



## Биохимические показатели крови овцематок на первом месяце лактации и их связь с молочной продуктивностью

© 2021. Я. А. Жариков ✉

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация

У подсосных полутонкорунных мясошерстных овцематок первого месяца лактации ( $n = 80$ ) экспериментального стада крестьянского фермерского хозяйства Л. А. Каневой Усть-Цилемского района Республики Коми изучали молочную продуктивность и комплекс биохимических показателей крови, характеризующих метаболический статус. Овцематки с ягнятами находились в одном помещении в сходных условиях содержания и кормления. Для характеристики метаболического типа всех подконтрольных овцематок разделили на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности. Какого-либо значимого линейного колебания метаболитов при переходе из группы в группу выявлено не было. В результате изучения связей между молочностью и биохимическими показателями сыворотки крови внутри групп у высокомольных овцематок 3 группы были выявлены статистически значимые корреляции с уровнем мочевины ( $r = -0,47$ ,  $P < 0,05$ ) и активностью щелочной фосфатазы ( $r = 0,40$ ,  $P < 0,05$ ), а также не достоверный, но относительно высокий коэффициент с глюкозой ( $r = 0,36$ ,  $P > 0,05$ ). В результате объединения мочевины, щелочной фосфатазы (ЩФ) и глюкозы в один комплексный индекс – ЩФ\*глюкоза/мочевина удалось существенно повысить коэффициент корреляции с молочностью до 0,61 при  $P < 0,001$ . Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что высокомольные матки имеют метаболические особенности, которые сформировались в результате адаптации организма к напряжённой лактационной деятельности. Эти особенности выражаются во взаимосвязанном колебании трёх метаболитов – мочевины, ЩФ и глюкозы. Предполагается, что мочевина отражает более эффективное усвоение азота рациона с ростом молочной продуктивности, усиленное включение аминокислот в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока. А глюкоза и ЩФ – увеличение интенсивности клеточного метаболизма.

**Ключевые слова:** молочность, метаболиты крови, сопряжённость, мочевина, щелочная фосфатаза, глюкоза

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (тема № 0412-2019-0052).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку работы.

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Жариков Я. А. Биохимические показатели крови овцематок на первом месяце лактации и их связь с молочной продуктивностью. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(3):409-417.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.409-417>

Поступила: 05.04.2021

Принята к публикации: 26.05.2021

Опубликована онлайн: 23.06.2021

## Biochemical blood values of ewes in the first month of lactation and their relation to milk productivity

© 2021. Yakov A. Zharikov ✉

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation

Milk productivity and a set of biochemical blood parameters characterizing the metabolic status were studied in suckling semi-fine-fleece wool-and-meat ewes of the first month of lactation ( $n = 80$ ) of the experimental herd of L. A. Kaneva farm in the Ust-Tsilemsky district of Komi Republic. The ewes with lambs were kept in the same room in similar conditions of keeping and feeding. To characterize the metabolic type, all controlled ewes were divided into three groups depending on the level of their milk productivity. There was no significant linear variation of the metabolites during the transition from group to group. As a result of studying the associations between milking capacity and biochemical parameters of blood serum within the groups, in high-milking ewes of group 3, statistically significant correlations were found with the level of urea ( $r = -0.47$ ,  $P < 0.05$ ), and the activity of alkaline phosphatase ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.05$ ), as well as not reliable, but relatively high coefficient with glucose ( $r = 0.36$ ,  $P > 0.05$ ). As a result of combining urea, alkaline phosphatase (AP) and glucose into one complex index – AP\*glucose/urea, it was possible to increase significantly the correlation coefficient with milking capacity to 0.61 at  $P < 0.001$ . The obtained results indicate that high-milking ewes have metabolic features developed as the result of the body's adaptation to intensive lactation activity. These features are expressed in the interrelated fluctuation of three metabolites – urea, AP and glucose. It is assumed that urea indicates more efficient assimilation of nitrogen of the diet with an increase in milk productivity, intense inclusion of amino groups into metabolic processes necessary for the synthesis of milk proteins. Glucose and alkaline phosphatase indicate an increase in the intensity of cellular metabolism.

**Keywords:** milk productivity, blood metabolites, correlation, urea, alkaline phosphatase, glucose

**Acknowledgement:** the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0412-2019-0052)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citation:** Zharikov Ya. A. Biochemical blood values of ewes in the first month of lactation and their relation to milk productivity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(3):409-417. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.409-417>

Received: 05.04.2021 Accepted for publication: 26.05.2021 Published online: 23.06.2021

Увеличение производства баранины как в валовом выражении, так и в расчёте на овцематку – стратегическая задача, стоящая перед овцеводами страны, без решения которой невозможно рассчитывать на рентабельность отрасли. Для этого нужны овцематки, отвечающие современным требованиям по плодовитости, скороспелости, молочности, устойчивости к болезням, приспособленности к условиям и кормовой базе ареала разведения. Для молодняка важны скорость роста, скороспелость, убойный выход, соотношение мяса и костей в туше, качество баранины.

