

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА И ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

В. П. СПАСОВ, В. А. ТЮЛЬДЮКОВ, В. В. ОСТАПЕНКО

(Кафедра луговодства)

Работа посвящена выявлению эффективности применения осушительно-увлажнительных систем с различными способами полива (дождевание, подпочвенное увлажнение) при многоукосном использовании овсяницы тростниковой.

В условиях интенсификации кормопроизводства изучение вопросов экономии ресурсов [2, 4, 5] и охраны окружающей среды занимает одно из важных мест [1].

Экономия ресурсов в кормопроизводстве может быть достигнута внедрением интенсивных технологий, обеспечивающих максимальный выход травяного корма на единицу затрат. Решающими здесь являются: оптимизация водного и пищевого режимов растений [7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17], подбор культур интенсивного типа, способных сформировать наибольшую массу урожая при высокой питательной ценности и отличающихся продуктивным долголетием [9, 10].

Оптимизация водного режима в гумидной зоне может быть достигнута на осушительно-увлажнительных системах, которые создают предпосылки для получения высоких и устойчивых урожаев травяного корма независимо от погодных условий, способствуют решению проблемы охраны окружающей среды [3, 6, 11, 12].

В настоящее время недоста-

точно изучены осушительно-увлажнительные системы при возделывании на них культур интенсивного типа. В связи с этим в задачу исследований входило: установить оптимальный водный режим; определить наиболее эффективные способ полива и уровень минерального питания; выявить продуктивность и питательную ценность корма из овсяницы тростниковой в зависимости от способа полива, минеральных удобрений, частоты скашивания; дать экономическую оценку совместного применения орошения, удобрений, частоты скашивания.

Методика

Исследования были проведены в 1981—1984 гг. на лугомелиоративном стационаре кафедры луговодства и сельскохозяйственной мелиорации Великолукского сельскохозяйственного института, который расположен на территории учхоза «Удрайское» в юго-западном углу землепользования, на западной окраине Ловатской низменности в Псковской области.

До начала проведения исследований на этом участке в 1978—1979 гг. нами были проведены культуртехнические и гидротехнические мелиорации, построены осушительная и две автономные осушительно-увлажнительные системы. Осушительно-увлажнительные системы

с дополнительным увлажнением: дождеванием — комплектом ирригационного оборудования КИ-50 и капиллярным увлажнением с подогревом (подпочвенное увлажнение). На осушительно-увлажнительной системе с дополнительным увлажнением дождеванием расстояние между дренами было равно 16 м (рекомандация СевНИИГиМ), глубина 0,8—0,9 м, уклон — 0,3 %, а на системе с подпочвенным увлажнением параметры дрен-увлажнителей соответственно составляли 8 и 1,1 м, 0,08 %. Диаметр регулирующей сети — 50 мм, проводящей — 75 мм, изоляция стыков проводилась рулонным фильтрующим материалом (стеклохолст). Засыпка дренажных траншей на осушительной системе осуществлялась фрезерованной дерниной, а на системе с подпочвенным увлажнением — опилками до пахотного слоя почвы.

На осушительно-увлажнительной системе с подпочвенным увлажнением необходимый напор (1 м над поверхностью земли) поддерживался с помощью аванкамеры, шлюзование осуществлялось с истока дрен-увлажнителей через посредство водовода-питателя, выполненного из пластмассовых труб.

Исследования проводились в полевом стационарном 3-факторном опыте, заложенном в 1980 г. на травостое 1979 г. посева. Для посева использовали семена овсяницы тростниковой сорта Западная, норма высева 15 млн всхожих семян на 1 га. Варианты опыта размещены методом расщепленных делянок. Площадь учетной делянки 10 м^2 при соотношении сторон 2:5. Повторность 6-кратная. Схема опыта следующая.

Фактор А. Орошение: 1 — естественное увлажнение; 2 — дождевание; 3 — подпочвенное увлажнение; 4 — подпочвенное увлажнение совместно с дождеванием. **Фактор В.** Частота скашивания: 1 — три укоса за сезон; 2 — четыре укоса за сезон. **Фактор С.** Удобрение ($N + P_2O_5 + K_2O$): 1 — 0 + 0 + 0; 2 — 160 + 90 + 240; 3 — 320 + 90 + 240; 4 — 480 + 90 + 240.

При трехукосном использовании травостоя первый укос проводили в фазу выметывания, второй и третий — через 45—50 дней; при четырехукосном первый — в фазу выхода в трубку, второй, третий, четвертый — через 30—35 дней.

Удобрения вносили поверхностно: фосфорные (двойной суперфосфат) —

ежегодно весной за один прием полной нормой; азотные (аммиачная селитра) и калийные (калийная соль) — дробно равными частями весной и после каждого укоса, за исключением последнего.

Почва пойменная дерновая зернистая слабоглееватая суглинистая на слоистом глинистом аллювии. Мощность аллювия свыше 2 м, глубже залегают озерноледниковые осадки и перебитая морена.

Агрогидрологические свойства слоя почвы 0—30 см характеризуются следующими показателями: плотность твердой фазы — $2,39\text{ г/см}^3$; плотность — $1,41\text{ г/см}^3$; влажность завядания — 7,5 %; наименьшая влагоемкость — 26,7 %; полная влагоемкость — 29,4 % от массы почвы; запас влаги непродуктивной — 32 мм, продуктивной по наименьшей влагоемкости — 81 мм, продуктивной по полной влагоемкости — 92 мм.

