
МЕТОДЫ

УДК 636.2:591.111.1

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.2.90-98

**ПРИМЕНЕНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ
И МОНИТОРИНГЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ЖИВОТНЫХ**

Василевский Н.В., Черепанов Г.Г.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных - филиал ФИЦ
животноводства - ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской области,
Российская Федерация*

При оценке физиологического состояния лактирующих коров на основе биохимического анализа крови в настоящее время обычно ограничиваются констатацией факта невыхода этих показателей за пределы референсного диапазона, устанавливаемого для клинически здоровых животных; при этом игнорируется возможный сдвиг значений показателей к границам «нормы», который необходимо учитывать для ранней диагностики нарушений. Для повышения качества физиологического мониторинга в технологических группах необходимо оценивать по широкому спектру параметров, включая показатели продуктивности и качества продукции, динамики живой массы и упитанности, метаболических и пищеварительных процессов. Технические средства для получения необходимой информации интенсивно разрабатываются, но возникают проблемы её «сжатия» и проведения биоинформационного анализа больших массивов измерительных данных. Авторами предложен вариант использования квалиметрического метода при оценке и мониторинге физиологического статуса животных в стаде на примере разработки интегрального индекса физиологического состояния лактирующих коров по данным биохимического анализа крови. Суть предлагаемого метода состоит в том, что среднему значению каждого измеряемого показателя (M_x) для репрезентативной выборки, технологической группы или стада ставится в соответствие максимальное значение квалиметрического индекса (КИ), равное 100, а для крайних референсных значений Rf_{\min} и Rf_{\max} принимается нулевая величина КИ. Для всего набора измеренных значений (x) одного показателя ставятся в соответствие значения КИ (y), вычисляемые с использованием функции $y(x)$, представляющей линию параболического тренда, оцененную по трём точкам x, y ($Rf_{\min}, 0$; $M_x, 100$ и $Rf_{\max}, 0$) для каждого показателя. Исследование биохимического состава крови у коров на разных стадиях лактации проведено в шести хозяйствах с различными технологиями содержания животных. Выявлены устойчивые тренды динамики КИ по стадиям лактации и сухостоя.

Ключевые слова: лактирующие коровы, физиологический статус, биохимический состав крови, анализ данных, квалиметрический метод.

Проблемы биологии продуктивных животных, 2022, 2: 90-98.

Введение

Применение в современных системах нормированного кормления, разработанных в рамках парадигмы сбалансированного питания, базового принципа гарантированной дачи, создаёт ряд неразрешимых противоречий, преодоление которых становится возможным лишь при переходе к концепции управления питанием (Василевский, Елецкая, 2020; Василевский, 2015). В этой концепции предполагается рассматривать стадо как объект управления с целью получения максимальной продуктивности при минимальных удельных затратах питательных веществ; при этом ключевую роль играет оценка текущего состояния объекта управления, в том числе физиологического статуса животных в технологической группе. Для повышения качества управления текущий физиологический статус организма желательно оценивать по широкому спектру параметров, включая показатели продуктивности и качества продукции, динамики изменения живой

массы и упитанности, метаболических и пищеварительных процессов. В рекомендациях по оценке состояния кормления лактирующих коров (NRC, 2001; Weib et al., 2004) рассматривается ряд показателей: количество и качество молока, содержание неэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК) и кетонов в плазме крови, pH мочи, уровень общего азота в молоке или крови, размер частиц корма, потребление сухого вещества на единицу удоя, удельная стоимость производства. Одним из наиболее информативных показателей, характеризующих физиологические параметры метаболизма в организме животного, является биохимический анализ крови, однако в настоящее время, как видно из приведенного перечня параметров, в нём фигурируют лишь НЭЖК, азот мочевины и кетоны крови.

