

УДК: 577.1:612.664:636.2  
DOI:10.52419/issn2072-2419.2023.4.447

## ИЗУЧЕНИЕ АНАБОЛИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ЛАКТАЦИИ У КОРОВ В СВЯЗИ С ИНТЕНСИВНОСТЬЮ КЕТОГЕНЕЗА В НОВОТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Васильева С.В.\* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-7324-6250).

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

\*svvet@mail.ru

**Ключевые слова:** коровы, лактация, кетоз, бета-гидроксимасляная кислота, молочная продуктивность, метаболизм.

**Key words:** cows, lactation, ketosis, beta-hydroxybutyric acid, milk production, metabolism.

Поступила: 25.09.2023

Принята к публикации: 17.11.2023

Опубликована онлайн: 08.12.2023



### РЕФЕРАТ

В статье рассмотрены результаты исследования молочной продуктивности коров в связи с содержанием бета-гидроксимасляной кислоты в крови в новотельный период. Исследования проводились на высокопродуктивных полновозрастных коровах второй-третьей лактации. Животные были разделены на три группы по содержанию бета-гидроксибутирата – до 1,0 ммоль/л; от 1,0 до 2,0 ммоль/л и свыше 2,0 ммоль/л. Установлено, что увеличение содержания кетонов в крови сопряжено с гипогликемией. У коров с увеличенным содержанием бета-гидроксимасляной кислоты в начале лактации определились более высокие показатели суточных удоев на протяжении пяти месяцев наблюдения. На четвертый и пятый месяцы лактации удои у этих коров были выше, чем в группах 1 и 2 на 14,6-15,8% и 18,5-20,1%, соответственно. Помимо этого, суммарный выход жира в данной группе больше, чем в первой и второй – на 12,8% и 10,7%, белка – на 9,7% и 11,2% и лактозы – на 8,5% и 13,5%, соответственно. Был предложен расчётный показатель – лактационный индекс анаболизма, который вычисляется с использованием суточного удоя, массовой доли молочного белка и концентрации мочевины. Увеличение данного индекса свидетельствует об активации анаболических реакций, снижение – о всплеске катаболических процессов. Было установлено увеличение лактационного индекса анаболизма у коров третьей группы на 4-5 месяцы лактации с достоверным увеличением на 44,8-45,8% в сравнении с группами 1 и 2. Был выявлен высокий метаболический потенциал к дальнейшей продуктивной лактации у коров, имевших повышенную концентрацию бета-гидроксимасляной кислоты в новотельный период.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

У коров после отёла быстро нарастает молочная продуктивность, уже на второй-третий месяцы лактации суточные удои достигают максимальных значений [1, 2, 3]. Это происходит несмотря на «энергетический провал» в первый месяц лактации, связанный с послеродовой перестройкой организма и отставанием микробиома рубца в способности утилизировать сухое вещество рационов [4, 5, 6, 7]. Поэтому в ранний послеотёльный период у коров часто развивается кетоз на фоне нехватки глюкостероидных веществ. Однако у животных кетогенез является дополнительной защитно-приспособительной функцией, обеспечивающей бесперебойное и быстрое обеспечение субстратов для цикла трикарбоновых в условиях дефицита глюкозы [1, 3]. Само по себе увеличение содержания кетоновых тел не является патологическим процессом, а скорее носит адаптивный характер. Однако, чрезмерная их продукция, может свидетельствовать о нарушении метаболизма. В частности, из трёх молекул, относящихся к кетоновым телам, бета-гидроксимасляная кислота является наиболее предпочтительной, так как «перетаскивает» из печени, где она синтезируется, в головной мозг и другие интенсивно работающие органы и ткани 26 молекул АТФ [1, 8]. И это вполне неплохая альтернатива глюкозе, которая необходима молочной железе для выработки лактозы [3, 6].

