам склона в варианте с нижним порогом влажности 70—75 % НВ у основания склона достаточным оказался один полив нормой 35 мм, а в верхней части пришлось провести 4 полива общей оросительной нормой 124,4 мм (по 24,5—34,0 мм). В вариантах с нижним порогом влажности 75—80 и 80—85 % НВ по всей длине склона в этом же году количество поливов было на 1—2 больше, но оросительная норма существенно не изменялась.

На влажность почвы у основания склона значительно влияют грунтовые воды, уровень которых колебался от 0,6 до 2,0 м, а также оросительная вода, которая стекает с верхнего и среднего участков скло-

Таблица 1

Подпитывание грунтовыми водами расчетного слоя почвы
в основании склона на неорошаемом участке

Месяц	Средняя глубина грунтовых вод, см	Средняя влажность почвы, % от НВ	Фактическое испарение, м ³ /га	Подпитывание	
				м ³ /га	% от E
1977 г.					
Июль	85	87	698	232	33
Август	95	65	781	204	26
Сентябрь	110	60	388	85	22
1978 г.					
Май	85	90	510	190	37
Июнь	80	92	800	246	30
Июль	110	85	764	129	20
Август	70	100	852	230	27
Сентябрь	110	85	370	61	16
1979 г.					
Май	150	85	742	68	9
Июнь	170	60	754	16	2
Июль	170	77	792	10	1
Август	200	58	660	2	0,3
Сентябрь	140	63	384	82	21
1980 г.					
Май	60	90	485	254	52
Июнь	75	100	828	403	49
Июль	60	110	576	305	53
Август	110	95	449	104	23
Сентябрь	70	110	389	163	42

на. За июль—сентябрь 1977 г. подпитывание грунтовыми водами у основания склона составило 22—23 % суммарного водопотребления (табл. 1).

Во влажном 1978 г. (осадков выпало на 60 мм больше нормы) при сумме температуры на 256° меньше средней многолетней по всей длине склона до сентября в слое почвы 0—40 см влажность не опускалась ниже 75—80 % НВ, а у основания склона часто поднималась до 90—95 % НВ, причем в конце первой декады августа, после выпадения обильных дождей, она была равна 100—120 % НВ и только в середине сентября понизилась до 82 % НВ (рис. 1).

В верхней части и середине склона в первой декаде сентября влажность почвы снизилась до 70 % НВ.

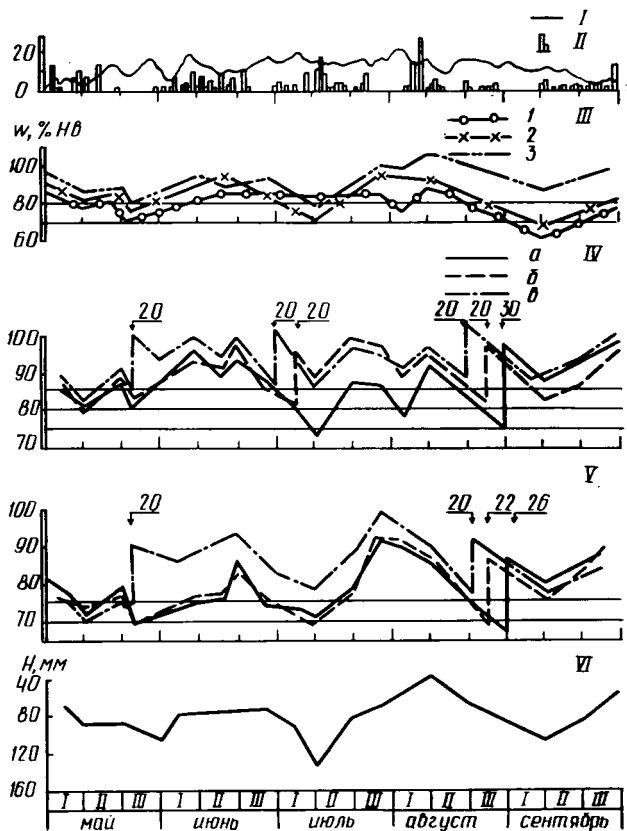


Рис. 1. Температура воздуха (I, °C), осадки (II, мм), влажность почвы в контроле (III) по частям склона и в вариантах с орошением в верхней (IV) и средней (V) частях склона, глубина грунтовых вод в основании склона (VI) в течение вегетационного периода 1978 г. 1 — верх склона; 2 — середина; 3 — основание; а — нижний порог влажности — 70—75 % НВ; б — 75—80; в — 80—85 % НВ; числа при стрелках — оросительные нормы.

