

На правах рукописи

**ОЛИГЕР МАРИЯ АЛЕКСЕЕВНА**

РГБ 01

13 НОЯ 2000

**МНГОВАРИАНТНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ДОЛГОЛЕТНИХ  
СЕНОКОСОВ НА СУХОДОЛАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА  
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

06.01.12 - кормопроизводство и луговодство

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2000

Диссертационная работа выполнена во Всероссийском ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте кормов имени В.Р.Вильямса в 1997-1999 гг.

Научные руководители:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный  
деятель науки А.А. Кутузова  
кандидат сельскохозяйственных наук Л.С. Трофимова

Официальные оппоненты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор В.А. Тюльдюков  
кандидат сельскохозяйственных наук Н.В. Панферов  
Ведущая организация - НИИСХ Центрального района Нечерноземной зоны

Защита диссертации состоится «22» мая 2000 г. в 13<sup>30</sup> ч 30 мин.  
на заседании диссертационного совета Д.020.52.01 во Всероссийском научно-исследовательском институте кормов имени В.Р.Вильямса по адресу: 141055, г. Лобня, Московской области, п/о Луговая, Научный городок.

Просим Вас принять участие в работе совета или прислать письменный отзыв о данном реферате (в двух экземплярах, заверенных печатью).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.  
Автореферат разослан «13» октября 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор с.-х. наук, профессор



В.Н.Киреев

17221.4,0  
170(20344)221,0

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Урожайность природных кормовых угодий в последнее время заметно снизилась вследствие прекращения работ по их улучшению. В условиях ограниченности экономических ресурсов обострилась задача по приостановлению негативных процессов на сенокосах и пастбищах, сопровождающихся заменой ценной кормовой луговой растительности на малоценную древесно-кустарниковую. Поэтому актуальное значение приобретает поиск доступных путей восстановления и повышения продуктивности этих угодий на основе низкозатратных, энергосберегающих, экологически безопасных систем ведения, возможность использования которых определяется уровнем материально-технической оснащенности хозяйств и наличием природных ресурсов.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлась комплексная оценка многовариантных систем ведения сенокосов, расположенных на суходолах Нечерноземной зоны РФ. Основные задачи исследований включали: изучение изменения ботанического состава за 51-53 гг. пользования в зависимости от систем ведения, определение влияния их на качество произведенного травяного сырья, продуктивность травостоев, потребление основных питательных веществ, коэффициенты использования удобрений, накопление подземной массы, изменение плодородия почвы, направленность дерновообразовательного процесса, в том числе определение роли дождевых червей в нем, распределение потоков валовой энергии в агроэкосистеме, а также проведение агроэнергетической и экономической оценки изучаемых систем.

Научная новизна. Впервые дана комплексная оценка альтернативных систем ведения долголетних сенокосов (51-53 гг. пользования) с учетом продуктивности (по сбору обменной энергии), накопления подземной массы и изменения плодородия почвы; установлено распределение потоков валовой энергии по элементам агроэкосистемы (надземная и подземная масса, плодородие почвы) и изменение продуктивности фотосинтеза под влиянием антропо-

погенных факторов; определена агроэнергетическая и экономическая эффективность различных технологических систем ведения сенокосов.

Практическое значение работы. Применение техногенно-минеральной системы, включающей ежегодное внесение полной смеси минеральных удобрений в дозах  $N_{60-120}P_{45}K_{90}$ , а также комбинированной системы (20 т/га навоза 1 раз в 4 года +  $N_{90}P_{45}K_{90}$  ежегодно), способствующих сохранению ценного состава травостоя, позволяет получать 45-61 ц сена, или 2,8-4,0 тыс. корм.ед. с 1 га в течение 51-53 гг. пользования без перезалужения и экономить в 7 раз и более капитальные вложения по сравнению с ранее рекомендованным сроком долголетнего использования сеяных травостоев (в течение 8 лет).

Реализация результатов исследований. Основные результаты исследований опубликованы в 5 работах.

Объем работы. Диссертация изложена на 193 страницах машинописного текста, состоит из введения, 7 глав, выводов и предложений производству, содержит 28 таблиц, 16 приложений, 8 рисунков. Список использованной литературы включает 266 наименований, в том числе 55 на иностранных языках.

## 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1997-1999 гг. в соответствии с программой РАСХН «Разработать научные основы адаптивных ресурсосберегающих, экологически безопасных систем кормопроизводства по зонам РФ, обеспечивающих повышение сбора с единицы площади биологически ценных кормов, снижение потерь при их заготовке и хранении» на сеяном сенокосе ЦЭБ ВНИИ кормов, расположенном на суходоле временно избыточного увлажнения на травостоях 51-53 гг. пользования. Травостои созданы в 1946 г. путем посева рекомендованной в те годы семикомпонентной травосмеси (клевер луговой, клевер ползучий, тимopheевка луговая, овсяница луговая, лисохвост луговой, кострец безостый, мятлик луговой) с общей нормой высева 28 кг/га. Площадь делянки 104 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Почва опытного участ-

