

Продуктивные животные: физиология пищеварения

УДК 636.3:636.082.266:591.13:612.015.3

doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.500rus

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ И ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ДОМАШНЕЙ ОВЦЫ (*Ovis aries*) И АРХАРА (*Ovis ammon polii*)***Н.В. БОГОЛЮБОВА, В.Н. РОМАНОВ, В.А. ДЕВЯТКИН, И.В. ГУСЕВ,
В.А. БАГИРОВ, Н.А. ЗИНОВЬЕВА**

Интродукция в современные породы домашних овец (*Ovis aries*) аллелофонда диких видов, в частности архара (*Ovis ammon polii*), рассматривается сегодня как один из перспективных подходов при повышении генетического разнообразия и, как следствие, внутреннего биоразнообразия. Изучение процессов пищеварения, усвоения питательных субстратов в организме и обмена веществ — основа разработки систем кормления для создаваемых селекционных форм животных. Целью настоящего исследования стало изучение особенностей процессов пищеварения, обмена веществ, переваримости и использования питательных веществ рационов у гибридов романовской породы овец с архаром. Опыты проводили в условиях вивария Всероссийского НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста (Московская обл., пос. Дубровицы) в 2014-2015 годах на трех группах валухов разного происхождения с фистулами рубца. В I группу (контроль) входили чистопородные романовские овцы (ROM, $n = 3$), во II группу — гибриды F₃ (НУВ1, $n = 3$) от скрещивания романовских маток с гибридом F₂ романовской овцы и архара (12,5 % — архар, 87,5 % — романовская порода); в III группу — гибриды F₃ (НУВ2, $n = 3$) от скрещивания гибридов F₂ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (12,5 % — архар, 37,5 % — романовская порода, 50 % — эдильбаевская порода). Образцы рубцового содержимого и крови для анализа отбирали за 1 ч до и через 3 ч после кормления. В содержимом рубца определяли общее количество летучих жирных кислот (ЛЖК) методом паровой дистилляции в аппарате Маркгема; количество аммиачного азота микродиффузным методом по Конвею; амилотическую активность фотометрическим методом; биомассу простейших и бактерий методом дифференцированного центрифугирования. В крови определяли содержание эритроцитов и лейкоцитов, гемоглобина, в сыворотке крови — концентрацию общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины, креатинина, аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы, глюкозы, холестерина. У гибридных овец по сравнению с чистопородными аналогами ферментативные процессы в рубце протекали интенсивнее. Об этом свидетельствовало большее накопление микробальной массы (+37,0...+37,3 % до кормления и +22,2...+33,3 % после кормления), повышение концентрации ЛЖК (+17,5...+26,1 % до кормления и +8,7...+12,0 % после кормления), амилотической активности рубцовой жидкости (+10,3...+14,0 %), снижение концентрации аммиака (-8,4...-27,7 %). Усиление ферментативных процессов обуславливало лучшую переваримость и использование питательных веществ гибридными животными. У НУВ1 коэффициенты переваримости сухого вещества (+7,8 %), органического вещества (+5,3 %), сырого протеина (+6,9 %), сырого жира (+3,8 %, $p < 0,05$), сырой клетчатки (+6,5 %, $p < 0,05$) и безазотистых экстрактивных веществ (+4,5 %) были выше, чем в контроле. Коэффициент использования азота у ROM составил 27,9 %, что на 8,9 % меньше, чем у НУВ1, и на 8,5 % меньше, чем у НУВ2. Мы наблюдали межгрупповые различия в концентрации метаболитов углеводно-жирового и азотистого обменов. У гибридных животных по сравнению с чистопородными отмечалось более высокое содержание в крови глюкозы, креатинина, возрастал альбумино-глобулиновый коэффициент, снижалась концентрация холестерина. Представленные результаты свидетельствуют о более интенсивном обмене веществ у гибридных овец по сравнению с чистопородными романовскими овцами. Полученные нами данные могут служить основой для разработки программ кормления, учитывающих физиологические потребности новых селекционных форм и направленных на максимальную реализацию генетического потенциала их продуктивности.

Ключевые слова: жвачные животные, гибридные животные, рубцовое пищеварение, ферментативные процессы, переваримость, обмен веществ.

Один из способов повышения продуктивности животноводства и качества получаемой продукции — вовлечение в сельскохозяйственное производство ресурсов дикой фауны посредством создания новых форм животных методом межвидовой гибридизации (1-3).

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, номер проекта 14-36-00039.

