

АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СТАРОСЕЯНЫХ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ

Н.Н. ЛАЗАРЕВ

(Кафедра луговодства)

Улучшение природных сенокосов путем совместного применения удобрений, гербицидов и подсева трав обеспечивает высокую окупаемость (в 2,96–3,7 раза) затрат совокупной энергии обменной энергией получаемых кормов. При длительном внесении азотных удобрений в дозах свыше 120 кг д.в. азота на 1 га старосеяных злаковых травостоев отмечается снижение агроэнергетического коэффициента с 2,32–2,48 до 1,56–2,06 и окупаемости совокупных затрат валовой энергией, аккумулируемой надземной и подземной массой луговой экосистемы в 1,2–1,7 раза.

В последние годы в условиях недостаточного ресурсного обеспечения сельского хозяйства резко сократились объемы работ по улучшению кормовых угодий. При планировании этих работ приоритет должен отдаваться приемам и способам улучшения, требующим меньших затрат, особенно невосполняемых источников энергии [7].

Пойменные сенокосы и пастбища с изреженными травостоями рекомендуются улучшать путем полосного подсева бобовых трав, что требует затрат совокупной энергии 4–6 ГДж/га. Урожай при этом повышается на 6–8 ц/га, также в урожае накапливается до 80–120 кг/га азота [8].

Некоторые авторы [4] считают, что одним из путей удешевления производства кормов на естественных кормовых угодьях является повышение продуктивного долголетия лугов, которое можно длительное время поддерживать при применении техногенно-минеральной системы с умеренными дозами удобрений и поддержке режимов использования, отвечающим биологическим особенностям доминантных видов. При этом окупаемость 1 руб.

затрат в 3,6–3,7 раза выше, чем на краткосрочных угодьях [4].

По мнению Б.П. Михайличенко [13], практическая политика в луговодстве должна строиться преимущественно на основе приемов рационального использования лугов, повышении продуктивности ранее улучшенных сенокосов и пастбищ, а также на применении ресурсосберегающих технологий поверхностного улучшения и наиболее простых и эффективных технологий коренного улучшения при более правильном использовании фактора биологизации и внутривидовых возобновляемых ресурсов.

Интенсификация кормопроизводства нередко приводит к нарушению стабильности агроэкосистем. Для поддержания экологического равновесия между всеми компонентами агробиоценоза необходимо осуществлять контроль за всеми показателями агроэкосистемы и определить предельные значения антропогенной нагрузки, не нарушающих этого равновесия [8]. По предварительным данным, допустимые уровни антропогенной нагрузки составляют 2–15 ГДж/га при поверхностном улучшении 25–

32 ГДж/га на мелиорируемых угодьях [6].

Метод энергетической оценки наряду с экономическими показателями дает возможность выбрать наиболее рациональные способы улучшения кормовых угодий, при проведении которых обеспечиваются минимальные затраты антропогенной энергии при сохранении луговыми фитоценозами высокой устойчивости.

Методика исследований

Исследования по изучению эффективности различных способов улучшения сенокосов и пастбищ выполнены в 1975–2003 гг. на с.-х. предприятиях Московской обл. [1, 2, 3, 9, 10]. В колхозе «Борец» изучали влияние 10-летнего применения минеральных удобрений на старосеяные злаковые травостой, в колхозе «Ленинец» природные травостой улучшали путем совместного применения гербицидов, удобрений и подсева многолетних трав, в совхозе «Гжельский» Раменского района и совхозе «Пановский» Коломенского района проводили коренное улучшение с применением различных способов обработки почвы, а в КСХП «Химки» Химкинского района старосеяные травостой улучшали подсевом многолетних бобовых трав. Расчеты по определению энергетической эффективности улучшения кормовых угодий проводили по методикам ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса [11, 12].