Разводимые в Республике Коми полутонкорунные мясошерстные овцы печорской породной группы хорошо приспособлены к экологическим условиям Севера, однако по уровню развития вышеперечисленных базовых хозяйственных качеств не соответствуют требованиям рентабельного ведения отрасли. В связи с этим несомненную актуальность представляют дальнейший теоретический поиск и проведение прикладных исследований по созданию на Крайнем Севере овцематок нового генотипа, обладающих следующими качествами: возраст первой случки 12-15 месяцев; плодовитость – до двухсот ягнят на сто ягнений; молочность – не менее 200 л за трёхмесячную лактацию; шерсть – полутонкорунная, однородная, белой окраски, требующая стрижки один раз в год.

Известно, что продуктивность животных во многом обусловлена состоянием и спецификой их метаболического гомеостаза, что позволяет с большой эффективностью использовать различные интерьерные признаки, в том числе биохимические параметры крови в качестве маркёров продуктивности и дополнительных критериев к сложившимся в зоотехнической практике методам и приемам селекции [1]. Лактация, особенно в период интенсивного молокообразования, вызывает у маток большое физиологическое напряжение организма, что, безусловно, приводит к модификации метаболизма, находящего своё отражение в биохимическом статусе субстратов и ферментов сыворотки крови.

Актуальность научных поисков в этом направлении определяется недостаточной изученностью характера изменений обмена веществ, биохимических механизмов, определяющих формирование высокой молочной продуктивности подсосных овцематок.

**Цель исследований** – изучение метаболических особенностей высокомольных подсосных овцематок, установление корреляционных связей молочной продуктивности с рядом биохимических показателей сыворотки крови для использования полученных результатов в селекционной работе.

**Материал и методы.** Экспериментальная часть работы выполнена в 2021 году на овцеводческой ферме крестьянского фермерского хозяйства Л. А. Каневой (Усть-Цилемский район, Республика Коми). Объектом исследования служили подсосные овцематки печорской породной группы и помесные различной доли кровности по куйбышевской, романовской, черноголовый дорпер и остфризской породам, всего 80 голов, окотившиеся в период с 25.01.2021 по 05.02.2021 года. Окотились одиночками 51 матка, двойнями – 47, тройнями – 2. Всех подконтрольных овцематок разделили на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности.

Все овцематки с ягнятами находились в одном помещении в сходных условиях содержания и кормления. Основным компонентом рациона являлось злаково-разнотравное сено, заготовленное с естественных суходольных и заливных лугов поймы реки Печоры. Концентратная часть была представлена гранулированным комбикормом для дойных коров с содержанием 18 % сырого протеина. Средневзвешенный рацион состоял: сено – 2,1 кг, комбикорм – 0,3 кг, брикет-лизунец «Фелуцен» универсальный для КРС, коз и овец вволю.

Плодовитость овцематки оценивали по количеству всех полученных за окот живых ягнят. Молочность овцематки устанавливали согласно ГОСТ 25955-83 по суммарному приросту живой массы всех её ягнят за первый месяц подсоса, затем рассчитывали количе-

ство полученного за сутки молока (1 кг живой массы ягненка приравнивали к 5,0 кг полученного материнского молока).

Для изучения живой массы ягнят при рождении и в месячном возрасте проводили индивидуальное взвешивание с точностью до 0,1 кг. По результатам взвешивания рассчитывали абсолютный, относительный и среднесуточный приросты живой массы.

Материалом исследования служила кровь, которую брали у всех маток однократно 27.02.2021 до кормления пункцией яремной вены в вакуумные пробирки с коагулянтом. Анализ сыворотки на содержание изучаемых показателей выполняли в лаборатории Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методом фотометрии на фотометре фотоэлектрическом КФК-3 с помощью соответствующих наборов реагентов компании «Витал Девелопмент Корпорэйшн»<sup>1</sup>.

Полученные данные обрабатывали, используя программный модуль «Анализ данных» в Microsoft Excel. Ошибки коэффициентов корреляции по Пирсону и оценки их достоверности при уровнях значимости  $P$  от  $< 0,05$  до  $< 0,001$  посчитали, используя общепринятые формулы<sup>2</sup>. Достоверность различий независимых выборок оценили двухвыборочным тестом (Two-Sample T-Test) из программы NCSS по трём критериям: t-тест с одинаковыми дисперсиями, t-тест Аспина-Уэлча с различными дисперсиями, t-тест Колмогорова-Смирнова для ненормальных распределений при  $P \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Для характеристики метаболического типа мы разделили всех подконтрольных овцематок на три группы в зависимости от уровня их молочной продуктивности. Результаты представлены в таблице 1.