Искусственная гибридизация различных видов *Ovis* издавна привлекала исследователей. Так, М.Ф. Иванов, используя муфлона, вывел новую породу овец — горного мериноса, пригодного для круглогодичного содержания на горных пастбищах (4). П.А. Мантейфель высказал идею создания северных овец с использованием гибридизации со снежным бараном (5), которая позднее нашла отражение в работах других исследователей (6, 7). На основе гибридизации архара (*O. ammon polii*) с тонкорунными овцами была выведена новая мясошерстная порода — казахский архаромеринос (8). Посредством гибридизации каракульских маток с архаром создан серый тип каракульских овец (9). Интродукция в существующие породы домашних животных аллелофонда диких видов рассматривается как один из перспективных подходов повышения нутриентного разнообразия (10) и обеспечения человека качественной, безопасной и здоровой пищей. В этой связи особое значение имеет раскрытие морфологических, физиологических и биохимических механизмов, регулирующих процессы пищеварения и участвующих в формировании продуктивных признаков у животных новых генотипов (11-13).

Во Всероссийском НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста (ВИЖ им. Л.К. Эрнста) ведется работа по получению межвидовых гибридов романовской породы овец (*Ovis aries*) и архара (*Ovis ammon*) с целью создания новых селекционных форм с измененным нутриентным составом (14), сочетающих желательные продуктивные, биологические признаки и адаптационные возможности исходных видов. Так, овцы романовской породы имеют выдающиеся продуктивные качества и многоплодие, но низкую резистентность и некоторую измененность конституции (15). Архар (аргали), самый крупный из диких баранов, обладает относительной неприхотливостью и способностью выживать в экстремально неблагоприятных условиях внешней среды (16).

Известно, что генотипические особенности отражаются на активности функционирования регуляторных систем, что сопровождается изменениями в интенсивности и направленности пищеварительных и обменных процессов. Переваримость и использование питательных веществ, а также потребность в них у животных разного происхождения неодинаковы (17, 18). Вследствие различий в адаптивных возможностях пищеварительного аппарата у животных разных генотипов в желудочно-кишечном тракте создаются специфические условия, влияющие на активность микроорганизмов и биосинтез метаболитов (19-23). Понимание закономерностей этих процессов необходимо для обоснования рационального кормления поголовья и повышения эффективности использования корма (24-25).

Кроме того, определение показателей, характеризующих пищеварение, усвоение питательных субстратов в организме и обмен веществ, относится к обязательным требованиям при разработке режимов кормления для создаваемых селекционных форм животных (26-29). Учет особенностей их физиолого-биохимического статуса позволяет оптимизировать рационы, обеспечивающие наиболее полную реализацию потенциала высокой продуктивности, достигнутого в результате селекции (30).

В настоящей работе впервые сопоставили ряд биологических параметров пищеварительных и обменных процессов у полученных межвидовых гибридов домашней овцы (*Ovis aries*) (с участием романовской породы или романовской и эдильбаевской пород) с архаром (*Ovis ammon polii*) и получили подтверждение более интенсивного метаболизма и лучшего усвоения питательных веществ у этих овец по сравнению с аналогами романовской породы.

Нашей целью было сравнительное изучение особенностей пищеварения, обмена веществ, переваримости и использования субстратов рациона у чистопородной романовской овцы и гибридов разной кровности от скрещивания домашних овец с архаром.

Методика. Исследования проводили в условиях физиологического двора (ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2014-2015 годы) на трех группах валухов разного происхождения, подобранных по возрасту (6-7 мес) и живой массе и прооперированных с наложением фистул рубца (по Басову). Контроль (I группа) составляли валухи романовской породы (ROM), II группу — гибриды F₃ (НУВ1) от скрещивания романовских маток с гибридом F₂ романовской овцы и архара (12,5 % — архар, 87,5 % — романовская порода); III группу — гибриды F₃ (НУВ2) от скрещивания гибридов F₂ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (12,5 % — архар, 37,5 % — романовская порода, 50,0 % — эдильбаевская порода). Все животные получали комбинированный рацион, сбалансированный по нормам ВИЖ (31) для молодняка романовской породы, состоящий из силоса, сенажа, сена и концентратов.

Продолжительность исследований составила 28 сут. Предварительный период длился 21 сут, учетный — 7 сут. В отобранных образцах кормов, остатков кормов и кале определяли общую влажность, содержание сырого жира — по С.В. Рушковскому, сырого протеина — методом Кьельдаля, сырой клетчатки — по Геннебергу и Штоману. В пробах мочи оценивали количество азота. По результатам балансового опыта рассчитывали количество и коэффициенты переваримости питательных веществ и использования азота согласно общепринятым методикам (32).

За 1 ч до и через 3 ч после утреннего кормления отбирали пробы рубцового содержимого, а также крови.

В содержимом рубца определяли общее количество летучих жирных кислот методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама, количество аммиачного азота — микродиффузным методом по Конвею, амилитическую активность — фотометрическим методом, биомассу простейших и бактерий — дифференцированным осаждением (центрифуга Sigma 3-18, Германия) (33).

