

Научная статья

УДК 619:612.172

EDN JCHFOY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-55-66>

## Электрофизиологические показатели вариабельности сердечного ритма оленей Республики Саха (Якутия)

**Евгений Евгеньевич Степура<sup>1</sup>, Валерий Иннокентьевич Федоров<sup>2</sup>,  
Туяра Ивановна Дмитриева<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Арктический государственный агротехнологический университет  
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

**Аннотация.** В статье представлены оригинальные исследования и впервые проведен анализ вариационных пульсограмм методом математического анализа вариабельности сердечного ритма электрокардиограммы, а также выполнен корреляционный анализ, что позволило установить породные особенности оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия). Для анализа и снятия ЭКГ у исследуемых оленей использовали программу «CONAN-4.5» в системе фронтальных отведений по методике М. П. Роцкого. Клинические исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области. На основании проведенных исследований при анализе электрокардиограмм оленей эвенкийской породы установлены особенности первичных показателей вариационной пульсометрии: мода –  $1,01 \pm 0,048$  с; амплитуда моды –  $28,00 \pm 2,84$  %; вариационный размах –  $0,683 \pm 0,07$  с; индекс напряжения регуляторных систем организма –  $21,75 \pm 2,34$  у. е.; частота сердечных сокращений –  $56,13 \pm 2,37$  уд./мин. Определены и проанализированы вторичные показатели вариационной пульсометрии: квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов –  $180,81 \pm 29,88$  мс; число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве –  $63,29 \pm 4,83$  %; индекс вегетативного равновесия –  $43,25 \pm 5,58$  у. е.; вегетативный показатель ритма –  $1,75 \pm 0,16$  у. е.; показатель адекватности процессов регуляции –  $27,88 \pm 2,64$  у. е. Проведена оценка индексов А. Я. Каплана: индекс дыхательный модуляции –  $8,21 \pm 1,16$ ; индекс симпато-адреналового тонуса –  $40,88 \pm 9,11$ ; индекс медленноволновой (функциональной) аритмии –  $9,78 \pm 3,04$ ; показатель сердечного стресса –  $10,30 \pm 1,72$  % и показатель сердечной аритмии –  $2,81 \pm 0,69$  %.

**Ключевые слова:** олени, эвенкийская порода, электрокардиограмма, индекс напряжения, вариационная пульсометрия, вариабельность сердечного ритма, исходный вегетативный тонус

**Для цитирования:** Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И. Электрофизиологические показатели вариабельности сердечного ритма оленей Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 55–66. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-55-66>.

Original article

## Electrophysiological indicators of heart rate variability in deer of Republic of Sakha (Yakutia)

**Evgeniy E. Stepura<sup>1</sup>, Valery I. Fedorov<sup>2</sup>, Tuyara I. Dmitrieva<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Arctic State Agrotechnological University

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

**Abstract.** The article presents original research and for the first time conducted analysis of variation pulsograms by the method of mathematical analysis of heart rate variability of electro-

cardiogram and correlation analysis. On this basis, breed characteristics of Evenki reindeer of the Republic of Sakha (Yakutia) were established. For analysis and recording of ECG in the Evenki reindeer under study, the program "CONAN-4.5" was used in the system of frontal leads according to the method of M. P. Roshchevsky. Clinical research 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. Based on the conducted studies during the analysis of electrocardiograms of Evenki reindeer, the following features of the primary indicators of variational pulsometry were established: mode –  $1.01 \pm 0.048$  sec; mode amplitude –  $28.00 \pm 2.84\%$ ; variation range –  $0.683 \pm 0.07$  sec; index of stress of the body's regulatory systems –  $21.75 \pm 2.34$  conventional units; heart rate –  $56.13 \pm 2.37$  beats/min. Secondary indicators of variation pulsometry are determined and analyzed: square root of the sum of differences in a consecutive series of cardio-intervals –  $180.81 \pm 29.88$  ms; the number of pairs of cardiointervals with a difference of more than 50 ms in percent of the total number of cardiointervals in the array –  $63.29 \pm 4.83\%$ ; autonomic equilibrium index –  $43.25 \pm 5.58$  conventional units; autonomic rhythm indicator –  $1.75 \pm 0.16$  conventional units; regulatory process adequacy index –  $27.88 \pm 2.64$  conventional units. A. Ya. Kaplan's indices were evaluated: respiratory modulation index –  $8.21 \pm 1.16$ ; sympathoadrenal tone index –  $40.88 \pm 9.11$ ; slow-wave arrhythmia index –  $9.78 \pm 3.04$ ; cardiac stress index –  $10.30 \pm 1.72\%$  and cardiac arrhythmia index –  $2.81 \pm 0.69\%$ .

