

Научная статья

УДК 591.181(571.56)

EDN PULOIY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-72-82>

Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия)

Евгений Евгеньевич Степура¹, Валерий Иннокентьевич Федоров²

^{1,2} Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

Аннотация. В статье представлены электрофизиологические исследования по анализу вариационных пульсограмм методом математического анализа variability сердечного ритма электрокардиограммы. Получены референтные значения и установлены породные особенности якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия). Кардиоинтервалометрия дает оценку состоянию вегетативного гомеостаза, а также рассматривает взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а именно автономного и центрального контура управления ритмом сердца. Оценка функционального состояния организма по variability сердечного ритма является одним из методов неинвазивного контроля гуморальной и автономной нервной регуляции. Объектом исследования выступал якутский аборигенный крупный рогатый скот Республики Саха (Якутия) разных возрастных групп. Функциональные показатели сердечно-сосудистой системы как интегральные критерии адаптационных возможностей организма являются ведущими показателями, отображающими равновесие между организмом и окружающей средой. Механизмы вегетативной регуляции играют главную роль в обеспечении адаптационных реакций организма и поддержании гомеостаза при изменении окружающей среды. Для анализа и снятия электрокардиограммы у исследуемых животных использовали комплексную переносную электрофизиологическую лабораторию (программа CONAN-4.5 в системе фронтальных отведений по методике М. П. Рощевского). Клинические методы исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области. В результате научно-исследовательской работы были получены и физиологически обоснованы показатели вариационной пульсометрии: первичные и вторичные показатели Баевского, индексы Каплана, а также показатели сердечного стресса и сердечной аритмии.

Ключевые слова: якутский аборигенный крупный рогатый скот, электрокардиограмма, индекс напряжения, вариационная пульсометрия, variability сердечного ритма, исходный вегетативный тонус

Для цитирования: Степура Е. Е., Федоров В. И. Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 72–82. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-72-82>.

Original article

Electrophysiological indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia)

Evgeniy E. Stepura¹, Valery I. Fedorov²

^{1,2} Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

Abstract. The article presents electrophysiological studies on the analysis of variation pulsograms by the method of mathematical analysis of heart rate variability of the electrocardiogram.

On this basis reference values were obtained and breed characteristics of the Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia) were established. Cardiointervalometry assesses the state of vegetative homeostasis and also considers the interaction of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system, namely the autonomic and central heart rhythm control circuit. Evaluation of the functional state of the body by heart rate variability is one of the methods of non-invasive control of humoral and autonomic nervous regulation. The object of the study in the work was the Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia) of different age groups. Functional indicators of the cardiovascular system as integral criteria of the adaptive capabilities of the body are the leading indicators reflecting the balance between the body and the environment. The mechanisms of vegetative regulation play a major role in ensuring the adaptive reactions of the organism and maintaining homeostasis when the environment changes. For the analysis and recording of the electrocardiogram in the animals under study, a complex portable electrophysiological laboratory (program CONAN-4.5 in the frontal leads system according to the methodology of M. P. Roshchevsky) was used. Clinical research methods were carried out according to the methods of clinical examination of animals by B. V. Usha and included examination, palpation, percussion and auscultation of the cardiac region. As a result of the research work, the indicators of variation pulsometry were obtained and physiologically substantiated, such as primary and secondary indicators of Baevsky, Kaplan indices, as well as indicators of cardiac stress and cardiac arrhythmia.

Keywords: Yakut aboriginal cattle, electrocardiogram, stress index, variational pulsometry, heart rate variability, initial vegetative tone

For citation: Stepura E. E., Fedorov V. I. Electrophysiological indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:72–82. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-72-82>.

Введение. Увеличение поголовья сельскохозяйственных животных и повышение их продуктивности – одна из важнейших государственных задач, решение которой во многом зависит от получения и сохранения жизнеспособного, здорового животного [1].

Кардиоинтервалометрия дает оценку состоянию вегетативного гомеостаза, а также рассматривает взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а именно автономного и центрального контура управления ритмом сердца [2].