Группировка овцематок по уровню молочности не показала какого-либо закономерного линейного колебания метаболитов при переходе из группы в группу. В результате изучения связей между молочностью и биохимическими показателями сыворотки крови внутри групп у высокомолочных овцематок 3 группы были выявлены статистически значимые корреляции ( $P < 0,05$ ) с уровнем мочевины и активностью щелочной фосфатазы (ЩФ), а также не достоверный, но относительно высокий коэффициент с глюкозой (табл. 2). При этом ЩФ и глюкоза

были положительно связаны с молочностью, а мочевины – отрицательно. В результате объединения мочевины, ЩФ и глюкозы в один комплексный индекс – ЩФ\*глюкоза/мочевина удалось существенно повысить коэффициент корреляции с молочностью до 0,61 при  $P < 0,001$ . Таким образом, в результате анализа полученных данных у высокомолочных овцематок выявлены интересные, взаимосвязанные с уровнем молочной продуктивности колебания трёх метаболитов: мочевины, ЩФ и глюкозы. Эта особенность метаболизма была характерна только для группы высокомолочных овцематок и не проявлялась у маток первых двух групп.

Овечье молоко является очень ценным диетическим продуктом. В отличие от коровьего, в молоке овец содержится больше сухого вещества, жира, белка, сахара. На молочную продуктивность овцематок большое влияние оказывают возраст маток и соответственно количество ягнений, а также количество ягнят в помёте. По данным М. Н. Костылева и других, была подтверждена прямая зависимость молочной продуктивности маток от их плодовитости. Так, матка романовской породы № 229 в ОПХ «Гутаево» при первом окоте принесла двух ягнят, и молочность её составила 155,4 кг за лактацию, через год эта же матка окотилась одинцом и молочность её составила 97,0 кг, а при последующем окоте принесла тройню и молочность её составила 161,0 кг [2].

Из всех изученных метаболитов крови овцематок наибольшую сопряжённость с уровнем имела мочевины. Традиционные представления о мочеvine как маркере почечной патологии общеизвестны. Между тем, концентрация мочевины в сыворотке крови является хорошим индикатором интенсивности и направленности азотистого обмена. У жвачных животных до 70 % азота мочевины крови – это продукт катаболизма аминокислот, и между концентрацией мочевины в крови и усвоением азота установлена достоверная отрицательная корреляция [3]. Именно поэтому снижение уровня мочевины может свидетельствовать о более интенсивном использовании аминокислот в биосинтезе белка [4, 5], в нашем случае, белка молока. Иными словами, организм высокомолочных овцематок более интенсивно трансформирует аминокислоты для пластических нужд молокообразования.

<sup>1</sup>Витал Девелопмент Корпорэйшн. [Электронный ресурс]. URL: <https://vital-spb.ru/about/> (Дата обращения: 15.03.2021)

<sup>2</sup>Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику: учебное пособие. 2-е изд. Минск: Вышэйшая школа, 1978. С. 418.

*Таблица 1 – Результаты биохимического исследования сыворотки крови овцематок с разным уровнем молочной продуктивности /*

*Table 1 – Results of a biochemical study of the blood serum of ewes with different levels of milk productivity*