**Keywords:** reindeer, Evenki breed, electrocardiogram, stress index, variational pulsometry, heart rate variability, initial vegetative tone

**For citation:** Stepura E. E., Fedorov V. I., Dmitrieva T. I. Electrophysiological indicators of heart rate variability in deer of Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:55–66. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-55-66>.

**Введение.** Изучению физиологии сердечно-сосудистой системы северного оленя до последнего времени уделялось мало внимания. Информация о процес-сах регуляции, которые осуществляются на уровне органов и систем, характеризует функциональное состояние организма сельскохозяйственных животных [1].

В основе деятельности сердца лежат механизмы его регуляции. Состоянию регуляции сердечно-сосудистой системы, а именно функциональному состоянию различных отделов вегетативной регуляции у животных, в частности у оленей, посвящено очень малое число научных исследований. Традиционный анализ электрокардиограммы не позволяет правильно и полно оценить механизмы регуляции сердечной деятельности оленей. В то же время анализ вариабельности сердечного ритма дает возможность исследовать более тонкие механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы [2–4].

Исходными данными для анализа вариабельности сердечного ритма являются продолжительные одноканальные записи ЭКГ, выполняемые, как правило, в спокойном, расслабленном состоянии [5].

Регистрация электрокардиограммы была предпринята А. Г. Карташовой

(1967) в трех стандартных отведениях у северных оленей в зоопарке г. Каунаса в одном из туловищных отведений [6].

В работах М. П. Рощевского (1972) применялись системы отведений ЭКГ: фронтальная, сагиттальная и от конечностей. В каждой системе регистрировались отведения: I, II, III, aVR, aVL и aVF. Частота сердечных сокращений у сыриц и воженок в покое установлена на уровне  $62.0 \pm 3.0$ . Разница между оленями разных возрастов не обнаружена. У десяти оленей автором отмечен синусовый сердечный ритм сокращений с небольшой дыхательной аритмией. У пяти оленей отмечалась значительная дыхательная аритмия сердечной деятельности, а у одной воженки была зарегистрирована неполная атриовентрикулярная блокада [7].

Хьюго А. Гонсалес-Джасси, Николь Леблан, Бенджамин Э. Алькантар, Родриго С. Гарсес Торрес (2021) описали качественные и количественные показатели кардиоторакальной функции у 10 гериатрических пятнистых оленей (*Cervus nippon*) с помощью цифровой рентгенографии, ЭКГ в 6 отведениях (sECG) и ЭКГ на базе смартфона (aECG). В результате проведенной работы рентгенологически у одного оленя не было сердечно-легочных нарушений. Средние значения для наибо-

лее важных сердечных измерений составляли: 170 мм (153–193 мм) для высоты сердца; 135 мм (122–146 мм) для ширины сердца; 9 мм (8–9 мм) для позвоночного сердечного ритма и 99 мм (69–124 мм) для кардиостернального контакта. У всех оленей был нормальный синусовый ритм без отмеченных патологических аритмий. Достоверная разница между sECG и aECG была выявлена по минимальной частоте сердечных сокращений (49 уд./мин против 51 уд./мин соответственно), длительности зубца P (0,05 с против 0,03 с), амплитуде зубца P (0,28 мВ против 0,10 мВ), интервалу PR (0,15 с против 0,12 с) и интервалу QT (0,39 с против 0,30 с) [8].