ка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, бедная по содержанию основных питательных элементов – в исходном состоянии содержала 60 мг фосфора и 70 мг калия на 1 кг почвы, 0,12 % азота и 2,03 % гумуса, рНсол 4,3. Режим использования травостоя двухукосный: первый укос убирали в фазу массового цветения лисохвоста, отаву – в сентябре. На сеяном сенокосе изучали 4 системы ведения, включающих 15 технологий с различными уровнями питания. Техногенная система включала использование сеяного травостоя в условиях низкого уровня питания за счет естественного плодородия почвы. Техногенно-минеральная система предусматривала два альтернативных источника азотно-го питания. С учетом традиционного направления применяли разные дозы минерального азота в составе полной смеси; для установления роли отдельных видов удобрений в схему опыта также включали односторонние подкормки (N, P, K) и несбалансированные сочетания (NP, NK). Второй модификацией техногенно-минеральной системы, которая в дальнейшем называется низкозатратной, является использование биологического источника азота за счет участия бобовых на фоне PK. Техногенно-органическая система характеризуется периодическим внесением органических удобрений – по 10 и 20 т/га навоза 1 раз в 4 года поверхностно в осенний период (поступление питательных веществ составило  $N_{40}P_{25}K_{45}$  и  $N_{80}P_{50}K_{90}$  соответственно). Комбинированная система включала внесение полного минерального удобрения ( $N_{90}P_{45}K_{90}$ ) в сочетании с органическим удобрением. Детально схема опыта приведена в таблице 1.

Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам. Статистическую обработку данных по урожайности травостоя и запасу подземной массы проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985). Комплексная агроэнергетическая и экономическая оценки систем ведения сенокосов проведены согласно рекомендациям «Методического пособия по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства» (1995) и «Методов экономических исследований в агропромышленном производстве» (1999). Накопление и распределение валовой энергии (в надземной и подземной массе, изменении плодородия почвы) определяли в

соответствии с «Методическим руководством по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах» (2000).

Погодные условия в годы проведения исследований были различными. Вегетационный период 1997 года продолжался 149 дней (86 % от многолетнего показателя), сумма температур составила 95 % от среднеевропейского ( $2344^{\circ}\text{C}$ ), количество осадков было на 154 мм ниже нормы (371 мм). Вегетационный период 1998 года продолжительностью в 162 дня по сумме температур оказался на  $73^{\circ}\text{C}$  теплее обычного, количество выпавших осадков на 17 % превысило многолетние данные. Вегетационный период 1999 года был на 14 дней длиннее средних показателей, сумма температур на  $370^{\circ}\text{C}$  была выше среднеевропейского значения, а количество выпавших осадков составило 76 % от нормы. В целом, метеорологические условия в годы исследований были типичными для Центрального района Нечерноземной зоны РФ.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние систем ведения сенокосов на ботанический состав травостоев и качество корма. В техногенной системе вследствие режима питания трав, ограниченного природными условиями суходольного луга, сформировался травостой, типичный для таких местообитаний – низовозлаково-разнотравный с примесью бобовых трав (табл. 1). В техногенно-минеральной системе, включающей ежегодные подкормки полной смесью минеральных удобрений, сформировался выраженный верхний ярус (48-84 % верховых злаков). При регулярном двукратном скашивании лисохвост луговой оказался наиболее устойчивым видом, его обилие даже возросло (в составе высеянной травосмеси он занимал только 11 % от общей нормы высева). Это связано с высокой отзывчивостью лисохвоста лугового на уровень азотного питания: по мере повышения доз азотных удобрений от  $N_{60}$  до  $N_{90}$  и  $N_{120}$  урожайность этого вида возрастала в 4, 7 и 9 раз. Доминирующая роль в продукционном процессе лисохвоста лугового, занимавшего 48-82 % всей фитомассы на 51-53 гг. пользования без переизлучения и подсева, позволяет обосновать целевой состав тра

Таблица 1.

**Видовой состав долголетних травостоев при разных системах ведения сенокоса  
в среднем за 1997-1999 гг., в % СВ**

Система ведения	В том числе удобрение	Злаки						Бобовые	Разнотравье
		верховые	в том числе писхвост	низовые	в том числе полевика	в том числе овсяница	всего злаков		
<i>Техногенная (контроль)</i>	Без удобрений	24	22	48	9	32	72	6	22
<i>Техногенно- минеральная</i>	N80PK	48	48	37	2	31	85	5	10
	N90PK	76	72	17	2	12	93	-	7
	N80+40PK Ca	80	58	12	3	4	92	-	8
	N120PK	84	82	13	2	3	97	-	3
	N120+80PK	84	32	8	4	1	92	-	8
	N120	13	13	53	9	30	66	-	34
	N120K90 N120P45	21 50	20 50	27 42	10 7	12 14	48 92	- -	52 8
<i>низкозатрат- ная</i>	P45K60	16	16	64	4	57	80	11	
	K60	19	19	62	15	32	81	5	14
	P45	15	15	58	17	36	73	4	23
<i>Техногенно- органоческая</i>	навоз 10 т/га 1 раз в 4 года	43	41	26	5	17	69	11	20
	навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	32	31	16	2	10	48	20	32
<i>Техногенно- органо- минеральная</i>	навоз 20 т/га 1 раз в 4 года и N80PK	83	76	9	1	2	92	-	8

восмесей именно с участием этого вида для создания долголетних сенокосов. Формирование злакового травостоя (92 %) при комбинированной системе происходило аналогично техногенно-минеральной системе с ежегодной подкормкой в дозах  $N_{120}P_{45}K_{90}$ .

