

УДК 633.2.031

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-1-38-48

АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЛГОЛЕТНИХ МНОГОУКОСНЫХ ЗЛАКОВЫХ РАЗНОПОСПЕВАЮЩИХ АГРОЭКОСИСТЕМ*

Н. В. Жезмер, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

vik_lugovod@bk.ru

AGROENERGY ASSESSMENT OF LONG-TERM MULTI-SEASONED CEREALS AGROECOSYSTEMS

N.V. Zhezmer, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

vik_lugovod@bk.ru

Приведены данные и их обсуждение по агроэнергетической оценке потоков энергии в долголетних злаковых агроэкосистемах. При трехукосном использовании и внесении за сезон в среднем за 28 лет пользования $N_{180}P_{40}K_{155}$ получена высокая урожайность сухого вещества (7,6–9,4 т/га) перспективных разнопоспевающих травостоев. На основе нового метода энергетической оценки луговых экосистем установлено, что суммарное производство валовой энергии за годы проведения полевого опыта составило 4,5–5,4 ГДж/га. Основная валовая энергия (89–91 %) произведена надземной массой растений. В результате дернового процесса повышается плодородие почвы луга: ее энергоёмкость на 28-й год пользования увеличилась на 80–121 ГДж/га за счет накопления гумуса и общего азота. Интенсификация укосной технологии повышает действие возобновляемых природных факторов, которые обеспечили получение 86–88 % от общего производства валовой энергии агроэкосистем. Это объясняет высокую окупаемость (в 7–8 раз) антропогенных затрат на создание и использование травостоев: 23–24 ГДж/га. Многоукосная технология, применяемая на травостоях с корневищными видами злаковых трав, является ресурсосберегающей. При этом она решает задачу сохранения и восстановления энергетического потенциала луговых агроэкосистем.

Ключевые слова: агроэкосистемы, злаковые травостои, три укоса, долголетие, валовая энергия, антропогенные затраты, природные факторы.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса» «Усовершенствовать агротехнические и технологические параметры ресурсосберегающих систем кормопроизводства лесной зоны для животноводческих хозяйств различных организационных форм на основе рационального использования почвенно-климатических и растительных ресурсов, интенсивных технологий с использованием нового поколения сортов и гибридов, удобрений, средств защиты и технических средств, обеспечивающих производство высококачественных кормов, воспроизводство почвенного плодородия и экологическую безопасность окружающей среды» (FGGW-2025-0004).

This article presents data and discusses the agroenergetic assessment of energy flows in long-term cereal agroecosystems. With three-cut application and seasonal application of N180P40K155, a high dry matter yield (7.6–9.4 t/ha) was obtained on average over 28 years of promising, variable-ripening grass stands. Using a new method for energy assessment of meadow ecosystems, it was established that the total gross energy production over the years of the field experiment amounted to 4.5–5.4 TJ/ha. Most of the gross energy (89–91%) was produced by the aboveground mass of plants. The sod formation process increased the fertility of the meadow soil: its energy capacity in the 28th year of use increased by 80–121 GJ/ha due to the accumulation of humus and total nitrogen. Intensifying the mowing technology enhances the impact of renewable natural factors, which account for 86–88% of the total gross energy production of agroecosystems. This explains the high return (7–8 times) on anthropogenic costs of creating and managing grass stands: 23–24 GJ/ha. The multiple-cut technology used on grass stands with rhizomatous cereal grasses is resource-efficient. It also addresses the issue of preserving and restoring the energy potential of meadow agroecosystems.

Keywords: agroecosystems, cereal grass stands, three cuts, longevity, gross energy, anthropogenic costs, natural factors.

Введение. Ресурсосберегающие долголетние луговые агроэкосистемы — это составляющие части биосферы земли. Луга, продуцируя валовую энергию, в большей мере за счет природных факторов (солнечной энергии, влаги, элементов питания, самовозобновления многолетних трав и др.), восстанавливают энергетические запасы биосферы [1; 2]. Сеяные луговые угодья — открытые агроэнергетические системы [3]. Чтобы не деградировать, они нуждаются в дополнительном применении антропогенных затрат на их создание и использование [2; 4; 5]. При этом антропогенная энергия этих затрат способствует мобилизации природных возобновляемых факторов [6–11].