Других исследований биоэлектрической активности сердца у северных оленей эвенкийской породы в отечественной и зарубежной литературе нами не найдено.

В этой связи **целью исследований стало проведение анализа вариационных пульсограмм методом математического анализа вариабельности сердечного ритма и установление на этой основе породных особенностей оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия).**

Для выполнения поставленной цели у исследуемых оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия) установлены:

1. *Параметры первичных показателей вариационных пульсограмм* (мода, амплитуда моды и вариационный размах).

2. *Параметры вторичных показателей вариационных пульсограмм* (индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции, индекс напряжения регуляторных систем организма).

3. *Параметры индексов А. Я. Каплана вариационных пульсограмм* (индекс дыхательный модуляции, индекс симпато-адреналового тонуса, индекс медленноволновой (функциональной) аритмии).

4. *Параметры показателей сердечного стресса и сердечной аритмии вариационных пульсограмм.*

Также нами проведен корреляционный анализ между показателями вариационной пульсометрии.

**Материалы и методы исследований.** Клиническое и электрокардиографическое исследования оленей эвенкийской породы проводили в ресурсном резерве «Кэнкэмэ» (родовая община коренных малочисленных народов севера – эвенков имени Аполлона Константиновича Ильинова «Энэси Халан» (Сила Народа)) в июне 2024 г.

В период проведения исследований все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями (рис. 1).

Перед тем как провести электрокардиографические обследования, олени в



**Рисунок 1 – Содержание оленей эвенкийской породы в ресурсном резерве «Кэнкэмэ»**

**Figure 1 – Keeping of Evenki reindeer in the Kenkeme resource reserve**

присутствии ветеринарного врача хозяйства проходили контрольный осмотр, чтобы исключить наличие инфекционных и неинфекционных заболеваний, поскольку многие болезни могут оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на состояние сердечно-сосудистой системы.

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

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

По методике Р. М. Баевского [9] регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом его структуры. 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. Регистрировались 100 последовательных кардиоинтервалов (КИ, R-R).

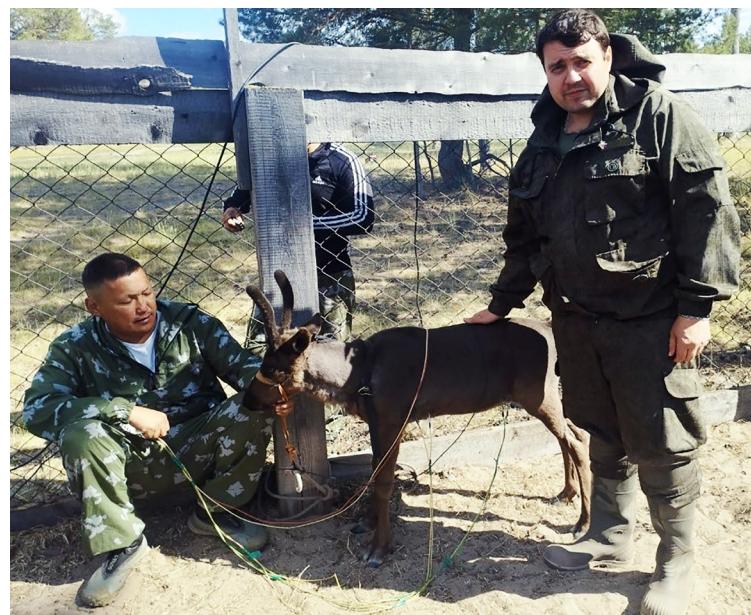
Рассчитывались индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, первичные

и вторичные показатели вариационной пульсометрии, индексы А. Я. Каплана, показатель сердечного стресса и сердечной аритмии.