Влияние техногенно-минеральной системы, включающей различные виды азотных удобрений, и комбинированной системы на качество корма наиболее четко проявилось в повышении уровня сырого протеина и сырой клетчатки. Для получения сена 1 класса важно проводить первое скашивание в оптимальный срок (в фазу начала цветения доминантного вида) в связи с зависимостью содержания в корме сырого протеина и сырой клетчатки от фазы вегетации. Перенесение срока первого скашивания в 1997 г. на три недели позже (конец цветения) привело к увеличению сырой клетчатки в корме до 28,4-31,3 % и снижению сырого протеина до 11,2-12,1 % СВ на фоне  $N_{60-120}PK$ , что соответственно повлияло на общую оценку качества корма (2 класс). Неблагоприятные погодные условия (в частности, засуха) также снижали качество сена. В целом, сырье в годы исследований по основным показателям соответствовало принятым нормам (ГОСТ 4808-87).

#### Продуктивность долголетних сенокосов при различных системах ведения.

Урожайность травостоя в техногенной системе за счет естественного плодородия почвы составила 27,8 ц/га СВ, или 2,1 тыс. корм.ед. (табл. 2). Наиболее эффективными по всем показателям продуктивности явились техногенно-минеральная система с внесением  $N_{60-120}PK$  (урожайность повысилась на 110-159 % в зависимости от уровня азотного питания) и комбинированная система (на 148 %); без переизлучения и подсева трав продуктивность фитоценозов достигала 49,5-65,6 ГДж ОЭ, 3,8-5,0 тыс. корм.ед., 7,2-10,0 ц сырого протеина с 1 га. Наиболее высокий рост урожайности установлен при дробном внесении азота с распределением под 1 укос 80, а под 2 укос 40 кг/га. Получены высокие коэффициенты использования азотных удобрений – 86-109 %; под влиянием азота резко возрастали коэффициенты использования фосфора (56-78 %) и особенно калия (до 100-121 %).



Таблица 2.

Продуктивность долголетнего сенокоса при различных системах ведения сенокосов в среднем за 1997-1999 гг.

Система ведения	В том числе удобрение	СВ		ОЗ, ГДж	Корм. ед.	Сырой протеин, кг
		ц/га	%			
<i>Техногенная (контроль)</i>	Без удобрений	27,8	100	26,7	2057	325
<i>Техногенно-минеральная</i>	N60PK	58,4	210	49,5	3781	718
	N90PK	66,6	240	55,6	4252	860
	N120PK	72,0	259	64,1	4 937	997
	N120+60PK	69,0	248	65,6	4979	1074
<i>низкозатратная</i>	P45K90	39,7	143	37,0	2776	463
<i>Техногенно-органическая</i>	навоз10 т/га 1 раз в 4 года	33,3	120	33,2	2642	433
	навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	37,1	134	37,4	3020	521
<i>Техногенно-органоминеральная</i>	навоз 20 т/га 1 раз в 4 года и N90PK ежегодно	68,8	248	65,6	5016	961

НСР<sub>05</sub>

9,3

Влияние систем ведения долголетних сенокосов на накопление подземной массы фитоценозов, плодородие почвы и распределение потоков валовой энергии. При длительном применении систем ведения луга произошло значительное накопление подземной массы (190-284 ц/га СВ), то есть сформировалась мощная дернина (табл.3). Наиболее интенсивное накопление корней травостоями 54-го года жизни установлено в техногенно-минеральной системе, включающей полное минеральное и фосфорно-калийное удобрение, увеличение их массы по сравнению техногенной системой составило 46-49 %. Накопление азота и фосфора в корнях также было максимальным в техногенно-минеральной системе с ежегодным внесением полного минерального (возрос-

Таблица 3.

Влияние систем ведения долголетних сенокосов на накопление подземной массы фитоценозов, изменение плодородия почвы и распределение потоков валовой энергии в среднем за год

Система ведения	В том числе удобрение	Корни		Почва		Валовая энергия, ГДж/га				Окупаемость затрат ВЭ, %
		ц/га СВ	N, кг/га	N, %	гумус, %	надземная масса	подземная масса	изменение плодородия почвы	всего	
<i>Техногенная</i>	Без удобрений	190,1	242,1	0,20	3,28	50,3	6,3	6,3	62,9	2169
<i>Техногенно-минеральная</i>	N60P45K90	283,8	372,1	0,17	3,02	95,1	9,6	3,9	108,6	1075
	N120P45K90	278,0	389,5	0,16	3,20	125,2	9,9	4,1	139,2	898
	P45K90	283,3	351,3	0,21	3,17	72,7	8,7	6,1	87,5	1902
<i>низкозатратная</i>										
<i>Техногенно-органическая</i>	навоз 20т/га 1 раз в 4 года	213,2	259,3	0,22	3,63	69,7	7,1	8,3	85,1	1001
<i>Техногенно-органо-минеральная</i>	навоз 20т/га 1 раз в 4 года и N90P45K90 ежегодно	264,6	364,2	0,25	3,63	128,7	8,7	9,6	147,0	803

ло соответственно на 54-61 и 116-126 %) и фосфорно-калийного (на 45 и 125 %) удобрений, и в комбинированной системе (на 50 и 79 %).