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (n = 27)	2 (n = 26)	3 (n = 27)
Плодовитость, гол. / Fertility, heads	1,04±0,04	1,23±0,08	1,89±0,10
Среднесуточная молочность, мл / Average daily milk productivity, ml	803,76±37,62	1237,23±23,24	1804,9±42,80
Среднесуточный прирост ягнят, г / Average daily growth of lambs, g	160,75±7,52	247,45±4,65	360,98±8,56
АсАТ, Е/л / AsAT, E/l	16,42±0,53	16,60±0,45	17,09±0,37
АлАТ, Е/л / AlAT, E/l	7,97±0,37	9,00±0,50	8,75±0,38
АсАТ/АлАТ / AsAT/AlAT	2,14±0,09	2,04±0,18	2,05±0,10
ЩФ, Е/л / AP, E/l	39,28±3,92	37,78±4,20	48,22±4,71
ЛДГ, Е/л / LDG, E/l	73,15±2,75 <sup>3</sup>	72,65±2,34 <sup>3</sup>	80,95±3,32 <sup>1,2</sup>
ГГТ, Е/л / GGT, E/l	81,76±3,47	86,70±3,28	82,80±2,95
КФК, Е/л / CFK, E/l	14,31±2,44	10,76±1,13	10,46±1,08
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	64,10±0,86	64,79±0,72	64,84±0,63
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	34,55±0,84 <sup>2,3</sup>	36,39±0,62 <sup>1</sup>	36,62±0,50 <sup>1</sup>
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	29,55±1,15	28,40±0,69	28,23±0,58
А/Г / A/G	1,23±0,07	1,30±0,04	1,32±0,04
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	6,28±0,25	6,12±0,25	5,92±0,25
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	3,68±0,10	3,64±0,11	3,75±0,09
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,99±0,08 <sup>2,3</sup>	2,22±0,09 <sup>1</sup>	2,21±0,07 <sup>1</sup>
Глюкоза + Холестерин / Glucose + Cholesterol	5,68±0,14	5,86±0,12	5,96±0,13
Кальций, мг% / Calcium, mg%	9,30±0,12 <sup>2</sup>	9,63±0,07 <sup>1,3</sup>	9,37±0,08 <sup>2</sup>
Фосфор, мг% / Phosphorus, mg%	5,42±0,22 <sup>2</sup>	4,89±0,15 <sup>1,3</sup>	5,29±0,16 <sup>2</sup>
Кальций/Фосфор / Calcium/Phosphorus	1,80±0,09 <sup>2</sup>	2,01±0,06 <sup>1,3</sup>	1,82±0,06 <sup>2</sup>

Примечания: отмечены <sup>(1,2,3)</sup> существенные различия с указанными группами при P < 0,05. Условные обозначения здесь и далее: АсАТ – аспартатаминотрансфераза, АлАТ – аланинаминотрансфераза, АсАТ/АлАТ – коэффициент де Ритиса, ЩФ – щелочная фосфатаза, ЛДГ – лактатдегидрогеназа, ГГТ – гамма-глутамилтранспептидаза, КФК – креатинфосфокиназа, А/Г – соотношение альбуминов и глобулинов /

Notes: there were <sup>(1,2,3)</sup> significant differences with these groups at P < 0.05. Symbols here and further: AsAT – aspartate aminotransferase, AlAT – alanine aminotransferase, AsAT/AlAT – de Ritis coefficient, AP – alkaline phosphatase, LDG – lactate dehydrogenase, GGT – gamma-glutamyltranspeptidase, CFK – creatine phosphokinase, A/G – ratio of albumins and globulins.

Из наиболее распространенных причин снижения уровня мочевины в крови выделяют гепатозы, приводящие к нарушению мочевинообразовательной функции печени, а также длительный дефицит в рационе белка [5, 6]. Однако, при гепатозах, количество мочевины находится ниже порогового минимума, т. е. ниже 3,3 ммоль/л, например, в крови больных гепатозом коров количество мочевины снижено до 2,95 ммоль/л [7]. При дефиците протеина в рационе вместе

с мочевиной снижался бы уровень альбуминов и А/Г коэффициент, чего, судя по данным таблицы 1, у наших овцематок не наблюдается. Таким образом, есть все основания предполагать, что понижение уровня мочевины с ростом молочной продуктивности высокопродуктивных овцематок связано с более эффективным усвоением азота рациона, усиленным включением аминокислот в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока.

*Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между биохимическими показателями сыворотки крови и молочностью овцематок /*

*Table 2 – Correlation coefficients between the biochemical parameters of blood serum and milk productivity of ewes*

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	1 (n = 27)	2 (n = 26)	3 (n = 27)
АсАТ, Е/л / AsAT, Е/л	-0,112±0,199	0,007±0,204	0,100±0,199
АлАТ, Е/л / AlAT, Е/л	-0,201±0,196	0,240±0,198	0,041±0,200
АсАТ/АлАТ / AsAT/AlAT	0,237±0,194	-0,028±0,204	0,013±0,200
ЩФ, Е/л / AP, Е/л	0,101±0,199	0,208±0,200	0,396±0,184*
ЩФ*глюкоза/мочевина / AP*glucose/urea	0,025±0,200	0,145±0,202	0,610±0,159***
ЛДГ, Е/л / LDG, Е/л	0,214±0,195	-0,152±0,202	0,137±0,198
ГГТ, Е/л / GGT, Е/л	0,257±0,193	-0,191±0,200	-0,233±0,194
КФК, Е/л / CFK, Е/л	-0,143±0,198	-0,382±0,189	-0,216±0,195
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	-0,017±0,200	0,045±0,204	-0,056±0,200
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	0,273±0,192	0,088±0,203	0,014±0,200
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	-0,213±0,195	-0,032±0,204	-0,073±0,199
А/Г / A/G	0,271±0,193	0,099±0,203	0,069±0,200
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	0,267±0,193	-0,039±0,204	-0,467±0,177*
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	-0,040±0,200	-0,281±0,196	0,355±0,187
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	0,300±0,191	0,321±0,193	-0,269±0,193
Глюкоза + Холестерин / Glucose + Cholesterol	0,134±0,198	-0,019±0,204	0,11±0,199
Кальций, мг% / Calcium, mg%	0,067±0,200	-0,107±0,203	-0,041±0,200
Фосфор, мг% / Phosphorus, mg%	0,436±0,18*	-0,345±0,192	-0,164±0,197
Кальций / Фосфор / Calcium / Phosphorus	-0,441±0,179*	0,331±0,193	0,131±0,198

