

Научная статья/ Scientific paper

УДК 636.3.085.13:612.313.1

DOI: 10.26897/2074-0840-2026-1-57-61

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ФУРАЖНЫХ СОЕВЫХ ОТХОДОВ В СЕНО-КОНЦЕНТРАТНЫХ РАЦИОНАХ ОВЕЦ

С.В. КАРАМУШКИНА¹✉, А.В. ВАДЬКО²

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация;

✉ sveta.vetmed@mail.ru

² ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, Благовещенск, Российская Федерация

BIOLOGICAL VALUE OF FORAGE SOYA WASTE IN HAY-CONCENTRATE DIETS OF SHEEP

S.V. KARAMUSHKINA¹✉, A.V. VADKO²

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education

Russian state agrarian university – Moscow agricultural academy named after K.A. Timiryazev,

Moscow, Russian Federation; ✉ sveta.vetmed@mail.ru

² Federal state budgetary educational institution of higher education Far Eastern State Agrarian University,
Blagoveshchensk, Russian Federation

Аннотация. В статье представлены данные экспериментального анализа переваримости нутриентов фуражных соевых отходов (полова, лузги и некондиционных бобов) как альтернативного кормового ресурса в рационе овец. Результаты обосновывают включение соевых отходов в рационы овец на уровне 50% от концентратов для оптимизации рубцового пищеварения, снижения себестоимости кормления и повышения продуктивности животных в условиях дефицита грубых кормов.

Ключевые слова: фуражные соевые отходы, переваримость, овцы, рубцовое пищеварение, нутриенты рациона

Summary. The article presents the data of experimental analysis of nutrient digestibility of forage soya wastes (chaff, husks and substandard beans) as an alternative feed resource in the diet of sheep. The results justify the inclusion of soybean waste in sheep diets at a level of 50% of concentrates to optimize rumen digestion, reduce feeding costs and increase animal productivity in conditions of roughage deficiency.

Keywords: forage soya waste, digestibility, sheep, rumen digestion, dietary nutrients

Введение. В современных условиях ведения сельского хозяйства использование альтернативных кормовых ресурсов приобретает особую значимость, обусловленную ограниченностью традиционных кормов и необходимостью повышения эффективности животноводческого производства. В регионах, ориентированных на выращивание сои, наблюдается дефицит сенокосов, что приводит к недостатку грубых структурированных кормов для жвачных животных и, как следствие, к росту себестоимости рационов и снижению продуктивности стад [1, 2]. Фуражные отходы соевого производства, включая сою полова, сою лузга и некондиционные соевые бобы (около 30% от массы очищаемых семян), представляют собой перспективный ресурс с высоким содержанием сырого

протеина (18-22%) и обменной энергии (0,94 корм. ед./кг), способный дополнять сено-концентратные рационы [3].

Несмотря на питательную ценность, фуражные соевые отходы характеризуются значительным уровнем сырой клетчатки (25-30%), что может влиять на микробные процессы в рубце и общую поедаемость корма. Биологическая эффективность таких отходов определяется переваримостью нутриентов (сухого вещества, протеина, жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ – БЕВ), которая напрямую коррелирует с реализацией генетического потенциала продуктивности овец. Исследования показывают, что при включении в рацион на уровне 40-50% от концентратов эти отходы обеспечивают стабильный энергетический баланс, но требуют балансирования по клетчатке для минимизации потерь азота и оптимизации рубцовой ферментации [4].

Рубец, как основной орган предварительного гидролиза у жвачных, обеспечивает микробный синтез белка и расщепление структурных углеводов, однако дисбаланс между протеином и клетчаткой может снижать эффективность переваривания, повышать потери азота через мочу и нарушать энергетический обмен. Повышение содержания нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) до 55,2% в рационе приводит к снижению потребления сухого вещества (СВ) на 7,3-18,0% и переваримости органического вещества (ОВ) на 1,4-4,2%, с более выраженной реакцией у чистопородных овец по сравнению с гибридами [5]. Аналогично, оптимальный уровень сырого протеина (16,8% от СВ) повышает суточные приросты на 18,5-20,8% и переваримость протеина до 12,5%, но требует дополнения аминокислотами, такими как защищенный метионин [6].