На долголетнем сенокосе прослеживалась обратная зависимость обилия дождевых червей от интенсивности удобрения, его формы (минеральное или органическое). При внесении полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{45}K_{90}$  численность дождевых червей сокращалась в 1,4 раза, биомасса в 1,3 раза; соответственно для дозы  $N_{120}P_{45}K_{90}$  – в 2,0 и 1,3 раза. В контроле, РК и особенно на участке с внесением навоза разложение органического вещества почвы, по-видимому, более интенсивно протекает благодаря высокой активности дождевых червей (3,57-4,00 млн. шт на 1 кв.м.).

Максимальные темпы накопления гумуса в почве отмечены при использовании навоза, несмотря на поверхностный способ его внесения (осенью по дернине луга) – 523-572 кг/га в год, в других изучавшихся системах среднегодовые показатели накопления гумуса в почве (316-426 кг/га) также были высокими. При техногенно-минеральной системе отмечалось накопление в почве запасов подвижного фосфора (191-210 кг/га в сумме за весь период опыта), усиливавшееся при известковании (220 кг/га), и незначительное увеличение кислотности почвы по сравнению с контролем. Комбинированная система способствовала увеличению плодородия почвы по всем показателям.

Анализ накопления и распределения потоков валовой энергии по элементам агроэкосистемы показал, что ежегодно в техногенной системе накапливается 62,9 ГДж/га валовой энергии. Наибольшие темпы накопления валовой энергии отмечаются для техногенно-минеральной системы, предусматривающей внесение полных смесей удобрений (в 1,7-2,2 раза больше), и комбинированной системы (в 2,3 раза). При этом основная ее часть содержится в надземной массе – 80-90 %, в подземной массе 6-10 % и в почве 3-10 %.

Накопление ВЭ за счет фотосинтеза в техногенной системе составило 60 ГДж/га в среднем за год, в техногенно-минеральной системе этот показатель повысился на 38-106 %, в техногенно-органической – на 28 % и в комбинированной системе – на 115 %. Это раскрывает ведущую роль антропогенного

фактора в изменении фотосинтеза фитоценозом. Благодаря фотосинтетической деятельности окупаемость антропогенных затрат валовой энергией агроэкосистемы достигала 803-2169 %, наивысшие показатели отмечены для техногенной системы. Это раскрывает преимущества долголетнего использования сеяного луга.

Агроэнергетическая и экономическая эффективность систем ведения долголетних сенокосов. В техногенной системе совокупные затраты были низкими и составляли 2,9 ГДж/га в среднем за год, окупаясь сбором обменной энергии в 6,9 раз, в низкозатратной техногенно-минеральной системе – в 6 раз (табл. 4). В техногенно-минеральной системе, включающей полную смесь туков, при повышении доз азота от 60 до 120 кг/га – в 3,7-3,1 раза соответственно, в техногенно-органической системе (10 или 20 т/га навоза) – в 4,3-3,3. В комбинированной системе увеличение совокупных затрат до 18,3 ГДж/га привело к снижению их эффективности – АК составил 2,7 против 3,3 раза в соответствующих системах.

Экономическая оценка различных систем ведения долголетнего сенокоса на 51-53 гг. пользования (в ценах 1 квартала 2000 г.) позволила выявить следующие особенности: техногенная система обеспечила низкую себестоимость 1 корм.ед. (0,26 руб.) и высокую рентабельность (477 %) вследствие длительного срока использования и снижения капитальных затрат (до 70 руб./га). При возросших затратах в техногенно-минеральной системе, включающей полное минеральное удобрение, показатели рентабельности оставались высокими – 274-367 %. Наименьший экономический эффект среди изучавшихся систем отмечался для органической системы (навоз 20 т/га), однако за счет внутрихозяйственных возобновляемых ресурсов достигалось повышение продуктивности в 1,5 раза, сбора протеина в корме в 1,6 раза при низкой себестоимости 1 корм.ед. (47 коп.) и высокой рентабельности – 221 %. Окупаемость капитальных вложений быстрее всего происходит при техногенно-минеральной с полным минеральным удобрением и комбинированной системах (0,8-1,1 года), в других системах – за 2 года.

Таблица 4.

Агроэнергетическая и экономическая эффективность систем ведения долголетнего санскоса  
(в среднем за 1997-1999 гг.)