Примечания: отмечены (\*\*\*) – коэффициенты корреляции с  $P < 0,001$ ; (\*\*) –  $P < 0,01$ ; (\*) –  $P < 0,05$  /

Notes: marked (\*\*\*) – correlation coefficients with  $P < 0.001$ ; (\*\*) –  $P < 0.01$ ; (\*) –  $P < 0.05$ .

У жвачных животных углеводный обмен играет значительную роль в предопределении уровня и интенсивности других обменов. Основным показателем метаболизма углеводов служит концентрация глюкозы в крови. Глюкоза является важным, хотя не единственным для жвачных животных, источником энергии. Более того, она является основным энергетическим и пластическим материалом для тканей вымени, поставщиком углерода для синтеза лактозы, липидов, белков молока. Запасы глюкозы в организме за счёт всасывания из пищеварительного тракта пополняются только на 10-20 % общего расхода глюкозы, а остальная часть её образуется из летучих жирных кислот, небелковых веществ (лактата, пирувата), белков и аминокислот [8, 9].

Концентрация глюкозы в сыворотке крови является показателем интенсивности

клеточного метаболизма, процессов энергетического обмена и адаптивных качеств животных [10]. В нашем исследовании более высокая концентрация глюкозы у высокопродуктивных маток, возможно, объясняется более интенсивным течением процессов клеточного метаболизма, лучшей субстратно-энергетической обеспеченностью обменных процессов, повышенными адаптивными качествами, связанными с особенностями пищевого поведения высокопродуктивных особей.

Щелочная фосфатаза входит в перечень семи наиболее часто определяемых в лабораторной диагностике ферментов сыворотки крови. Этим подчёркивается её значение в качестве индикатора метаболического статуса организма. ЩФ содержится практически во всех тканях, но прежде всего в костной ткани, паренхиме печени и стенках желчных

протоколов (откуда выделяется с желчью), проксимальных отделах извитых канальцев почек, лактирующей молочной железе, плаценте, клетках слизистой оболочки кишечника. Особенно много её обнаруживается в растущих костях (фермент содержится в мембранах остеобластов). ЩФ – негомогенный фермент; различают, как минимум, пять её тканеспецифических изоферментов в сыворотке крови: плацентарный, костный, печеночный, кишечный, почечный [11, 12].

Показано каталитическое влияние энзима на липидный и углеводный метаболизм. Этот фермент принимает участие в процессах резорбции углеводов и липидов в тонком кишечнике. Она активирует всасывание глюкозы в почечных нефронах. Установлено действие ЩФ на реакции синтеза фруктозы из глюкозы [13]. ЩФ можно рассматривать и как фермент, выпускающий глюкозу из тканей, что напрямую влияет на уровень глюкозы в крови. Минимальная активность ЩФ свидетельствует об энергетическом покое в силу минимума свободного фонда термозапасующего фосфата, повышение активности ЩФ означает появление дополнительного фонда фосфатов, который необходим для КФК-системы снабжения [5, 14, 15].

Считается, что по активности ЩФ в крови можно судить об обеспеченности организма витамином D и состоянии фосфорно-кальциевого обмена. Ее активность повышается при нарушении фосфорно-кальциевого обмена, заболеваниях – остеомалации и рахите<sup>3</sup>.

Активность ЩФ в сыворотке крови изменяется как при некоторых заболеваниях, так и различных физиологических состояниях здорового организма. По данным медицинской и ветеринарной литературы, физиологическими причинами увеличения являются возраст от рождения до полового созревания и последний триместр беременности. Повышение активности энзима происходит также при ряде патологических состояний, например, холестаза, обструктивных заболеваниях печени, токсическом гепатите, остеомалации<sup>4, 5</sup> [16].

В ряде работ показана связь активности ЩФ сыворотки крови с продуктивностью сельскохозяйственных животных. Так, повы-

шение продуктивности за 305 суток лактации у первотелок на 361-588 кг ( $P < 0,001$ ), у коров 2-го отела на 308 кг сопровождается повышением активности щелочной фосфатазы на  $11,3 \pm 2,5$  Е/л ( $P < 0,001$ ) [17].