**Результаты исследований и их обсуждение.** При анализе ЭКГ были изучены кардиоинтервалы R-R в динамическом ряду. Анализ этих значений заключается в расчете характеристик сердечного ритма. Функциональное состояние системы кровообращения находит свое отражение в изучении вариационных пульсограмм.

Числовыми характеристиками электрокардиограмм являются мода, амплитуда моды и вариационных размах. Эти первичные показатели дают возможность оценить, какой отдел вегетативной нервной системы преобладает в регуляции сердечного ритма (табл. 1).

*Мода (Mo)* – это значение кардиоинтервала, которое наиболее часто встречается среди кардиоинтервалов в одной кардиограмме. Она характеризует наиболее вероятный уровень функционирования системы кровообращения и гуморальный канал регуляции. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение данного показателя составило  $1,01 \pm 0,048$  с (изменяется в пределах от 0,89 до 1,12 с).



**Рисунок 2 – Регистрация электрокардиограммы у оленей эвенкийской породы в ресурсном резерве «Кэнкэмэ»**

**Figure 2 – Registration of electrocardiogram of Evenki reindeer in the Kenkeme resource reserve**

**Таблица 1 – Первичные показатели вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы****Table 1 – Primary indicators of variational pulsometry of Evenki reindeer**

Показатели	Значения		
	<b>M±m</b>	<b>Lim<sub>max</sub></b>	<b>Lim<sub>min</sub></b>
Индекс напряжения (ИН), у. е.	21,75±2,34	27,29	16,21
Частота сердечных сокращений (ЧСС), ударов в минуту	56,13±2,37	61,73	50,52
Электрическая ось сердца (ЭОС), град.	53,75±3,55	62,16	45,35
Мода (Mo), с	1,01±0,048	1,12	0,89
Амплитуда моды (AMo), %	28,00±2,84	34,72	21,28
Вариационный размах ( $\Delta X$ ), с	0,683±0,07	0,854	0,510

*Амплитуда моды (AMo)* – это число значений кардиоинтервалов, которое соответствует моде, выраженное в процентах к общему массиву всех кардиоинтервалов. Этот показатель отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца, то есть определяет состояние активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение показателя составило 28,00±2,84 % (изменяется в пределах от 21,28 до 34,72 %).

*Вариационный размах ( $\Delta X$ )* – число, которое рассчитывается разностью между максимальным и минимальным значениями длительности R-R среди всего массива кардиоциклов в динамическом ряду. Данный показатель отражает уровень активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Для исследуемой группы оленей эвенкийской

породы его среднее значение составило 0,683±0,07 с (изменяется в пределах от 0,510 до 0,854 с).

*Индекс напряжения регуляторных систем организма (ИН)* определяет степень централизации управления сердечным ритмом над автономным. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение показателя составило 21,75±2,34 у. е. и изменяется от 16,21 до 27,29 у. е.

*Частота сердечных сокращений* является одним из важнейших параметров, отражающих функциональное состояние организма. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение частоты сердечных сокращений оказалось равным 56,13±2,37 уд./мин; изменяется от 50,52 до 61,73 уд./мин.

В таблице 2 представлены вторичные показатели вариационных пульсометрий

**Таблица 2 – Вторичные показатели вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы****Table 2 – Secondary indicators of variational pulsometry of Evenki reindeer**

Показатели	Значения		
	<b>M±m</b>	<b>Lim<sub>max</sub></b>	<b>Lim<sub>min</sub></b>
Индекс вегетативного равновесия (ИВР), у. е.	43,25±5,58	56,47	30,03
Вегетативный показатель ритма (ВПР), у. е.	1,75±0,16	2,14	1,36
Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), у. е.	27,88±2,64	34,12	21,63
Квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMMSSD), мс	180,81±29,88	251,46	110,15
Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50), %	63,29±4,83	74,75	51,84

грамм: индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции, квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве.