Продуктивное долголетие многоукосных агрофитоценозов и, соответственно, производство ими валовой энергии в экосистеме зависят от видового состава травостоев [12–14]. Наиболее долголетними являются приспособленные к длительному самовозобновлению злаковые корневищные виды трав [15; 16]. На их основе во ВНИИ кормов были экспериментально подобраны перспективные

разнопоспевающие травы и травосмеси для раннего и среднего звеньев сырьевого конвейера [13; 14; 17].

На этапе завершения исследований, перед рекомендацией производству новых приемов улучшения лугов, необходимо установить их агроэнергетическую эффективность [18]. Расчеты проводятся на основе разработанной во ВНИИ кормов методике по оценке энергетического потенциала луговых биогеоценозов в соответствии с международной системой СИ в джоулях (Дж). При этом агроэкосистема оценивается как в целом, так и по отдельным ее элементам (потокам энергии) [19]. Это позволяет выявить эффективность антропогенных затрат и их взаимосвязь с природными факторами в рекомендуемых производству приемах и технологиях [20].

Цель исследований — энергетическая оценка перспективных долголетних многоукосных разнопоспевающих злаковых агроэкосистем.

Условия и методика. Статья подготовлена на основе данных, полученных в долголетнем полевом опыте. Залужение опытного участка проведено беспо-

кровно в 1993 г. во ВНИИ кормов (Московская область) на типичном для Центрального района Нечерноземной зоны суходоле с дерново-подзолистой суглинистой почвой. Были созданы ранние и среднеспелые травостой с доминированием корневищных видов злаков. Режим использования со второго года жизни трав — трехукосный. Все изученные агроценозы скашивали в разные сроки. Так, в первом укосе уборку трав проводили при наступлении начала фазы колошения доминанта травостоя. Внесение минеральных удобрений в среднем за 28 лет пользования (л.п.) составило $N_{180}P_{40}K_{155}$ (N_{60} под укос). Наблюдения за травостоями, учеты и анализы выполнены по общепринятым в луговомодстве методикам [21; 22]. Более полно условия и методика представлены

в предыдущих статьях автора [13; 23]. Определение валовой энергии (ВЭ) в луговых агроэкосистемах осуществляли новым методом оценки производства энергии по потокам: в надземной и подземной (корни, корневища) массе травостоев с учетом изменения плодородия почвы [18–20].

В статье приведены и обсуждаются данные по рекомендуемым производству долголетним злаковым агроэкосистемам.

Результаты исследований. При ежегодном внесении за сезон $N_{180}P_{40}K_{155}$ и трехукосном скашивании в среднем за 28 л.п. получена высокая урожайность перспективных разнопоспевающих травостоев, обеспечивающих заготовку в системе сырьевого конвейера зеленой массы для приготовления качественных сенажа и силоса (табл. 1).

1. Урожайность травостоев и содержание сеяных видов в злаковых трехукосных агрофитоценозах (в среднем за 1994–2021 гг.)

Скороспелость и состав травостоя, норма высева семян (кг/га)	Урожайность, т/га СВ	Продуктивность, корм. ед./га	Содержание сеяных трав по видам, %	
			травостой	
			первый	второй
Раннеспелый				
Лисохвост луговой (11) + ежа сборная (6)	7,6	6185	59,2	22,9
Среднеспелый				
Кострец безостый (14) + тимофеевка луговая (4)	8,8	6607	72,6	3,2
Двукосточник тростниковый (10)	9,4	6922	75,9	—
НСР ₀₅	0,6			

Урожайность раннего агрофитоценоза с доминированием лисохвоста лугового (содержание 59 %) составила 7,6 т/га сухого вещества (СВ), а на травостоях среднего звена конвейера с кострецом

безостым получено 8,8 т/га, с двукосточником тростниковым — 9,4 т/га. При этом в среднеспелых агроценозах содержалось по 76 % сеяных видов. Продуктивность одного гектара раннеспелого

го агроценоза с содержанием сеяных видов 82 % в среднем за 28 л.п. составила 6,2 тыс. корм. ед. Травостоями с кострцом и двукосточником соответственно произведено 6,6 и 6,9 тыс. корм. ед./га.