Во все месяцы лактации активность ЩФ была выше у более высокоудойных коров, но различия были статистически не достоверными ( $P > 0,05$ ). Между активностью ЩФ в крови и уровнем среднесуточных удоев установлена корреляция. В 1 группе она составляла  $r = 0,65$ ; а во второй группе  $r = 0,63$  [18].

Потомство лучших по продуктивности хряков отличалось большей напряженностью обменных процессов в 3-месячном возрасте, что устанавливалось по активности щелочной фосфатазы, уровень которой превосходит аналогов, полученных от менее продуктивных животных на 17,8-19,2 % ( $P < 0,001$ ) [19].

Ш. Т. Рахимов и другие, выявили взаимосвязь уровня ЩФ в крови с плодовитостью маток. Высокая активность фосфатазы в крови положительно коррелирует с выходом ягнят на обьягнвившихся маток. Так, например, уровень двойнёвых ягнений составлял у маток с высокой активностью ЩФ 14,71 %, что на 12,67 и 4,95 % больше, чем у средне- и низкоактивных сверстниц [20].

Увеличение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови высокопродуктивных овцематок в наших исследованиях свидетельствует об увеличении роли фермента в поддержании энергетического гомеостаза за счёт обмена фосфорорганических соединений. В какой-то степени это можно связать с компенсаторной ролью этого повышения для поддержания оптимального уровня глюкозы в крови. Возможно и другое объяснение. Повышение активности ЩФ у высокомолочных овцематок происходит за счёт повышенного её синтеза в молочной железе. Ягнятамолочники нуждаются в поступлении ЩФ с молоком. Есть данные, что при образовании молока фазы секреторного цикла клетки альвеолярного эпителия катализируют оксидоредуктазы и фосфатазы, обеспечивающие последние энергией и осуществляющие транспортирование сырья и секрета [1].

<sup>3</sup>Производство молока: Справочник. Н. Г. Дмитриев, В. И. Мосийко, С. С. Брага и др.; Сост. Н. Г. Дмитриев. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.

<sup>4</sup>Камышников В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 911 с.

<sup>5</sup>Холод В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. Минск: Ураджай, 1988. С. 139-150.

**Заключение.** Итак, полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что высокомолочные матки 3 группы имеют метаболические особенности, которые формируются в результате адаптации организма к напряжённой лактационной деятельности. Наибольшую отрицательную сопряжённость с удоем имела мочевины ( $r = -0,47$ ). Понижение уровня мочевины с ростом молочной продуктивности мы связываем с более эффективным усвоением азота рациона, усиленным включением аминокислот в обменные процессы, необходимые для синтеза белков молока.

Наряду с азотом, для синтеза молока требуется глюкоза как в качестве энергетического, так и пластического материала. Глюкоза ( $r = 0,36$ ) и ЩФ ( $r = 0,40$ ) положительно коррелировали с удоем. Такую связь мы объяс-

няем следующим образом: увеличение интенсивности процессов клеточного метаболизма с ростом молочной продуктивности требует адаптивного повышения глюкозы в крови, а для обеспечения такого повышения требуется компенсаторный рост активности ЩФ.

Направленность интеграции белкового и углеводного обмена на пике лактации, выраженная предлагаемым нами комплексным индексом ЩФ\*глюкоза/мочевина ( $r = 0,61$ ), служит одним из факторов, детерминирующих потенциал молочной продуктивности высокомольных овцематок. Кроме того, данный индекс может служить неким критерием адаптационной компетенции при отборе маток и дополнительным аргументом использования особей с наибольшим индексом в селекционном процессе.