Показатель *RMMSSD* отражает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на ритм сердца, в том числе на синусовую аритмию, связанную с дыханием. Его среднее значение составило  $180,81 \pm 29,88$  мс (изменяется в пределах от 110,15 до 251,46 мс).

Показатель *pNN50* отражает влияние парасимпатического отдела на сердечный ритм, в том числе на проявление синусовой аритмии, связанной с дыханием. В среднем значение показателя составил  $63,29 \pm 4,83$  % (изменяется от 51,84 до 74,75 % у здоровых оленей).

Индекс вегетативного равновесия (*IVP*) определяет соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы. В нашем исследовании индекс изменяется от 30,03 до 56,47 у. е. и в среднем у всех оленей составляет  $43,25 \pm 5,58$  у. е.

Вегетативный показатель ритма (*VPR*) характеризует баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. В среднем он составляет  $1,75 \pm 0,16$  у. е. и изменяется от 1,36 до 2,14 у. е.

Показатель адекватности процессов регуляции (*PAPR*) определяет активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, контролирует и определяет ведущий уровень функционирования синусового узла. В среднем его

значения составили  $27,88 \pm 2,64$  у. е., изменяясь от 21,63 до 34,12 у. е.

При анализе вариационной пульсометрии оленей были получены и проанализированы показатели А. Я. Каплана, представленные в таблице 3.

Индекс дыхательной модуляции (*IDM*) оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов. В среднем он составил  $8,21 \pm 1,16$  (изменяется от 5,46 до 10,96).

Изучение индекса симпато-адреналового тонуса (*ICAT*) необходимо для оценки сердечной деятельности. В среднем для исследуемых животных индекс составил  $40,88 \pm 9,11$ ; изменяется от 19,34 до 62,41.

Индекс медленноволновой (функциональной) аритмии (*IMA*) оценивает состояние организма животных в результате влияния аритмии. Для исследуемых оленей в среднем его значение достигало  $9,78 \pm 3,04$  и изменялось от 2,59 до 16,96.

Показатели, характеризующие активность сердечной деятельности, представлены в таблице 4.

Индекс показателя сердечного стресса (*PSC*) предназначен для оценки вариабельности кардиоинтервалов, выражающейся в присутствии кардиоинтервалов одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс. В проведенном исследовании среднее значение индекса в норме и равно  $10,30 \pm 1,72$  %, изменяясь от 6,22 до 14,38 %.

Индекс показателя сердечной аритмии (*PCA*) предназначен для оценки экстравариабельности кардиоинтервалов или уровня аритмии. Значение у здоровых оленей составило  $2,81 \pm 0,69$  %, изменяясь от 1,16 до 4,47 %.

**Таблица 3 – Показатели А. Я. Каплана вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы**

**Table 3 – A. Ya. Kaplan's indices of variational pulsometry of Evenki reindeer**

В процентах (in percent)

Показатели	Значения		
	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>Lim</i> <sub>max</sub>	<i>Lim</i> <sub>min</sub>
Индекс дыхательной модуляции ( <i>IDM</i> )	$8,21 \pm 1,16$	10,96	5,46
Индекс симпатоадреналового тонуса ( <i>ICAT</i> )	$40,88 \pm 9,11$	62,41	19,34
Индекс медленноволновой аритмии ( <i>IMA</i> )	$9,78 \pm 3,04$	16,96	2,59

**Таблица 4 – Показатели сердечного стресса и сердечной аритмии вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы****Table 4 – Cardiac stress indices and cardiac arrhythmia indices of variational pulsometry in Evenki reindeer****В процентах (in percent)**

Показатели	Значения		
	<b>M±m</b>	<b>Lim<sub>max</sub></b>	<b>Lim<sub>min</sub></b>
Показатель сердечного стресса (ПСС)	10,30±1,72	14,38	6,22
Показатель сердечной аритмии (ПСА)	2,81±0,69	4,47	1,16

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии предназначены для оценки состояния сердечного ритма у исследуемых оленей эвенкийской породы.