Анализ литературных данных показывает, что отдельные биохимические показатели крови, не используемые в широко распространенных системах нормированного кормления (Tierarzt et al., 2016; Simon, Wittmann, 2017; Halima et al., 2018; Bieniek, 1981; Kvit et al., Tutka, Kunovskiy, 2021), могут служить индикатором начала развития метаболических расстройств. Например, соотношение ацетоацетата и β -гидроксibuтирата является индикатором развития кетоза (Gross, Bruckmaier, 2019; Benedet et al., 2020). Соотношение НЭЖК и глюкозы может быть использовано в качестве меры энергетического обеспечения организма (Цюпко, 1984), а уровень азота мочевины крови – состояния азотистого метаболизма белкового (Bartos et al., 2019; Kohn et al., 2005; Bahrani-Yekdangi et al., 2016). При таком подходе оставшаяся за рамками этого списка большая часть биохимических показателей крови используется главным образом в качестве индикатора состояния организма в рамках дихотомии «здоровый – больной».

Интерпретация результатов физиолого-биохимических измерений в рамках этой дихотомии недостаточна в силу того, что здоровье и болезнь – это разные сущности, и для ранней диагностики патологии необходимо иметь средства оценки состояния организма в пограничной области. Любая болезнь имеет стадии предболезни, состояние предболезни обусловлено действием факторов риска, которые необходимо контролировать при периодическом обследовании, т.е. при проведении мониторинга физиологического статуса животных данной технологической группы. В частности, в настоящее время детальная интерпретация результатов биохимического анализа крови для оценки полноценности обеспечения организма питательными веществами затруднена как в силу большого количества отдельных измеряемых параметров, так и в связи с достаточно широким интервалом допустимых отклонений в пределах физиологической нормы по каждому параметру.

В работах, связанных с кормлением крупного рогатого скота, при оценке физиологического состояния организма на основе биохимического анализа крови ограничиваются констатацией факта невыхода этих показателей за пределы нормы (Bahrani-Yekdangi et al., 2016; Милаева и др., 2017; Ермишин, Тимаков, 2015; Jensen, 1992; Leskova, 2009; Пайтерова, 2011). Помимо этого, анализ литературных источников по данному вопросу выявил крайне низкий уровень разработки вопроса референсных значений допустимого интервала основных биохимических показателей крови у клинически здоровых лактирующих коров (Cozzi et al., 2011). Верхнюю и нижнюю границы интервала допустимых значений показателя в пределах нормы принято определять как 95%-ый доверительный интервал разброса показателя у здоровых животных. Понятие клинически здорового животного имеет относительный характер и может различаться в зависимости от применяемых исследователями критериев оценки этого состояния. К параметрам, определяющим клинически здоровое животное принято относить температуру тела – 38-39⁰С, активность жевания – более 60 жеваний на одну руминацию, фекальную консистенцию – 2-3 балла, pH мочи – 8,2-8,4, отсутствие белка и кетонов в молоке, отрицательный тест на мастит (NRC, 2001; Weib et al., Granz, 2011; Hutjens, 2002). При этом за рамками вышеизложенного перечня остаётся большое количество факторов, теоретически способных оказывать влияние на биохимические показатели крови – как со стороны кормовых характеристик (качество кормов, состав рациона, режим и способ кормления), так и физических параметров среды (температура, влажность, скорость воздухообмена) и другие.

Особый интерес, с точки зрения оценки физиологического состояния организма, представляют зоны распределения анализируемых показателей крови, близкие к верхней и нижней границе интервала допустимой нормы. Результаты, попавшие в эти зоны, могут свидетельствовать как об индивидуальных метаболических особенностях организма, так и о наличии скрытых

субклинических расстройств, выявление которых на этой стадии позволяет существенно сократить потери продукции и сохранить здоровье животных.

Широкие перспективы в этом плане открывает возможность осуществления непрерывного мониторинга физиологического статуса животных на основе применения микродатчиков для идентификации животных, снятия широкого спектра значений физиологических параметров с использованием биосенсоров и систем «больших данных» (Черепанов, 2021а, 2021б). Хотя в странах с развитым животноводством такие технические средства а настоящее время уже довольно широко используются, существует ряд нерешённых проблем методологического характера, в том числе по проведению анализа больших массивов измерительной информации с целью их «сжатия», биоинформационного анализа и получения конечных данных в доступной для пользователей форме (Черепанов, 2021; В этом плане представляет интерес изучить возможности применения методов квалитметрического анализа (Садовников, 2009). Квалитметрирование является приёмом, позволяющим переводить множественные качественные характеристики объектов в обобщённый количественный показатель. Этот способ может быть использован для перевода различных количественных показателей к единой шкале качественной характеристики объекта.