На 28-й год пользования (г.п.) агрофитоценозами сформировалась мощная дернина луга. Вес подземной массы составил 19,7–21,0 т/га СВ (табл. 2). В корнях и корневищах при длительном трехукосном использовании с внесением минеральных удобрений закрепилось значительное количество элементов питания [23] и соответственно валовой энергии 344–367 ГДж/га. Это способствует восстановлению и поддержанию плодородия почвы за счет дернового процесса на лугах.

Полученные данные показали, что концентрация валовой энергии в 1 кг СВ на 28-й г.п. была несколько меньше в подземной массе травостоев по сравнению с надземной. Так, соотношение содержания энергии (МДж) в корнях и корневищах растений к надземной массе составило 0,93.

Сформированная при долголетнем использовании травостоев дернина сохраняет от потерь закрепленных в ней элементов питания при промывном режиме почв вследствие выпадающих осадков. Мощная дернина также существенно уменьшает повреждение интенсивно используемых лугов от отрицательного воздействия многократных проходов техники.

2. Закрепление валовой энергии в корнях на 28-й год пользования и концентрация энергии в растениях

Скороспелость и состав травостоя	Подземная масса (корни), т/га СВ	Закрепление ВЭ в корнях, ГДж/га	Содержание ВЭ, МДж/кг СВ		Соотношение $\frac{ВЭ_{п.м.}}{ВЭ_{н.м.}}$
			подземная масса (п.м.)	надземная масса (н.м.)	
Раннеспелый					
Лисохвост луговой + ежа сборная	21,0	366,8	17,5	18,8	0,93
Среднеспелый					
Кострец безостый + тимофеевка луговая	19,7	344,3	17,5	18,8	0,93
Двукосточник тростниковый	21,0	362,2	17,3	18,7	0,93

Завершающая оценка перспективных долголетних злаковых ранне- и среднеспелых травостоев для сырьевого конвейера по производству валовой энергии проведена современным методом [20]. Она позволила установить накопление энергии по потокам: в надземной, подземной массе с учетом изменения энергоемкости плодородия почвы. В сумме

эти показатели дают производство валовой энергии в целом по агроэкосистеме (табл. 3). Среднегодовое накопление валовой энергии рекомендуемой производству ранней травосмесью составило 162 ГДж/га. На среднеспелых агроценозах с одного гектара получено 180 ГДж на травостое с кострцом и 192 ГДж с двукосточником. Во всех изученных лу-

говых агроэкосистемах преобладающая доля валовой энергии накоплена в надземной массе трав: 89–91 % (144–175 ГДж/га). В подземной массе производство валовой энергии составило 7–8 % в целом по агроэкосистеме, а изменение плодородия почвы — всего 2–3 %. За 28 лет многоукосного использования травостоев воспроизводство валовой энергии по экосистеме достигает 4,5 ТДж/га на раннеспелом и 5,0–5,4 ТДж/га на средне-спелых фитоценозах.

В результате дернового процесса в почве при длительном интенсивном использовании травостоев обеспечивается воспроизводство почвенного плодородия и повышение энергетического потенциала почвы по сравнению с исходным состоянием (при закладке опыта) на 80–121 ГДж/га (табл. 4). Это происходит в основном за счет увеличения количества гумуса на 11,4–19,1 т/га [23], что повышает энергоёмкость почвы на 67–116 ГДж/га.

3. Производство и распределение валовой энергии в многоукосных злаковых агроэкосистемах (в среднем за 28 л.п.)

Тип скороспелости, травостой	Надземная масса		Подземная масса		Изменение плодородия почвы		Производство ВЭ экосистемой, ГДж/га
	ГДж/га	%	ГДж/га	%	ГДж/га	%	
Раннеспелый							
Лисохвост луговой + ежа сборная	144,1	89	13,1	8	4,3	3	161,5
Среднеспелый							
Кострец безостый + тимофеевка луговая	165,1	91	12,3	7	2,9	2	180,3
Двукосточник тростниковый	175,1	91	12,9	7	3,6	2	191,6

4. Влияние разноспевающих интенсивно используемых злаковых травостоев на энергетическую ёмкость плодородия почвы (в слое 0–20 см на 28-й г.п.)