Применение метода математического анализа для исследования сердечно-сосудистой деятельности у крупного рогатого скота изучалось немногими исследователями (в частности А. С. Емельяновой, С. В. Никитовым, Е. И. Луповой и др.). Однако данная методика была апробирована не на всех породах коров, а только на голштинской, чернопестрой, симментальской и джерсейской [3].

Оценка функционального состояния организма по вариабельности сердечного ритма (ВСР) является одним из методов неинвазивного контроля гуморальной и автономной нервной регуляции [4].

Для исследования ВСР в российской литературе традиционно чаще использовались показатели вариационной пульсометрии (M_0 , AM_0 и ΔX) и расчет временных показателей изменчивости интервалов RR ($pnn50$, $rMMSD$). Одним из основных достоинств данных показателей является их относительная простота вычисления [5].

Особый интерес вызывают результаты работы по анализу взаимосвязи показателей вариабельности ритма сердца у аборигенного крупного рогатого скота. В частности, установлена выраженная зависимость между показателями, характеризующими ВСР в целом, у черно-пестрой и джерсейской пород. Авторами оценены корреляционные связи между большинством вариационных, временных и спектральных показателей ВСР [6].

В этой связи исследования показателей вариабельности сердечного ритма для аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) актуальны. Это обусловлено тем, что на текущий момент отсутствуют данные, учитывающие породные особенности животных. Кроме того, проводимые исследования помогут в дальнейшем осуществлять прогнозирование молочной продуктивности [7, 8].

Целью исследований явилось проведение анализа электрофизиологических показателей вариационных пульсограмм методом математического анализа вариабельности сердечного ритма электрокардиограммы и на этой основе установление породных особенностей якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия).

Для достижения цели поставлены следующие задачи исследований электрофизиологических показателей по группе изучаемых животных:

1. Определить параметры первичных показателей вариационных пульсограмм (мода, амплитуда моды и вариационный размах).

2. Установить параметры вторичных показателей вариационных пульсограмм (индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР) и показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекс напряжения (ИН) регуляторных систем организма).

3. Проанализировать параметры индексов Каплана вариационных пульсограмм (индекс дыхательный модуляции (ИДМ), индекс симпато-адреналового то-

нуса (ИСАТ), индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии (ИМА)).

4. Определить параметры показателей сердечного стресса и сердечной аритмии вариационных пульсограмм.

5. Провести корреляционный анализ между показателями вариационной пульсометрии.

Материалы и методы исследований. Клиническое и электрокардиографическое исследование якутского аборигенного крупного рогатого скота проводили в государственном казенном учреждении Республики Саха (Якутия) «Якутский скот» в июне 2024 г. В период проведения исследований животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями (рис. 1).

Перед тем как провести электрокардиографические обследования, крупный рогатый скот в присутствии ветеринарного врача хозяйства проходил контрольный осмотр, чтобы исключить наличие инфекционных и неинфекционных заболеваний, так как многие болезни могут оказать как прямое, так и косвенное воздействие на состояние сердечно-сосудистой системы.



Рисунок 1 – Содержание якутского аборигенного крупного рогатого скота в ГКУ Республики Саха (Якутия) «Якутский скот»

Figure 1 – Maintenance of Yakut aboriginal cattle in the state-owned institution of the Republic of Sakha (Yakutia) "Yakut cattle"

Клинические методы исследования включали осмотр, пальпацию, перкуссию, аускультацию и термометрию.

В работе использовали метод вариабельности сердечного ритма, который является общепринятым для оценки функционального состояния регуляторных систем, а также врожденных функциональных резервов организма (рис. 2).

Анализ проведен с использованием методики Р. М. Баевского; регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом его структуры [1].