В слое 0—30 см pH_{KCl} — 6,0; содержание гумуса — 3 %, P_2O_5 — 15 и K_2O — 9 мг на 100 г. Емкость поглощения — 20 мг·экв на 100 г.

Температурный и водный режимы в годы исследований различались. По обеспеченности теплом в целом вегетационные периоды 1981, 1983, 1984 гг. были среднетеплыми, а в 1982 г. — среднехолодным. Сумма активных температур воздуха и приход ФАР соответственно составляли 2162—2240° и 8954—9319 млрд. Дж/га, 2231—2481 и 10 208—11 157, 2086—2197 и 9641—10 065, 1916—1983° и 9370—9655 млрд. Дж/га. Меньшие значения соответствуют трехукосному использованию травостоя, большие — четырехукосному.

По обеспеченности осадками 1981, 1982, 1983 гг. были средnezасушливыми, а 1984 г. — избыточно влажным. Дефицит водопотребления по периодам формирования укосов изменялся от 2,0 до 99,7 %, а по декадам в отдельные периоды доходил до 100 %.

Все исследования, учеты и наблюдения проводились по методикам ВНИИ кормов им. Вильямса и ВНИИГиМ, опубликованным в отечественной литературе. Результаты учета урожая обработаны методом дисперсионного анализа.

Результаты

В наших исследованиях поливной режим основывался на

поддержании влажности почвы в слое 0—30 см на уровне 0,7—1,0 НВ. Для этого в 1981 г. проведено: при орошении дождеванием 7 поливов с оросительной нормой 181 мм, подпочвенном увлажнении — 3 полива с оросительной нормой 71 мм, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием — 5 поливов с оросительной нормой 181 мм; в 1982 г. — соответственно 3, 2, 3 полива с оросительной нормой 65, 27, 62 мм; в 1983 г. — 5, 4, 5 поливов с оросительной нормой 123, 51, 126 мм. В 1984 г. поливы не проводились, так как режим увлажнения поддерживался за счет атмосферных осадков.

Следует отметить, что в течение 1981—1983 гг. при подпочвенном увлажнении запас влаги почвы в слое 0—30 см был меньше, чем при орошении дождеванием, а в слое 30—100 см — больше. Это объясняется тем, что при подпочвенном увлажнении слой 0—10 см почвы не увлажнялся, так как увлажнение корнеобитаемого слоя происходило за счет капиллярного увлажнения с подтоплением.

При естественном увлажнении влажность почвы в слое 0—30 см и 30—100 см изменялась в зависимости от напряженности метеоусловий, хотя она в слое 30—100 см в меньшей степени была подвержена изменению, чем в слое 0—30 см. В течение вегетационного периода 1981—1983 гг. влажность почвы в слое 0—30 см изменялась от 0,4 до 1,0 НВ, а в слое 30—100 см — от 0,6 до 1,0 НВ.

В среднем по результатам систематических наблюдений грун-

товые воды за вегетационный период находились на глубине 160 см. В начале вегетационного периода они были на глубине 100—150 см, со II декады мая до II декады июля снижались до 200 см и до конца вегетационного периода находились на этой глубине, кроме осени 1981 и 1984 гг., когда за счет выпадающих атмосферных осадков уровень грунтовых вод повышался с 200 до 120 см. Наблюдения за динамикой грунтовых вод в 1981—1984 гг. показали, что их уровень изменялся в зависимости от напряженности метеорологических условий.

Суммарное водопотребление многоукосных травостоев в опыте определялось методом водного баланса и рассчитывалось по формуле А. Н. Костякова, которая применительно к осушаемым землям имеет следующий вид:

$$E = P \pm \Delta W + M + E_r - S - S_0,$$

где P — осадки; ΔW — изменение влагозапасов в почве; M — оросительная норма; S — инфильтрация осадков из активного слоя почвы в нижележащие горизонты; S_0 — инфильтрация поверхностных вод из активного слоя почвы; E — эвапотранспирация; E_r — подпитывание корнеобитаемого слоя грунтовыми водами.

В условиях опыта в отдельные годы и в среднем за 4 года эвапотранспирация при орошении дождеванием и подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием была практически одинаковой. В среднем за 4 года исследований эвапотранспирация в этих вариантах состав-

ляла соответственно 387—412 и 388—412 мм, подпочвенном увлажнении — 367—392 мм, или на 6 % меньше, при естественном увлажнении — 344—368 мм, или на 12 % меньше (табл. 1).

Орошение способствовало стабилизации эвапотранспирации с небольшими отклонениями до 10 % по годам исследований. Эта стабильность является результатом саморегулирования транспирации орошаемым травостоем по типу обратной отрицательной связи. При естественном увлажнении она зависела от напряженности метеоусловий. Во влажный год эвапотранспирация травостоя была на 16,1—17,8 % выше, чем в среднезасушливый.