#### **Список литературы**

1. Кудрин А. Г. Прогнозирование молочной продуктивности крупного рогатого скота по активности ферментов крови (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2003;(2):8-11.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18094346&>
2. Костылев М. Н., Барышева М. С., Хуртина О. А. Молочная продуктивность овец романовской породы. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015;(4):179-183.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25239547>
3. Кирилов М. П., Виноградов В. Н., Зотеев В. С. Показатели рубцового пищеварения и биохимический статус крови высокопродуктивных коров при скормлинии цеолита. Зоотехния. 2007;(6):8-10.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11717702>
4. Еловиков С. Б., Менькова А. А. Метаболизм азотистых веществ у лактирующих коров при применении новых БВМД. Зоотехния. 2007;(1):14-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11733439>
5. Рослый И. М., Водолажская М. Г. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных. 1. Цитолитический синдром или фундаментальный механизм? Вестник ветеринарии. 2007;(4):63-76.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600769>
6. Профилактика нарушений обмена веществ у сельскохозяйственных животных. Пер. со словац. К. С. Богданова, Г. А. Терентьевой; под ред. и с предисл. А. А. Алиева. М.: Агропромиздат, 1986. 384 с.
7. Хазмухаметова И. Ф., Идрисова Р. Р. Лечение коров при гепатозе. Ветеринария. 2008;(5):39-42.
8. Громыко Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии. Экологический вестник Северного Кавказа. 2005;(2):80-94. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21237568>
9. Григорьев Н. Г., Волков Н. П., Воробьев Е. С., Гарист А. В., Фицев А. И., Воронкова Ф. В. Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.
10. Bogoliubova N. V., Romanov V. N., Devyatkin V. A., Gusev I. V., Rykov R. A., Bagirov V. A. Digestion and metabolic parameters of domestic sheep and their hybrids with Argali. Book of Abstract of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP). Warsaw, Poland. 2015;(21):367.
11. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Т. 1. 392 с.
12. Соболева Ю. Г., Холод В. М., Баран В. П., Постраш И. Ю. Оценка активности щелочной фосфатазы у крупного рогатого скота в возрастном аспекте и при диспепсии. Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2012;1:222-226.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18848634>
13. Дементьева Т. А. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови свиней при откорме до разнотой живой массы. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2014;(1):56-59.  
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21322784>
14. Рослый И. М., Водолажская М. Г., Чеглова И. А. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: 2. Биохимические показатели крови в переводе на язык физиологии. Вестник ветеринарии. 2008;(1):51-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600816>

15. Водолажская М. Г., Рослый И. М. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: 7. Биохимические показатели крови беременных как пример выраженной физиологической адаптации циклического характера. Вестник ветеринарии. 2009;(2):59-72.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12109556>

16. Яковенко Э. П., Григорьев П. Я. Хронические заболевания печени: диагностика и лечение. Русский медицинский журнал. 2003;11(5):291-296.

Режим доступа: [https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie\\_zabolevaniya\\_pecheni\\_diagnostics\\_i\\_lechenie/](https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie_zabolevaniya_pecheni_diagnostics_i_lechenie/)

17. Кудрин А. Г. Ферменты крови и прогнозирование продуктивности молочного скота. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2006. 142 с.

18. Ерёмченко В. И., Карпенкова К. В. Ферментативный профиль крови у лактирующих коров с разным уровнем продуктивности. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015;(2):69-70.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23293391>

19. Дементьева Т. А., Жучаев К. В. Фосфатазная активность крови в оценке генотипов хряков. Современные наукоёмкие технологии. 2009;(12):34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12993864>

20. Рахимов Ш. Т., Раджабов Н., Шералиев Ф. Прогнозирование плодовитости овец гиссарской породы по сывороточным ферментам крови. Овцы, козы, шерстяное дело. 2015;(2):39-40.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23854806>

### References

1. Kudrin A. G. *Prognozirovanie molochnoy produktivnosti krupnogo rogatogo skota po aktivnosti fermentov krovi (obzor)*. [Forecast of milk productivity of cattle according to activity of blood enzymes (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2003;(2);8-11. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18094346&>

2. Kostylev M. N., Barysheva M. S., Khurtina O. A. *Molochnaya produk-tivnost' ovets romanovskoy porody*. [The milk productivity of romanov sheep breed]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie* = Modern High Technologies. Regional Application. 2015;(4);179-183. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25239547>

3. Kirilov M. P., Vinogradov V. N., Zoteev B. C. *Pokazateli rubtsovogo pishchevareniya i biokhimicheskiy status krovi vysokoproduktivnykh korov pri skarmivanii tseolita*. [Indicators of cicatricial digestion and the biochemical status of the blood of highly productive cows when feeding zeolite]. *Zootekhniya*. 2007;(6);8-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11717702>

4. Elovikov S. B., Men'kova A. A. *Metabolizm azotistyykh veshchestv u laktiruyushchikh korov pri primeneni novykh BVMD*. [Metabolism of nitrogenous substances in lactating cows when using new BVMD]. *Zootekhniya*. 2007;(1);14-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11733439>

5. Roslyy I. M., Vodolazhskaya M. G. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh. I. Tsitoliticheskiy sindrom ili funda-mental'nyy mekhanizm?* [Comparative approaches in the assessment of the state of man and animals. I. Cytolytic syndrome or the fundamental mechanism?]. *Vestnik veterinarii*. 2007;(4);63-76. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600769>

6. *Profilaktika narusheniy obmena veshchestv u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. [Prevention of metabolic disorders in farm animals]. *Per. so slovatsk.* K. S. Bogdanova, G. A. Terent'evoy; *Pod red. i s predisl.* A. A. Alieva. Moscow: Agropromizdat, 1986. 384 p.