У лактирующей коровы молочная железа испытывает чрезвычайную метаболическую нагрузку [4, 9, 10]. Обеспечение процесса лактации необходимыми веществами – одна из приоритетных задач, и с этим напрямую связано понятие лактационной доминанты [1, 2, 11]. Общеизвестно, что в первые 3-4 месяца лактации корова продуцирует максимальное количество молока, однако при этом в начале продуктивного периода происходит снижение массы тела [5, 6, 12]. Этот парадоксальный эффект объясняется влиянием лактационной доминанты, степень прояв-

ления которой, по-видимому, зависит от генетического потенциала коровы. Таким образом, в начале лактации в организме в целом увеличивается скорость катаболических процессов, и это в первую очередь, относится к жировому обмену, однако при этом в самой молочной железе проявляется максимальная активность анаболических реакций, в которых образуются белки, липиды и углеводы молочного секрета [4, 6].

Немаловажным является обеспечение животных всеми необходимыми условиями для оптимального усвоения питательных веществ, что влияет не только на метаболический статус, показатели жизнедеятельности и адаптационной устойчивости, но и на величину удоев и химический состав молока [13, 14, 15].

В условиях современного молочного скотоводства распространена практика контроля уровня бета-гидроксимасляной кислоты в крови у новотельных коров [2, 4]. Как правило, исследование проводят не менее двух раз – на пятый и пятнадцатый дни после отёла. Портативные приборы, разработанные специально для ветеринарного применения, позволяют в течение нескольких минут получить надёжные результаты измерения бета-гидроксипропионата и глюкозы. В задачу наших исследований вошло изучение анаболических характеристик молочной продуктивности в течение первых пяти месяцев лактации в зависимости от интенсивности кетогенеза в ранний новотельный период.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование было проведено на базе одного из животноводческих хозяйств Ленинградской области. В рамках научной работы нами было сформировано 3 группы коров. Критериями отбора были количество отёлов (2 или 3), продуктивность за предыдущую лактацию (9 – 12 тыс. кг).

Из числа прошедших по данным критериям результатов были отобраны коровы, исследования крови которых на содержание бета-гидроксимасляной кисло-

ты соответствовали требованиям, изложенным в таблице 1.

В каждую группу вошло по 10 голов. Ежемесячно у коров проводились кон-

трольные дойки, в ходе которых учитывались суточные удои. Пробы молока отправляли в лабораторию для физико-химического анализа.

**Таблица 1 – Критерии формирования групп**

Группы коров	Содержание бета-гидроксимасляной кислоты в крови, ммоль/л	
	На 5 день	На 15 день
1 группа	Менее 1,0	Менее 1,0
2 группа	От 1,0 до 2,0	От 1,0 до 2,0
3 группа	Свыше 2,0	Свыше 2,0

**РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS**

Результаты исследования представлены в таблицах 2-6 и на рис. 1-3.

В таблице 2 представлены данные по содержанию  $\beta$ -гидроксibuтирата и глюкозы у коров, которые демонстрируют наличие гипогликемии у коров второй и третьей групп. Особенно отчётливо прослеживается разница в концентрации глюкозы у этих групп в сравнении с первой на пятый день лактации на 26,6% и 26,3%, соответственно ( $P < 0,01$ ). Необходимо отметить, что в данном хозяйстве проводят лечение коров с клиническими признаками кетоза и при наличии завышенных результатов исследования  $\beta$ -гидроксibuтирата в крови. Большим животным проводят дополнительную выпойку энергетической смеси, содержащей пропионовую кислоту и/или её соли, вводят 10% раствор глюкозы внутривенно (1-

1,5л), при необходимости назначают инъекции витаминов В6, В12. Длительность лечения и кратность введения препаратов определяется индивидуально исходя из клинического состояния животного.