Регистрация кардиоинтервалограмм (КИГ) проводилась в системе фронтальных отведений с помощью специализированной электрофизиологической лаборатории CONAN 4.5. ЭКГ снималась за 2–3 часа до приема пищи, когда частота пульса стабилизировалась. Регистрировали 200 последовательных кардиоинтервалов (КИ, R-R). Рассчитывали индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, первичные и вторичные показатели вариационной пульсометрии Р. М. Баевского, индексы Каплана, показатели сердечного стресса и сердечной аритмии.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате работы были получены и проанализированы ЭКГ и изуче-

ны кардиоинтервалы R-R в динамическом ряду. Функциональное состояние системы кровообращения находит свое отражение в изучении вариационных пульсограмм. Анализ этих значений заключается в расчете характеристик сердечного ритма.

Числовыми характеристиками электрокардиограмм являются мода, амплитуда моды и вариационных размах, которые дают возможность оценить, какой отдел вегетативной нервной системы преобладает в регуляции сердечного ритма. Данные показатели приведены в таблице 1.

Мода характеризует наиболее вероятный уровень функционирования системы кровообращения и гуморальный канал регуляции. Для исследуемой группы якутского аборигенного крупного рогатого скота среднее значение данного показателя составило $0,71 \pm 0,012$ с (изменяется в пределах от 0,681 до 0,736 с).

Амплитуда моды отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца, то есть определяет состояние активности симпатического отдела ВНС. Для исследуемой группы якутского аборигенного крупного рогатого скота среднее значение показателя составило $54,3 \pm 1,7$ % (изменяется в пределах от 50,45 до 58,14 %).



Рисунок 2 – Регистрация ЭКГ у якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия)

Figure 2 – ECG registration in Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia)

Таблица 1 – Первичные показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота**Table 1 – Primary indicators of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle**

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс напряжения, у. е.	72,40±22,66	123,67	21,12
Частота сердечных сокращений, уд./мин	83,20±2,08	87,91	78,48
Электрическая ось сердца, град.	43,50±1,82	47,63	39,36
Мода, с	0,71±0,012	0,736	0,681
Амплитуда моды, %	54,30±1,70	58,14	50,45
Вариационный размах, с	0,861±0,21	1,32	0,39

Вариационный размах отражает уровень активности парасимпатического отдела ВНС. Для исследуемой группы животных его среднее значение составило 0,861±0,21 с (изменяется в пределах от 0,39 до 1,32 с).

Индекс напряжения регуляторных систем организма определяет степень централизации управления сердечным ритмом над автономным. Для исследуемой группы животных его среднее значение составило 72,40±22,66 у. е. (изменяется от 21,12 до 123,67 у. е.).

Частота сердечных сокращений отражает функциональное состояние организма. Для исследуемой группы животных среднее значение показателя составило 83,2±2,08 уд./мин (изменяется от 78,48 до 87,91 уд./мин).

В таблице 2 представлены вторичные показатели вариационных пульсограмм и проведен их анализ. Показатели отражают активность симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы животных.

Квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMMSSD) отражает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на ритм сердца, в том числе на синусовую аритмию, связанную с дыханием. Среднее значение показателя для исследуемого скота составило 202,17±60,78 мс, изменяясь в пределах от 64,67 до 339,67 мс.

Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50) отражает влияние парасимпатического отдела на сердечный ритм, в том числе на проявление синусовой аритмии, связанной с дыханием. В среднем оно составило 27,09±5,11 %, изменяясь от 15,54 до 38,62 % для якутского аборигенного крупного рогатого скота.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) определяет соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы. Изменяется от 32,07 до 168,32 у. е. и

Таблица 2 – Вторичные показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота**Table 2 – Secondary indicators of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle**

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
ИВР, у. е.	100,20±30,12	168,32	32,07
ВПР, с	2,80±0,78	4,57	1,02
ПАПР, %	76,80±2,77	83,07	70,52
RMMSSD, мс	202,17±60,78	339,67	64,67
pNN50, %	27,09±5,11	38,62	15,54

в среднем составляет $100,2 \pm 30,12$ у. е. для исследуемых животных.