Травостой	Содержание валовой энергии, ГДж/га				
	подвижный фосфор	обменный калий	общий азот	гумус	всего
Исходное состояние	1,36	2,12	333,64	304,50	641,62
Лисохвост + ежа*	0,76	1,53	340,04	420,60	762,93
Кострец + тимофеевка**	0,65	1,44	335,62	384,20	721,91
Двукосточник***	0,82	1,33	368,38	371,72	742,25

*Примечание. При расчете содержания валовой энергии в изучаемых вариантах учитывались изменения кислотности почвы (рН_{сол.}) с 5,70 (исходное) до: *4,78, **5,00, ***4,96.*

При этом рост уровня плодородия почвы за счет накопления общего азота составил 2–35 ГДж/га.

При высокой урожайности травосто-

ев и соответственно увеличению выноса растениями из почвы подвижного фосфора и обменного калия, запас этих элементов в ней полностью не восстанавли-

вался внесением минеральных удобрений в дозе $P_{40}K_{155}$ [23].

Содержание валовой энергии в почве под фитоценозами за счет фосфора и калия уменьшалось соответственно с 1,4 и 2,1 ГДж/га (исходное) до 0,7–0,8 и 1,3–1,5 ГДж/га (табл. 4). Эти зольные элементы имеют низкую энергоемкость, но они очень важны для питания трав. Поэтому снижение количества фосфора и калия в почве свидетельствует в необходимости вносить на интенсивно используемые луга со злаковыми травостоями как высокие дозы азотных, так и повышенные дозы фосфорных и калийных удобрений.

Новый метод агроэнергетической оценки луговых агроэкосистем позволяет установить эффективность применяемых антропогенных затрат и выявить роль возобновляемых природных факторов в воспроизводстве валовой энергии на лугах. Энергоемкость антропогенных затрат на создание и использование тра-

востоев определяли на основе технологических карт.

В таблице 5 приведены данные по совокупным антропогенным затратам, которые составляют 23,2–23,6 ГДж/га на перспективных агрофитоценозах, используемых для заготовки сенажа. Это довольно большие затраты энергии из-за применения азотных удобрений в оптимальной дозе под каждый укос (N_{60}). Затраты на их внесение (в том числе производство) составили 16,5 ГДж/га. Однако без применения азота на фоне фосфорных и калийных удобрений проводить интенсивное укосное использование на злаковых травостоях невозможно [4; 5].

Доля антропогенных затрат в накоплении валовой энергии в агроэкосистемах составила всего 12–14 %. Поэтому агроэнергетические коэффициенты окупаемости затрат (АК) производством валовой энергии по травостоям были высокие: 7–8 раз.

5. Агроэнергетическая эффективность антропогенных затрат в долголетних трехукосных агроэкосистемах (в среднем за 28 л.п.)

Травостой	Производство ВЭ экосистемой, ГДж/га	Совокупные антропогенные затраты (АЗ)			Поступление энергии за счет природных факторов (ПФ)		
		ГДж/га	% от ВЭ экосистемы	АК (окупаемость АЗ), разы	ГДж/га	% от ВЭ экосистемы	отношение ПФ/АЗ
Раннеспелый							
Лисохвост луговой + ежа сборная	$\frac{161,5^*}{144,1^{**}}$	23,2	14,4	7,0	$\frac{138,3^*}{123,4^{**}}$	85,6	6,0
Среднеспелый							
Кострец безостый + тимофеевка луговая	$\frac{180,3}{165,1}$	23,5	13,0	7,7	$\frac{156,8}{143,6}$	87,0	6,7
Двукосточник тростниковый	$\frac{191,6}{175,1}$	23,6	12,3	8,1	$\frac{168,0}{153,5}$	87,7	7,1

Примечание. Данные по ВЭ: *в экосистеме, **в надземной массе.