Результаты исследований

Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений на старосеяных сенокосах и пастбищах

Энергетическая оценка эффективности различных агротехнических мероприятий может быть про-

ведена как с учетом выхода обменной энергии, так и по валовой энергии, аккумулируемой луговыми фитоценозами в надземной и подземной массе, а также в почве. Изучение в течение 10-летнего периода различных систем удобрения старовозрастных злаковых травостоев показало, что внесение удобрений в дозе $N_{240}P_{90}K_{120}$ увеличивает накопление валовой энергии фитоценозами с 693–865 до 1439–1651 ГДж/га (табл. 1). Наибольшее количество валовой энергии аккумулировалось в надземной массе травостоев (65–88%), причем азотные удобрения в большей степени оказывали влияние на формирование надземной массы, а фосфорно-калийные — подземной.

При пастбищном и сенокосно-пастбищном режимах использования травостоев наибольшее количество валовой энергии в почве накапливалось при внесении фосфорно-калийных удобрений. Без внесения минерального азота фосфор и калий удобрений в меньшей степени, чем в других вариантах, использовались урожаем, но накапливались в почве. Кроме того, в отдельные годы в вариантах без азота клевер ползучий обеспечивал дополнительное поступление симбиотически фиксированного азота. Именно на долю азота и гумуса приходится свыше 90% валовой энергии, накапливающейся в почве и характеризующей ее плодородие.

На пастбище без применения минеральных удобрений запас валовой энергии в почве за 10-летний период не изменился, на сенокосе снизился (на 69 ГДж/га), а при сенокосно-пастбищном использовании отмечалось ежегодное повышение энергезапаса на 6,9 ГДж/га. Эти различия обусловлены влиянием выпаса скота, за счет экскрементов которого в луговую агроэкосисте-

Таблица 1

Распределение валовой энергии по элементам луговой агроэкосистемы
(в сумме за 10 лет)

Вариант	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Накопление валовой энергии, ГДж/га					Получено за счет фотосинтеза, ГДж/га	Окупаемость совокупных затрат, %
		надземная масса	подземная масса	изменение плодородия почвы	всего	% к контролю		
Пастбищное использование								
Без удобрений (контроль)	133	575	170	0	745	100	612	560
P ₉₀ K ₁₂₀	157	596	172	94	862	116	705	549
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	263	1088	179	49	1316	177	1053	500
N ₂₄₀ P ₉₀ K ₁₂₀	368	1276	167	-4	1439	193	1071	391
N ₃₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	472	1361	160	54	1575	211	1103	334
Сенокосно-пастбищное использование								
Без удобрений (контроль)	130	620	176	69	865	100	735	665
P ₉₀ K ₁₂₀	154	624	203	128	955	110	801	620
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	261	1216	194	14	1424	165	1163	546
N ₂₄₀ P ₉₀ K ₁₂₀	367	1402	171	78	1651	191	1284	450
N ₃₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	472	1449	172	69	1740	201	1268	369
Сенокосное использование								
Без удобрений (контроль)	122	572	217	-96	693	100	571	568
P ₉₀ K ₁₂₀	146	628	227	2	857	124	711	587
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	254	1176	240	41	1457	210	1203	574
N ₂₄₀ P ₉₀ K ₁₂₀	359	1394	198	44	1636	236	1277	456
N ₃₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	475	1468	176	-45	1599	231	1124	337

му дополнительно поступали органические и минеральные вещества.

Накопление валовой энергии подземной массой луговых фитоценозов изменялось от 160 до 240 ГДж/га. При пастбищном и сенокосном использовании оно было максимальным при внесении умеренной дозы азота 120 кг/га, а при сенокосно-пастбищном — в варианте с фосфорно-калийными удобрениями. При повышенных дозах азотных удобрений уменьшалась корневая масса трав и, как следствие этого, снижались запасы валовой энергии в подземной массе.

Разница между суммарным накоплением валовой энергии и затратами антропогенной совокупной энергии позволяет определить поступление в агроэкосистему энергии за счет фотосинтеза. При сенокосном и сенокосно-пастбищном режимах использования лугопастбищных травостоев наибольшее количество валовой

энергии за счет фотосинтеза поступало при внесении азота в дозе 240 кг/га, а при пастбищном использовании — при 360 кг/га.