Вегетативный показатель ритма (ВПР) – баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. В среднем для якутского аборигенного крупного рогатого скота составил $2,8 \pm 0,78$ у. е. и изменяется от 1,02 до 4,57 у. е.

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) определяет активность симпатического отдела ВНС, контролирует и определяет ведущий уровень функционирования синусового узла. В среднем равен $76,8 \pm 2,77$ у. е., изменяясь от 70,52 до 83,07 у. е.

При анализе вариационной пульсометрии были получены и проанализированы показатели Каплана для якутского аборигенного крупного рогатого скота, представленные в таблице 3.

Индекс дыхательный модуляции (ИДМ) оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов в среднем для соответствующих животных. Он составил $13,33 \pm 3,61$ % и изменяется от 5,18 до 21,47 %.

Значение индекса симпато-адреналового тонуса (ИСАТ) используют для оценки сердечной деятельности. В проводимых исследованиях индекс составлял $79,7 \pm 24,77$ %, изменяясь от 23,65 до 135,74 %.

Индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии (ИМА) оценивает состояние организма животных на аритмии. Для исследуемого скота его значение в среднем составило $8,8 \pm 0,78$ % и изменялось от 3,54 до 16,81 %.

Показатели, характеризующие активность сердечной деятельности, для аборигенного крупного рогатого скота представлены в таблице 4.

Индекс показателя сердечного стресса (ПСС) предназначен для оценки вариабельности кардиоинтервалов, выражающейся в присутствии кардиоинтервалов одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс. Его среднее значение в норме и равно $32,10 \pm 3,14$ % (изменяется от 24,99 до 39,21 %).

Индекс показателя сердечной аритмии (ПСА) предназначен для оценки экстравариабельности кардиоинтервалов или уровня аритмии. Значение индекса для аборигенного крупного рогатого скота составило $6,01 \pm 0,62$ % (изменяется от 4,58 до 7,43 %).

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии предназначены для оценки состояния сердечного ритма у исследуемого

Таблица 3 – Показатели Каплана вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота

Table 3 – Kaplan indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс дыхательной модуляции, %	13,33±3,61	21,47	5,18
Индекс симпато-адреналового тонуса, %	79,70±24,77	135,74	23,65
Индекс медленно-волновой аритмии, %	8,80±0,78	16,81	3,54

Таблица 4 – Показатели сердечного стресса и сердечной аритмии вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота

Table 4 – Cardiac stress indices and cardiac arrhythmia indices of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс показателя сердечного стресса, %	32,10±3,14	39,21	24,99
Индекс показателя сердечной аритмии, %	6,01±0,62	7,43	4,58

аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия).

Практический интерес представляет специфика функциональной организации вегетативного обеспечения, так как эффективность адаптации и функциональные возможности сердечно-сосудистой системы определяются не только состоянием систем регуляции, но и качеством их взаимодействия.

Применение в данном исследовании метода корреляции Пирсона с анализом структурной архитектуры множественных взаимосвязей позволило выявить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы у аборигенной породы крупного рогатого скота.

Далее по тексту в скобках указаны значения коэффициентов корреляции, полученные в ходе исследований и отраженные в таблице 5.

Индекс напряжения регуляторных систем у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с модой ($-0,48$); амплитудой моды ($-0,04$); вариационным размахом ($-0,65$); индексом вегетативного равновесия ($0,99$); вегетативным показателем ритма ($0,98$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,22$); частотой сердечных сокращений ($0,51$); индексом дыхательной модуляции ($-0,67$); индексом симпато-адреналового тонуса ($0,88$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,55$); показателем сердечного стресса ($0,28$); показателем сердечной аритмии ($-0,08$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N ($-0,63$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R-R ($-0,44$).

Мода у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с амплитудой моды ($-0,12$); вариационным размахом ($-0,13$); индексом вегетативного равновесия ($-0,42$); вегетативным показателем ритма ($-0,43$); показателем адекватности процессов регуляции ($-0,59$); частотой сердечных сокращений ($-0,84$); индексом дыхательной модуляции ($0,37$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,22$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,11$); показателем сердечного стресса ($-0,44$); показателем сердеч-

ной аритмии ($0,43$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N ($0,41$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R-R ($0,35$).