Водопотребление травостоев по периодам формирования укосов было неравномерным, даже в условиях орошения, и не коррелировало с урожайностью. Максимальное суммарное и среднесуточное водопотребление отмечено во время формирования второго укоса (соответственно 135—140 и 2,8—2,9 мм) при трехукосном использовании травостоев, а также во время формирования второго и третьего укосов при четырехукосном (соответственно 111—120, 2,8—3,0 и 102—109, 2,6—2,8 мм); минимальное — во время формирования четвертого укоса (77 и 1,9 мм). Следовательно, можно считать, что время формирования урожая зеленой массы растениями овсяницы тростниковой в июне—июле является периодом максимального расхода влаги или критическим в водопотреблении.

Таблица 1

Суммарное водопотребление травостоев при различных способах полива (мм)

Год	Естественное увлажнение					Дождливое					Оросительная норма, М	Количество N	E	
	Осадки за вегетационный период, P	±ΔW в слое почвы, см			Филътрация, S	Эвапотранспирация, E	P	±ΔW в слое почвы, см						S
		0—30	30—100	0—100				0—30	30—100	0—100				
1981	302	+9	+63	+72	55	319	302	-14	-12	-26	65	7	181	392
1982	293	+7	+19	+26	—	293	293	+12	+3	+15	—	3	65	373
1983	326	+15	+40	+55	31	350	326	+1	+4	+5	57	5	123	397
1984	399	+5	-16	-11	—	388	399	+3	-14	-11	—	—	—	388
В среднем	330	+9	+26	+35	21	344	330	0	-5	-5	30	4	92	387
						Трехукосное использование								
1981	354	-9	+52	+43	55	342	354	-29	-9	-38	85	7	181	412
1982	299	+14	+28	+42	—	299	299	+25	+12	+37	—	3	65	401
1983	346	+28	+40	+68	31	383	346	+5	+14	+19	57	5	123	431
1984	434	-3	-27	-30	—	404	434	-12	-16	-28	—	—	—	406
В среднем	358	+7	+23	+30	21	367	358	-3	0	-3	35	4	92	412
						Четырехукосное использование								

Год	Подпочвенное увлажнение						Подпочвенное увлажнение + дождевание									
	P	±ΔW в слое почвы, см			N	M	E	P	±ΔW в слое почвы, см			S	N	M	E	
		0-30	30-100	0-100					0-30	30-100	0-100					
1981	302	-4	+11	+7	33	71	347	302	-22	-1	-23	33	5	135	381	
1982	293	+1	+30	+31	2	27	351	293	+9	+11	+20	68	3	62	375	
1983	326	+19	+27	+46	42	51	381	326	+10	+13	+23	68	5	126	407	
1984	399	+10	-20	-10	—	—	389	399	-8	-4	-12	—	—	—	387	
В среднем	330	+7	+12	+19	20	2	38	367	-3	+5	+2	25	3	81	388	
							<i>Трехукосное использование</i>									
1981	354	-5	-9	-14	33	71	378	354	-30	-19	-49	33	5	135	407	
1982	299	+15	+30	+45	2	27	371	299	+24	+14	+38	68	3	62	399	
1983	346	+26	+39	+65	42	51	420	346	+15	+21	+36	68	5	126	440	
1984	434	-14	-18	-32	—	—	402	434	-12	-21	-32	—	—	—	401	
В среднем	358	+6	+10	+16	20	2	38	392	-1	-1	-2	25	4	81	412	
							<i>Четырехукосное использование</i>									

В среднем за 4 года орощение способствовало увеличению среднесуточного водопотребления при трех- и четырехукосном использовании травостоев по первому отращанию соответственно на 5,0—13,6 и 5,0—9,1 %, второму — 12,0—16,0 и 3,6—11,1, третьему — 9,5—14,3 и 13,0—21,7, четвертому — 11,8 %. Следует отметить, что с повышением степени засушливости периода отращания травостоев среднесуточное водопотребление при орощении возрастает, а при естественном увлажнении — уменьшается; во влажные периоды оно было примерно одинаковым.

В течение вегетационного периода за декаду среднесуточное водопотребление составляло при естественном увлажнении 2,2—2,3 мм с колебаниями от 1,2 до 3,4, при орощении — 2,4—2,6 с колебаниями от 1,2 до 4,2 мм.

Отмечена общая тенденция в динамике среднесуточного водопотребления при формировании укосов: в начале отращания, когда ассимиляционная поверхность развита недостаточно и поверхность почвы почти не покрыта растительным покровом, оно минимально, затем по мере отращания растений водопотребление увеличивается и в сомкнутом травяном покрове стабилизируется, приближаясь к физическому испарению (испаряемости).

Таким образом, среднесуточное водопотребление травостоев с преобладанием овсяницы тростниковой подчиняется S-образному закону и определяет аналогичную форму биологических

кривых внутри отдельных периодов формирования укусов. Эти кривые сходны для разных периодов формирования укусов и различаются лишь амплитудой, закономерно изменяющейся по периодам отрастания.

Водопотребление в основном зависит от напряженности метеоусловий, способа полива и режима использования травостоя. В среднем за 4 года доля осадков в суммарном водопотреблении составляла при естественном увлажнении 90 %, а орошении дождеванием, подпочвенном увлажнении, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием — около 80 %.

Коэффициент использования осадков зависел от равномерности их выпадения, степени засушливости года, способа увлажнения, периода формирования укуса. В острозасушливые периоды во всех вариантах опыта он был равен 1,0, а во влажные изменялся от 0,68 до 0,89 и даже доходил до 0,24 при орошении дождеванием.