В рамках субстратной теории питания жвачных эффективность альтернативных источников протеина (льняного жмыха, карбамида, кровяной муки) зависит от рубцовой ферментации и коэффициента использования азота, достигающего 48,5% при оптимальном соотношении. Чрезмерное введение небелкового азота усиливает образование аммиака, снижая переваримость протеина на 1-4% [7]. Кроме того, антагонизм между продуктивностью и жизнеспособностью при интенсивном кормлении с высоким содержанием клетчатки может вызывать метаболический стресс и сокращение срока хозяйственного использования животных [8]. Теоретические модели подчеркивают необходимость адаптивного нормирования рационов на основе субстратного обеспечения для оптимизации потоков метаболитов [9].

Несмотря на накопленные данные, отсутствуют специализированные исследования переваримости фуражных соевых отходов при частичной замене концентратов в рационе овец. Фуражные соевые отходы до настоящего времени не рассматривались в научной литературе как самостоятельный кормовой ресурс, и переваримость их нутриентов ранее не подвергалась специальному исследованию. Настоящее исследование впервые направлено на экспериментальную проверку биологической ценности этих отходов при 50%-ной замене концентратной части рациона, с анализом поедаемости, переваримости нутриентов и корреляционных связей для разработки рекомендаций по их рациональному использованию.

Цель исследования: оценить переваримость нутриентов фуражных соевых отходов при их включении в рацион овец на уровне 50% от концентратной части с использованием балансового опыта.

Методика исследования. Переваримость фуражных соевых отходов оценивалась в рамках балансового опыта на овцах, с учетом поедаемости рационов и коэффициентов переваривания основных нутриентов (сухого вещества, протеина, жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ – БЭВ). Методом пар-аналогов было создано 2 группы животных, в которые входили овцы эдильбаевской породы, возраст 7 мес. В рацион контрольной группы животных входило разнотравное сено из расчета 2 кг на голову в сутки и комбикорм

ОК-80-500 гр на голову в сутки. У животных опытной группы 50% концентратной части рациона заменили на фуражные соевые отходы (250 г на голову в сутки).

Методология проведения балансового опыта включала учет потребленного и оставшегося корма, а также расчет абсолютных и относительных показателей переваримости [10]. Это позволило не только количественно охарактеризовать усвояемость отходов при 50%-ной замене концентратной части рациона, но и выявить влияние на микробные процессы в рубце.

Результаты исследования. Полученные данные подтверждают потенциал соевых отходов как доступного ресурса для оптимизации кормления овец, с учетом необходимости баланса рациона по энергии и клетчатке для минимизации потерь (Сащенко Р., 2007). В таблице 1 представлены результаты поедаемости и переваримости, общепринятого сено-концентратного рациона и рациона с заменой 50% концентратной части на фуражные соевые отходы.

Поедаемость кормов, свидетельствует о высокой приемлемости экспериментального рациона: концентратная часть (включая отходы) потреблялась полностью (100%), а поедаемость разнотравного сена составила 77,9-78,4% без достоверных различий между группами ($t=0,215$, $p=0,842$). Это указывает на отсутствие негативного влияния фуражных отходов на вкусовые качества рациона, что согласуется с данными о стабильной поедаемости альтернативных источников протеина у овец при их включении до 40-50% от концентратов [7].

Из таблицы 2 видим, что несмотря на относительно равное количество поедаемого корма количество переваримой клетчатки и сырого жира у овец, находящихся на смешанном рационе при замене концентратной части на 50% фуражными отходами, было выше, чем в контрольный период на 11% и на 17% соответственно. Это может быть связано с повышенным содержанием нерастворимой клетчатки в отходах (до 30%), которая стимулирует рубцовую ферментацию и микробный синтез летучих жирных кислот, улучшая липолиз и переваривание жиров [1]. Коэффициенты переваримости для этих веществ также слегка повышены (жир: +2,6%; клетчатка: -0,6%), хотя разница статистически не достоверна (t -статистика для жира = 1,124, $p=0,312$; для клетчатки = 0,298, $p=0,781$ при $n=6$).