Клинический анализ крови с определением концентрации гемоглобина, содержания эритроцитов и лейкоцитов проводили на ветеринарном гематологическом анализаторе Micros ABC VET («HORIBA ABX Diagnostics, Inc.», Франция). Количество общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины, креатинина, глюкозы, холестерина, активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ) в сыворотке крови оценивали на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well 2902 (+) («Awareness Technology, Inc.», США) (34).

Статистическую обработку данных осуществляли по общепринятым методикам, используя программное обеспечение Microsoft Excel (35).

Результаты. Процессы пищеварения в рубце у жвачных обусловлены в основном деятельностью микрофлоры и влияют на эффективность использования энергии и питательных веществ корма. Здесь происходит расщепление белков, преформирование аминокислот, образование аммиака, синтез бактериального белка, всасывание и экскреция небелковых азотистых соединений. В результате микробной ферментации корма в преджелудках образуются летучие жирные кислоты (ЛЖК), аминокислоты и аммиак (36).

В наших исследованиях на большую интенсивность микробиальных процессов в преджелудках у гибридных овец указывало повышение массы симбионтных микроорганизмов в рубцовом содержимом у живот-

ных НУВ1 и НУВ2 (рис. 1). В этих группах анализируемый показатель до кормления был ниже, чем после его начала. Во II группе (НУВ1) масса симбиотической микрофлоры до кормления и после него была выше соответственно на 37,3 и 33,3 % ($p < 0,05$), в III группе (НУВ2) — на 37,0 и 22,2 % по сравнению с контролем (ROM). Следует отметить, что увеличение микробальной массы происходило главным образом за счет повышения количества бактерий. У животных НУВ1 до и после кормления этот показатель возрастал соответственно на 62,6 ($p < 0,05$) и 48,3 % ($p < 0,05$), у НУВ2 — соответственно на 46,3 ($p < 0,05$) и 28,0 % по сравнению с таковым у ROM. Наибольшая разница относительно контроля наблюдалась у гибридов НУВ1. Повышение массы симбиотической микрофлоры приводило к увеличению переваримости питательных веществ, а также к лучшему использованию азота рубцовой микрофлорой.

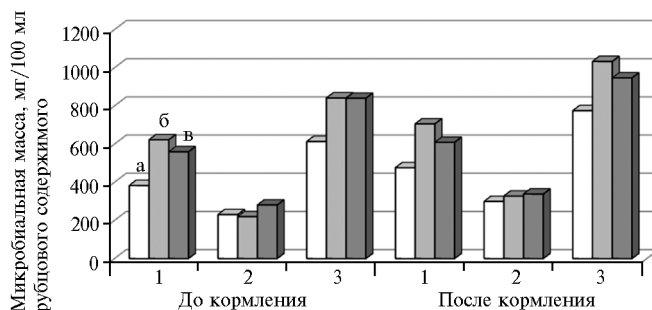


Рис. 1. Состав микробальной биомассы в рубцовой жидкости у чистопородных романовских овец (а), гибридов F₃ романовской овцы и архара (*Ovis ammon polii*) (б), гибридов F₃ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (в) до и после кормления: 1 — бактерии, 2 — простейшие, 3 — общее количество микроорганизмов (Всероссийский НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста, Московская обл., 2014-2015 годы).

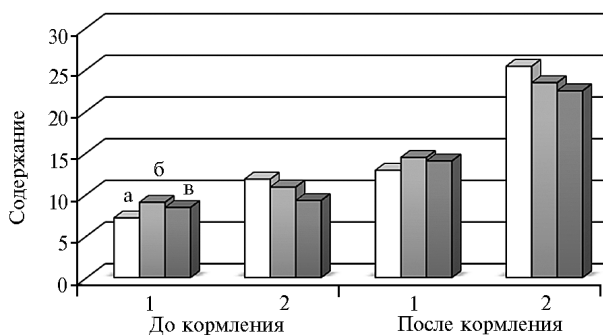


Рис. 2. Содержание летучих жирных кислот (ммоль/100 мл) (1) и азота аммиака (мг%) (2) в рубцовой жидкости у чистопородных романовских овец (а), гибридов F₃ романовской овцы и архара (*Ovis ammon polii*) (б), гибридов F₃ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (в) до и после кормления (Всероссийский НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста, Московская обл., 2014-2015 годы).

кормления соответственно на 26,1 и 12,0 % ($p < 0,05$) во II группе НУВ1 и на 17,5 ($p < 0,05$) и 8,7 % ($p < 0,05$) в III группе, что свидетельствовало о более интенсивном гидролизе углеводов.