Однако внесение азотных удобрений связано с большими затратами энергии, израсходованной на их производство, поэтому в целом окупаемость антропогенных затрат при внесении азотных туков снижается. Так, при внесении азотных удобрений в дозе 360 кг/га при сенокосно-пастбищном режиме использования она составила 369%, что в 1,7 раза ниже, чем в фосфорно-калийном фоне (табл. 2).

Залужение сеяных сенокосов и пастбищ требует значительных единовременных капитальных затрат. Особенно возрастают энергетические затраты при создании орошаемых кормовых угодий.

В условиях, когда задействованы наиболее мощные факторы интенсификации лугопастбищного хо-

зьяства — внесение минеральных удобрений и орошение — затраты совокупной энергии на выращивание и уборку урожая злаковых травостоев составляют 21,1–46,9 ГДж/га. При орошении, даже без внесения азотных удобрений, они остаются довольно высокими — 9,7–11,1 ГДж/га.

Наиболее существенную долю среди текущих затрат совокупной энергии составляют минеральные удобрения, а среди них — азотные. Так, при внесении только фосфорно-калийных удобрений на них приходится 21,6% затрат, а внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{120}$ увеличивает их до 59,6%. При увеличении дозы азота со 120 до 360 кг/га затраты энергии на приобретение и внесение удобрений возрастают в 2,6 раза.

Режимы использования травостоев несущественно сказались на суммарных затратах антропогенной

энергии. При пастбищном режиме использования требуются дополнительные затраты по организации пастбищной территории, а при сенокосном — по уборке урожая. При сенокосно-пастбищном режиме использования травостоев также необходимо проводить огораживание, уборку урожая в 1-м укосе, но не требуется, как правило, затрат на подкашивание нестравленных остатков травы.

Наименьшие затраты совокупной энергии на 1 га (12,2–13,3 ГДж), на 1 кг сухого вещества (3,9–4,3 МДж), на 1 ГДж обменной энергии (38,9–41,8 МДж) и наибольший агроэнергетический коэффициент (2,39–2,57) получены без внесения минеральных удобрений.

Внесение фосфорно-калийных удобрений ухудшало показатели агроэнергетической эффективности, так как они незначительно изменяют продуктивность злаковых травостоев.

Таблица 2

Агроэнергетическая эффективность использования орошаемых сенокосов и пастбищ (в среднем за 10 лет)

Вариант	Выход с 1 га		Затраты совокупной энергии			АК
	СВ, т	ГДж ОЭ	на 1 га, ГДж	на 1 кг СВ, МДж	на 1 ГДж ОЭ, МДж	
Пастбищное использование						
Без удобрений (контроль)	3,08	31,8	13,3	4,3	418	2,39
$P_{90}K_{120}$	3,21	33,1	15,7	4,9	474	2,11
$N_{120}P_{90}K_{120}$	5,81	61,0	26,3	4,5	431	2,32
$N_{240}P_{90}K_{120}$	6,66	70,0	36,8	5,5	525	1,90
$N_{360}P_{90}K_{120}$	7,07	73,9	47,2	6,7	639	1,57
Сенокосно-пастбищное использование						
Без удобрений (контроль)	3,34	33,4	13,0	3,9	389	2,57
$P_{90}K_{120}$	3,37	33,7	15,4	4,6	457	2,19
$N_{120}P_{90}K_{120}$	6,47	64,7	26,1	4,0	403	2,48
$N_{240}P_{90}K_{120}$	7,41	75,6	36,7	5,0	485	2,06
$N_{360}P_{90}K_{120}$	7,64	77,1	47,2	6,2	612	1,63
Сенокосное использование						
Без удобрений (контроль)	3,11	29,2	12,2	3,9	418	2,39
$P_{90}K_{120}$	3,41	32,0	14,6	4,3	456	2,19
$N_{120}P_{90}K_{120}$	6,30	59,2	25,4	4,0	429	2,33
$N_{240}P_{90}K_{120}$	7,34	69,7	35,9	4,9	515	1,94
$N_{360}P_{90}K_{120}$	7,74	74,3	47,5	6,1	639	1,56

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее АК — агроэнергетический коэффициент.