Для оценки сопоставимости и взаимозаменяемости параметров вариационной пульсометрии последовательно изучена корреляционная связь между основными показателями (табл. 5). 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 метода корреляции Пирсона с анализом структурной архитектуры множественных взаимосвязей позволило выявить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы оленей.

Любое воздействие, меняющее функциональное состояние регуляторных систем, приводит к изменению реагирования на уровне исполнительных систем организма.

Индекс напряжения регуляторных систем у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с модой (-0,63), амплитудой моды (0,59), вариационным размахом (-0,65), индексом вегетативного равновесия (0,92), вегетативным показателем ритма (0,89), показателем адекватности процессов регуляции (0,65), частотой сердечных сокращений (0,75), индексом дыхательной модуляции (-0,66), индексом симпато-адреналового тонуса (0,83), индексом медленноволновой аритмии (0,47), показателем сердечно-

го стресса (0,78), показателем сердечной аритмии (-0,74), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (-0,67), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (-0,76) (здесь и далее по тексту в скобках приведены полученные значения коэффициента корреляции).

Величина моды у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с амплитудой моды (0,41), вариационным размахом (0,41), индексом вегетативного равновесия (0,24), вегетативным показателем ритма (-0,35), показателем адекватности процессов регуляции (-0,01), частотой сердечных сокращений (-0,67), индексом дыхательной модуляции (0,06), индексом симпато-адреналового тонуса (0,31), индексом медленноволновой аритмии (-0,45), показателем сердечного стресса (0,07), показателем сердечной аритмии (0,12), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (0,23), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (-0,21).

Амплитуда моды у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с вариационным размахом (0,20), индексом вегетативного равновесия (0,69), вегетативным показателем ритма (-0,38), показателем адекватности процессов регуляции (0,91), частотой сердечных сокращений (-0,02), индексом дыхательной модуляции (-0,25), индексом симпато-адреналового тонуса (0,77), индексом медленноволновой аритмии (0,07), показателем сердечного стресса (0,71), показателем сердечной аритмии (0,11), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар

**Таблица 5 – Значения коэффициентов корреляции показателей вариационной пульсометрии у оленей эвенкийской породы в состоянии относительного покоя ( $p \leq 0,05$ )**

**Table 5 – Values of correlation coefficients indicators of variational pulsometry in Evenki reindeer in a state of relative rest ( $p \leq 0,05$ )**

Показатели	ЧСС	ЭОС	Мо	АМо	Х	ИВР	ВПР	ПАПР	RMMSD	рNN50	ИДМ	САТ	ИМА	ПСС	ПСА
ИН	0,75	0,28	-0,63	0,59	-0,65	0,92	0,89	0,65	-0,67	-0,76	-0,66	0,83	0,47	0,78	-0,74
ЧСС	-	0,02	-0,67	-0,02	-0,14	-0,03	-0,08	0,29	-0,61	-0,16	-0,44	0,12	0,77	0,49	0,41
ЭОС	-	-	0,19	0,31	0,01	0,36	-0,07	0,21	-0,47	-0,58	-0,48	0,48	0,20	0,37	0,41
Мо	-	-	-	0,41	0,41	0,24	-0,35	-0,01	0,23	-0,21	0,06	0,31	-0,45	0,07	0,12
АМо	-	-	-	-	0,20	0,69	-0,38	0,91	-0,23	-0,64	-0,25	0,77	0,07	0,71	0,11
ΔХ	-	-	-	-	-	-0,52	-0,86	0,10	0,51	0,32	0,53	-0,30	-0,39	-0,23	0,51
ИВР	-	-	-	-	-	-	0,30	0,58	-0,57	-0,83	-0,63	0,92	0,29	0,77	-0,19
ВПР	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,34	-0,12	-0,01	-0,13	-0,01	-0,03	-0,48
ПАПР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,32	-0,56	-0,26	0,66	0,28	0,71
RMMSD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,79	0,97	-0,71	-0,91	-0,81
рNN50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	-0,95	-0,57	-0,87
ИДМ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,76	-0,85	-0,78
ИСАТ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,47	0,91	0,11
ИМА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,64	0,21	-
ПСС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32

интервалов N–N ( $-0,23$ ), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $-0,64$ ).