7. Khazmukhametova I. F., Idrisova R. R. *Lechenie korov pri gepatoze*. [Treatment of cows with hepatitis]. *Veterinariya* = Veterinary. 2008;(5);39-42. (In Russ.).

8. Gromyko E. V. *Otsenka sostoyaniya organizma korov metodami biokhimii*. [Appreciation of cows; organism state by biochemical methods]. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* = The North Caucasus Ecological Herald. 2005;(2); 80-94. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21237568>

9. Grigor'ev N. G., Volkov N. P., Vorob'ev E. S., Garist A. V., Fitsev A. I., Voronkova F. V. *Biologicheskaya polnotsennost' kormov*. [Biological value of feed]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 287 p.

10. Bogoliubova N. V., Romanov V. N., Devyatkin V. A., Gusev I. V., Rykov R. A., Bagirov V. A. Digestion and metabolic parameters of domestic sheep and their hybrids with Argali. Book of Abstract of the 66th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP). Warsaw, Poland. 2015;(21);367.

11. Dikson M., Uebb E. *Fermenty*. [Fermenty]. *Per. s angl.* Moscow: Mir, 1982. Vol. 1. 392 p.

12. Soboleva Yu. G., Kholod V. M., Baran V. P., Postrash I. Yu. *Otsenka aktivnosti shchelochnoy fosfatazy u krupnogo rogatogo skota v voznrastnom aspekte i pri dispepsii*. [Estimation of alkaline phosphatase in cattle at the age aspect and with dyspepsia]. *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya*. 2012;1:222-226. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18848634>

13. Dement'eva T. A. *Aktivnost' shchelochnoy fosfatazy v syvorotke krovi sviney pri otkorme do raznoy zhivoy massy*. [Activity of alkaline phosphatase in the blood serum of pigs when fattening to different live weight]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2014;(1);56-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21322784>

14. Roslyy I. M., Vodolazhskaya M. G., Cheglova I. A. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh: 2. Biokhimicheskie pokazateli krovi v perevode na yazyk fiziologii*. [Comparative approaches in assessing the state of humans and animals: 2. Biochemical parameters of blood in translation into the language of physiology]. *Vestnik veterinarii*. 2008;(1):51-59. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11600816>
15. Vodolazhskaya M. G., Roslyy I. M. *Sravnitel'nye podkhody v otsenke sostoyaniya cheloveka i zhivotnykh: 7. Biokhimicheskie pokazateli krovi beremennykh kak primer vyrazhennoy fiziologicheskoy adaptatsii tsiklicheskogo kharaktera*. [Comparative approaches in the assessment of the state of man and animals: 7. Biochemical parameters of the blood of pregnant women as an example of a pronounced physiological adaptation of a cyclic nature]. *Vestnik veterinarii*. 2009;(2):59-72. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12109556>
16. Yakovenko E. P., Grigor'ev P. Ya. *Khronicheskie zabolevaniya pecheni: diagnostika i lechenie*. [Chronic liver diseases: diagnosis and treatment]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2003;(5):291-296. (In Russ.). URL: [https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie\\_zabolevaniya\\_pecheni\\_diagnostika\\_i\\_lechenie/](https://www.rmj.ru/articles/gastroenterologiya/Hronicheskie_zabolevaniya_pecheni_diagnostika_i_lechenie/)
17. Kudrin A. G. *Fermenty krovi i prognozirovanie produktivnosti molochnogo skota*. [Blood enzymes and predicting the productivity of dairy cattle]. Michurinsk: Izd-vo MichGAU, 2006. 142 p.
18. Eremenko V. I., Karpenkova K. V. *Fermentativnyy profil' krovi u laktiruyushchikh korov s raznym urovнем produktivnosti*. [Enzymatic blood profile in lactating cows with different levels of productivity]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2015;(2):69-70. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23293391>
19. Dement'eva T. A., Zhuchaev K. V. *Fosfataznaya aktivnost' krovi v otsenke genotipov khryakov*. [Phosphatase activity of blood in the assessment of boar genotypes]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* = Modern high technologies. 2009;(12):34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12993864>
20. Rakhimov Sh. T., Radzhabov N., Sheraliev F. *Prognozirovanie plodovitosti ovets gissarskoy porody po syvorotochnym fermentam krovi*. [Prediction of fecundity of Hissar sheep by blood serum enzymes]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo*. 2015;(2):39-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23854806>

**Сведения об авторе**

✉ **Жариков Яков Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела «Печорская опытная станция», Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: [zharikov.yakov@yandex.ru](mailto:zharikov.yakov@yandex.ru)

**Information about the author**

✉ **Yakov A. Zharikov**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Rucheynaya str. 27, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: [zharikov.yakov@yandex.ru](mailto:zharikov.yakov@yandex.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author