стоек. Дополнительное внесение к фосфорно-калийным азотных удобрений в дозе N₁₂₀ повышало окупаемость затрат совокупной энергии практически до уровня контрольного варианта. Дальнейшее повышение уровня азотного питания сопровождалось снижением показателей эффективности удобрений на 25–57%.

Наилучшие показатели агроэнергетической эффективности обеспечивались при минимальных затратах на удобрения. Это не означает, что оптимальными являются варианты без удобрений. Учитывая, что за счет внесения удобрений в дозе N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ урожай возрастает в 2 раза при снижении окупаемости энергозатрат всего на 2,6–3,6%, эту дозу необходимо признать оптимальной.

*Агроэнергетическая
эффективность различных
способов борьбы с сорной
растительностью на сенокосах
и пастбищах*

Наряду с внесением минеральных удобрений борьба с нежелательными растениями является одним из самых действенных способов поверхностного улучшения лугов, но наибольший эффект достигается при сочетании различных способов улучшения. Для борьбы с многолетней сорной растительностью на лугах возникает необходимость в при-

менении гербицидов. Затраты совокупной энергии на производство 1 кг д. в. наиболее распространенных форм гербицидов (2,4-ДА, раундап) составляют 419,6 МДж, что выше, чем на удобрения, однако с учетом невысоких доз гербицидов суммарные затраты на них значительно ниже, чем на удобрения.

При улучшении суходольного сенокоса в колхозе «Ленинец» было проведено уничтожение сорных трав различными гербицидами в сочетании с последующим подсевом трав и внесением минеральных удобрений в дозе N₃₀P₃₀K₆₀. В структуре капитальных затрат примерно одинаковые доли приходились на семена трав (41,8–50,8%) и удобрения (40,5–50,4%), а затраты на гербициды составили только 16,5–17,7% (табл. 3).

В сумме затраты совокупной энергии на проведение работ по улучшению суходольного луга не превышали 9,02 ГДж на 1 га.

Различные гербициды на фоне внесения минеральных удобрений способствовали формированию продуктивных травостоев, которые довольно эффективно использовали внесенные в подкормки удобрения. Коэффициент агроэнергетической эффективности составлял от 2,96 до 3,70, в то время как в контрольном варианте он не превышал 1,84 (табл. 4).

Таблица 3

Затраты совокупной энергии на улучшение луговых травостоев
(числитель — ГДж/га, знаменатель —%)

Вариант	Семена	Гербициды	Удобрения	Всего
Контроль	3,77	—	3,65	7,42
	50,8		49,2	100
2,4-ДА	3,77	1,60	3,65	9,02
	41,8	17,7	40,5	100
Реглон	3,77	1,52	3,65	8,94
	42,2	17,0	40,8	100
Раундап	3,77	1,47	3,65	8,89
	42,4	16,5	41,1	100

Таблица 4

Агроэнергетическая эффективность улучшения сукходольного сенокоса

Вариант	Затраты совокупной энергии, ГДж/га				ОЭ, ГДж/га	АК
	приведенные затраты	уборка урожая	удобрение	всего		
Контроль	1,48	2,33	8,86	12,67	23,27	1,84
2,4-ДА	1,80	2,50	8,86	13,16	38,96	2,96
Реглон	1,79	2,54	8,86	13,19	43,69	3,31
Раундап	1,78	2,58	8,86	13,22	48,92	3,70

Наиболее эффективным оказалось применение раундапа, который преобразовывал природный травостой, состоящий из малопродуктивных дикорастущих злаков, в сеяный с доминированием ежи сборной. Окупаемость затрат совокупной энергии выходом обменной энергии повысилась при этом в 2 раза — с 184 до 370%. Результаты исследований показывают, что правильное использование химических средств борьбы с сорной растительностью на лугах является очень эффективным способом их улучшения. Внесение удобрений в сочетании с подсевом трав без проведения истребительных мер борьбы с сорняками не обеспечивало такого высокого эффекта, так как сохранившиеся дикорастущие растения препятствовали укоренению более продуктивных подсеянных трав.