Использование крахмала и других легкоусвояемых углеводов в рубце — необходимое условие поддержания нормальной жизнедеятельности микрофлоры. Амилолитическая активность рубцовой жидкости обеспечивается микроорганизмами, а также наличием свободной амилазы (38). В группах НУВ1 и НУВ2 этот показатель был выше соответственно на 14,0

ЛЖК — высокоценный энергопластический материал, из которого синтезируются липопротеиды и углеводные скелеты почти всех аминокислот (37). В наших опытах общее количество ЛЖК в рубцовой жидкости возрастало после кормления у всех животных (рис. 2). У гибридных животных по сравнению с чистопородными романовскими овцами концентрация этих метаболитов была выше до и после

($p < 0,05$) и 10,3 % по сравнению с таковым у ROM.

Важную роль в превращениях питательных веществ в рубце играет аммиак — конечный продукт распада белковых и небелковых азотистых соединений корма. Часть аммиака всасывается в кровь из пищеварительного тракта, что представляет собой бесполезную потерю азота, поскольку лишь малая его часть возвращается в рубец со слюной и через рубцовую стенку, а большая — выделяется из организма с мочой (39, 40). В наших исследованиях (см. рис. 2) отмечалось снижение концентрации азота аммиака в рубцовой жидкости у гибридных животных до ($p < 0,05$) и после кормления по сравнению с контролем, а также более низкое количество мочевины в сыворотке крови (табл.), что может свидетельствовать о более эффективном использовании азота протеина микрофлорой рубца.

Концентрация метаболитов белкового и углеводно-липидного обмена в крови у чистопородных романовских овец и их гибридов с архаром (*Ovis ammon polii*) и баранами эдильбаевской породы ($M \pm m$, Всероссийский НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста, Московская обл., 2014–2015 годы)

Показатель	Группа					
	I (n = 3)		II (n = 3)		III (n = 3)	
	до кормления	после кормления	до кормления	после кормления	до кормления	после кормления
Общий белок, г/л	68,2±0,85	68,8±1,23	70,5±0,50*	70,7±0,54	68,6±1,06	69,4±1,49
Мочевина, ммоль/л	5,03±0,20	6,89±0,14	5,03±0,18	6,70±0,30	4,89±0,23	6,66±0,41
Креатинин, мкмоль/л	61,40±3,05	66,92±1,30	76,90±3,60*	78,11±0,70***	68,80±4,10	69,20±2,50
Альбумины, г/л	28,9±0,26	30,4±0,34	30,9±0,70*	32,5±0,43**	29,9±0,63	31,5±0,46
Глобулины, г/л	39,2±0,86	38,4±1,14	39,6±0,78	38,2±0,34	38,7±0,65	37,9±1,20
А/Г	0,74±0,02	0,79±0,02	0,78±0,02	0,85±0,01	0,77±0,01	0,83±0,02
АлАТ, МЕ/л	17,0±0,60	16,9±0,35	17,1±0,60	17,2±0,70	17,9±0,63	18,9±0,50*
АсАТ, МЕ/л	72,9±2,50	76,0±2,84	63,7±3,80	68,3±2,18	84,2±2,65*	84,8±3,60
Глюкоза, ммоль/л	4,56±0,07	4,85±0,08	4,83±0,09*	4,99±0,10	5,45±0,09***	5,63±0,04***
Холестерин, ммоль/л	1,64±0,04	1,54±0,04	1,44±0,04*	1,32±0,03**	1,37±0,04**	1,37±0,03*

Примечание. I группа — валухи романовской породы, II группа — гибриды F₂ от скрещивания романовских маток с гибридом F₂ романовской овцы и архара (12,5 % — архар, 87,5 % — романовская порода); III группа — гибриды F₂ от скрещивания гибридов F₂ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (12,5 % — архар, 37,5 % — романовская порода, 50,0 % — эдильбаевская порода). Кровь для анализа брали за 1 ч до кормления и через 3 ч после кормления, А/Г — альбумино-глобулиновый коэффициент, АлАТ — аланинаминотрансфераза, АсАТ — аспартатаминотрансфераза.
*, **, *** Различия с контролем (I группа) достоверны соответственно при $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

Изменение направленности процессов преджелудочного пищеварения у животных в зависимости от происхождения сказывалось на переваривании разных питательных веществ корма. У НУВ1 коэффициенты переваримости сухого вещества, органического вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ были соответственно на 7,8; 5,3; 6,9; 3,8 ($p < 0,05$); 6,5 ($p < 0,05$) и 4,5 % выше по сравнению с таковыми у ROM. У НУВ2 также отмечался рост этих показателей относительно контроля.