Система ведения	В том числе удобрение	Затраты антропогенной энергии, ГДж/га	АК, %	Затраты		Приведенные затраты, руб.	Себестоимость 1 корм.ед., руб.	УЧД, руб./га	Рентабельность, %
				на 1 ГДж ОЭ, в МДж	на 1ц СП, в ГДж				
<i>Техноэкоенная (контроль)</i>	Без удобрений	2,9	690	145	1,19	401	0,26	1915	477
<i>Техногенно-минеральная</i>	N60PK	10,1	367	272	1,87	975	0,34	3280	338
	N90PK	12,7	328	305	1,97	1 091	0,34	3694	339
	N120PK	15,5	310	322	2,07	1 210	0,33	4345	359
	N80+40PK	16	327	306	2,14	1 298	0,32	4764	367
<i>низкозатратная</i>	N120+60PK	21,2	232	431	2,63	1 498	0,40	4105	274
	P45K90	4,6	604	165	1,33	743	0,36	2382	321
<i>Техногенно-органическая</i>	навоз 10 т/га	5,8	429	233	1,78	732	0,37	2242	306
	1 раз в 4 года								
	навоз 20 т/га	8,5	331	302	2,17	1 059	0,47	2340	221
<i>Техногенно-органическая</i>	1 раз в 4 года								
	навоз 20 т/га	18,3	269	372	2,54	1 751	0,47	3893	222
<i>Техногенно-минеральная</i>	1 раз в 4 года и N90PK ежегодно								

Примечание: УЧД - условно чистый доход

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведения исследований на долголетних сенокосах (51-53 гг. пользования), созданных в Центральном районе Нечерноземной зоны на суходолах с дерново-подзолистыми почвами, установлена возможность получения при применении техногенно-минеральной системы 37-52 ГДж обменной энергии (ОЭ), 2,8-4,0 тыс. корм.ед. с 1 га в зависимости от удобрения ( $N_{60}-N_{120}P_{45}K_{90}$ ). При регулярном уходе и рациональном использовании (два укоса за сезон, первый укос в фазу цветения лисохвоста лугового) сформировались ценные по составу травостой. Ведущая фитоценотическая роль в поддержании продуктивного долголетия травостоев принадлежит короткокорневищному злаку – лисохвосту луговому, что указывает на необходимость включения его в состав высеваемых травосмесей с целью обеспечения формирования самовозобновляющихся травостоев.

2. На 51-53 гг. пользования доминирование видов злаковых трав (65-85 %) в травостое достигалось в техногенно-минеральной системе с внесением полного минерального удобрения (дозы азота от 60 до 120 кг/га д.в.), а также в комбинированной системе (75-90 %), включающей сочетание минеральных ( $N_{90}PK$ ) и органических удобрений. На этих фонах сформировались лисохвостно-разнотравно-злаковые ассоциации, при более высоком уровне минерального питания ( $N_{120+60}P_{45}K_{90}$ ) – кострцово-лисохвостно-мятликово-разнотравные ассоциации. Однако вследствие установленной склонности к полеганию последние не отвечают технологическим требованиям укосного использования.

3. В техногенной системе ведения сенокосов, где формирование травостоя происходило на фоне естественного плодородия дерново-подзолистых почв, основу фитоценоза составляли низовые злаки (48 %), доля верховых видов злаков и разнотравья была значительно меньше (соответственно 24 и 22 %), участие бобовых трав в среднем за 3 года наблюдений не превышало 6 %. Перестройка сенокосного травостоя в пастбищный происходила как в техногенной и низкозатратной техногенно-минеральной (с внесением PK) системах, так и в техно-

генно-органической системе (10 и 20 т/га навоза), что обуславливает необходимость трансформации сельскохозяйственных угодий.

4. При благоприятном режиме влагообеспеченности (1998 г.) качество травяного сырья отвечало требованиям стандарта на сено 1 класса во всех системах ведения сенокосов. В более сухие годы в техногенно-минеральной системе на фоне РК вследствие снижения содержания бобовых в сырьевой массе (до 15 %) концентрация сырого протеина оказалась недостаточной (9,3-10,3 %) для первого класса сена, вследствие чего оно отнесено ко 2 классу. Сено, полученное в первом укосе на травостоях в техногенно-минеральной системе, включающей полную смесь минеральных удобрений, и в комбинированной системе отвечало требованиям 2 класса в засушливом 1997 г. и 1 класса в 1998 и 1999 гг. В техногенно-органической системе (20 т/га навоза) произведенный корм по всем показателям в течение всех лет исследований отвечал требованиям стандарта для сена 1 класса.

Качество сена во втором укосе 1998 г. понизилось до 2 класса из-за падения концентрации сырого протеина и увеличения содержания клетчатки в корме вследствие интенсивного отрастания отавы. В 1999 г. сено, полученное во втором укосе, отвечало требованиям 1 класса при использовании любой из изучаемых систем благодаря снижению активности ростовых процессов в засуху; в 1997 г. вследствие более продолжительной засухи второй укос не сформировался.