Результаты исследования молочной продуктивности (табл. 3, рис. 1) показывают, что у коров всех исследуемых групп максимальный удой определяется на третий месяц лактации, но в первой и второй группе после наступления лактационного пика происходит довольно резкое снижение удоев на 22,4% ( $P < 0,05$ ) и 15,8%, соответственно. Тогда как у коров третьей группы в этот же период снижение объёма молочной продуктивности составляет только 6,4%. Также примечательно то, что у коров группы 3 на четвёртый и пятый месяцы лактации удои выше, чем в группах 1 и 2 на 14,6-15,8% и 18,5-20,1%, соответственно.

**Таблица 2 – Результаты исследования глюкозы и  $\beta$ -гидроксibuтирата у коров на 5-й и 15-й дни после отёла**

Исследуемые группы	Концентрация $\beta$ -гидроксibuтирата, ммоль/л		Концентрация глюкозы, ммоль/л	
	5 день	15 день	5 день	15 день
1 группа	0,64±0,05	0,66±0,05	2,78±0,15	2,62±0,20
2 группа	1,64±0,05	1,59±0,03	2,04±0,18**	2,19±0,19
3 группа	3,05±0,15	2,56±0,11	2,05±0,15**	1,79±0,24*

Примечание: \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$  при сравнении с группой 1

Таблица 3 – Динамика среднесуточных удоев, л

Месяцы лактации	1 группа	2 группа	3 группа
1	39,70±2,90	40,50±2,46	41,50±2,60
2	42,20±2,10	42,20±2,35	44,50±1,82
3	45,40±2,28	42,50±2,39	45,20±2,35
4	37,10±1,78	36,70±2,69	42,50±1,79
5	37,30±3,09	36,80±2,72	44,20±2,53

Примечание: \* -  $P < 0,05$  при сравнении с группой 2

Таблица 4 – Динамика изменения химического состава молока

Месяцы лактации	Показатели	1 группа	2 группа	3 группа
1 месяц	Жир, %	4,29±0,30	4,62±0,39	4,55±0,32
	Белок, %	3,19±0,09	2,98±0,05	3,21±0,10
	Лактоза, %	5,13±0,06	5,19±0,05	5,06±0,06
	Мочевина, мг/дл	27,42±2,34	30,17±2,76	32,77±2,18
2 месяц	Жир, %	3,94±0,17	4,16±0,16	4,27±0,20
	Белок, %	3,13±0,04	3,24±0,08	3,14±0,09
	Лактоза, %	5,28 ±0,08	5,02±0,10	5,08±0,07
	Мочевина, мг/дл	28,03±1,63	31,87±2,68	35,01±1,45**
3 месяц	Жир, %	3,74±0,12	3,79±0,18	3,85±0,20
	Белок, %	3,29±0,05	3,23±0,10	3,23±0,10
	Лактоза, %	5,12±0,05	5,05±0,09	5,14±0,04
	Мочевина, мг/дл	32,73±2,09	32,01±1,86	34,35±2,78
4 месяц	Жир, %	3,82±0,19	3,85±0,22	3,69±0,17
	Белок, %	3,30±0,11	3,30±0,06	3,41±0,16
	Лактоза, %	5,03±0,06	5,08±0,07	5,30±0,17
	Мочевина, мг/дл	32,91±3,66	26,56±1,62	29,69±2,04
5 месяц	Жир, %	3,52±0,14	4,02±0,27	3,86±0,20
	Белок, %	3,22±0,07	3,32±0,10	3,17±0,08
	Лактоза, %	5,16±0,05	5,08±0,07	5,07±0,05
	Мочевина, мг/дл	29,29±1,69	30,12±1,89	24,43±1,65