Исследованные нами группы характеризовались различиями в использовании питательных веществ рациона. Количество и процент переваренного и отложенного в теле азота у гибридных животных были выше, несмотря на некоторое увеличение его содержания в кале (III группа) и моче (II группа). Коэффициент использования азота в группе ROM (контроль) составил 27,9 %, что было на 8,9 и 8,5 % меньше, чем у животных НУВ1 и НУВ2. В крови у гибридных животных концентрация общего белка также повышалась, мочевины — снижалась, альбумино-глобулиновый коэффициент возрастал (см. табл.), что может свидетельствовать о более интенсивном белковом обмене.

У гибридных животных по сравнению с ROM достоверно увеличилось содержание глюкозы в крови (см. табл.), что подтверждало факт более интенсивного поступления микробной биомассы из сложного же-

лудка в кишечник. Так, у НУВ1 этот показатель был выше на 2,8-5,9 % ($p < 0,05$), у НУВ2 — на 16,0-19,5 % ($p < 0,001$) по сравнению с контролем. Содержание холестерина, напротив, было максимальным в I группе и превышало значения показателя во II и III группах соответственно на 0,2-0,22 ($p < 0,05$, $p < 0,01$) и 0,17-0,27 ммоль/л ($p < 0,05$, $p < 0,01$).

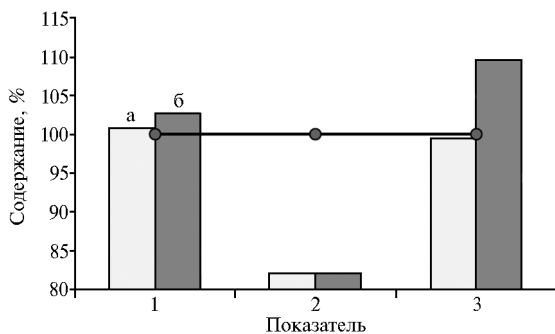


Рис. 3. Содержание (%) эритроцитов (1), лейкоцитов (2) и гемоглобина (3) в крови у чистопородных романовских овец (график), гибридов F₃ романовской овцы и архара (*Ovis ammon polii*) (а), гибридов F₃ романовской овцы и архара с баранами эдильбаевской породы (б) после кормления (Всероссийский НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста, Московская обл., 2014-2015 годы).

Азотистый обмен у животных НУВ1 по сравнению с ROM характеризовался следующими особенностями: отмечалось некоторое увеличение количества общего белка ($p < 0,05$), альбуминов ($p < 0,05$, $p < 0,01$), уменьшение концентрации мочевины после кормления, повышение альбумино-глобулинового коэффициента. В крови животных НУВ2 происходило снижение концентрации мочевины, а также некоторое повышение содержания альбуминов, значения альбумино-глобулинового коэффициента были выше, чем у романовских овец. Количество креатинина (донора фосфорного остатка для АДФ, восстановление которого до АТФ повышает энергетический потенциал клеток) оказалось существенно больше у гибридных животных по сравнению с чистопородными. Значение этого показателя до и после кормления во II группе превысило контроль на 25,2 ($p < 0,05$) и 16,7 % ($p < 0,001$), в III группе — соответственно на 12,0 и 3,4 %.

В крови у гибридных животных отмечалось более высокое содержание эритроцитов (на 0,8-2,9 %) при снижении числа лейкоцитов на 21,8 % ($p < 0,05$) (рис. 3). У гибридов из III группы по сравнению с чистопородными аналогами количество гемоглобина также было повышено (на 9,6 %) ($p < 0,01$). Эти результаты косвенно отражают тот факт, что гибридизация оказала в целом благоприятное влияние на общее физиологическое состояние животных.

Таким образом, у полученных гибридов домашней овцы и архара разной кровности (12,5 % — архар, 87,5 % — романовская порода; 12,5 % — архар, 37,5 % — романовская порода, 50,0 % — эдильбаевская порода) по сравнению с чистопородной романовской овцой возрастает интенсивность преджелудочного пищеварения, что выражается в повышении массы симбиотической микрофлоры, концентрации летучих жирных кислот и амилитической активности в содержимом рубца. Как следствие, переваримость, использование питательных веществ, направленность белкового и углеводно-липидного обмена у гибридов и чистопородных аналогов различаются. Учет выявленных особенностей и физиологических потребностей новых селекционных форм необходим для разработки норм и систем кормления, позволяющих эффективно реализовать их генетический потенциал продуктивности.