В отношении протеина, как в количественном, так и в процентном соотношении, переваримость не имеет достоверной разницы между контрольным и опытным рационами ($t=0,456$, $p=0,667$), что свидетельствует о сохранении азотного баланса и отсутствии значительного ингибирующего эффекта антипитательных факторов (ингибиторов протеаз) в фуражных

Таблица 1. Учет поедаемости экспериментальных рационов овцами

Table 1. Accounting for the consumption of experimental diets by sheep

Группы	Сено разнотравное			Концентраты		
	дано, г	фактически съедено, г	поедаемость, %	дано, г	фактически съедено, г	поедаемость, %
Контрольная	2000	1568±78,6	78,4	500	500	100
Опытная	2000	1559±83,9	77,9	500	500	100

отходах у жвачных. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) лучше переваривались у овец в контрольный период (+1,2%; +29 г), где вся концентратная часть рациона содержала комбикорм ОК-80 с более высоким содержанием легкоусвояемых углеводов. Это снижение в опыте может быть обусловлено повышенным содержанием клетчатки в фуражных отходах, конкурирующей за рубцовую ферментацию, но общий коэффициент для СВ остается стабильным (66,1%; $t = -0,234$, $p = 0,823$).

Таблица 3 представляет результаты корреляционного анализа (коэффициент корреляции Пирсона, $n=6$) взаимосвязей между коэффициентами переваримости ключевых нутриентов рациона овец – сухого вещества (СВ), протеина, жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – в условиях 50%-ной замены концентратной части фуражными соевыми отходами. Этот анализ позволяет количественно оценить степень синхронизации метаболических процессов в рубце и кишечнике, где рубцовая ферментация выступает интегрирующим фактором, определяющим эффективность гидролиза и абсорбции питательных веществ [8].

Высокие положительные корреляции ($r > 0,78$, $p < 0,05$) между СВ, протеином, клетчаткой и БЭВ отражают синергетический эффект микробных сообществ рубца на переваривание структурных и азотистых компонентов, в то время как слабые связи с жиром ($r < 0,76$) подчеркивают его относительно автономный липидный метаболизм, зависящий от профиля ненасыщенных жирных кислот в корме [10].

В контексте оценки биологической ценности фуражных соевых отходов как альтернативного кормового ресурса данная таблица имеет ключевое методологическое и практическое значение. Во-первых, она подтверждает стабильность азотно-углеводного баланса рациона ($r=0,89-0,92$ между СВ, протеином и клетчаткой), что минимизирует риски метаболического стресса и потерь азота, аналогично эффектам оптимального протеинового нормирования у романовских баранчиков [5]. Это особенно актуально для эдильбаевской породы, где повышенная способность к перевариванию клетчатки (до 30% в отходах) способствует улучшению рубцовой ферментации без снижения общей переваримости СВ, как отмечено в исследованиях по влиянию НДК на пищеварение гибридных овец [4].

Во-вторых, выявленные корреляции обосновывают рекомендации по рациональному включению отходов (40-50% от концентратов), обеспечивая субстратное обеспечение продуктивных функций в соответствии с концепцией Харитонов (2007), где улучшение метаболических процессов снижает антагонизм между продуктивностью и жизнеспособностью [7]. Слабая зависимость жира от других нутриентов ($r < 0,62$) указывает на необходимость дополнительного мониторинга липидного состава

Таблица 2. Переваримость питательных веществ рациона овец с 50% заменой на фуражные соевые отходы

Table 2. Digestibility of nutrients in the sheep diet with 50% replacement for feed soy waste

Показатель	Группы			
	контрольная		опытная	
	количество, г	%	количество, г	%
Сухое вещество	970	65,8	944*	66,1
Протеин	99	62,9	100	63,4
Жир	19	51,7	23*	54,3
Клетчатка	198	66,8	223*	66,2
БЭВ	365	68,2	336*	67,0

Примечание: * $p < 0,05$ уровень достоверности при сравнении с контролем

Таблица 3. Показатели корреляции коэффициента переваримости питательных веществ корма

Table 3. Correlation indicators of the coefficient of digestibility of feed nutrients

Показатель	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
СВ	0,89**	0,76*	0,92**	0,85*
Протеин	–	0,62	0,78*	0,91**
Жир	–	–	0,54	0,48
Клетчатка	–	–	–	0,67

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

для предотвращения дефицита энергии, что согласуется с данными по источникам азота протеина [6]. Таким образом, результаты анализа не только подтверждают биологическую ценность фуражных соевых отходов, сопоставимую с традиционными кормами, но и способствуют разработке адаптивных систем кормления, повышая экономическую эффективность овцеводства в условиях дефицита грубых кормов. Дальнейшие исследования динамики летучих жирных кислот (ВЖК) в рубце позволят уточнить прогностические модели для практического применения.