Вариационный размах у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом вегетативного равновесия ( $-0,52$ ), вегетативным показателем ритма ( $-0,86$ ), показателем адекватности процессов регуляции ( $0,10$ ), частотой сердечных сокращений ( $-0,14$ ), индексом дыхательной модуляции ( $0,53$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $-0,30$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $-0,39$ ), показателем сердечного стресса ( $-0,23$ ), показателем сердечной аритмии ( $0,51$ ), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ( $0,51$ ), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $0,32$ ).

Индекс вегетативного равновесия у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с вегетативным показателем ритма ( $0,30$ ), показателем адекватности процессов регуляции ( $0,58$ ), частотой сердечных сокращений ( $-0,03$ ), индексом дыхательной модуляции ( $-0,63$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $0,92$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $0,29$ ), показателем сердечного стресса ( $0,77$ ), показателем сердечной аритмии ( $-0,19$ ), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ( $-0,57$ ), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $-0,83$ ).

Вегетативный показатель ритма у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем адекватности процессов регуляции ( $-0,34$ ), частотой сердечных сокращений ( $-0,08$ ), индексом дыхательной модуляции ( $-0,13$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $-0,01$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $-0,03$ ), показателем сердечного стресса ( $-0,09$ ), показателем сердечной аритмии ( $-0,48$ ), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ( $-0,12$ ), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $-0,01$ ).

Показатель адекватности процессов регуляции у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с ча-

стотой сердечных сокращений ( $0,29$ ), индексом дыхательной модуляции ( $-0,26$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $0,66$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $0,28$ ), показателем сердечного стресса ( $0,71$ ), показателем сердечной аритмии ( $0,05$ ), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ( $-0,32$ ), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $-0,56$ ).

Квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ( $0,79$ ), индексом дыхательной модуляции ( $0,97$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $-0,71$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $-0,91$ ), показателем сердечного стресса ( $-0,81$ ), показателем сердечной аритмии ( $-0,24$ ).

Процент от общего количества последовательных пар интервалов R–R у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции ( $0,84$ ), индексом симпто-адреналового тонуса ( $-0,95$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $-0,57$ ), показателем сердечного стресса ( $-0,87$ ), показателем сердечной аритмии ( $-0,21$ ).

Индекс дыхательной аритмии у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом симпто-адреналового тонуса ( $-0,76$ ), индексом медленноволновой аритмии ( $-0,85$ ), показателем сердечного стресса ( $-0,78$ ), показателем сердечной аритмии ( $-0,19$ ).

Индекс симпто-адреналового тонуса у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом медленноволновой аритмии ( $0,47$ ), показателем сердечного стресса ( $0,91$ ), показателем сердечной аритмии ( $0,11$ ).

Индекс медленноволновой аритмии тонус у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечного стресса ( $0,64$ ), показателем сердечной аритмии ( $0,21$ ).

Показатель сердечного стресса у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечной аритмии ( $0,32$ ).

По мнению Р. М. Баевского, коэффициенты корреляции между показателями вариабельности сердечного ритма являются самостоятельными физиологическими значениями, позволяющими оценивать степень функциональной взаимосвязи механизмов регуляции ритма сердца.

**Заключение.** Таким образом, при анализе функционального состояния организма методом математического анализа вариабельности сердечного ритма получены и проанализированы числовые характеристики вариационных пульсограмм, на основе которых установлены породные особенности оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия):

1. Установлены особенности первичных показателей вариационной пульсометрии: мода –  $1,01 \pm 0,048$  с; амплитуда моды –  $28,00 \pm 2,84$  %; вариационный размах –  $0,683 \pm 0,07$  с; индекс напряжения регуляторных систем организма –  $21,75 \pm 2,34$  у. е., частота сердечных сокращений –  $56,13 \pm 2,37$  уд./мин.