Уровень грунтовых вод у основания склона в течение вегетационного периода в 1978 г. колебался от 0,5 до 1,4 м, подпитывание грунтовыми водами составило 17—37 % (табл. 1).

За весь период вегетации 1978 г. в верхней части склона был проведен один полив в конце первой декады июля, эффективность которого была снивелирована выпавшими дождями. Динамика влажности почвы при орошении не отличалась от контроля.

Вегетационный период 1979 г. был засушливым. В верхней части склона на контрольном участке влажность почвы в слое 0—40 см в середине мая составила 80 % НВ, а в конце мая снизилась до 55 % НВ. В следующем месяце осадков выпало мало и к концу июня значение этого показателя на том же участке снизилось до 20 % НВ, затем в начале июля благодаря выпавшим обильным дождям оно повысилось до 50 % НВ и оставалось на таком уровне до конца июля (рис. 2). В августе из-за отсутствия осадков запасы влаги сократились до 25 % НВ, но в сентябре прошли дожди и влажность почвы повысилась до 50 % НВ. Аналогичная картина на контрольном участке наблюдалась в середине склона (рис. 2).

Характер изменения данного показателя у основания склона оказался таким же, но абсолютные значения влажности почвы в среднем за вегетационный период были на 15—20 % выше. В конце июня и конце августа запасы влаги здесь снизились соответственно только до 55 и 50 % НВ.

Из-за низкого уровня грунтовых вод подпитывание ими составило 1—9 % суммарного водопотребления за вегетационный период (табл. 1). Чтобы ликвидировать дефицит влажности в верхней части склона, в этом году провели 7 поливов общей оросительной нормой 220 мм, в средней — 8 поливов при общей норме 256 мм, у основания склона — 5 поливов при норме 180,0 мм.

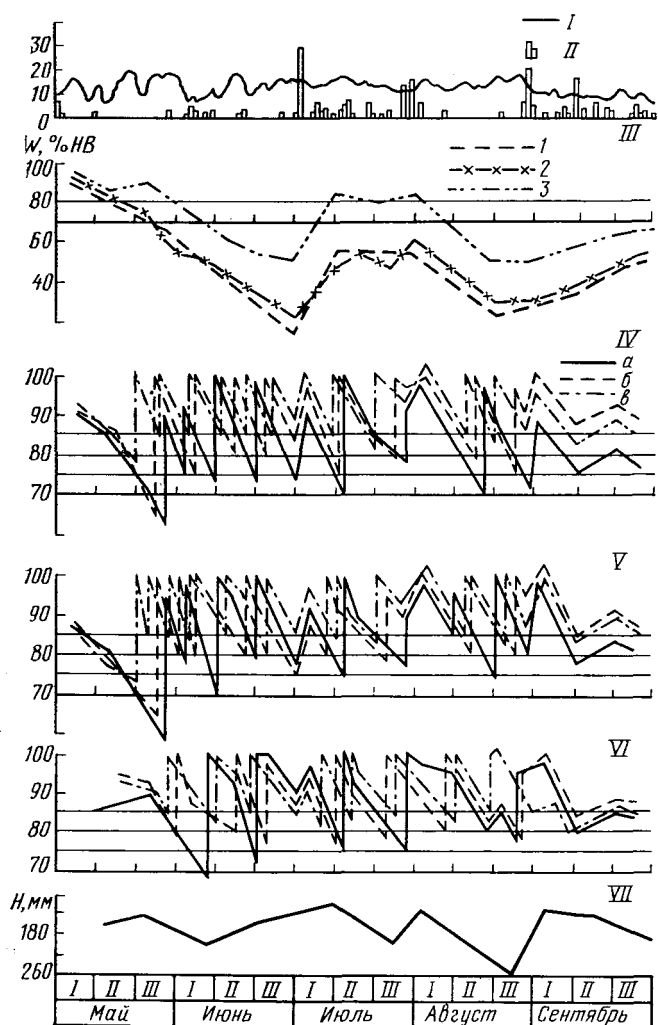


Рис. 2. Температура воздуха (I, °С), осадки (II, мм), влажность почвы в контроле (III) по частях склона и в вариантах с орошением в верхней (IV), средней (V) и нижней (VI) частях склона, глубина грунтовых вод в основании склона (VII).

Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Во влажном 1980 г. на контрольном участке в конце первой декады мая влажность расчетного слоя почвы по всей длине склона снизилась до 60 % НВ, но вследствие выпадения осадков в третьей декаде июня повысилась до 80 % НВ, а в конце первой декады июля по той же причине — до 92 % НВ. Только в середине августа отмечалось сокращение запасов влаги до 60—65 % НВ. В первой декаде сентября влажность вновь увеличилась и достигла 95 %, но к концу вегетации она уменьшилась до 80 % НВ.