Амплитуда моды у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с вариационным размахом ($0,21$); индексом вегетативного равновесия ($-0,05$); вегетативным показателем ритма ($-0,16$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,87$); частотой сердечных сокращений ($-0,17$); индексом дыхательной модуляции ($0,21$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,06$); индексом медленно-волновой аритмии ($-0,32$); показателем сердечного стресса ($0,36$); показателем сердечной аритмии ($0,25$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N ($0,21$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R-R ($-0,49$).

Вариационный размах у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом вегетативного равновесия ($-0,66$); вегетативным показателем ритма ($-0,66$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,21$); частотой сердечных сокращений ($-0,04$); индексом дыхательной модуляции ($0,31$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,58$); индексом медленно-волновой аритмии ($-0,42$); показателем сердечного стресса ($0,11$); показателем сердечной аритмии ($0,17$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N ($0,24$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R-R ($-0,35$).

Индекс вегетативного равновесия у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с вегетативным показателем ритма ($0,98$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,18$); частотой сердечных сокращений ($0,46$); индексом дыхательной модуляции ($-0,68$); индексом симпато-адреналового тонуса ($0,92$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,61$); показателем сердечного стресса ($0,30$); показателем сердечной аритмии ($-0,04$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N-N ($-0,64$); процентом от об-

Таблица 5 – Значения коэффициентов корреляции вариационной пульсометрии у аборигенной породы крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя ($p \leq 0,05$)
Table 5 – Values of the correlation coefficients of variational pulsometry in an aboriginal breed of cattle in a state of relative rest ($p \leq 0,05$)

Показатели	Mo	AMo	ΔX	ЧСС	ЭОС	ИВР	ВНР	ПАПР	RMMSSD	pNN50	ИДМ	ИСАГ	ИМА	ПСС	ПСА
ИН	-0,48	-0,04	-0,65	0,51	-0,09	0,99	0,98	0,22	-0,63	-0,07	-0,67	0,88	0,55	0,28	-0,08
Mo	-	-0,12	-0,13	-0,84	-0,03	-0,42	-0,43	-0,59	0,41	0,35	0,37	-0,22	0,11	-0,44	0,43
AMo	-	-	0,21	-0,17	0,33	-0,05	-0,16	0,87	0,21	-0,49	0,21	-0,06	-0,32	0,36	0,25
ΔX	-	-	-	-0,04	0,29	-0,66	-0,66	0,21	0,24	-0,35	0,31	-0,58	-0,42	0,11	0,17
ЧСС	-	-	-	-	-0,15	0,46	0,52	0,27	-0,73	-0,33	-0,69	0,28	0,055	0,43	-0,62
ЭОС	-	-	-	-	-	-0,11	-0,13	0,31	0,16	-0,26	0,18	-0,17	-0,21	0,35	0,52
ИВР	-	-	-	-	-	-	0,98	0,18	-0,64	-0,09	-0,68	0,92	0,61	0,30	-0,04
ВНР	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-0,72	-0,02	-0,76	0,87	0,61	0,24	-0,14
ПАПР	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,04	-0,55	-0,02	0,07	-0,32	0,51	-0,02
RMMSSD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,99	-0,61	-0,52	-0,44	0,31
pNN50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	-0,26	-0,21	-0,92	-0,25
ИДМ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,65	-0,56	-0,40	0,29
ИСАГ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83	0,41	0,20
ИМА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	0,27
ПСС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17

щего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,09).

Вегетативный показатель ритма у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с показателем адекватности процессов регуляции (0,09); частотой сердечных сокращений (0,52); индексом дыхательной модуляции (–0,76); индексом симпатно-адреналового тонуса (0,87); индексом медленно-волновой аритмии (0,61); показателем сердечного стресса (0,24); показателем сердечной аритмии (–0,14); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,72); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,02).