Повышения агроэнергетической эффективности мероприятий по поверхностному улучшению лугов можно добиться путем снижения доз вносимых азотных удобрений, затраты совокупной энергии на которые являются преобладающими. На их приобретение и внесение приходится 59,1–61,6% всех затрат. Без внесения минеральных источников азота приемлемые урожаи могут давать бобово-злаковые травостои. На бедных почвах трансформировать разнотравно-злаковые в бобово-злаковые травостои крайне затруднительно без дополнительных затрат на известкование.

Расчеты показывают, что дополнительное поверхностное внесение на 1 га 2,5 т известковых материалов потребует 9,7 ГДж совокупной энергии и при условии успешного укоренения подсеянных бобовых трав может заменить минеральные азотные удобрения.

Эффективность подсева трав, коренного улучшения и перезалужения сенокосов и пастбищ

Коренное улучшение и перезалужение сенокосов и пастбищ требует выполнения трудоемких операций по обработке почвы с помощью различных с.-х. машин и орудий. В настоящее время предпочтительными являются упрощенные способы залужения с использованием небольшого набора машин или комбинированных агрегатов залужения, совмещающих за один проход работы по первичной, предпосевной обработке почвы и посеву травосмесей. В структуре затрат на залужение на плужную обработку почвы приходится 59–67% затрат (табл. 5). При замене плужной обработки мелкой дисковой или фрезерной обработкой затраты снижаются соответственно в 1,8 и 1,7 раза. В опытах, проведенных в Львовской обл., дискование по сравнению со вспашкой обеспечивало снижение затрат на обработку почвы на 49% [5].

При подсеве трав в дернину дисковой или фрезерной сеялкой затраты на выполнение этой операции снижаются до 669–790 МДж/га,

Таблица 5

Капитальные затраты на залужение и подсев трав (МДж/га)

Вариант	Обработка почвы и посев	Удобрение	Семена	Всего затрат
Контроль	—	1595	—	1595
Разбросной посев	—	1595	1344	2939
Полосный подсев	790	1595	1344	3729
Бороздковый подсев	669	1595	1344	3608
Вспашка+двукратное дискование	4208	1595	1344	7147
Двукратное дискование+вспашка+ + двукратное дискование	5882	1595	1344	8821
Двукратное дискование	2343	1595	1344	5282
Двукратное фрезерование	2449	1595	1344	5388

т. е. в 3–3,6 раза по сравнению с мелкими обработками почвы.

Очень энергоемкими способами окультуривания почвы является внесение извести и органических удобрений. Затраты на применение 5 т/га известковых материалов составляют 20,6 ГДж совокупной энергии, что в 2,3–3,9 раза больше, чем суммарные затраты на удобрения, семена, обработку почвы и посев. Исследования показывают, что многолетние злаковые травы дают устойчивые урожаи при рН_{сол.} 5,0, поэтому при создании злаковых травостоев необходимость в известковании возникает на почвах с рН_{сол.} ниже 4,5–5,0.

Внесение органических удобрений при коренном улучшении и перезалужении может быть рекомендовано на почвах с гумусовым горизонтом, нарушенным эрозией, а также в результате корчевки древесно-кустарниковой растительности; на выработанных торфяниках. На других местообитаниях многолетние травы в первые годы после залужения могут получать необходимое количество питательных веществ за счет минерализации органического вещества дернины.

Первоочередными объектами коренного улучшения и перезалужения должны являться сенокосы и пастбища, не требующие больших объемов работ по окультуриванию

почвы. Культурные пастбища перезалужают при сильной изреженности травостоев и значительном количестве сорных трав; при полном выпадении из травостоев бобовых компонентов. При наличии в составе травостоя 25–30% высокопродуктивных корневищных злаковых трав предпочтительнее является поверхностный способ улучшения с помощью внесения минеральных удобрений, стимулирующих их вегетативное размножение.

Подсевом трав в дернину улучшают старосеяные луга после уничтожения сорной растительности гербицидами, при выпадении бобовых трав. При использовании специальных фрезерных сеялок подсев может проводиться в достаточно густые злаковые травостои с целью обогащения их бобовыми компонентами. При этом основным условием успешного укоренения подсеянных трав является частое использование травостоев с целью уменьшения конкурентной способности растений, слагающих старый травостой.