Целью данной работы было изучить возможности квалитметрического анализа при оценке и мониторинге физиологического состояния животных в стаде на примере разработки интегрального индекса метаболического статуса организма по данным биохимического анализа крови.

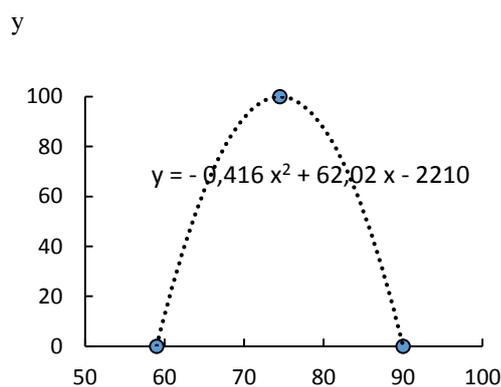
Материал и методы

Суть предлагаемого метода состоит в том, что среднему значению каждого измеряемого показателя (M_x) для репрезентативной выборки, технологической группы или стада ставится в соответствие максимальное значение квалитметрического индекса (КИ), равное 100, а для крайних референсных значений Rf_{min} и Rf_{max} принимается нулевая величина КИ (рис. 1а). Для всего набора измеренных значений (x) одного показателя ставятся в соответствие значения КИ (y), вычисляемые с использованием функции $y(x)$, представляющей линию параболического тренда, оцененную по трём точкам x, y ($Rf_{min}, 0; M_x, 100$ и $Rf_{max}, 0$) для каждого показателя (рис. 1б).

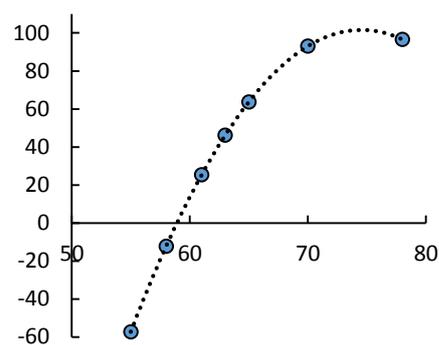
Референсные значения x (59 и 90) в данном примере взяты из табл. 1 (уровень общего белка в плазме крови у лактирующих коров), остальные значения x приняты условно, в том числе для иллюстрации чувствительности КИ к ситуации выхода этих значений за нижнюю или верхнюю границы референсного интервала (при этом значения КИ становятся отрицательными).

Расположение точек с положительными значениями квалитметрического индекса при большом объёме выборке или в целом стаде клинически здоровых животных приблизительно соответствует распределению Гаусса (кривой, описывающей распределение плотности вероятностей) в области значений измеряемого показателя, не выходящих за границы референсного интервала (59 и 90 на рис. 1а). В области отрицательных значений КИ их трактовка с позиций физиологии/биохимии неправомерна, но, поскольку полученные отрицательные величины КИ сигнализируют о выходе измеряемого показателя за границу референсного интервала, это имеет несомненное значение при проведении мониторингового исследования на большом поголовье. Граничные референсные значения, как правило, определяют исходя из 95%-ного доверительного интервала для измеряемого показателя в группе клинически здоровых животных, репрезентативно представляющей генеральную совокупность (Premi, 2021).

Приведенные для примера на рис. 1б значения x могут представлять величины одного измеряемого показателя, полученные при анализе проб крови разных животных; при этом среднее по технологической группе или по стаду значение y следует трактовать в качестве дифференциального квалитметрического индекса (КИд; на рис. 1 КИд = 7). Если найденные величины КИд суммировались по всем измеряемым показателям, и определялось среднее значение, то оно трактуется в качестве интегрального индекса (КИи).



x	y
55	-57,3
58	-12
61	25
63	46
65	64
70	93
78	97
64	7



x

Рис. 1а. Параболическая кривая КИ, построенная по трём точкам: 59-0; 74,5-100 и 60-0 в форме полинома второй степени.