Примечание: \* -  $P < 0,05$  при сравнении с группой 1

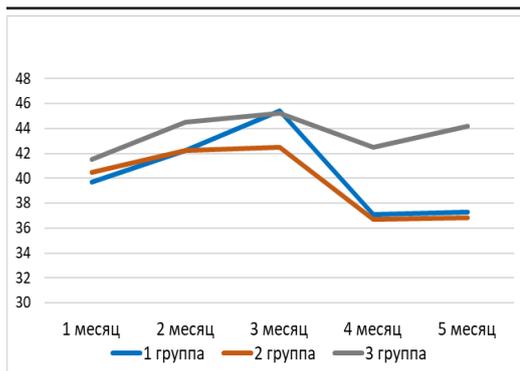


Рисунок 1 – Динамика среднесуточных удоев по месяцам лактации

При рассмотрении динамики биохимических показателей молока (табл. 4) можно отметить следующее: уровень молочного жира наиболее высок в первый месяц лактации, затем во всех группах отмечается его постепенное снижение. Так, его содержание составляет со второго по пятый месяцы в первой группе 3,52-3,94%, во второй – 3,79-4,16% и в третьей – 3,69-4,27%. Пределы колебаний массовой доли белка и лактозы во всех группах более узкие. Так в группах 1, 2 и 3 различия между минимальным и максимальным значениями по белку составляют 5,43%, 11,41% и 8,60%, а по лактозе – 4,97%, 3,39% и 4,74%, соответственно.

В отношении уровня мочевины прослеживаются более выраженные колебания, причём как при внутригрупповом, так и при межгрупповом сравнении. Нельзя не обратить внимание на более высокие показатели у коров третьей группы с первого по третий месяцы и затем последующее их снижение. Однако именно содержание мочевины может меняться при смещении обмена веществ в сторону анаболизма или катаболизма, прежде всего это касается белкового обмена. Кроме того, данный показатель отражает обеспеченность организма протеином. В связи со сложностью интерпретации концентрации мочевины, как отдельно взятого параметра, нами был проведён расчёт коэффициента, в который заложены молочная продуктивность, концентрация белка и мочевины. Коэффициент рассчитывается, как дробь, в числителе которой произведение суточного удоя и массовой доли

молочного белка, а в знаменателе – концентрация мочевины в молоке. Смысл данного коэффициента заключается в том, что при увеличении синтетических процессов (секреция молока, синтез белка) его значение возрастает, а при усилении реакций катаболизма (распад белка), наоборот, снижается, так как в этом случае будет возрастать продукция мочевины. Для удобства нами предложено использовать безмерные модульные значения данных параметров, а значение коэффициента измерять в условных единицах. Формула расчёта:

$$A = \frac{Y \times B}{M} \text{ усл. ед.,}$$

где: А – расчётный коэффициент,  
 Y – суточный удой (л),  
 B – массовая доля белка в молоке (%),  
 M – концентрация мочевины в молоке (мг/дл).

Данный коэффициент можно обозначить, как лактационный индекс анаболизма. В таблице 5 и на рис. 2 представлена динамика данного индекса по месяцам лактации.

При рассмотрении лактационного индекса анаболизма в динамике можно отметить, что у коров первой группы данный показатель в первые три месяца лактации имеет наивысшие значения, затем наблюдается его снижение. Во второй группе график имеет сглаженную куполообразную траекторию со смещением вправо. Таким образом, к пятому месяцу лактации у коров первой и второй групп

наблюдается некоторое истощение ресурсов для обеспечения оптимальной молочной секреции, что подтверждается и снижением у них удоев в этот же период. Напротив, у коров третьей группы после некоторого повала показателя в первые три месяца, затем наблюдается устойчивый рост данного индекса. Причём на пятый месяц лактации обнаруживается достоверное увеличение показателя на 44,8% и 45,8% в сравнении с группами 1 и 2 ( $P < 0,05$ ).

Для оценки суммарного (валового) количества жира, белка и лактозы нами было подсчитано общее количество данных питательных веществ за период со второго по пятый месяцы лактации (таблица 6, рис. 3). Данные по первому месяцу не корректно брать в расчёт, так как невозможно объективно подсчитать среднемесячную концентрацию данных веществ ввиду динамичного изменения состава молочного (молозивного) секрета за данный период.