У основания склона во всех вариантах в течение всего периода вегетации наблюдалась высокая влажность в расчетном слое почвы — 100—120 %. Только в середине августа она составляла 95 % НВ. Уровни грунтовых вод у основания склона колебались в пределах 0,5—1,2 м.

В этом году в варианте с нижним порогом влажности 70—75 % НВ в верхней и средней частях склона было проведено по одному поливу соответственно нормами 35 и 38 мм (табл. 2).

Из приведенных данных следует, что естественные осадки в отдельные годы и периоды не могут обеспечить оптимальный режим влажности в слое почвы 0—40 см. Поэтому оптимальные условия для растений приходится создавать с помощью искусственного дождевания.

В связи с изменением влажности почвы по длине склона и во времени изменяются, естественно, и расчетные поливные нормы. Из табл. 2 следует, например, что в 1977 г. оросительная норма в верхней части склона была больше, чем у основания, на 70 мм, а в 1979 г. — на 40 мм.

Количество поливов и оросительная норма (m , мм)
в годы исследований в разных частях склона

Нижний порог увлажненности, % НВ	Верх		Середина		Основание	
	количество поливов	m	количество поливов	m	количество поливов	m
	1977 г.					
70—75	4	124,5	3	105	2	52,0
75—80	5	110,0	5	113	2	60,0
80—85	6	108,0	6	100	3	61,5
	1978 г.					
70—75	1	30,0	1	22		
75—80	2	40,0	1	26		
80—85	3	57,0	2	38		
	1979 г.					
70—75	7	220,0	8	256	5	181,5
75—80	8	222,0	8	231	7	199,0
80—85	10	210,0	10	219	8	192,0
	1980 г.					
70—75	1	35,0	1	38		
75—80	2	40,0	2	40		
80—85	2	40,0	3	44		
	Среднее за 4 года					
70—75	102,	102,4		105,2		58,4
75—80		103,0		102,5		64,8
80—85		103,2		100,3		58,0

В средней части склона она была выше, чем у основания, на 75 мм. Следовательно, подтверждается тот факт, что водопотребление в верхней части склона при оптимальной влажности почвы на 30—40 мм больше, чем у его основания. Поливные нормы во всех орошаемых вариантах в годы исследований в среднем равнялись 30 мм и колебались от 27 до 51 мм.

В засушливые периоды, характеризующиеся к тому же и высокой температурой воздуха, среднесуточное водопотребление достигало 4,3 мм (табл. 3), причем суммарное возрастало с увеличением влажности почвы в расчетном слое. Следовательно, для поддержания влажности в этом слое не ниже 85 % НВ в засушливые периоды поливы следует проводить через 5—6 сут, что, конечно, трудновыполнимо в производственных условиях. Если влажность нижнего порога в том же слое почвы снизить до 70—75 %, то поливная норма увеличивается до

Таблица 3

Расчетный режим орошения многолетних трав на склоновых участках для лет с 50, 75, 90 %-ной обеспеченностью влагой и теплом

Обеспеченность, %	Оросительная норма, м ³ /га	Поливная норма, м ³ /га	Количество поливов	Продолжительность оросительного периода
Верхняя часть и середина склона				
50	1500	250	6	25/V—25/VIII
75	1750	250	7	15/V—31/VIII
90	2000	250	8	10/V—15/IX
Основание склона				
50	900	300	3	15/VI—31/VIII
75	1200	300	4	5/VI—5/IX
90	1500	300	5	25/VI—10/IX

Урожай сена многолетних трав (в ц/га) в среднем за 1977—1980 гг. на разных элементах склона

Вариант влажности, % от НВ	Верх			Середина			Основание		
	урожай, ц/га	прибавка от орошения		урожай, ц/га	Прибавка от орошения		урожай, ц/га	прибавка от орошения	
		ц/га	на 1 мм воды		ц/га	на 1 мм воды		ц/га	на 1 мм воды
Контроль	37,0	—	—	48,8	—	—	58,9	—	—
70—75	85,0	39,1	0,68	93,0	44,1	0,78	74,8	34,0	0,21
75—80	88,7	42,8	0,64	93,2	44,3	0,61	75,0	38,6	0,22
80—85	77,5	35,5	0,50	90,6	41,8	0,51	75,2	33,0	0,20
НСР ₀₅	13,4			27,4			10,6		

34—40 мм и в межполивной период — до 10—12 дней. Это позволяет рационально использовать дождевальную технику. Однако при норме 40 мм очень трудно избежать образования поверхностного стока. По нашим данным, применяя различные приемы орошения склонов, поливную норму 22—28 мм можно распределять с минимальным стоком.