Доля почвенной влаги в суммарном водопотреблении за вегетационный период была существенной только при естественном увлажнении и в среднезасушливые годы достигала 22 %. Однако в засушливые периоды формирования укусов доля почвенной влаги составляла при естественном увлажнении 74—79, орошении дождеванием — 12—27, подпочвенном увлажнении — 58—73, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием — 47—53 % эвапотранспирации при трехукосном использовании травостоев и соответственно 85, 34, 87, 72 %

при четырехукосном использовании.

Оросительная норма в основном зависела от напряженности метеоусловий и способа увлажнения. Наименьшей она была при подпочвенном увлажнении 27—71 мм, наибольшей — при орошении дождеванием 65—181 мм. Доля оросительной воды по годам составляла: при орошении дождеванием — 17—46 %, подпочвенном увлажнении — 8—20 %, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием — 16—35 % суммарного водопотребления.

В острозасушливый период формирования укуса (обеспеченность по дефициту водопотребления 79—82 %) при трехукосном использовании травостоев оросительная норма в варианте с орошением дождеванием была равна 62—87 мм, подпочвенным увлажнением — 19, подпочвенным увлажнением совместно с дождеванием — 31—32 мм; в средnezасушливый (61 %) — соответственно 67, 14, 77 мм, средневлажный (22—28 %) — 30—61, 12—32, 18—94 мм. При четырехукосном использовании в средnezасушливый период (обеспеченность по дефициту водопотребления 64 %) оросительная норма по вариантам орошения соответственно составила 35, 23, 52 мм; в средневлажный (23—45 %) — 29—45, 11—15, 18—44 мм. Во влажный период (1—10 %) при трех- и четырехукосном использовании травостоев с подпочвенным увлажнением оросительная норма была 0—14 мм, при орошении дождеванием и подпочвенном увлажнении совмест-

но с дождеванием — 0—27 мм.

Дренажный сток зависел в основном от уровня выпадения осадков: чем он был выше, тем больше дренажный сток. Следует отметить, что в среднем за 1981—1984 гг. при орошении дождеванием дренажный сток был в 1,5 раза больше, чем при естественном и подпочвенном увлажнении.

Коэффициент эвапотранспирации зависел от напряженности метеоусловий, способа увлажнения, режима использования травостоев и их продуктивности (табл. 2). Отмечено, что за вегетационный период коэффициент эвапотранспирации был примерно одинаков в вариантах с орошением и составлял 24,8—39,2 мм/т сухой массы, при есте-

ственном увлажнении он был больше на 10 %.

Внесение минеральных удобрений способствовало уменьшению коэффициента эвапотранспирации в 2,8 раза. Минимальный коэффициент эвапотранспирации отмечен в вариантах с орошением при внесении $480N + 90P_2O_5 + 240K_2O$ и трехукосном использовании травостоев 24,8—25,3 мм/т сухой массы, максимальный — в варианте без орошения и удобрений 69,8—85,8 мм/т сухой массы. При четырехукосном использовании травостоев коэффициент эвапотранспирации был на 13,6—16,1 % больше, чем при трехукосном.

От первого к последнему укосу коэффициент эвапотранспи-

Таблица 2

Коэффициент эвапотранспирации многоукосных травостоев (мм/т сухой массы)

Способ увлажнения	Количество укосов	Удобрение (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	В среднем за 1981—1984 гг.
Естественное увлажнение	3	0+0+0	61,5	59,1	66,8	99,5	69,8
		160+90+240	30,4	26,4	38,1	43,6	34,7
		320+90+240	25,2	25,0	34,3	37,7	30,0
		480+90+240	23,2	22,6	30,8	36,2	27,5
	4	0+0+0	101,7	67,2	88,4	92,0	85,8
		160+90+240	44,9	32,5	44,9	45,6	41,5
		320+90+240	32,5	30,4	39,5	36,1	35,4
		480+90+240	31,5	27,2	37,2	36,3	32,9
Дождевание	3	160+90+240	27,2	27,4	31,8	41,6	31,1
		320+90+240	23,4	23,4	28,6	36,4	27,1
		480+90+240	21,8	21,7	27,0	33,9	25,3
		160+90+240	34,4	32,7	42,5	43,8	37,8
	4	320+90+240	30,5	27,5	35,7	38,4	32,6
		480+90+240	27,8	24,3	33,7	36,4	29,9
		160+90+240	28,9	24,9	36,4	41,2	31,9
		320+90+240	25,1	21,6	30,6	34,1	27,2
Подпочвенное увлажнение	3	480+90+240	23,2	20,4	28,2	32,8	25,6
		160+90+240	40,2	32,3	44,4	41,8	39,2
		320+90+240	33,1	29,3	38,8	34,6	33,7
		480+90+240	28,7	25,0	36,7	33,6	30,5
	4	160+90+240	28,4	26,6	32,6	41,7	31,5
		320+90+240	24,4	20,6	29,2	36,0	26,5
		480+90+240	22,9	18,3	28,2	35,0	24,8
		160+90+240	34,3	33,9	45,9	42,1	38,1
Подпочвенное увлажнение + дождевание	4	320+90+240	30,6	27,1	38,4	35,2	32,4
		480+90+240	28,0	23,3	36,0	32,3	29,3

рации увеличивался во всех вариантах опыта. Орошение способствовало выравниванию коэффициента эвапотранспирации по укосам. Следует также отметить, что в засушливые периоды формирования укосов (второго и третьего) орошение при трехукосном использовании травостоев способствовало уменьшению коэффициента эвапотранспирации на 20,4 — 153,9 %, а при четырехукосном — на 10,4—125,7 %.