5. Урожайность травостоя в техногенной системе в среднем за 51-53 гг. пользования составила 27,8 ц/га, что характерно для типичного фитоценоза на естественных суходольных лугах временно избыточного увлажнения. Потенциал продуктивности сенокоса в эти годы пользования при техногенной системе составил 26,7 ГДж ОЭ, 2 057 корм.ед., 325 кг сырого протеина с 1 га за счет естественного плодородия.

Применение техногенно-минеральной системы, включающей различные приемы полного минерального удобрения, обеспечило прирост урожайности на 110-159 % по сравнению с техногенной системой. Наиболее высокий рост урожайности установлен при дробном внесении  $N_{120}$  (с распределением под 1

укос 80 и под 2 укос 40 кг/га), что гарантировало получение технологически полноценной урожайности во втором укосе – 9-14 ц/га СВ в засушливые годы и 35 ц/га при благоприятном увлажнении. Применение комбинированной системы обеспечило получение суммарного эффекта от применения компонентов разных систем ведения, при этом достигнутая прибавка урожайности (148 %) была близка к этому показателю в техногенно-минеральной системе с внесением  $N_{120}PK$  (140 %). Поэтому применение органических удобрений (20 т/га навоза 1 раз в 4 года) заменяет ежегодное применение минеральных азотных удобрений в дозе  $N_{30}$ .

6. Динамика урожайности по годам существенно зависела от погодных условий. В целом урожайность травостоев заметно снижалась в остро засушливые годы, в техногенной системе недобор урожайности достигал 50 %. Однако применение систем, основанных на внесении полной смеси удобрений, обеспечивало большую устойчивость урожайности: отклонения от среднего ее значения составляли -19-24 % в неблагоприятные годы, +23 - +25 % в год с повышенным увлажнением.

7. Продуктивность сенокоса 51-53 гт. пользования благодаря применению техногенно-минеральной системы повышалась в 1,8-2,4 раза без перезалужения и подсева (с 26,7 до 49,5-65,6 ГДж ОЭ с 1 га) в результате улучшения уровня питания трав, связанного с увеличением доз азота с 60 до 120 кг/га за сезон; с 1 га получено 3,8-5,0 тыс. корм.ед., 7,2-10,0 ц/га сырого протеина. При повышении сезонной дозы азотных удобрений до  $N_{180}$  в этой системе продуктивность сенокоса не изменялась по сравнению с дозой  $N_{120}$ .

В комбинированной системе продуктивность травостоя (65,6 ГДж/га) благодаря действию двух видов удобрений ( $N_{90}PK$  + навоз) была близкой к продуктивности сенокоса в техногенно-минеральной системе с  $N_{120}PK$ , то есть достигнута экономия 30 кг/га д.в. азотных удобрений.

8. Окупаемость 1 кг д.в. азотных удобрений прибавкой урожая существенно превосходила окупаемость полной смеси удобрений: для доз  $N_{60}$  и  $N_{120}$  в расчете на 1 кг азота получено 29 и 24 корм. ед., на 1 кг смеси – 9 и 11 корм.ед.



Дополнительное известкование на фоне  $N_{80+40}P_{45}K_{90}$  повысило окупаемость 1 кг азота до 28 корм.ед. (1 кг NPK – до 13). При повышении дозы до  $N_{180}$  произошло снижение окупаемости 1 кг азота до 16 корм.ед. (для NPK – до 9 корм.ед.). Соответствующие закономерности установлены по окупаемости удобрений дополнительным сбором ОЭ (МДж).

Окупаемость 1 т навоза составила в сумме за 3 года 1,95 ГДж ОЭ для дозы 10 т/га и 1,61 ГДж – для 20 т/га, соответственно 176 и 144 корм.ед., 32,4 и 29,4 кг сырого протеина.

9. При содержании в дерново-подзолистой почве под травостоем 53 года пользования 3,28 % гумуса, 46 мг  $P_2O_5$  и 66 мг  $K_2O$  в 1 кг почвы потребление питательных веществ урожаем трав составило (кг/га): 51,5 азота, 11,9  $P_2O_5$ , 46,7  $K_2O$  и 39,2  $CaCO_3$ . Под влиянием техногенно-минеральной системы при содержании в почве 68-92 мг/кг  $P_2O_5$  и 51-54 мг/кг  $K_2O$  вынос азота в вариантах  $N_{60}PK$ ,  $N_{120}PK$  и  $N_{180}PK$  увеличился соответственно в 2,3, 3,0 и 3,3 раза, вынос фосфора - в 3,1, 3,7 и 3,1 раза, калия - в 2,9, 3,3 и 2,8 раза, кальция - в 1,8, 1,8 и 2,1 раза (в среднем за 3 года). В комбинированной системе в результате влияния органического удобрения вынос азота повысился на 8 %, вынос  $P_2O_5$  – на 32 и  $K_2O$  – на 19 % по сравнению с соответствующей техногенно-минеральной системой ( $N_{90}PK$ ).