Показатель адекватности процессов регуляции у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с частотой сердечных сокращений (0,27); индексом дыхательной модуляции (–0,02); индексом симпатно-адреналового тонуса (0,07); индексом медленно-волновой аритмии (–0,32); показателем сердечного стресса (0,51); показателем сердечной аритмии (–0,02); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,04); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,55).

Квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (0,36); индексом дыхательной модуляции (0,99); индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,61); индексом медленно-волновой аритмии (–0,52); показателем сердечного стресса (–0,44); показателем сердечной аритмии (0,31).

Процент от общего количества последовательных пар интервалов R–R у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции (0,32); индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,26); индексом медленно-волновой аритмии (–0,21); показателем сердечного стресса (–0,92); показателем сердечной аритмии (–0,25).

Индекс дыхательной аритмии у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,65); индексом медленно-волновой аритмии (–0,56); показателем сердечного стресса (–0,40); показателем сердечной аритмии (0,29).

Индекс симпатно-адреналового тонуса у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом медленно-волновой аритмии (0,83); показателем сердечного стресса (0,41); показателем сердечной аритмии (0,20).

Индекс медленно-волновой аритмии у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечного стресса (0,35) и показателем сердечной аритмии (0,27). Показатель сердечного стресса имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечной аритмии (0,17).

Заключение. Таким образом, при анализе функционального состояния организма методом математического анализа вариабельности сердечного ритма были получены и изучены показатели вариационных пульсограмм. На основании этих данных установлены породные особенности якутского аборигенного крупного рогатого скота:

1. Установлены особенности *первичных показателей вариационной пульсометрии*: мода – $0,71 \pm 0,012$ с; амплитуда моды – $54,3 \pm 1,7$ %; вариационный размах – $0,861 \pm 0,21$ с; индекс напряжения регуляторных систем организма – $72,40 \pm 22,66$ у. е.; частота сердечных сокращений – $83,2 \pm 2,08$ уд./мин.

2. Дан анализ *вторичных показателей вариационной пульсометрии*: RMMSSD (квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов) – $202,17 \pm 60,78$ мс; pNN50 (число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве) – $27,09 \pm 5,11$ %; индекс вегетативного равновесия – $100,2 \pm 30,12$ у. е.; показатель адекватности процессов регуляции – $76,8 \pm 2,77$ у. е.; вегетативный показатель ритма – $2,8 \pm 0,78$ у. е.

3. Установлены *индексы Каплана*: индекс дыхательный модуляции –

13,33±3,61 %; индекс симпато-адреналового тонуса – 79,7±24,77 %; индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии – 8,8±0,78 %.

4. Выявлены показатели, характеризующие активность сердечной деятельности: показатель сердечного стресса – 32,10±3,14 %; показатель сердечной аритмии – 6,01±0,62 %.

5. Проведен корреляционный анализ и установлены коэффициенты корреляции между показателями вариационной пульсометрии у аборигенного крупного рогатого скота в состоянии относительно покоя ($p \leq 0,05$), что позволило определить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Список источников

1. Емельянова А. С., Степура Е. Е., Борычева Ю. П., Герасимов М. А., Емельянов Д. С. Динамика ВСР животных и ее корреляция с молочной продуктивностью и возрастом // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-129-134>. EDN FLAKNQ.

2. Наумов М. М., Емельянова А. С., Наумов Н. М., Степура Е. Е., Брусенцев И. А. Клиническая электрофизиология животных. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. 228 с. <https://doi.org/10.18411/978-5-907167-41-4-2020>. EDN MWJAPL.

3. Емельянова А. С., Емельянов С. Д., Герасимов М. А. Амплитуда моды у молодняка крупного рогатого скота в возрасте одного месяца // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : материалы I нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет, 2021. С. 188–192. EDN YUTNGK.

4. Ипполитова Т. В., Олешкевич А. А., Шевкопляс В. Н. Состояние физиологической адаптации продуктивных животных на фермах промышленного типа // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2020. № 2 (46). С. 3–10. <https://doi.org/10.24411/2074-5036-2020-10012>. EDN BKULAM.