BIOLOGICAL PARAMETERS FOR DIGESTIVE AND METABOLIC PROCESSES IN INTERSPECIES HYBRIDS OF DOMESTIC SHEEP (*Ovis aries*) AND ARGALI (*Ovis ammon polii*)

N.V. Bogolyubova, V.N. Romanov, V.A. Devyatkin, I.V. Gusev, V.A. Bagirov, N.A. Zinovieva

L.K. Ernst All-Russian Research Institute of Animal Husbandry, Federal Agency of Scientific Organizations, pos. Dubrovitsy, Podolsk Region, Moscow Province, 142132 Russia, e-mail 652202@mail.ru

Acknowledgements:

Supported financially by Russian Scientific Foundation (project number 14-36-00039)

Received April 30, 2016

doi: 10.15389/agrobiol.2016.4.500eng

Abstract

Introduction of the allele pool of wild species, in particular, Argali (*Ovis ammon polii*) into the domestic sheep (*Ovis aries*) of the modern breeds is one of the promising approaches to enhancing genetic diversity and, consequently, biodiversity and nutrient availability. Study of the processes of digestion, assimilation of nutrient substrates in the body and metabolism is the basis for developing the feeding systems for animals of the novel genetic variation. The objective of this survey was to study and metabolism, digestibility, and nutrient requirements of hybrids of Romanov sheep and Argali. The experiments were performed on the wethers fitted with rumen fistulas (Vivarium of the L.K. Ernst Institute for Animal Husbandry, Moscow Province, pos. Dubrovitsy) in 2014-2015. The experimental animals were divided into three groups. Group I (control) included the purebred Romanov sheep (ROM, $n = 3$), group II included the F₃ hybrids (HYB1, $n = 3$) from crossing Romanov ewes with F₂ hybrid Romanov ewes and Argali (87.5 % of the Romanov sheep blood and 12.5 % of the Argali blood), and group III included the F₃ hybrids (HYB2, $n = 3$) from crossing F₂ hybrids Romanov ewes and Argali with the Edilbaj sheep (50 % of the Edilbaj sheep blood, 37.5 % of the Romanov sheep blood, and 12.5 % of the Argali blood). The rumen content and blood samples for the analysis were taken an hour before feeding and in three hours after feeding. The production of volatile fatty acids (VFAs) (using Markham distillation apparatus), the amount of ammonia-N (by the Conway microdiffusion method), amyolytic activity (photometrically), the protozoa and bacteria biomass (by centrifugation) have been measured in rumen. Hemoglobin concentration, red blood cell count and white blood cell count were determined. The levels of total protein, albumin, globulin, urea, creatinine, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) activity, glucose, cholesterol were estimated in blood serum. The ruminal fermentation in the hybrid animals, when compared to the purebred animals, was more active; it could be confirmed by the higher total microbial mass in hybrid animals (+37.0 % and +37.3 %, respectively, before feeding; +22.2 % and +33.3 %, respectively, after feeding), the VFA increased concentration (+17.5 % and +26.1 %, respectively, before feeding; +8.7 % and +12.0 %, respectively, after feeding), the increased amyolytic activity in rumen fluid (+10.3 ...+14.0 %), and the decreased ammonia concentrations (-8.4...-27.7 %). Intensified fermentation caused the better nutrient digestibility and utilization in hybrid animals. The HYB1 sheep, when compared to the control group, were characterized by the better digestibility of dry matter (+7.8 %), organic matter (+5.3 %), crude protein (+6.9 %), crude fat (+3.8 %, $p < 0.05$), crude fiber (+6.5 %, $p < 0.05$), and the nitrogen free extractable substances (NFE) (+4.5 %). The nitrogen utilization coefficient in the ROM group comprised 27.9 %, which is 8.9 % and 8.5 % less than that in the animals of the HYB1 group and the HYB2 group, respectively. The differences in the concentrations of both the carbohydrate and lipid metabolites and the nitrogen metabolites between the groups of purebred and hybrid sheep were ascertained. The analysis of blood metabolic profiles revealed the higher concentrations of glucose and creatinine, the higher albumin to globulin ratio, and the reduced cholesterol level in the hybrid animals compared to the purebred Romanov sheep. Therefore, the obtained data indicate that the metabolic processes are more intense in the hybrids than that in the purebred sheep. The data obtained can serve as a basis for developing the physiologically sound feeding programs for animals of the novel genetic variation to realize the maximum potential productivity.

Keywords: ruminant animals, hybrid animals, ruminal digestion, fermentative processes, digestibility, metabolism.

REFERENCES

1. Ernst L.K., Zinovieva N.A. *Biologicheskie problemy zhivotnovodstva v XXI veke* [Biological aspects of livestock husbandry in XXI]. Moscow, 2008 (in Russ.).
2. Bagirov V.A., Ernst L.K., Nasibov S.H.N., Klenovitskii P.M., Iolchiev B.S., Zinovieva N.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2009, 7: 54-56 (in Russ.).