При поддержании нижнего порога влажности на уровне 75—80 % НВ разница между верхним и нижним порогами оптимальной влажности для верхней части и середины склона составляет в среднем 25 мм, а для основания склона — 30 мм, что и соответствует поливной норме, которую можно распределить с минимальным поверхностным стоком.

При расчете режима орошения многолетних трав на склоновых участках в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР необходимо в первую очередь знать оросительные нормы для разных по обеспеченности осадками и теплом лет. Расчеты, проведенные по формулам (4) и (5) для лет с 50, 75, 90 %-ной обеспеченностью влагой и теплом (табл. 3), показали, что оросительная норма для разных лет обеспеченности влагой и теплом в верхней части склона на 500—600 м³/га больше, чем у его основания. Это свидетельствует о необходимости дифференцированного полива на склоновых землях.

На орошаемых участках за 4 года наибольшая прибавка урожая получена в середине склона в варианте с нижним порогом увлажнения 75—80 % НВ, а максимальный сбор (147 ц/га) — также в середине склона в этом же варианте в 1979 г. В контроле самый высокий урожай, как и следовало ожидать, был у основания склона, но прибавки урожая от орошения оказались здесь самыми низкими (табл. 4).

Выводы

1. На склоновых участках в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР орошение многолетних трав дождеванием необходимо проводить дифференцированно по длине склона. При этом оросительная норма в верхней части и середине склона должна быть на 25—30 % больше, чем у основания. Это позволит сэкономить 8—10 % поливной воды.

2. Для многолетних трав рекомендуется режим орошения, при котором предполивной порог влажности активного слоя почвы (0—40 см) должен находиться в пределах 75—80 % НВ. В этом случае получают максимальные прибавки урожая сена, а использование поливной нормы 250 м³/га в верхней части и середине склона и 300 м³/га у основания не приводит к эрозии.

3. У основания склона происходит подпитывание грунтовыми водами расчетного слоя почвы: в засушливые годы подпитывание составляет 1—9 % суммарного водопотребления, во влажные — до 50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Г. Орошение — важный фактор создания высокопродуктивных пастбищ. — В сб.: Пастбища и сенокосы СССР. М.: Колос, 1974, с. 265—281. — 2. Волковский П. А. Исследование водного режима осушаемого слоя почвы на осушительных системах двустороннего действия. — Тр. МГМИ, 1975, т. 41, с. 5—85. — 3. Ванин Д. Е., Рожков А. Г. и др. Эрозия почв и борьба с ней в районах с преобладанием стока ливневых вод. — В кн.: Эрозия почв и борьба с ней. М.: Колос, 1980, с. 126—157. — 4. Добровольский Г. В., Левин Ф. И. Вопросы рационального использования почв Нечерноземной зоны РСФСР. М.: Изд-во МГУ, 1978, с. 168—169. — 5. Дубенок Н. Н., Витязев В. Г. Изменение водно-физических свойств почвы при орошении многолетних трав на склоновых участках в Нечерноземной зоне РСФСР. — В сб.: Органическое вещество и плодородие почв. М.: ТСХА, 1983, с. 118—124. — 6. Дубенок Н. Н. Суммарное водопотребление и режим орошения культурных сенокосов, расположенных на склоновых участках в условиях Нечерноземной зоны. — Докл. ВАСХНИЛ, 1984, № 6, с. 15—17. — 7. Дубенок Н. Н. Режим орошения сеяных многолетних трав, выращиваемых на склоновых участках в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР. — Автореф. канд. дис. Волгоград, 1984. — 8. Шумаков Б. Б. Проблемы мелиорации культурных лугов. — В кн.: Всесоюзная школа-семинар по актуальным вопросам технологии и организации кормопроизводства. М.: Колос, 1978, с. 41—43. — 9. Шумаков Б. Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения. — Л.: Гидрометеиздат, 1979.

Статья поступила 3 марта 1985 г.

SUMMARY

Type of water nutrition on sloping lands in Non-chernozem zone of the RSFSR is shown to be atmospheric in the upper and central parts of the slope and mixed one in the bottom.

Under sprinkling irrigation of perennial grasses grown on slopes irrigation is to be carried out at different rates. The rate of irrigation at the upper and central parts of the slope is 25—30 % lower than at the bottom; thus water expense decreases by 8—10 %.