Как отмечалось выше, долголетние многоукосные агроэкосистемы имеют высокий энергетический потенциал (табл. 3). Это достигается в результате значительного (86–88 %) включения в продукционный процесс на лугах природных источников энергии: фотосинтетической активности растений, дернового процесса, самовозобновления трав и др. [7; 8; 11]. Поступление энергии в экосистемы за счет природных факторов рассчитано по разнице накопления валовой энергии перспективными биогеоценозами и антропогенными затратами (в ГДж/га) на ее производство (табл. 5). При этом следует отметить, что в проведенных во ВНИИ кормов исследованиях по энергетическому потенциалу долголетних сенокосов и пастбищ установлено: интенсификация луговых агроэкосистем (увеличение антропогенной нагрузки) повышает эффективность природных факторов [7–11]. Так, при долголетнем интенсивном (трехукосном) использовании природные факторы обеспечили получение с одного гектара раннего травостоя 138 ГДж валовой энергии, в том числе 123 ГДж в надземной массе (табл. 5). На среднеспелых фитоценозах соответственно получено на травостое с кострцом безостым 157 и 144 ГДж, а с двухкосточником тростниковым 168 и 154 ГДж/га. Даже при достаточно высоких энергозатратах из-за внесения минеральных удобрений на каждый гектар антропогенных затрат в экосистеме за счет природных факторов дополнительно произведено 6–7 ГДж валовой энергии. Следовательно, невозобновляемые ресурсы (АЗ) используются более эффективно.

Выводы. На основе современного метода энергетической оценки луговых

разноспевающих травостоев впервые установлена роль долголетних интенсивно используемых фитоценозов (три укоса, $N_{180}P_{40}K_{155}$) с доминированием корневищных видов злаковых трав в восстановлении запасов валовой энергии в агроэкосистеме:

- суммарное производство валовой энергии (в надземной, подземной массах и за счет изменения плодородия почвы) за 28 лет пользования разноспевающими трехукосными травостоями при внесении за сезон $N_{180}P_{40}K_{155}$ составляет 4,5–5,4 ГДж/га;

- основная валовая энергия экосистем (89–91 %) произведена надземной массой растений (в среднем за год 144–175 ГДж/га);

- в результате дернового процесса в агроэкосистеме происходит повышение плодородия почвы, ее энергоемкость увеличивается на 80–121 ГДж/га за счет накопления гумуса и общего азота;

- интенсификация укосной технологии при среднегодовых антропогенных затратах 23–24 ГДж/га повышает мобилизацию возобновляемых природных факторов. За счет их включения в продукционный процесс растений луговые травостои производят 86–88 % валовой энергии экосистемы, что обеспечивает высокую окупаемость антропогенных затрат (7–8 раз).

Таким образом, технология долголетнего многоукосного использования перспективных разноспевающих злаковых травостоев является ресурсосберегающей. При этом подтверждается гипотеза [3] о поддержании положительного баланса энергии в биосфере земли за счет его значительного восполнения луговыми биогеоценозами.

Литература

1. Кутузова А. А. Методология и практическое значение производства валовой энергии луговыми агробиогеоценозами // Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В. Р. Вильямса на службе Российской науке и практике. – М. : Типография Россельхозакадемии, 2014. – С. 272–281. – EDN RZSGCL.
2. Кутузова А. А. Средообразующие функции луговых экосистем // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем : сб. науч. тр., вып. 1 (49) / Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В. Р. Вильямса. – М. : Угрешская типография, 2014. – С. 72–81. – EDN RZTEXL.
3. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с англ. 3-е изд. – М. : Мир, 1975. – С. 52–113.
4. Ромашов П. И. Удобрения сенокосов и пастбищ. – М. : Колос, 1969. – 184 с.
5. Рекомендации по созданию и интенсивному укосному использованию луговых травостоев в лесной зоне европейской части СССР / Н. М. Ахламова, Б. И. Коротков, С. С. Лавров, и др. / МСХ СССР, ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М. : Колос, 1982. – 46 с.
6. Кутузова А. А., Лебедев Д. Н., Раев А. П. Средообразующая роль луговых угодий при освоении залежи в Нечерноземной зоне // Кормопроизводство. – 2006. – № 4. – С. 8–12. – EDN UBJPYF.
7. Кулаков В. А., Седова Е. Г. Продуктивность пастбищ и производство валовой энергии в зависимости от системы удобрения // Кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 7–11. – EDN SNIAQT.
8. Кутузова А. А., Тебердиев Д. М., Родионова А. В. Эффективность антропогенных затрат и природных факторов на долголетнем сенокосе // Кормопроизводство. – 2016. – № 10. – С. 8–12. – EDN WWRDMD.
9. Тебердиев Д. М., Привалова К. Н., Родионова А. В. Роль луговых агроэкосистем в воспроизводстве валовой энергии в биосфере // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Петропавловск : Северо-Казахстанский государственный университет имени академика Манаша Козыбаева, 2018. – Т. 1. – С. 237–239. – EDN YQXFPE.
10. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Степанова Г. В. Агроэнергетическая эффективность усовершенствованных технологий создания и использования люцерно-злаковых сенокосов в Нечерноземной зоне // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 26 (74) / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». – М. : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2021. – С. 9–17. – DOI 10.33814/МАК-2021-26-74-9-17.
11. Привалова К. Н. Роль долголетних пастбищных агроэкосистем в воспроизводстве валовой энергии в биосфере // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 29 (77) / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». – М. : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2022. – С. 21–25. – DOI 10.33814/МАК-2022-29-77-21-25.
12. Подбор травосмесей для сеяных сенокосов и пастбищ (практическое руководство) / А. А. Зотов, Н. В. Жезмер, Е. С. Кобыльченко, и др. – М. : ВО Агропромиздат, 1989. – 136 с. – EDN VUFVJX.
13. Жезмер Н. В. Создание долголетних разнопоспевающих травостоев для технологий интенсивного использования // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 6 (54) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса». – М. : Угрешская типография, 2015. – С. 49–55. – EDN ULFVWP.
14. Жезмер Н. В. Видовой состав и продуктивное долголетие многоукосных злаковых разнопоспевающих агроценозов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 7 (55) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса». – М. : ООО Угрешская типография, 2015. – С. 30–37. – EDN VOKCDT.

15. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство / И. В. Ларин, П. П. Бегучев, Т. А. Работнов, и др. – Л. : Колос, 1975. – 528 с.
16. Минина И. П. Луговые травосмеси. – М. : Колос, 1972. – 287 с.
17. Жезмер Н. В. Экономическая эффективность длительного многоукосного использования разнопоспевающих злаковых травостоев // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 24 (72) / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». – М. : ООО «Угреша Т», 2020. – С. 24–29. – DOI 10.33814/МАК-2020-24-72-24-29.
18. Михайличенко Б. П., Шпаков А. С., Кутузова А. А. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. – М. : Типография Россельхозакадемии, 2000. – 52 с. – EDN YFKFHX.
19. Программа и методика проведения научных исследований по луговодству (по Межведомственной координационной программе НИР Россельхозакадемии на 2011–2015 гг.) / А. А. Кутузова, К. Н. Привалова, А. А. Зотов, и др. / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М. : ФГУ РЦС, 2011. – 192 с. – EDN ТВOKIR.
20. Кутузова А. А., Трофимова Л. С., Проворная Е. Е. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах. 3-е изд., перераб. и дополн. – М. : Угрешская типография, 2015. – 32 с. – EDN UHQIKN.
21. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 1 / Под ред. В. Г. Игловикова, Н. С. Конюшкова, В. П. Мельничука, и др. – М. : Печатно-множительная группа ВИК, 1971. – 232 с. – EDN ТТННТН.
22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с. – EDN ZJQBUD.
23. Жезмер Н. В. Средаобразующая роль агроэкосистем с долголетними разнопоспевающими многоукосными злаковыми травостоями // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр., вып. 31 (79). Материалы междунар. конгресса по кормам / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». – М. : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2023. – С. 40–46. – DOI 10.33814/МАК-2023-31-79-40-46.

References

1. Kutuzova A.A. *Metodologiya i prakticheskoe znachenie proizvodstva valovoi energii lugovy-mi agrobiogeotsenozami. Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut kormov imeni V.R. Vil'yamsa na sluzhbe Rossiiskoi nauke i praktik* [Methodology and practical significance of gross energy production by meadow agrobiogeocenoses. In the collection: All-Russian Research Institute of Forage named after V.R. Williams in the service of Russian science and practice]. Moscow. *Tipografiya Rossel'khozakademii* Publ. 2014. Pp. 272-281.
2. Kutuzova A.A. *Sredoobrazuyushchie funktsii lugovykh ekosistem. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sredoobrazuyushchie funktsii kormovykh rastenii i ekosistem: sb. nauch. tr., vyp. 1 (49). Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut kormov im. V.R. Vil'yamsa* [Habitat-forming functions of meadow ecosystems. In the collection : Multifunctional adaptive forage production: habitat-forming functions of forage plants and ecosystems]. Moscow. *Ugreshskaya tipografiya* Publ. 2014. No. 1(49). Pp. 72-81.
3. Odum Yu. *Osnovy ekologii. Per. s angl. 3-e izd.* [Fundamentals of Ecology. Translated from English. 3rd edition]. Moscow. *Mir* Publ. 1975. Pp. 52-113.
4. Romashov P.I. *Udobreniya senokosov i pastbishch* [Fertilizers for hayfields and pastures], Moscow. *Kolos* Publ. 1969. 184 с.
5. Akhlamova N.M., Korotkov B.I., Lavrov S.S., et al. *Rekomendatsii po sozdaniyu i intensivnomu ukosnomu ispol'zovaniyu lugovykh travostoev v lesnoi zone evropeiskoi chasti SSSR* [Recommendations for the creation and intensive mowing of meadow grasslands in the forest zone of the European part of the USSR]. Moscow. *Kolos* Publ. 1982. 48 p.