Таблица 5 – Динамика лактационного индекса анаболизма

Месяцы лактации	1 группа	2 группа	3 группа
1	4,89±0,50	4,25±0,38	4,27±0,46
2	4,82±0,31	4,47±0,31	4,09±0,33
3	4,82±0,54	4,50±0,55	4,49±0,47
4	4,33±0,73	4,62±0,28	5,12±0,51
5	4,20±0,43	4,17±0,40	6,08±0,67*

Примечание: \* -  $P < 0,05$  при сравнении с группой 1

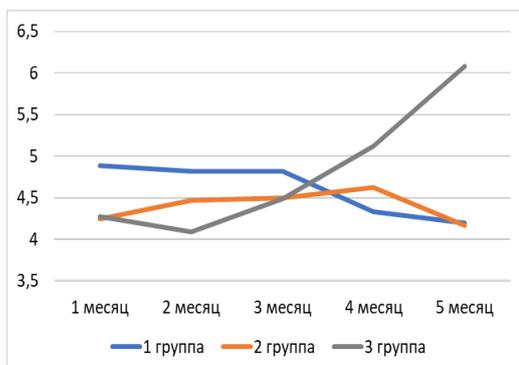


Рисунок 2 – Динамика лактационного индекса анаболизма

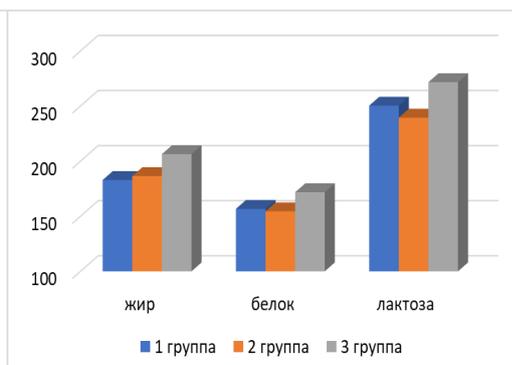


Рисунок 3 – Валовый выход жира, белка и лактозы с молоком

Таблица 6 – Сравнение валового выхода жира, белка и лактозы с молоком за 2-5 месяцы лактации

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа
Жир, кг	182,92±7,76	186,47±8,41	206,41±7,34*
Белок, кг	156,67±5,64	154,48±6,34	171,81±6,97
Лактоза, кг	250,38±10,22	239,45±8,43	271,72±7,81^

Примечание: \* -  $P < 0,05$  при сравнении с группой 1, ^ -  $P < 0,05$  при сравнении с группой 2

Данные, представленные в таблице 5 и на рис. 3 свидетельствуют о преобладании выработки всех важнейших питательных веществ молока – жиров, белков и углеводов в третьей группе. Так, суммарный выход жира в данной группе больше, чем в первой и второй – на 12,8% и 10,7%, белка – на 9,7% и 11,2% и лактозы – на 8,5% и 13,5%, соответственно.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

В результате проведения данной работы получены интересные результаты: у коров, имевших в новотельный период наивысшие результаты бета-гидроксимасляной кислоты и наименьшие показатели глюкозы, в конечном счёте оказывается самая высокая молочная продуктивность и максимальные показатели выхода с молоком жира, белка и лактозы. Как свидетельствуют показатели удоев, химический состав молока, а также предложенный нами лактационный индекс анаболизма, коровы этой группы претерпевают огромную метаболическую нагрузку в первые три месяца после отёла, и лишь с четвёртого месяца наступает адаптация организма и усиление анаболических процессов. У коров, не перенёсших кетоз после отёла, или имевших показатели бета-гидроксибутирата, соответствующие субклиническому кетозу, продукция молока была довольно высокой в первые три месяца, а затем снижалась. Данный феномен может быть объяснён высокой адаптационной способностью коров для реализации лактационной доминанты. После отёла обмен веществ интенсивно удовлетворяет потребности молочной железы, обеспечивая всеми необходимыми пластическими и энергетическими материалами. Напомним, что для синтеза лактозы, массовая доля которой превышает таковую для жира и белка, необходим глюкоза. А как показали наши исследования – концентрация молочного сахара – весьма постоянная величина, мало зависящая от удоя, стадии лактации и других параметров.