Овсяница тростниковая является культурой, экономно расходующей воду: для получения 1 т сухой массы требуется 25,3—31,1 мм воды. Поэтому в районах с недостаточными водными ресурсами ее можно возделывать для интенсификации кормопроизводства.

Поливную норму (m) рассчитывали по формуле А. Н. Костякова: $m = Hd_v(\beta - \gamma)$, где H — расчетный слой почвы, принимаемый равным 30 см; d_v — плотность расчетного слоя почвы; β и γ — влажность почвы после и перед поливом. Поливная норма при орошении дождеванием составила 2,6—43,6 мм, подпочвенном увлажнении — 11,0—46,0 мм.

В острозасушливые периоды отрастания травостоев проводили освежительные поливы нормой 3—8 мм и влажность в слое почвы 0—30 см поддерживали на уровне 1,0 НВ. Из-за ослабления ростовых процессов в растениях при среднесуточной температуре воздуха ниже 14 °С поливы не проводили, даже если влажность почвы слоя 0—30 см была меньше 0,7 НВ.

Урожайность многоукосных

травостоев зависела от сочетания норм минерального питания, способа полива, частоты скашивания (табл. 3). В годы исследований, кроме 1984 г., наименьшая урожайность травостоев формировалась в условиях естественного увлажнения. В 1984 г. варианты с орошением и без орошения по данному показателю почти не различались, так как влажность почвы поддерживалась на заданном уровне за счет выпадающих атмосферных осадков. В среднем за 4 года урожайность травостоев при орошении была на 16—18 % выше, чем при естественном увлажнении (8,87—12,49 т/га сухой массы), при орошении дождеванием и подпочвенном увлажнении — примерно одинаковой, соответственно 10,83—15,30 и 9,99—14,36 т сухой массы на 1 га ($HCP_{05 \text{ орош}} = 0,93$ т/га).

Однако в средnezасушливые годы (1981—1983) прибавка урожая от орошения при дождевании была выше, чем при подпочвенном увлажнении — 2,48—3,66 против 1,21—2,16 т сухой массы на 1 га. При внесении $160—480N + 90P_2O_5 + 240K_2O$ значения показателя были примерно одинаковыми при орошении дождеванием и подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием — соответственно 2,48—3,66 и 2,70—4,14 т сухой массы на 1 га ($HCP_{05 \text{ орош}} = 0,93$ т/га).

Большое влияние на урожайность оказали минеральные удобрения. В среднем за 4 года при урожае в контроле 4,29—4,93 т сухой массы на 1 га прибавка в вариантах $160N +$

Таблица 3

Урожайность травостоев (сухая масса, т/га) в зависимости от способа полива, частоты скашивания и минеральных удобрений

Способ увлажнения	Количество укосов	Удобрение (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	В среднем за 1981—1984 гг.	Получено сухой массы, кг	
								на 1 кг НРК	на 1 мм оросит. воды
Естественное увлажнение	3	0+0+0	5,18	5,40	5,24	3,90	4,93	—	—
		160+90+240	10,50	11,10	9,17	8,90	9,92	10,2	—
		320+90+240	12,63	12,71	10,20	10,30	11,46	9,3	—
	4	480+90+240	13,73	14,13	11,36	10,73	12,49	8,9	—
		0+0+0	3,36	5,07	4,33	4,39	4,29	—	—
		160+90+240	7,62	10,47	8,53	8,86	8,87	9,3	—
Дождевание	3	320+90+240	9,51	11,22	9,68	11,18	10,40	9,0	—
		480+90+240	10,84	12,51	10,30	11,12	11,19	8,3	—
		0+0+0	5,44	6,46	5,86	4,34	5,53	—	7,6
	4	160+90+240	14,40	13,62	12,49	9,26	12,44	14,1	29,1
		320+90+240	16,72	15,92	13,87	10,58	14,27	13,4	33,9
		480+90+240	17,96	17,19	14,69	11,35	15,30	12,2	32,5
Подпочвенное увлажнение	3	0+0+0	4,12	5,76	4,15	4,62	4,66	—	4,9
		160+90+240	11,97	11,96	10,13	9,27	10,83	12,5	19,9
		320+90+240	13,48	14,18	12,06	10,56	12,57	12,2	28,9
	4	480+90+240	14,82	16,09	12,77	11,16	13,71	11,3	32,4
		0+0+0	5,35	6,78	5,59	4,19	5,48	—	20,1
		160+90+240	12,05	14,09	10,46	9,44	11,51	12,3	52,6
Подпочвенное увлажнение + дождевание	3	320+90+240	13,88	16,25	12,46	11,39	13,49	12,3	64,3
		480+90+240	14,96	17,15	13,50	11,84	14,36	11,1	57,7
		0+0+0	4,00	5,11	4,02	4,61	4,43	—	3,0
	4	160+90+240	9,41	11,48	9,45	9,62	9,99	11,4	26,2
		320+90+240	11,40	12,64	10,83	11,60	11,62	11,1	34,4
		480+90+240	13,16	14,81	11,43	11,97	11,84	10,4	46,7
Подпочвенное увлажнение + дождевание	3	0+0+0	6,11	7,01	6,67	4,44	6,06	—	14,7
		160+90+240	13,40	14,07	12,50	9,27	12,31	12,7	31,9
		320+90+240	15,58	18,20	13,96	10,76	14,62	13,2	46,7
	4	480+90+240	16,64	20,56	14,43	11,04	15,67	12,0	49,9
		0+0+0	4,66	5,46	4,25	4,60	4,74	—	5,3
		160+90+240	11,86	11,77	10,08	9,52	10,80	12,4	26,9
4	320+90+240	13,80	14,73	11,45	11,40	12,72	12,2	35,9	
	480+90+240	14,52	17,10	12,22	12,42	14,06	11,5	40,4	