10. Наиболее высокий коэффициент использования азотного удобрения (КИУ) установлен для дозы  $N_{60}PK$  в составе техногенно-минеральной системы – 109 % в среднем за 3 года, что объясняется дополнением минерального источника азота биологическим благодаря участию бобовых в травостое. При увеличении дозы с  $N_{120}$  до  $N_{180}$  КИУ снизился с 88 до 65 %, что указывает на нецелесообразность применения высоких доз удобрений в условиях ограниченности ресурсов. КИУ азота, поступившего с 10 т/га навоза, достигал 146 % (в сумме за 3 года последействия), для 20 т/га – 131 % в результате стимулирования симбиотической и несимбиотической азотфиксации. КИУ для фосфорных и калийных удобрений в парной смеси составили соответственно 33 и 65 %, а

под влиянием азотных удобрений в дозах от 60 до 120 кг/га в техногенно-минеральной системе соответственно повысились до 56-71 и 100-121 %.

11. Накопление подземной массы за 53 года пользования в зависимости от системы ведения достигало 190-284 ц/га СВ, то есть за этот период сформировалась мощная дернина. Распределение корней в почве было неравномерным, основная масса (81-84 %) сконцентрирована в верхнем слое (0-10 см) по сравнению со вторым (10-20 см). Это обусловлено особенностями почвообразовательного процесса в лесной зоне и размещением корневой массы трав в более плодородном верхнем слое. Применение техногенно-минеральной системы повысило темпы накопления корней на 46-49 % по сравнению с техногенной системой, а более ограниченный уровень питания трав на фоне техногенно-органической системы приводил к снижению этого показателя.

12. В подземной массе сенокоса при техногенной системе ведения содержалось 1,27 % азота (или 242 кг/га), фосфора 0,15 % (или 28,5 кг/га); в техногенно-минеральной системе накопление азота повысилось на 45-61 %, фосфора - на 116-126 %, в техногенно-органической системе соответственно на 7 и 29 %, в комбинированной - на 50 и 79 %. Эти результаты показывают, что дернина старовозрастного луга может временно служить источником элементов питания после ее рыхления и минерализации для вновь созданного травостоя.

13. Под влиянием техногенно-минеральной и особенно комбинированной систем ведения содержание доступного фосфора в почве повысилось как по сравнению с техногенной системой (на 39-89 мг/кг за весь период опыта), так и по сравнению с исходным состоянием (на 25-75 мг/кг). Содержание калия в почве повысилось только в результате применения техногенно-минеральной системы, включающей ежегодную подкормку РК (на 31-45 мг/кг), а в остальных системах отмечено понижение этого показателя (на 12-26 мг/кг) вследствие высокого выноса калия с урожаем трав, что указывает на необходимость повышения дозы этого удобрения в дальнейшем.

Максимальные темпы накопления гумуса в почве отмечены при применении навоза, несмотря на поверхностный способ его внесения (осенью по дер-

нине луга) – 523-572 кг/га в год. Вместе с тем, и в других изучавшихся системах среднегодовые показатели накопления гумуса в почве (316-426 кг/га) были высокими, чему способствовала не только запашка дернины в 1946 г., но в большей мере разложение отмерших подземных органов многолетних трав, а также стерни и опада в процессе пользования сенокосом.

14. Ежегодное накопление валовой энергии в биогеоценозе (надземная, подземная масса, повышение плодородия почвы по сравнению с исходным уровнем) в техногенной системе составило 62,9 ГДж/га. Под влиянием техногенно-минеральной системы этот показатель возрос на 39-121 %, в техногенно-органической системе – на 35 и в комбинированной – на 134 %.

Распределение суммарного производства энергии по элементам биогеоценоза показывает, что основная ее доля (80-90 %) сосредоточена в надземной массе, при этом принципиальных различий для изучавшихся технологических систем ведения сенокосов не установлено. Это подтверждает ведущую роль биологического фактора – фотосинтеза многолетних трав в формировании валовых потоков энергии в луговых агроэкосистемах.

15. Среднегодовые размеры фотосинтеза, установленные по разнице производства валовой энергии в агроэкосистеме и совокупных затрат антропогенной энергии, в техногенной системе составили 60 ГДж/га в среднем за год, в техногенно-минеральной системе этот показатель повысился на 38-106 %, в техногенно-органической – на 28 % и в комбинированной системе – на 115 %. Это раскрывает ведущую роль антропогенного фактора в изменении размеров фотосинтеза фитоценозом.

16. На активность дождевых червей негативно влияют высокие дозы удобрений и повышение кислотности почвы, особенно на припочвенные виды, непосредственно контактирующие весной с удобрениями. Установленные показатели численности дождевых червей для перспективных систем ведения сенокосов, включавших оптимизированные уровни питания растений, являются характерными для сложившихся устойчивых биоценозов, так как определенной сопряженности с какими-либо нарушениями экологического равновесия в них выявить не удалось.