Рис. 1б. Условный пример «опытных» значений показателя x (в таблице) и параболическая интерполяция соответствующих им значений КИ (y, ось ординат), рассчитанных по уравнению полинома второй степени (рис. 1а). Жирным шрифтом в таблице выделены средние значения.

Таблица 1. Границы референсного интервала для показателей биохимического состава крови у коров.

Показатели	Референсный интервал	Использованные значения границ референсного интервала			Уравнение параболы для перевода значений показателей в КИ
		0	100	0	
Общий белок, г/л	59-85* 70-90**	90	74.5	59	$y = -0,416x^2 + 62x - 2210$
Альбумины, г/л	27-43*	43	35	27	$y = -1,56x^2 + 109x - 1814$
Глобулины, г/л	25-45* 33-55**	55	40	25	$y = -0,444x^2 + 35,6x - 611$
Альбумины, %	38-50***	50	44	38	$y = -2,78x^2 + 244x - 5278$
Глобулины, %	50-62***	62	56	50	$y = -2,78x^2 + 311x - 8611$
(А/Г), ед	0,6-1,1	1.1	0.85	0.6	$y = -1600x^2 + 2720x - 1056$
Мочевина, мМ	3,3-6,7*** 2,5-6,7**	6.7	4.6	2.5	$y = -22,7x^2 + 209x - 380$
Азот мочевины, мг/дл	8-20****	20	14	8	$y = -2,78x^2 + 77,8x - 444$
Общий холестерин, ммоль/л	2,2-6,6*	6.6	4.4	2.2	$y = -20,6x^2 + 182x - 300$
Глюкоза, мМ	2,5-3,5***	3.5	3	2.5	$y = -400x^2 + 2400x - 3500$
АСТ, ед/л	48-108*	108	78	48	$y = -0,111x^2 + 17,3x - 576$
АЛТ, ед/л	17-40* 20-45**	45	31	17	$y = -0,51x^2 + 31,6x - 390$
(АСТ/АЛТ), ед	1,0-3,4	3.4	2.2	1	$y = -69,4x^2 + 306x - 236$
Общий Са, мМ	1,98-3,12**** 2,2-2,6**	3.12	2.55	1.98	$y = -308x^2 + 1570x - 1901$
Неорганический Р, мМ	1,5-2,9**** 1,2-2,4**	2.9	2.05	1.2	$y = -138x^2 + 567x - 482$

Примечания: *Влзло, 2012; ** Мейер,, Харви, 2007; *** Cozzi et.al., 2011; **** Moore , 1997.

В табл. 1 приведены границы референсного интервала и уравнения (полином второй степени) для нахождения величин КИ по значениям x для данного показателя крови. Полученные величины КИ затем суммируются и определяется среднее значение КИд для данной группы животных. В настоящее время в литературе отсутствует консенсус в определении референсных значений многих параметров крови у лактирующих коров. Для данного исследования были выбраны максимально широкие границы интервалов, включающие все референсные значения в различных источниках.

Результаты и обсуждение

Исследование биохимического состава крови у коров на разных стадиях лактации были проведены в шести хозяйствах с различными технологиями содержания животных. Группы формировали в зависимости от стадии лактации. Образцы крови для анализа отбирали из хвостовой вены до утреннего кормления. Количество животных в группе составляло от 5 до 15 голов. Всего в обработке использовано 265 образцов крови, отобранных в течение 2019-2020 г.г. Подавляющее большинство показателей находились в пределах референсных интервалов. Выход некоторых параметров за границы референсных зон наблюдался, как правило, в образцах крови непосредственно после отёла.