Выводы

1. На орошаемых сенокосах и пастбищах со старовозрастными злаковыми травостоями наибольший агроэнергетический эффект достигается при внесении азотных удобрений в дозе 120 кг д.в. азота на 1 га. Затраты совокупной энер-

гии окупались выходом обменной энергии корма в 2,11–2,42 раза. При более высокой дозе минерального азота 240 кг/га агроэнергетический коэффициент снижался до 1,90–2,06.

2. Поверхностное улучшение природного сенокоса путем применения гербицидов с последующим внесением минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{60}$ и проведением подсева трав требует небольших затрат совокупной энергии — 8,89–9,02 ГДж/га, которые окупаются сбором обменной энергии в 2,96–3,7 раза.

3. При поверхностном улучшении кормовых угодий подсевом трав в дернину дисковой или фрезерной селялкой капитальные затраты совокупной энергии снижаются в 1,4–1,8 раза по сравнению с проведением коренного улучшения по мелким обработкам почвы и в 1,9–3,0 раза при использовании традиционной пахотной обработки почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н.Г., Лазарев Н.Н., Ермолаев Ю.Г., Кушнир Н.Ф. Поверхностное улучшение пойменных и суходольных лугов // Изв. ТСХА, 1987. Вып. 4. С. 20–26. — 2. Андреев Н.Г., Лазарев Н.Н., Шибуков А.А. Эффективность применения утала при коренном улучшении суходольных лугов // Изв. ТСХА, 1989. Вып. 1. С. 22–29. — 3. Андреев Н.Г., Лазарев Н.Н., Емельянов А.М. Эффективность применения утала и различных способов обработки почвы при коренном улучшении лугов // Изв. ТСХА, 1990. Вып. 6. С. 31–40. — 4. Ахламова Н.М., Фе-

дорова Л.Д., Кулаков В.А. и др. Повышение продуктивности долголетних лугов // Интенсификация лугопастбищного хозяйства. М., 1989. С. 91–98. — 5. Бегей С.В., Бомба М.Я. Дискование вместо вспашки // Земледелие, 1985. № 5. С. 25–26. — 6. Кутузова А.А. Перспективные направления научных исследований по луговодству // Кормопроизводство, 1996. № 4. С. 2–6. — 7. Кутузова А.А., Зотов А.А., Тебердиев Д.М. и др. Повышение экономической эффективности угодий // Кормопроизводство, 1997. № 1–2. С. 12–14. — 8. Кутузова А.А., Зотов А.А., Францева А.А. и др. Агроэнергетическая оценка технологий лугового кормопроизводства // Кормопроизводство, 1998. № 1. С. 2–7. — 9. Лазарев Н.Н., Тришкин М.С., Краева Н.А. Применение гербицидов и подсева трав при улучшении природных и сеяных лугов // Изв. ТСХА, 2001. Вып. 1. С. 51–63. — 10. Лазарев Н.Н. Формирование пастбищных и сенокосных травостоев под действием длительного применения минеральных удобрений // Изв. ТСХА, 2004. Вып. 2. С. 37–52. — 11. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах. М.: ВНИИК, 2000. — 12. Михайличенко Б.П., Кутузова А.А., Новоселов Ю.К. и др. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. М.: Россельхозакадемия, 1995. — 13. Михайличенко Б.П. Концептуальные основы развития кормопроизводства на современном этапе и на перспективу // Кормопроизводство, 1997. № 7. С. 10–14.

Статья поступила
8 августа 2005 года

SUMMARY

Natural hayfields' improvement by means of combined use of fertilizers, herbicides and grass sowing gives higher recouplement (2,96–3,7 times) of expenditure. During long-term application of nitrogenous fertilizers, the dose above 120 kg per hectare the decrease of agro-energy coefficient from 2,32–2,48 to 1,56–2,06 is found and recouplement of expenditure — 1,2–1,7 times.