17. Среднегодовые затраты по капитальным вложениям составляли 0,6 ГДж, или 3-21 % от общей суммы затрат на различные системы ведения сенокосов, текущие затраты на уход (удобрение) и заготовку сена были основными (79-97 %). Наиболее высокий агроэнергетический коэффициент (АК) по окупаемости совокупных антропогенных затрат сбором обменной энергии в корме получен в экстенсивной техногенной системе – 690 % в среднем за 3 года. В результате интенсификации на основе применения техногенно-минеральной системы с внесением полных смесей удобрений АК составили 310-367 %, с внесением фосфорно-калийной смеси – 604 %. Высокие АК установлены также для техногенно-органической системы – 429 и 331 % соответственно для 10 и 20 т/га навоза.

18. Экономическая оценка систем ведения сенокосов, включающих приемы удобрения (в ценах 1 квартала 2000 г.), позволила установить наибольшую эффективность техногенно-минеральной системы, включающей ежегодную подкормку трав полным минеральным удобрением (60-120 кг/га азота), которая обеспечивала самую низкую себестоимость продукции (0,32-0,34 руб. за 1 корм.ед.) и самую высокую рентабельность (336-367 %). В комбинированной системе себестоимость корма повысилась до 0,47 руб. за 1 корм.ед., оставаясь в то же время в 3 раза дешевле 1 кг овса, рентабельность составила 222 %. Капитальные вложения на создание сенокоса за счет получения высокой урожайности окупались в течение одного года в техногенно-минеральной и комбинированной системах, двух лет – в техногенно-органической системе.

### **Предложения производству**

В зависимости от состава травостоя, обеспеченности хозяйства площадью и удобрениями на суходольных сенокосах Центрального района Нечерноземной зоны рекомендуется применять многовариантные системы ведения, обеспечивающие сохранение продуктивного долголетия свыше 50 лет пользования без перезалужения и подсева.

1. Для создания долголетних самовозобновляющихся травостоев при двухукосном использовании сенокосов, расположенных на суходольных лугах, в состав высеваемых травосмесей рекомендуется включать лисохвост луговой при планируемых подкормках полной смесью минеральных удобрений, в том числе  $N_{60}-N_{120}$ .

2. В зависимости от ресурсного обеспечения минеральными удобрениями и планируемого уровня продуктивности на травостоях с преобладанием лисохвоста лугового следует ежегодно вносить:

- $N_{60}PK$  для получения с 1 га 45 ц сена и 2,8 тыс. корм.ед.;
- $N_{90}PK$  - для получения с 1 га 52 ц сена и 3,2 тыс. корм.ед.;
- $N_{120}PK$  - для получения с 1 га 59 ц сена и 4,0 тыс. корм.ед.

В годы с благоприятным увлажнением сезонную дозу  $N_{120}$  целесообразно вносить дробно:  $N_{80}$  под первый и  $N_{40}$  под второй укос, урожайность которого достигает 70 % от уровня первого укоса.

Дозы фосфорных и калийных удобрений в таких смесях на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах, бедных по содержанию этих элементов (60-70 мг в 1 кг почвы) должны соответствовать 45 кг/га д.в. суперфосфата и 90 кг/га д.в. хлористого калия; в других почвенных условиях дозы  $PK$  уточняют в соответствии с принятыми рекомендациями.

3. При наличии внутрихозяйственных ресурсов органических удобрений для применения их на лугах целесообразно периодически вносить 20 т/га навоза (1 раз в 4 года) в сочетании с ежегодной подкормкой минеральными удобрениями в дозах  $N_{90}PK$ , что обеспечивает сбор 61 ц сена, 3,8 тыс. корм.ед. с 1 га и позволяет экономить 30 кг/га д.в. азотных удобрений в год.

4. При применении экстенсивной техногенно-органической системы (внесение 10 или 20 т/га навоза 1 раз в 4 года), низкозатратной техногенно-минеральной системы, включающей ежегодные подкормки в дозах  $P_{45}K_{90}$ , или техногенной системы (без удобрения) вследствие переформирования травостоя верхового типа в разнотравно-бобово-низовозлаковый, пригодный для

выпаса скота, необходимо предусмотреть трансформацию сенокосных угодий в пастбищные.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Продуктивность долголетних сенокосов при разных системах ведения // Кормопроизводство, 2000.- № 5.- С. 11-15 (в соавторстве – Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Орленкова Е.К.).

2. Луговые агроэкосистемы - источник воспроизводства энергии в биосфере // Кормопроизводство, 2000.- № 6.- С. 8-11 (в соавторстве – Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Борзова Т.Ф.).

3. К вопросу о динамике численности дождевых червей (Lumbricidae) в луговых агроэкосистемах / Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». Том 3. Материалы I российской конференции «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (23-25 мая 2000 г., г.Чебоксары). / Чебоксары-Атрат, 2000.- С. 26-27.

4. Влияние умеренной антропогенной нагрузки на разнообразие ботанического состава долголетнего суходольного луга, находящегося в режиме сенокосного использования / Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». Том 3. Материалы I российской конференции «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (23-25 мая 2000 г., г.Чебоксары). / Чебоксары-Атрат, 2000.- С. 97-100.

5. Повышение плодородия почв долголетних сенокосов при разных системах удобрения / Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000 г., Суздаль) / М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, РАСХН, 2000.- Кн. 2.- С. 183-184 (в соавторстве – Л.С. Трофимова).