Анализ данных по динамике среднего показателя КИи для исследованных технологических групп показал, что в течение всего лактационного цикла наблюдается постепенное снижение его с максимальных величин в период раздоя к минимальным в конце сухостойного периода (табл. 2). Непосредственно после отёла наблюдаются резко отрицательные величины этого показателя, обусловленные выходом ряда параметров крови за пределы референсных значений. Значительные различия установлены для всех смежных технологических периодов кроме первой и второй фаз сухостоя, где различия наблюдаются на уровне тенденции. В анализ исследованного поголовья были включены животные из шести хозяйств. В пределах группы животных из одного хозяйства наблюдалась аналогичная тенденция, при этом средние показатели между различными хозяйствами имели разброс, главным образом на уровне тенденции, в некоторых случаях достигающий статистически значимых различий. Небольшое количество одних и тех же животных, попавших в группы разных, сезонов года не позволили провести статистическую обработку влияния этого фактора на индекс относительной нормальности.

Таблица 2. Динамика валиметрического индекса биохимического состава крови (КИи) у дойных коров по стадиям лактации.

Параметр	После отёла	Первые 100 дней лактации	Более 100 дней лактации	Сухостой	
				Среднее	Фаза 1 Фаза 2
Валиметрический индекс	-177±43	60.0±3.8	52.6±4.6	38.9±3.7	47.7±3.9 26.7±5.2
Количество животных	32	73	66	89	49 40

Существенный спад величины средней величины КИ по всему обследованному поголовью в транзитный период наблюдался как по отдельным хозяйствам, так и по всему массиву обработанных данных. Это свидетельствует, во-первых, о том, что использованный метод оценки общего физиологического статуса лактирующих коров «работает» при проведении мониторинговых обследований, поскольку наблюдаемые тренды воспроизводятся а условиях разных хозяйств.

Содержательная трактовка выявленной динамики КИ по периодам лактации и сухостоя в настоящее время затруднительна, поскольку приведенные в литературных источниках сведения о границах референсного интервала не дифференцированы по этим периодам. Объяснение

наблюдаемой динамики ухудшением общего состояния здоровья обследованных животных представляется необоснованным.

В течение лактационного и репродуктивного цикла организм коровы претерпевает изменения гормонального профиля, необходимые для перестройки обменных процессов. В первые 100 дней лактации доминируют ферментативные процессы обеспечения лактационной способности, которые с момента зачатия начинают постепенно затухать, а метаболическая активность обеспечения беременности нарастает. Такое изменение гормонального и метаболического профилей организма животного неизбежно должно отражаться на параметрах крови, в первую очередь, биохимических и ферментативных. При этом, смещение этих показателей происходит в границах установленных референсных интервалов и обычно оно не учитывается при анализе отдельных показателей на предмет клинических отклонений. Квалиметрическая оценка показателей крови показывает изменения в пределах референсных интервалов относительно смещения этих параметров в сторону уменьшения или увеличения относительно среднего значения. Выявленная динамика КИ по стадиям лактации/репродуктивного цикла вполне вероятно обусловлена смещением некоторых показателей от средних значений к границам референсных зон (Brscic, 2015; Premi, 2021). В проведенном исследовании при анализе 265 образцов крови по 14 параметрам выявлены тенденции смещения среднего значения КИ к границам референсных зон в течение лактационного/репродуктивного цикла коров.

В целом, результаты применения предложенного метода в отдельной конкретной области (биохимический анализ крови) свидетельствуют о том, что он выявляет не только ситуации выхода за пределы референсного интервала, но и сдвиги показателей, не выходящие за пределы физиологической нормы, но указывающие на действие факторов риска. Оценка динамики КИ по технологическим группам животных повышает вероятность обнаружения неблагоприятных трендов.

Заключение

Предварительное исследование возможностей квалиметрического анализа при оценке и мониторинге метаболического статуса животных проведено в данной работе на примере разработки интегрального индекса физиологического состояния организма по данным биохимического анализа крови. Потребность в разработке таких интегральных индексов в общем плане продиктована нерешённостью проблем биоинформационного анализа больших массивов измерительных данных. Результаты применения разработанного метода в производственных условиях при анализе биохимического состава крови у дойных коров на разных стадиях лактации свидетельствуют о том, что рассчитанный по этому методу квалиметрический индекс при проведении мониторингового исследования в технологической группе выявляет ситуации выхода значений за пределы референсного интервала, а также сдвиги значений показателей, не выходящие за пределы физиологической нормы, но указывающие на действие факторов риска.