НСР₀₅ частных средних

0,71 0,54 0,89 0,83 0,75

+90P₂O₅+240K₂O, 320N+ 103,1—114,0, 141,2—154,9,
 +90P₂O₅+240K₂O, 480N+ 158,9—181,8 % к контролю.
 +90P₂O₅+240K₂O составила: Эффективность удобрений с увеличением их норм снижались. При орошении удобрения использовались более эффективно, чем в варианте с естественным увлажнением. Оросительная вода лучше всего использовалась при подпочвенном увлажнении: обеспечивалась прибавка урожая сухой массы 26,2—64,3 против 19,2—39,8 кг.

при естественном увлажнении — 101,8—128,0;
 орошении дождеванием — 124,9—132,4; 158,0—169,7;
 154,7—164,1; 153,3—175,0 %, подпочвенном увлажнении — 110,0—112,0;
 176,7—194,2 %, подпочвенном увлажнении — 141,6—159,4; 162,0—181,9 %, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием —

Трехукосное использование травостоев по сравнению с четырехукосным было более эффективным: выше урожайность на 14 %, больше прибавка урожая от орошения (1,94—4,14 против 1,21—3,60 т сухой массы на 1 га), лучше использовались минеральные удобрения (на 1 кг НРК получено 8,9—13,4 против 8,3—12,5 кг сухой массы) и оросительная вода (2,91—64,3 против 19,9—46,7 кг сухой массы на 1 мм).

Химический состав кормов изменялся под действием удобрений, орошения, режима использования травостоя. Орошение способствовало увеличению содержания в корме БЭВ, фосфора, калия. При внесении минеральных удобрений и увеличении норм азота со 160 до 480 кг повышалось содержание в корме сырого протеина, калия и уменьшалось количество сырой клетчатки. При четырехукосном использовании в корме содержалось меньше клетчатки, БЭВ и кальция, больше фосфора, чем при трехукосном.

Следует отметить, что корм, получаемый с орошаемых многоукосных травостоев, по содержанию органических веществ, макро- и микроэлементов в целом отвечал зоотехническим требованиям кормления крупного рогатого скота.

Энергетическая питательность корма изменялась под действием орошения, минеральных удобрений, частоты отчуждений (табл. 4). В среднем за 1981—1984 гг. сбор с 1 га обменной энергии и кормовых единиц при дополнительном увлажнении травостоев был выше, чем

при естественном, и составил соответственно 87—137 против 76—110 ГДж и 8,29—13,0 против 7,27—10,49 т. При орошении дождеванием, подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием указанные показатели были на 8—17 и 6—8 % выше, чем при подпочвенном увлажнении.

Совместное применение орошения (подпочвенное увлажнение + дождевание) и удобрений ($480\text{N} + 90\text{P}_2\text{O}_5 + 240\text{K}_2\text{O}$) в среднем за 4 года обеспечило максимальную продуктивность травостоев (12,09—13,00 ЭКЕ_{крс} т/га), что в 3,5—3,7 раза выше, чем в абсолютном контроле без удобрений и орошения, где получено всего лишь 3,45—3,47 ЭКЕ_{крс} т/га. Внесение минеральных удобрений позволило увеличить сбор обменной энергии при естественном увлажнении в 2,0—2,7 раза, а в вариантах с орошением — в 2,5—3,3 раза по сравнению с контролем, где получено 36—41 ГДж с 1 га.

При четырехкратном скашивании травостоя сбор обменной энергии и энергетических кормовых единиц с 1 га за сезон был меньше, чем при трехкратном, и соответственно составил 76—126 против 95—137 ГДж и 7,27—12,09 против 7,94—13,0 т.

Применение орошения способствовало увеличению сбора сырого протеина на 19,0—24,8 % по сравнению с контролем (1,20—2,11 т/га). Наибольшим этот показатель был при подпочвенном увлажнении совместно с дождеванием и внесении $480\text{N} + 90\text{P}_2\text{O}_5 + 240\text{K}_2\text{O}$ (2,51—2,58 т/га). Совместное

Продуктивность и энергетическая питательность корма (в среднем за 1981—1984 гг.)