6. Kutuzova A.A., Lebedev D.N., Raev A.P. *Sredobrazuyushchaya rol' lugovykh ugodii pri osvoe-nii zalezhi v Nechernozemnoi zone* [The habitat-forming role of meadow lands in the development of deposits in the Non-Chernozem zone]. *Kormoproizvodstvo*. 2006. No 4. Pp. 8-12.
7. Kulakov V.A., Sedova E.G. *Produktivnost' pastbishch i proizvodstvo valovoi energii v zavisimosti ot sistemy udobreniya* [Pasture productivity and gross energy production depending on the fertilization system]. *Kormoproizvodstvo*. 2014. No. 9. Pp. 7-11.
8. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Rodionova A.V. *Effektivnost' antropogennykh zatrat i prirodnykh faktorov na dolgoletnem senokose* [Efficiency of anthropogenic costs and natural factors in long-term haymaking]. *Kormoproizvodstvo*. 2016. No. 10. Pp. 8-12.
9. Teberdiev D.M., Privalova K.N., Rodionova A.V. *Rol' lugovykh agroekosistem v vosproizvodstve valovoi energii v biosfere. Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i sel'skokhozyaistvennykh nauk: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Severo-Kazakhstanskii gosudarstvennyi universitet imeni akademika Manasha Kozybaeva* [The role of meadow agroecosystems in the reproduction of gross energy in the biosphere. In the collection: Current issues of science and education in the field of natural and agricultural sciences. Proc. of the international scientific-practical conf.]. *Petropavlovsk*. 2018. Pp. 237-239.
10. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Stepanova G.V. *Agroenergeticheskaya effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologii sozdaniya i ispol'zovaniya lyutserno-zlakovykh senokosov v Nechernozemnoi zone. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo : sb. nauch. tr., vyp. 26 (74). FNTs "VIK im. V. R. Vil'yamsa"* [Agroenergetic efficiency of improved technologies for the creation and use of alfalfa-cereal hayfields in the Non-Chernozem zone. In the collection: Multifunctional adaptive forage production]. Moscow. *FGBOU DPO RAKO APK Publ.* 2021. Vol. 26(74). Pp. 9-17. DOI 10.33814/MAK-2021-26-74-9-17.
11. Privalova K.N. *Rol' dolgoletnykh pastbishchnykh agroekosistem v vosproizvodstve valovoi energii v biosfere. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo : sb. nauch. tr., vyp. 29 (77). FNTs «VIK im. V. R. Vil'yamsa»* [The role of long-term pasture agroecosystems in the reproduction of gross energy in the biosphere. In the collection: Multifunctional adaptive forage production]. Moscow. *FGBOU DPO RAKO APK Publ.* 2022. Vol. 29 (77). Pp. 21-25. DOI 10.33814/MAK-2022-29-77-21-25.
12. Zotov A.A., Zhezmer N.V., Kobyl'chenko E.S., et al. *Podbor travosmesi dlya seyanykh senokosov i pastbishch (prakticheskoe rukovodstvo* [Selection of grass mixtures for sown hayfields and pastures (practical guide)]. Moscow. *VO Agropromizdat Publ.* 1989. 136 p.
13. Zhezmer N.V. *Sozdanie dolgoletnykh raznospesvayushchikh travostoev dlya tekhnologii intensivnogo ispol'zovaniya. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauch. tr., vyp. 6 (54). FGBNU "VNII kormov im. V. R. Vil'yamsa"* [Creation of long-term, variable-ripening grass stands for intensive use technologies. In the collection: Multifunctional adaptive forage production]. Moscow. *Ugreshskaya tipografiya Publ.* 2015. Vol. 6(54). Pp. 49-55.
14. Zhezmer N.V. *Vidovoi sostav i produktivnoe dolgoletie mnogoukosnykh zlakovykh raznospesvayushchikh agrotsenozov. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo : sb. nauch. tr., vyp. 7 (55). FGBNU "VNII kormov im. V. R. Vil'yamsa"* [Species composition and productive longevity of multi-cut cereal agrocenoses of different ripening agrocenosis. In the collection: Multifunctional adaptive forage production]. Moscow. *OOO Ugreshskaya tipografiya Publ.* 2015. Vol. 7 (55). Pp. 30-37.
15. Larin I.V., Beguchev P.P., Rabotnov T.A., et al. *Lugovodstvo i pastbishchnoe khozyaistvo* [Meadow and pasture management]. Leningrad. *Kolos Publ.* 1975. 528 p.
16. Minina I.P. *Lugovye travosmesi* [Meadow grass mixtures]. Moscow. *Kolos Publ.* 1972. 288 p.
17. Zhezmer N.V. *Ekonomicheskaya effektivnost' dlitel'nogo mnogoukosnogo ispol'zovaniya raznospesvayushchikh zlakovykh travostoev. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sb. nauch. tr., vyp. 24 (72). FNTs "VIK im. V. R. Vil'yamsa"* [Economic efficiency of long-term multi-cut