Таким образом, для обеспечения бесперебойной работы всех органов и систем продукция бета-гидроксибутирата стано-

вится жизненно необходимой. Ведь при снижении глюкозы именно бета-гидроксимасляная кислота выполняет роль альтернативного источника энергии для мозга, так как легко проникает через гематоэнцефалический барьер. Также данный метаболит активно используется миокардом, скелетными мышцами, почками. Необходимо отметить, что кетогенез позволяет сберечь белки, в том числе мышечные и не расходовать их в большом количестве на глюконеогенез. Сегодня набирают популярность воззрения о бета-гидроксибутирате, как о сигнальной молекуле, стимулирующей эпигенетические изменения во всём организме, вызывающая противовоспалительный эффект, повышение чувствительности клеток к инсулину, а также многие другие эффекты, которые в настоящее время активно изучаются. Учитывая тот факт, что коровы с повышенным уровнем бета-гидроксимасляной кислоты после отёла, в конечном счёте показали более высокую эффективность по молочной продуктивности, хотя и преодолев при этом период повышенного катаболизма, то встаёт вопрос о необходимости выявления таких коров в стаде и индивидуальной работе с ними. Необходим поиск средств и методов воздействия на организм таких коров с целью оказать оптимальную помощь в период раздоя для максимальной реализации их генетического потенциала.

#### **STUDYING ANABOLIC ASPECTS OF LACTATION IN COWS IN CONNECTION WITH THE INTENSITY OF KETOGENESIS DURING THE NEW CALVED PERIOD**

**Vasileva S.V.** \* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0002-7324-6250).

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

\*svvet@mail.ru

#### **ABSTRACT**

The article discusses the results of a study of the milk productivity of cows in connection with the content of beta-

hydroxybutyric acid in the blood during the new calving period. The studies were carried out on highly productive full-aged cows of the second and third lactation. The animals were divided into three groups according to the content of beta-hydroxybutyrate - up to 1.0 mmol/l; from 1.0 to 2.0 mmol/l and over 2.0 mmol/l. It has been established that an increase in the content of ketones in the blood is associated with hypoglycemia. Cows with increased levels of beta-hydroxybutyric acid at the beginning of lactation showed higher daily milk yields over a five-month period of observation. In the fourth and fifth months of lactation, the milk yield of these cows was higher than in groups 1 and 2 by 14.6-15.8% and 18.5-20.1%, respectively.

In addition, the total yield of fat in this group is greater than in the first and second - by 12.8% and 10.7%, protein - by 9.7% and 11.2%, and lactose - by 8.5% and 13.5%, respectively. A calculation indicator was proposed - the lactation anabolism index, which is calculated using daily milk yield, mass fraction of milk protein and urea concentration. An increase in this index indicates the activation of anabolic reactions, a decrease indicates a surge in catabolic processes. An increase in the lactation anabolism index was found in cows of the third group at 4-5 months of lactation with a significant increase of 44.8-45.8% in comparison with groups 1 and 2. A high metabolic potential for further productive lactation was established in cows that had increased concentration of beta-hydroxybutyric acid in the new calving period.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Конопатов, Ю. В. Биохимия животных / Ю. В. Конопатов, С. В. Васильева. – 1-е, Новое. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2015. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-1823-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25180633>

2. Никитина, А. А. Распространенность и диагностика субклинического кетоза у молочных коров в транзитный период / А. А. Никитина // Материалы 75-й юбилейной международной научной конферен-

ции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной, объявленному в 2021 году президентом РФ Путиным В.В., году науки и технологий, Санкт-Петербург, 05–09 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – С. 159-161. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45611037>