Способ увлажнения	Количество укосов	Удобрение (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	Обменная энергия		Энергетические кормовые единицы (ЭКЕ _{крс})		Сбор сырого протеина, т/га
			МДж в 1 кг сухой массы	сбор ГДж с 1 га	в 1 кг сухой массы	сбор, т/га	
Естественное увлажнение	3	0+0+0	8,36	41	0,70	3,45	0,57
		160+90+240	8,53	85	0,80	7,94	1,37
		320+90+240	8,79	101	0,84	9,62	1,72
	4	480+90+240	8,82	110	0,84	10,49	1,94
		0+0+0	8,48	36	0,81	3,47	0,50
		160+90+240	8,61	76	0,82	7,27	1,20
Дождевание	3	320+90+240	8,75	91	0,83	8,63	1,75
		480+90+240	9,02	101	0,86	9,62	2,11
		160+90+240	8,57	107	0,82	10,20	1,75
	4	320+90+240	8,67	124	0,82	11,70	2,19
		480+90+240	8,76	134	0,83	12,70	2,45
		160+90+240	8,68	94	0,83	8,99	1,49
Подпочвенное увлажнение	3	320+90+240	8,91	112	0,85	10,68	2,03
		480+90+240	9,08	124	0,86	11,79	2,28
		160+90+240	8,57	99	0,82	9,44	1,62
	4	320+90+240	8,62	116	0,82	11,06	1,93
		480+90+240	8,69	117	0,83	11,92	2,23
		160+90+240	8,70	87	0,83	8,29	1,52
Подпочвенное увлажнение + дождевание	3	320+90+240	8,73	101	0,83	9,64	1,90
		480+90+240	9,04	116	0,86	11,04	2,42
		160+90+240	8,81	108	0,84	10,34	1,83
	4	320+90+240	8,71	127	0,83	12,13	2,30
		480+90+240	8,78	137	0,83	13,00	2,58
		160+90+240	8,72	94	0,83	8,96	1,72
	3	320+90+240	8,77	111	0,83	10,58	2,08
		480+90+240	9,00	126	0,86	12,09	2,51

применение орошения и удобрений позволило увеличить сбор сырого протеина в 1,6—3,5 раза по сравнению с контролем (0,50—0,57 т/га). При трех- и четырехукосном использовании травостоя показатель был примерно одинаковым во всех вариантах опыта.

Расчет эффективности применяемых агроприемов показал, что наиболее экономически оправданным является подпочвенное увлажнение при внесении 320N+90P₂O₅+240K₂O и трехукосном использовании травостоя. В этом варианте получен самый дешевый корм. Себестоимость ЭКЕ_{крс} составила

56,2 руб/т, дополнительный чистый доход — 745,7 руб/га, уровень рентабельности 149 %, окупаемость капитальных затрат 3,1 года.

Выводы

1. На осушенных пойменных землях северо-запада европейской части СССР для интенсификации кормопроизводства необходимо создавать травостоя многоукосного типа с преобладанием в них овсяницы тростниковой, применять минеральные удобрения (160—480N+90P₂O₅+240K₂O) в сочетании с орошением путем дождевания или подпочвенного увлажнения

(0,7 НВ). В этом случае можно получать независимо от погодных условий высокие и устойчивые урожаи травяного корма: в расчете на 1 га — 10—15 т сухой массы, 8—13 ЭКЕ_{крс} т и 1,52—2,45 т сырого протеина.

2. На интенсивно используемых травостоях совместное применение удобрений и орошения, способствует получению большей прибавки урожая сухой массы (5,68—11,94 т/га), энергетических кормовых единиц (4,96—10,59) и сырого протеина (1,41—2,43), чем при раздельном применении только одного орошения — соответственно 1,21—4,01, 1,12—3,28 и 0,36—0,55 или минеральных удобрений (160—480N+90P₂O₅ + 240K₂O) — 4,62—7,80, 3,83—7,31 и 0,71—1,88 т/га. Наиболее эффективными являются дождевание и подпочвенное увлажнение в сочетании с дождеванием. Прибавка урожая в данном случае в 1,6—2,0 раза больше, чем при подпочвенном увлажнении.

3. Эвапотранспирация интенсивно используемых травостоев с преобладанием овсяницы тростниковой при естественном увлажнении составляет 344—368 мм, а в различных вариантах с орошением — 367—412 мм, приближаясь к физическому испарению (биоклиматический коэффициент 0,8—0,92).

4. При создании благоприятных условий для роста растений путем внесения минеральных удобрений и орошения можно получать высокие урожаи травяного корма, сократив при этом расход воды на единицу урожая с 77,8 до 24,8 мм/т сухой массы. Подбор культур интен-

сивного типа, такие как овсяница тростниковая и другие, также позволяет экономно расходовать воду (24,8—39,2 мм/т сухой массы) и минеральные удобрения (на 1 кг NPK получить 9,3—14,1 кг сухой массы).

5. Трехкратное скашивание травостоев с преобладанием овсяницы тростниковой более эффективно, чем четырехкратное; оно способствует экономии расхода влаги на единицу урожая (24,8—34,7 против 29,3—41,5 мм/т сухой массы) и оросительной воды (29,1—64,3 против 19,9—46,7 кг сухой массы на 1 мм), большему выходу сухой массы на 1 кг NPK (8,9—14,1 против 8,3—12,5 кг), увеличению выхода энергетических кормовых единиц (с 7,27—12,09 до 7,94—13,0 т/га) и сырого протеина (с 1,20—2,51 до 1,37—2,58 т/га), снижению себестоимости ЭКЕ_{крс} (с 66,1—79,9 до 55,9—69,5 руб/т).