3. Nasibov Sh.N., Bagirov V.A., Klenovitskii P.M., Iolchiev B.S., Zinov'eva N.A., Voevodin V.A., Amirshoev F.S. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2010, 8: 59-62 (in Russ.).
4. Rokitskii P.F., Vasina-Popova E.T. *Razvitiye genetiki sel'skokhozyaistvennykh zhyvotnykh v SSSR: Istoriko-biologicheskie issledovaniya. Vyp. 6* [The development of farm animal genetics in the Soviet Union: History and biological research. Iss. 6]. Moscow, 1978 (in Russ.).
5. Manteifel' P.A. *Rekonstruktsiya fauny i odomashnivanie novykh vidov zhyvotnykh* [Fauna – reconstruction and domestication]. Moscow, 1934 (in Russ.).
6. Nasimovich A.A. *Zoologicheskii zhurnal*, 1961, 40(7): 957-970 (in Russ.).
7. Shaidullin I.N. *Ovtsevodstvo*, 1992, 3: 18-21 (in Russ.).
8. Rubailova N.G. *Otdalennaya gibridizatsiya domashnykh zhyvotnykh* [Distant hybridization of farm animals]. Moscow, 1965 (in Russ.).
9. Gigineishvili N.S. V knige: *Otdalennaya gibridizatsiya rastenii i zhyvotnykh* [In: Distant hybridization in plants and animals]. Moscow, 1960 (in Russ.).
10. *Doklad komissii po geneticheskim resursam dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo khozyaistva (CGRFA-15/15/Report). FAO: Pyatnadsataya ocherednaya sessiya* [Report of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO: XV session]. Rome, 2015 (in Russ.).
11. Munn A.J., Dawson T.J., McLeod S.R., Dennis T., Maloney S.K. Energy, water and space use by free-living red kangaroos *Macropus rufus* and domestic sheep *Ovis aries* in an Australian rangeland. *Comparative Physiology*, 2013, 183(6): 843-858 (doi: 10.1007/s00360-013-0741-8).
12. Charismiadou M.A., Bizelis J.A., Rogdaki E. Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. I. Late pregnancy. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2000, 84(3-4): 61-72 (doi: 10.1046/j.1439-0396.2000.00282.x).
13. Malau-Aduli A.E.O., Siebert B.D., Bottema C.D.K., Pitchford W.S. Heterosis, sex and breed differences in the fatty acid composition of muscle phospholipids in beef cattle. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2000, 83(3): 113-120 (doi: 10.1046/j.1439-0396.2000.00255.x).
14. Bagirov V.A., Klenovitskiy P.M., Iolchiev B.S., Zinovieva N.A., Kalashnikov V.V., Shilo O.V., Soloshenko V.A., Nasibov Sh.N., Kononov V.P., Kolesnikov A.V. Cytogenetic characteristic of *Ovis ammon ammon*, *O. nivicola borealis* and their hybrids. *Agricultural Biology*, 2012, 6: 43-48 (in Engl., in Russ.) (doi: 10.15389/agrobiol.2012.6.43eng, doi: 10.15389/agrobiol.2012.6.43rus).
15. Arsen'ev D.D., Lobkov V.Yu. *Vestnik APK Verkhnevotzh'ya*, 2013, 3: 27-32 (in Russ.).
16. Danilkin A.A. *Mlekopitayushchie Rossii i sopredel'nykh regionov. Polorogie (Bovidae)* [Mammals of Russia and adjacent regions. *Bovidae*]. Moscow, 2005 (in Russ.).
17. Meza-Herrera C.A., Serradilla J.M., Mucoz-Mejías M.E., Baena-Manzano F., Menendez-Buxadera A. Effect of breed and some environmental factors on body weights till weaning and litter size in five goat breeds in Mexico. *Small Ruminant Res.*, 2014, 121(2-3): 215-219 (doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.07.006).
18. Lourenço A.L., Dias-da-Silva A., Santos A.S., Rodrigues M.A.M., Cone J.W., Ferreira L.M.M. Comparative digestibility of low-quality grass hay by two breeds of cattle differing in mature live weight. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2013, 98(3): 453-457 (doi: 10.1111/jpn.12090).
19. Zishiri O.T., Cloete S.W.P., Olivier J.J., Dzama K. Genetic parameters for growth, reproduction and fitness traits in the South African Dorper sheep breed. *Small Ruminant Res.*, 2013, 112(1-3): 39-48 (doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.01.004).
20. Jetana T., Tasripoo K., Vongpipatana C., Kitsamra S., Sophon S. The comparative study digestion and metabolism of nitrogen and purine derivatives in male, Thai, Swamp buffalo and Thai, Brahman cattle. *Anim. Sci. J.*, 2009, 80(2): 130-139 (doi: 10.1111/j.1740-0929.2008.00618.x).
21. Sales J., Jančík F., Homolka P. Quantifying differences in total tract nutrient digestibilities between goats and sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2007, 96(4): 660-670 (doi: 10.1111/j.1439-0396.2011.01194.x).
22. Clauss M., Hofmann R.R., Streich W.J., Fickel J., Hummel J. Convergence in the macroscopic anatomy of the reticulum in wild ruminant species of different feeding types and a new resulting hypothesis on reticular function. *J. Zool.*, 2010, 281(1): 26-38 (doi: 10.1111/j.1469-7998.2009.00675.x).
23. Henderson G., Cox F., Ganesh S., Jonker A., Young W., Janssen P.H. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*, 2015, 5, Article number: 14567 (doi: 10.1038/srep14567).
24. Lourenço A.L., Cone J.W., Fontes P., Dias-da-Silva A.A. Effects of ambient temperature and soybean meal supplementation on intake and digestion of two sheep breeds differing in mature size. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2010, 94(5): 571-583 (doi: 10.1111/j.1439-0396.2010.00675.x).