- use of variable-ripening cereal grass stands. In the collection: Multifunctional adaptive forage production]. Moscow. *OOO "Ugresha T"* Publ. 2020. Vol. 24(72). Pp. 24-29. DOI 10.33814/MAK-2020-24-72-24-29.
18. Mikhailichenko B.P., Shpakov A.S., Kutuzova A.A. *Metodicheskoe posobie po agroenergeticheskoi otsenke tekhnologii i sistem vedeniya kormoproizvodstva* [Methodological guide for agroenergetic assessment of forage production technologies and systems]. Moscow. *Tipografiya Rossel'khozakademii* Publ. 2000. 54 p.
 19. Kutuzova A.A., Trofimova L.S., Provornaya E.E. *Novyi metod nauchnykh issledovaniy po lugovodstvu. Programma i metodika provedeniya nauchnykh issledovaniy po lugovodstvu (po Mezhdomstvennoi koordinatsionnoi programme NIR Rossel'khozakademii na 2011-2015 gg.)* [New method of scientific research in meadow management. Program and methodology for conducting scientific research in meadow management for 2011-2015]. Moscow. *FGU RTsS* Publ. 2011. Pp. 128-157.
 20. Kutuzova A.A., Trofimova L.S., Provornaya E.E. *Metodika otsenki potokov energii v lugovykh agroekosistemakh. 3-e izd., pererab. i dopol* [Methodology for assessing energy flows in meadow agroecosystems. 3rd edition, revised and supplemented]. Moscow. *Ugreshskaya tipografiya* Publ. 2015. 32 p.
 21. *Metodika opytov na senokosakh i pastbishchakh. Ch. 1* [Methodology of experiments on hayfields and pastures]. Edited by V.G. Iglovikov, N.S. Konyushkov, V.P. Melnichuk, et al., Moscow. *Pechatno-mnozhitel'naya gruppa VIK* Publ. 1971. Part 1. 232 p.
 22. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta. 5-e izd.* [Field Experiment Methods. Fifth Edition]. Moscow. *Agropromizdat* Publ. 1985. 352 p.
 23. Zhezmer N.V. *Sredoobrazuyushchaya rol' agroekosistem s dolgoletnimi raznopospevyayushchimi mnogoukosnymi zlakovymi travostoyami. Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo : sb. nauch. tr., vyp. 31 (79). Materialy mezhdunar. kongressa po kormam. FNTs "VIK im. V. R. Vil'yamsa"* [The habitat-forming role of agroecosystems with long-term, variable-ripening, multi-cut cereal grass stands. In the collection: Multifunctional adaptive forage production. Vol. 31 (79)]. Moscow. *FGBOU DPO RAKO APK* Publ. 2023. Pp. 40-46. DOI 10.33814/MAK-2023-31-79-40-46.