3. Никитина, А. А. Некоторые показатели метаболизма коров в разные периоды стельности и их влияние на клинический статус / А. А. Никитина // Ветеринария. – 2023. – № 10. – С. 41-44. – DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.10.41-45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54651233>

4. Показатели крови у больных кетозом коров / С. П. Ковалев, П. С. Киселенко, В. А. Трушкин, А. А. Никитина // Актуальные проблемы инновационного развития животноводства : Международная научно-практическая конференция, Брянск, 30–31 мая 2019 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2019. – С. 86-89. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38576828>

5. Study of metabolic processes in cows with hyperbilirubinemia in the postpartum period / A. Nikitina, S. Vasileva, R. Vasilev [et al.] // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36, No. S1. – P. 3431. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3431. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561184>

6. Vasilieva, S. V. Influence of subclinical ketosis in cows on formation of colostrum immunity in calves / S. V. Vasilieva, R. M. Vasiliev // Medical Immunology (Russia). – 2021. – Vol. 23, No. 4. – P. 981-986. – DOI 10.15789/1563-0625-IOS-2274. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46687169>

7. Изменение показателей пигментного обмена при лечении коров, больных хроническим гепатозом / А. А. Воинова, С. П. Ковалев, В. А. Трушкин, Г. С. Никитин // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 1. – С. 114-118. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46687169>

- id=32703715
8. Влияние гепатопротектора "Гепалан" на клинико-морфологические показатели крови у коров-первотелок при гепатозе / М. С. Голодяева, А. В. Прусаков, А. В. Яшин, В. Д. Раднатаров // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова. – 2021. – № 2(63). – С. 136-140. – DOI 10.34655/bgsha.2021.63.2.019. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46244259> Клиническое исследование животного с оформлением истории болезни / С. П. Ковалев, И. А. Никулин, В. А. Трушкин [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. – 128 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46441108>
9. Голодяева, М. С. Влияние гепатопротектора "Гепалан" на структурную организацию тканей печени коров-первотелок / М. С. Голодяева, А. В. Прусаков, А. В. Яшин // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2021. – № 2. – С. 114-117. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2021.2.114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46196552>
10. Study of metabolic processes in cows with hyperbilirubinemia in the postpartum period / A. Nikitina, S. Vasileva, R. Vasilev [et al.] // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36, No. S1. – P. 3431. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3431. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561184>
11. Baryshev, V. A. New methods for detoxification of heavy metals and mycotoxins in dairy cows / V. A. Baryshev, O. S. Popova, V. S. Ponomarev // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – P. 81-88. – DOI 10.51227/ojaf.2022.11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48113521>
12. Фармакокоррекции гепатопатий различной этиологии у крупного рогатого скота : методические рекомендации / Н. Л. Андреева, А. М. Лунегов, А. В. Яшин [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. – 19 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44706307>
13. The state of the antioxidant system in cows at different densities of radioactive contamination of the soil / P. S. Anipchenko, R. M. Vasilev, V. N. Gaponova [et al.] // FASEB Journal. – 2020. – Vol. 34, No. S1. – P. 05122. – DOI 10.1096/fasebj.2020.34.s1.05122. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42887126>
14. Морфологический состав крови у коров Абердин-Ангусской породы в условиях Ленинградской области / А. А. Воинова, С. П. Ковалев, Г. С. Никитин [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 4. – С. 142-144. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30793493>

#### REFERENCES

1. Konopatov, Yu. V. Biochemistry of animals / Yu. V. Konopatov, S. V. Vasilyeva. – 1st, New. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2015. – 176 p. – ISBN 978-5-8114-1823-7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25180633>
2. Nikitina, A. A. Prevalence and diagnosis of subclinical ketosis in dairy cows during the transit period / A. A. Nikitina // Proceedings of the 75th anniversary international scientific conference of young scientists and students of St. Petersburg State University of Medicine, dedicated to the announced in 2021 by the President of the Russian Federation V.V. Putin, the year of science and technology, St. Petersburg, April 05–09, 2021. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. – P. 159-161. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45611037>
3. Nikitina, A. A. Some indicators of the metabolism of cows during different periods of pregnancy and their impact on the clinical status / A. A. Nikitina // Veterinary Medicine. – 2023. – No. 10. – P. 41-44. – DOI 10.30896/0042-4846.2023.26.10.41-45. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54651233>
4. Blood parameters in cows with ketosis / S.