- 10.1111/j.1439-0396.2009.00942.x).
25. Karasov W.H., Douglas A.E. Comparative digestive physiology. *Compr. Physiol.*, 2013, 3: 741-783 (doi: 10.1002/cphy.c110054).
 26. Clauss M., Hummel J. The digestive performance of mammalian herbivores: why big may not be that much better. *Mammal Rev.*, 2005, 35: 174-187 (doi: 10.1111/j.1365-2907.2005.00062.x).
 27. Aikman P.C., Reynolds C.K., Beever D.E. Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 2008, 91: 1103-1114 (doi: 10.3168/jds.2007-0724).
 28. Rihawi S., Iiguez L., Knaus W.F., Zaklouta M., Wurzinger M., Soelkner J., Larbi A., Bomfim M.A.D. Fattening performance of lambs of different Awassi genotypes, fed under cost-reducing diets and contrasting housing conditions. *Small Ruminant Res.*, 2010, 94(1-3): 38-44 (doi: 10.1016/j.smallrumres.2010.06.007).
 29. Özcan M., Demirel G., Yakan A., Ekiz B., Tölü C., Sav T. Genotype, production system and sex effects on fatty acid composition of meat from goat kids. *Anim. Sci. J.*, 2015, 86(2): 200-206 (doi: 10.1111/asj.12273).
 30. Kharitonov E.L. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2008, 4: 42-71 (in Russ.).
 31. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: Spravochnoe posobie* /Pod redaktsiei A.P. Kalashnikova, V.I. Fisinina, V.V. Shcheglova, N.I. Kleimenova [Feed norms and rations for farm animals: handbook. A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleimenov (eds.)]. Moscow, 2003 (in Russ.).
 32. Ovsyannikov A.I. *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* [Basics of experimental work in animal husbandry]. Moscow, 1976 (in Russ.).
 33. *Izucheniye pishchevareniya u zhvachnykh: Metodicheskie rekomendatsii* /Pod redaktsiei N.V. Kurilova [A study of digestion in ruminants: Guidelines. N.V. Kurilov (ed.)]. Borovsk, 1987 (in Russ.).
 34. *Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki: Spravochnik* /Pod redaktsiei I.P. Kondrakhina [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics. I.P. Kondrakhin (ed.)]. Moscow, 2004 (in Russ.).
 35. Merkur'eva E.K. *Biometriya v selektsii i genetike sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* [Biometry in breeding and genetics of farm animals]. Moscow, 1979 (in Russ.).
 36. Niwińska B. Digestion in ruminants. In: *Carbohydrates — comprehensive studies on glycobiology and glycotecchnology*. Chuan-Fa Chang (ed.). InTech d.o.o., Croatia, 2016 (doi: 10.5772/51574).
 37. Elsdén S.R., Hitchcock M.W.S., Marshall R.A., Phillipson A.T. Volatile acid in the digesta of ruminants and other animals. *Experimental Biology*, 1946, 22: 191-202.
 38. Van Vuuren A.M., Hindle V.A., Klop A., Cone J.W. Effect of maize starch concentration in the diet on starch and cell wall digestion in the dairy cow. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2010, 94: 319-329 (doi: 10.1111/j.1439-0396.2008.00911.x).
 39. Recavarren M.I., Milano G.D. The rate and pattern of urea infusion into the rumen of wethers alters nitrogen balance and plasma ammonia. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2014, 98(6): 1047-1053 (doi: 10.1111/jpn.12168).
 40. Rius A.G., Kittelmann S., Macdonald K.A., Waghorn G.C., Janssen P.H., Sikkema E. Nitrogen metabolism and rumen microbial enumeration in lactating cows with divergent residual feed intake fed high-digestibility pasture. *J. Dairy Sci.*, 2012, 95: 5024-5034 (doi: 10.3168/jds.2012-5392).