Эффективность мониторинга физиологического состояния продуктивных животных с использованием предложенного метода будет повышаться при расширении спектра анализируемых показателей, включая анализ молока, мочи, слюны, а также данные, получаемые с использованием видеодатчиков и биосенсоров. Актуальной задачей при проведении расширенных мониторинговых исследований является расширение списка показателей, для которых необходимо определить или уточнить границы референтных интервалов с учётом породных особенностей, стадий лактации и других факторов.

Список литературы

1. Василевский Н.В., Елецкая Т.А. Размер частиц пищи как показатель ее структурности и ключевой аспект развития парадигмы теории питания. // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 4. С. 714-725. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4. rus
2. Василевский Н.В. Управление питанием с учетом вариабельности физиологических параметров

- животных (концепция). // Проблемы биологии продуктивных животных. 2015. Т. 2. С. 67-79.
3. Влизло В.В. (Ред.) Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині довідник. Львів: СПОЛОМ, 2012. 764 с.
 4. Ермишин А.С., Тимаков А.В. Биохимические показатели адаптации коров разных пород в условиях ярославской области. // Зоотехния и ветеринария. 2015. №. 4. С. 29-39.
 5. Мейер Д., Харви Дж. Ветеринарная лабораторная медицина. Интерпретация и диагностика. М.: Софион, 2007. 456 с.
 6. Пайтерова В.В. Естественная резистентность телят в раннем постнатальном онтогенезе и влияние на ее уровень БАД на основе дигидрохверцетина. // Ветеринарная медицина. 2011. Т. 1. С. 37-40.
 7. Садовников И.В. Квалиметрия. Чита: ЧитГУ, 2009, 150 с.
 8. Черепанов Г.Г. Физиологический мониторинг на основе систем биосенсоров и технологий Big Data: возможности и перспективы для повышения жизнеспособности высокоудойных коров. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021а. № 1. С. 75-86.
 9. Черепанов Г.Г. Проблемы биологии продуктивных животных: зачем нужен «Зоофизтех». // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 4. С. 62-78.
 10. Цюпко В. В. Физиологические основы питания молочного скота. Киев: Урожай, 1984. 157 с.
 11. Bahrami-Yekdangi M., Ghorbani G.R., Khorvash M., Khan M.A., Ghaffari M. H. Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood. // J. Anim. Sci. 2016. Vol. 94. nr 2. P. 718-725. DOI: 10.2527/jas.2015-9947.
 12. Barros T., Reed K.F., Olmos Colmenero J.J., Wattiaux M.A. Short communication: Milk urea nitrogen as a predictor of urinary nitrogen and urea nitrogen excretions of late-lactation dairy cows fed nitrogen-limiting diets. // J. Dairy Sci. 2019. Vol. 102. nr 2. P. 1601-1607. DOI: 10.3168/jds.2018-14551.
 13. Benedet A., Costa A., De Marchi M., Penasa M.J. // J. Dairy Sci. 2020. Vol. 103. nr 7. P. 6354-6363. DOI 10.3168/jds.2019-17916.
 14. Bieniek K. Liver function in cattle in experimental rumen acidosis. // Pol. Arch. Weter. 1981. Vol. 23. nr 1. P. 103-106.
 15. Cozzi G., Ravarotto L., Gottardo F., Stefani A. L., Contiero B., Moro L., Brscic M., Dalvit P. Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production. // J. Dairy Sci. 2011. Vol. 94. nr 8. P. 3895–3901. DOI: 10.3168/jds.2010-3687.
 16. Gross J.J., Bruckmaier R.M. Review: Metabolic challenges in lactating dairy cows and their assessment via established and novel indicators in milk // Animal. 2019. Vol. 13. nr 1. P. 75-81. DOI: 10.1017/S175173111800349X.
 17. Halima B.H., Sonia G., Sarra K., Houda B.J., Fethi B.S., Abdallah A. Apple cider vinegar attenuates oxidative stress and reduces the risk of obesity in high-fat-fed male wistar rats. // J. Med. Food. 2018. Vol. 21. nr 1. P. 70-80. DOI: 10.1089/jmf.2017.0039.
 18. Hutjens M.F. A blueprint for evaluating feeding programs. // Adv. Dairy Techn. 2002. Vol. 14. P. 147-159.
 19. Hutjens M.F. Controlling and managing feed variation – a farm perspective. // Mid-South Ruminant Nutrition Conference. 2004. P. 67-72.
 20. Jensen A.L., Houe H., Nielsen C.G. Critical difference of some bovine haematological parameters. // Acta Veter. Scand. 1992. Vol. 33. nr 3. P. 211-217.
 21. Kvit AD, Tutka MM, Kunovskiy VV. Acute complicated pancreatitis and diabetes mellitus: the role and significance of biochemical indicators of carbohydrate and lipid metabolism as a prognostic criterion for the severity of the disease clinical course. // Wiadom. Lekars. 2021. Vol. 74. nr 1. P. 22-27.
 22. Kohn R.A., Dinneen M.M., Russek-Cohen E.J. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats // J. Anim. Sci. 2005. Vol. 83. nr 4. P. 879-889. DOI: 10.2527/2005.834879x.
 23. Leskova L., Nagy O., Tothova C., Ilisira V., Kovac G.. The internal environment of Slovak spotted dairy cows in the postpartal period. // Folia Veter. 2009. Vol. 53. nr 1. P. 126-130.
 24. Milaeva I.V., Voronina O.A., Zaitsev S.Yu., Features of the metabolism of lactating cows. // RJOAS: Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. Vol. 62. nr 2. P. 275-281. DOI: org/10.18551/rjoas.2017-02.32
 25. Moore F. Interpreting serum chemistry profiles in dairy cows. // Veter. Med. 1997. Vol. 92, P. 903-912.
 26. Simon K., Wittmann I. The blood glucose value not necessarily indicates correctly the cellular metabolic state. // Orv. Hetil. 2017. Vol. 158. nr 11. P. 409-417. DOI: 10.1556/650.2017.30681.