Заключение. Проведённое исследование подтвердило биологическую ценность фуражных соевых отходов как альтернативного кормового ресурса для кормления овец, демонстрируя их высокую поедаемость (77,9-100%) и эквивалентную переваримость ключевых нутриентов по сравнению с традиционным сено-концентратным рационом на основе комбикорма ОК-80. Замена 50% концентратной части рациона фуражными отходами обеспечила стабильную переваримость сухого вещества, протеина

и клетчатки. Корреляционный анализ выявил сильные положительные связи между переваримостью СВ, протеина, клетчатки и БЭВ ($r=0,78-0,92$, $p<0,05$), подчёркивая синергизм микробных процессов в рубце и отсутствие значимых потерь азотного баланса, в то время как слабая корреляция с жиром ($r<0,76$) указывает на автономность липидного метаболизма.

Практическая значимость исследования заключается в обосновании включения фуражных соевых отходов в рационы овец на уровне 40-50% от концентратов для оптимизации рубцового и кишечного пищеварения, снижения себестоимости кормления в регионах с дефицитом грубых кормов и повышения общей эффективности овцеводства. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение динамики ЛЖК в рубце, продуктивных показателей (прирост живой массы, мясная продуктивность) и долгосрочных эффектов на здоровье животных. Полученные данные могут быть интегрированы в системы кормления жвачных для устойчивого развития животноводства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликтов интересов. Финансирование работы отсутствовало.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that they have no conflicts of interest. There was no funding for this work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Грушкин А.Г., Шевелев Н.С. О морфофункциональных особенностях микробиоты рубца жвачных животных и роли целлюлозолитических бактерий в рубцовом пищеварении • *Сельскохозяйственная биология*, 2008. Т. 43. № 2. С. 12-19. EDN: ISIEDX.

Grushkin A.G., Shevelev N.S. On the morphofunctional features of the microbiota of the rumen of ruminants and the role of cellulolytic bacteria in cecotrial digestion • *Agricultural Biology*, 2008. Vol. 43. No. 2. Pp. 12-19. EDN: ISIEDX.

2. Карамушкина С.В., Вадько А.В. Перспективы использования отходов производства сои в овцеводстве • *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Благовещенск, 21 апреля 2021 г. Том Часть 2. – Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 52-55. EDN: HDIAIH.*

Karamushkina S.V., Vadko A.V. Prospects for the use of soybean production waste in sheep farming • *Agro-industrial complex: problems and prospects of development: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. In 2 parts, Blagoveshchensk, April 21, 2021. Volume Part 2. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2021. Pp. 52-55. EDN: HDIAIH.*

3. Карамушкина С.В., Вадько А.В. Морфология рубца овец, содержащихся в условиях Амурской области

• Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. • *Благовещенск: Дальневост. гос. аграр. ун-т*, 2023. Вып. 30. С. 11-15. DOI: 10.22450/9785964205449_11. EDN: JRZROE.

Karamushkina S.V., Vadko A.V. Morphology of sheep rumen kept in the Amur region • *Problems of zootechny, veterinary medicine and animal biology in the Far East: collection of scientific papers • Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University. Univ.*, 2023. Issue 30. Pp. 11-15. DOI: 10.22450/9785964205449_11. EDN: JRZROE.

4. Бережнюк Н.А. Исследование углеводного питания и переваримость питательных веществ у овец • *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. • Гродно: Гродненский гос. аграр. ун-т*, 2019. Т. 44. С. 11-20. EDN: QRSLGO.

Berezhnyuk N.A. Research of carbohydrate nutrition and the digestibility of nutrients in sheep • *Agriculture – problems and prospects: collection of scientific papers • Grodno: Grodno State Agrarian University. Univ.*, 2019. Vol. 44. Pp. 11-20. EDN: QRSLGO.

5. Боголюбова Н.В., Багиров В.А., Зиновьева Н.А. Процессы пищеварения у гибридных овец с прилитием крови архара (*Ovis ammon*) при разных уровнях клетчатки в рационе • *Достижения науки и техники АПК*, 2017. Т. 31, № 9. С. 64-67. EDN: ZQPYGN.