5. Караваев А. П. Берестов Д. С. Влияние уровня молочной продуктивности на электрокардиографические показатели коров // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки : материалы нац. науч.-практ. конф. молодых ученых. Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. С. 130–134. EDN YIWTZR.

6. Сабетова К. Д., Кочуева Н. А. Мониторинг показателей электрокардиограммы телочек костромской породы при миокардиодистрофии // Актуальные проблемы науки в АПК : материалы 70-й междунар. науч.-практ. конф. Караваев : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 189–193. EDN YSKZWA.

7. Муничева М. Н., Кочуева Н. А. Показатели электрокардиографического исследования у высокопродуктивных коров костромской породы в сухостойном периоде // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Вып. 86. Кострома : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 52–55. EDN YUNRJI.

8. Сабетова К. Д., Кочуева Н. А. Электрокардиография телят костромской породы в норме и при миокардиодистрофии // Актуальные вопросы развития науки и технологий : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Караваев : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 114–117. XZMOSD.

References

1. Emelyanova A. S., Stepura E. E., Borycheva Yu. P., Gerasimov M. A., Emelyanov D. S. The dynamics of HRV animals and their correlations with milk yield and age. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2019;2:129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-129-134>. EDN FLAKNQ (in Russ.).

2. Naumov M. M., Emelyanova A. S., Naumov N. M., Stepura E. E., Brusentsev I. A. *Clinical electrophysiology of animals*, Kursk, Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2020, 228 p. <https://doi.org/10.18411/978-5-907167-41-4-2020>. EDN MWJAPL (in Russ.).

3. Emelyanova A. S., Emelyanov S. D., Gerasimov M. A. Mode amplitude in young cattle at the age of first month. Proceedings from Development of scientific and resource potential of agrarian production: priorities and technologies: *I Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 188–192), Ryazan, Ryazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet, 2021. EDN YUTNGK (in Russ.).

4. Ippolitova T. V., Oleshkevich A. A., Shevkoplyas V. N. Physiological adaptation's state of productive animals from industrial-type farms. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii*, 2020;2(46):3–10. <https://doi.org/10.24411/2074-5036-2020-10012>. EDN BKULAM (in Russ.).

5. Karavaev A. P., Berestov D. S. The influence of the level of milk productivity on the electrocardiographic parameters of cows. Proceedings from Contribution of young scientists to the implementation of priority areas for the development of agricultural science: *Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 130–134), Izhevsk, Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2021. EDN YIWTZP (in Russ.).

6. Sabetova K. D., Kochueva N. A. Electrocardiogram monitoring of heifers of Kostroma breed suffering from myocardiodystrophy. Proceedings from Actual problems of science in agro-industrial complex: *70-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 189–193), Karavaevo, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2019. EDN YSKZWA (in Russ.).

7. Municheva M. N., Kochueva N. A. Indicators of electrocardiographic studies in high-productive cows of Kostroma breed in their dry period. Proceedings from *Trudy Kostromskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. (PP. 52–55), Kostroma, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2017. EDN YUNRJI (in Russ.).

8. Sabetova K. D., Kochueva N. A. Electrocardiography calves Kostroma breed in health and myocardiodystrophy. Proceedings from Topical issues of science and technology development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 114–117), Karavaevo, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2018, EDN XZMOSD (in Russ.).

© Степура Е. Е., Федоров В. И., 2025

Статья поступила в редакцию 12.03.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 16.05.2025.

The article was submitted 12.03.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 16.05.2025.

Информация об авторах

Степура Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии, Арктический государственный агротехнологический университет;

Федоров Валерий Иннокентьевич, доктор биологических наук, ректор, Арктический государственный агротехнологический университет

Information about the authors

Evgeniy E. Stepura, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology of Farm Animals and Ecology, Arctic State Agrotechnological University;

Valery I. Fedorov, Doctor of Biological Sciences, Rector, Arctic State Agrotechnological University

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.