6. Совместное применение орошения и удобрений позволяет получать корм высокого качества с содержанием 13,77—18,87 % сырого протеина, 2,72—3,05 % сырого жира, 29,96—33,59 % сырой клетчатки; в 1 кг сухой массы — 0,82—0,86 ЭКЕ_{крс} и 8,57—9,08 МДж обменной энергии.

7. Осушительно-увлажнительные системы с подпочвенным увлажнением наиболее эффективны по сравнению с дождеванием: способствуют экономии оросительной воды (26,2—64,3 против 19,9—33,9 кг на 1 мм), уменьшению дренажного стока (20 против 35 мм), снижению себестоимости ЭКЕ_{крс} (56,2—66,9 против 66,5—78,6 руб/т).

8. Самым экономически выгодным является вариант с трехкратным скашиванием травостоя с преобладанием овсяницы тростниковой, внесением $320\text{N} + 90\text{P}_2\text{O}_5 + 240\text{K}_2\text{O}$ и подпочвенным увлажнением. В этом случае обеспечивается наименьшая себестоимость ЭКЕ_{хрс} (56,2 руб/т), самый высокий уровень рентабельности (149,0 %) и быстрая окупаемость капитальных затрат (3,1 года).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бездина С. Я. Оптимальные параметры мелиоративного режима почв.— Гидротехника и мелиорация, 1986, № 11, с. 58—63.— 2. Данильченко Н. В., Остроушко В. Н., Омеляненко С. И. Об экономически целесообразных оросительных нормах для условий Нечерноземья.— Гидротехника и мелиорация, 1987, № 9, с. 41—44.— 3. Маслов Б. С., Станкевич В. Я., Черненко В. Я. Осушительно-увлажнительные системы.— М.: Колос, 1981.— 4. Михальцевич А. И. Расчет испаряемости при определении режимов орошения.— Гидротехника и мелиорация, 1986, № 6, с. 33—34.— 5. Мяэтолу Х. Эффективность использования солнечной радиации и воды культурными травостоями в зависимости от уровня урожайности.— В кн.: Биопродукция лугов.— Таллинн, 1986, с. 43—49.— 6. Остапенко В. В. Продуктивность овсяницы тростниковой при различном регулировании водного режима и интенсивном использовании.— Автореф. канд. дис. М., 1989.— 7. Петин Н. С. Комплексное регулирование и оптимизация в онтогенезе факторов среды и физиолого-биологических процессов, обеспечивающих при ороше-

нии и удобрении высокую продуктивность.— В сб.: Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия.— М., 1983, с. 15—29.— 8. Смолляк А. П., Реуцкий В. Г. Эколого-физиологические аспекты оптимизации водного режима сельскохозяйственных культур.— В сб.: Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия.— М., 1983, с. 64—69.— 9. Спасов В. П. Овсяница тростниковая.— Л.—М.: Агрпромиздат, 1981.— 10. Спасов В. П. Овсяница тростниковидная на северо-западе европейской части СССР.— Автореф. докт. дис. Л., 1983.— 11. Спасов В. П., Остапенко В. В. Эффективность возделывания многоукосных травостоев в условиях двойного регулирования водного режима.— В сб.: Комплексное окультуривание и сельскохозяйственное использование мелиорированных земель.— Калинин: ВНИИМЗ, 1988, с. 80—85.— 12. Тюльдюков В. А., Савенков А. В. Оптимизация водного и пищевого режимов при использовании многолетних трав.— (Обзор информ / ВНИИТЭМ). М., 1984.— 13. Тюльдюков В. А. Теория и практика луговодства. 2-е изд. перераб. и доп.— М.: Росагрпромиздат, 1988.— 14. Расчет норм водопотребления под заданный урожай.— Гидротехника и мелиорация, 1986, № 4, с. 33—35.— 15. Шатилов И. С., Замараев Л. Г., Чаповская Г. В. Эвапотранспирация и транспирация полевых культур на дерново-подзолистой почве.— В сб.: Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия.— М., 1983, с. 30—42.— 16. Braun K. H. Ergebnisse und weitere Aufgaben bei der Entwicklung und effektiven Nutzung der Bewässerung.— Landwirtschaft, 1986, Bd. 27, N 5, S. 194—196.— 17. Reeling E., Lond . Out the hose fore rape: Vearound irrigation pays dividends vor Norfolk grower.— Agr. Mach. J., 1986, vol. 40, p. 26—27.

Статья поступила 10 марта 1990 г.

SUMMARY

On alluvial lands of the north-western part of the USSR it is necessary to set up drainage and irrigation systems with subsoil irrigation in order to get forage at the level of 13 t/ha of dry matter, 11 t/ha of EFU, and 1.93 t/ha of crude protein. Such systems are also needed for water and fertilizer efficiency and for reasons of ecology. The moisture level of the soil should be maintained at 0.7. The preferable grass stand is that with high fescue dominance, the annual fertilizer application — $160—320\text{N} + 90\text{P}_2\text{O}_5 + 240\text{K}_2\text{O}$. Triple grass clipping is recommended.