- P. Kovalev, P. S. Kiselchenko, V. A. Trushkin, A. A. Nikitina // Current problems of innovative development of animal husbandry: International scientific and practical conference, Bryansk, May 30–31, 2019. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2019. – P. 86-89. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38576828>
5. Study of metabolic processes in cows with hyperbilirubinemia in the postpartum period / A. Nikitina, S. Vasileva, R. Vasilev [et al.] // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36, No. S1. – P. 3431. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3431. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561184>
6. Vasileva, S. V. Influence of subclinical ketosis in cows on formation of colostrum immunity in calves / S. V. Vasileva, R. M. Vasilev // Medical Immunology (Russia). – 2021. – Vol. 23. – No. 4. – P. 981-986. – DOI 10.15789/1563-0625-IOS-2274. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46687169>
7. Changes in indicators of pigment metabolism in the treatment of cows with chronic hepatitis / A. A. Voinova, S. P. Kovalev, V. A. Trushkin, G. S. Nikitin // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2018. – No. 1. – P. 114-118. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32703715>
8. The influence of the hepatoprotector "Hepalan" on clinical and morphological blood parameters in first-calf cows with hepatitis / M. S. Golodiaeva, A. V. Prusakov, A. V. Yashin, V. D. Radnatarov // Bulletin of the Buryat State University - Gift Agricultural Academy named after. V.R. Filippova. – 2021. – No. 2(63). – pp. 136-140. – DOI 10.34655/bgsha.2021.63.2.019. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46244259>
9. Clinical study of an animal with a history of the disease / S. P. Kovalev, I. A. Nikulin, V. A. Trushkin [et al.]. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. – 128 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46441108>
10. Golodiaeva, M. S. Influence of the hepatoprotector "Hepalan" on the structural organization of liver tissue of first-calf cows / M. S. Golodiaeva, A. V. Prusakov, A. V. Yashin // Issues of legal regulation - research in veterinary medicine. – 2021. – No. 2. – P. 114-117. – DOI 10.17238/issn2072-6023.2021.2.114. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46196552>
11. Study of metabolic processes in cows with hyperbilirubinemia in the postpartum period / A. Nikitina, S. Vasileva, R. Vasilev [et al.] // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36, No. S1. – P. 3431. – DOI 10.1096/fasebj.2022.36.S1.R3431. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561184>
12. Baryshev, V. A. New methods for detoxification of heavy metals and mycotoxins in dairy cows / V. A. Baryshev, O. S. Popova, V. S. Ponamarev // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – P. 81-88. – DOI 10.51227/ojaf.2022.11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48113521>
13. Pharmacocorrection of hepatopathy of various etiologies in cattle: methodological recommendations / N. L. Andreeva, A. M. Lunegov, A. V. Yashin [et al.]. – St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2020. – 19 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44706307>
14. The state of the antioxidant system in cows at different densities of radioactive contamination of the soil / P. S. Anipchenko, R. M. Vasilev, V. N. Gaponova [et al.] // FASEB Journal. – 2020. – Vol. 34, No. S1. – P. 05122. – DOI 10.1096/fasebj.2020.34.s1.05122. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42887126>
15. Morphological composition of blood in cows of the Aberdeen-Angus breed in the conditions of the Leningrad region / A. A. Voinova, S. P. Kovalev, G. S. Nikitin [et al.] // Issues of legal regulation in veterinary medicine. – 2017. – No. 4. – P. 142-144. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30793493>