27. Tierarztl F.M., Ausg P., Nutztiere G.G.. Development and basics of metabolic monitoring in dairy cows. // Focus on research in Eastern Germany and at the University of Leipzig. 2016. Vol. 44. nr 2. P. 107-117. DOI: 10.15653/TPG-151045.
28. Weib J., Pabst W., Granz S. Tierproduktion. Stuttgart: Enke Publ., 2011. 552 s.

References (for publications in Russian)

1. Cherepanov G.G. [Physiological monitoring based on biosensor systems and Big Data technologies: opportunities and prospects for improving the viability of high-yielding cows]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2021. 1: 75-86.
2. Cherepanov G.G. [Problems of productive animal biology: why do we need “Zoofiztekh”]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2021. 4. 29-39.
3. Ermishin A.S., Timakov A.V. [Biochemical indicators of adaptation of cows of different breeds in the conditions of the Yaroslavl region]. *Zootekhnika i veterinariya - Zootechnics and veterinary medicine*. 2015. 4: 29-39.
4. Meier D., Kharvi Dzh. *Veterinarnaya laboratornaya meditsina. Interpretatsiya i diagnostika*. (Veterinary laboratory medicine. Interpretation and diagnostics). Moscow: Sofion Publ., 2007. 456 p.
5. Paiteirova V.V. [Natural resistance of calves in early postnatal Veterinary laboratory medicine. Interpretation and diagnostics. ontogenesis and the influence of dietary supplements based on dihydroquercetin on its level]. *Veterinarnaya meditsina - Veterinary Medicine*. 2011. 1: 37-40.
6. Sadovnikov I.V. *Kvalimetriya (Qualimetry)*. Chita Chita State University Publ., 2009. 150 p.
7. Tsyupko V. V. *Fiziologicheskie osnovy pitaniya molochnogo skota*. (Physiological basis of dairy cattle nutrition). Kiev: Urozhai Publ. 1984. 157 p.
8. Vasilevskii N.V., Eletskaia T.A. [The size of food particles as an indicator of its structure and a key aspect of the development of the nutrition theory paradigm]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2020. 55(4): 714-725. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4. rus
9. Vasilevskii N.V. [Nutrition management taking into account the variability of physiological parameters of animals: a concept]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2015. 2: 67-79.
10. Vlizlo V.V. (Ed.) *Laboratorni metodi doslidzhen' u biologii, tvarinnitstvi ta veterinarnii meditsini dovidnik*. (Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a reference book). L'viv: SPOLOM Publ., 2012. 764 p.