Bogolyubova N.V., Bagirov V.A., Zinovieva N.A. Digestive processes in hybrid sheep with argali blood (*Ovis ammon*) at different levels of fiber in the diet • *Achievements of science and technology of the Agro-industrial complex*, 2017. Vol. 31, No. 9. Pp. 64-67. EDN: ZQPYGN.

6. Двалишвили В.Г. Разный уровень протеина и продуктивность баранчиков романовской породы • *Известия Горского гос. аграр. ун-та*, 2017. Т. 54. № 2. С. 68-72. EDN: YSSDSN.

Dvalishvili V.G. Different protein levels and productivity of Romanov sheep • *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrar. University*, 2017. Vol. 54. No. 2. Pp. 68-72. EDN: YSSDSN.

7. Мишуров А.В., Боголюбова Н.В., Романов В.Н. Особенности пищеварительных и обменных процессов у овец при использовании различных источников азота протеина • *Достижения науки и техники АПК*, 2018. Т. 32. № 8. С. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10818. EDN: YAHKMH.

Mishurov A.V., Bogolyubova N.V., Romanov V.N. Features of digestive and metabolic processes in sheep when using various sources of protein nitrogen • *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 2018. Vol. 32. No. 8. Pp. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10818. EDN: YAHKMH.

8. Черепанов Г.Г., Харитонов Е.Л., Макап З.Н. и др. Анализ возможных подходов для преодоления антагонизма между уровнем продуктивности и жизнеспособностью маточного поголовья при использовании интенсивных технологий • *Проблемы биологии продуктивных животных*, 2017. № 1. С. 5-27. EDN: YFTENT.

Cherepanov G.G., Kharitonov E.L., Makar Z.N. and others. Analysis of possible approaches to overcome

the antagonism between the level of productivity and the viability of breeding stock using intensive technologies • *Problems of biology of productive animals*, 2017. No. 1. Pp. 5-27. EDN: YFTENT.

9. Харитонов Е.Л. Современное состояние и перспективы развития теории питания жвачных животных на основе концепции субстратной обеспеченности продуктивных функций • *Проблемы биологии продуктивных животных*, 2007. № 1. С. 21-31. EDN: KBDRFX.

Kharitonov E.L. The current state and prospects of development of the theory of nutrition of ruminants based on the concept of substrate provision of productive functions • *Problems of biology of productive animals*, 2007. № 1. Pp. 21-31. EDN: KBDRFX.

10. Харитонов Е.Л. Экспериментально-прикладная физиология пищеварения жвачных животных • *Дубровицы: Всерос. НИИ животноводства им. акад. Л.К. Эрнста*, 2019. 448 с. ISBN 978-5-9924-8353-3. EDN: BUCWYB.

Kharitonov E.L. Experimental and applied physiology of digestion in ruminants • *Dubrovitsy: Vsros. Research Institute of Animal Husbandry named after L.K. Ernst Academy*, 2019. 448 p. ISBN 978-5-9924-8353-3. EDN: BUCWYB.

11. Джураева У.Ш. Эффективность использования липидов в питании овец • *Вестник Таджикского нац. ун-та. Сер. естеств. наук*, 2015. № 1-5-1 (188). С. 177-181. EDN: UOHDUP.

Juraeva U.S. The effectiveness of the use of lipids in sheep nutrition • *Bulletin of the Tajik National University. Natural Sciences Series*, 2015. № 1-5-1 (188). Pp. 177-181. EDN UOHDUP.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана Владимировна Карамушкина, канд. биол. наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», тел.: (914) 591-03-46; e-mail: sveta.vetmed@mail.ru; Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Александр Викторович Вадько, преподаватель ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный аграрный университет, Российская Федерация, 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Svetlana V. Karamushkina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; tel.: (914) 591-03-46, e-mail: sveta.vetmed@mail.ru; Russian Federation, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Alexander V. Vadko, a teacher Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, 86 Politechnicheskaya str., 675005, Far Eastern Federal District, Amur Region, Russian Federation.

Поступила в редакцию / Received 21.01.2026

Поступила после рецензирования / Revised 24.02.2026

Принята к публикации / Accepted 27.02.2026