UDC 636.2:591.111.1

**Using qualimetric analysis for the evaluation
and monitoring the physiological state of animals**

Vasilevsky N.V., Cherepanov G.G.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition – Branch of Federal
Research Center of Animal Husbandry – Ernst VIZh, Borovsk, Kaluga oblast,
Russian Federation.*

ABSTRACT. When assessing the physiological state of lactating cows on the basis of a biochemical blood test, it is currently usually limited to stating the fact that these indicators do not go beyond the reference range established for clinically healthy animals; at the same time, a possible shift in the values of indicators to the boundaries of the “norm” is ignored, which must be taken into account for the early diagnosis of disorders. To improve the quality of physiological monitoring in technological groups, it is necessary to evaluate a wide range of parameters, including indicators of productivity and product quality, dynamics of live weight and body condition, metabolic and digestive processes. Technical means for obtaining the necessary information are being intensively developed, but there are problems of its “compression” and bioinformatic analysis of large arrays of measurement data. The authors proposed a variant of using the qualimetric method in assessing and monitoring the physiological status of animals in the herd on the example of developing an integral index of the physiological state of lactating cows according to biochemical blood analysis. The essence of the proposed method is that to the average value of each measured indicator (M_x) for a representative sample, technological group or herd is assigned the maximum value of the qualimetric index (CI). When assessing the physiological state of lactating cows on the basis of a biochemical blood test, it is currently usually limited to stating the fact that these indicators do not go beyond the reference range established for clinically healthy animals; at the same time, a possible shift in the values of indicators to the boundaries of the “norm” is ignored, which must be taken into account for the early diagnosis of disorders. To improve the quality of physiological monitoring in technological groups, it is necessary to evaluate a wide range of parameters, including indicators of productivity and product quality, dynamics of live weight and body condition, metabolic and digestive processes. Technical means for obtaining the necessary information are being intensively developed, but there are problems of its “compression” and bioinformatic analysis of large arrays of measurement data. The authors proposed a variant of using the qualimetric method in assessing and monitoring the physiological status of animals in the herd on the example of developing an integral index of the physiological state of lactating cows according to biochemical blood analysis. The essence of the proposed method is that to the average value of each measured indicator (M_x) for a representative sample, technological group or herd the maximum value of the qualimetric index (CI) equal to 100 is assigned, and for the extreme reference values of x (Rf_{min} and Rf_{max}), the zero value of CI has been taken. For the entire set of measured values x of one indicator, the values of CI (y) are matched, calculated using the function $y(x)$, representing the parabolic trend line, estimated from three points x, y ($Rf_{min}, 0; M_x, 100$ and $Rf_{max}, 0$) for each indicator. The study of the biochemical composition of blood in cows at different stages of lactation had been carried out in six farms with different technologies for keeping animals. Stable trends in the dynamics of CI by the stages of lactation and dryness had been revealed.

Keywords: dairy cows, physiological status, biochemical composition of blood, data analysis, qualimetric methods.

Проблемы биологии продуктивных животных - Problems of Productive Animal Biology. 2022. 2: 90-98.

Поступило в редакцию: 13.04.2022

Получено после доработки: 20.06.2022

Сведения об авторах:

Василевский Николай Владимирович, к.б.н., с.н.с., vasilevskii.n@mail.ru

Черепанов Геннадий Георгиевич, д.б.н., с.н.с., 89611243110@mail.ru