2. Исследованы вторичные показатели вариационной пульсометрии, в

числе которых индекс вегетативного равновесия ( $43,25 \pm 5,58$  у. е.); вегетативный показатель ритма ( $1,75 \pm 0,16$  у. е.); показатель адекватности процессов регуляции ( $27,88 \pm 2,64$  у. е.); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов ( $180,81 \pm 29,88$  мс); число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве ( $63,29 \pm 4,83$  %).

3. Впервые проанализированы индексы А. Я. Каплана: индекс дыхательной модуляции –  $8,21 \pm 1,16$ ; индекс симпато-адреналового тонуса –  $40,88 \pm 9,11$ ; индекс медленноволновой (функциональной) аритмии –  $9,78 \pm 3,04$ .

4. Проанализированы показатель сердечного стресса ( $10,30 \pm 1,72$  %) и показатель сердечной аритмии ( $2,81 \pm 0,69$  %).

5. Проведен корреляционный анализ и установлены коэффициенты корреляции между показателями вариационной пульсометрии у оленей эвенкийской породы в состоянии относительного покоя ( $p \leq 0,05$ ).

### Список источников

1. Емельянова А. С., Никитов С. В. Анализ взаимосвязи первичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 250–251. EDN PBPEOF.
2. Степура Е. Е. Анализ динамического ряда вторичных показателей вариационных пульсограмм коров джерсейской породы // Естественные и технические науки. 2017. № 6 (108). С. 28–31. EDN YTVWDF.
3. Степура Е. Е. Анализ показателей вариабельности сердечного ритма коров джерсейской породы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11 (211). С. 110–114. EDN YLQIEY.
4. Емельянова А. С., Степура Е. Е. Исходный вегетативный тонус коров джерсейской породы на основе индекса напряжения и его анализ // Естественные науки. 2017. № 4 (61). С. 128–133. EDN YOOVCW.
5. Емельянова А. С. Оценка исходного вегетативного тонуса коров с различной молочной продуктивностью по индексу напряжения регуляторных систем организма // Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С. 148–149.
6. Видовые и природно-климатические адаптации организма животных. Физиолого-генетические исследования. Новосибирск, 1967. 298 с.
7. Рощевский М. П., Тумакова Н. М. Электрокардиограммы и газообмен у домашних северных оленей зимой // Материалы 4-й всесоюз. конф. по физиологическим и биохимическим основам повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Боровск, 1966. С. 276–278.

8. Gonzalez-Jassi H. A., Leblan N., Alcantar B. E., Torres R. S. G. Using smartphone-based electrocardiography and chest X-ray to assess heart function and morphology in geriatric spotted deer (*Cervus nippon*) // American Journal of Veterinary Research. 2021. Vol. 83. No. 2. P. 127–132. doi: 10.2460/ajvr.21.08.0128.

9. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 2. С. 108–127. EDN VWTHLT.

### References

1. Emelyanova A. S., Nikitov S. V. Analysis of the relationship between primary indicators of variational pulsograms of cows and milk productivity when using the Vitartil supplement. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012;3:250–251. EDN PBPEOF (in Russ.).
2. Stepura E. E. Analysis of the dynamic range of secondary indicators of variational pulsograms of Jersey cows. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2017;6(108):28–31. EDN YTVWDF (in Russ.).
3. Stepura E. E. Analysis of heart rate variability in Jersey cows. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017;11(211):110–114. EDN YLQIEY (in Russ.).
4. Emelyanova A. S., Stepura E. E. Initial vegetative tone of Jersey cows based on stress index and its analysis. *Estestvennye nauki*, 2017;4(61):128–133. EDN YOOVCW (in Russ.).
5. Emelyanova A. S. Assessment of the initial vegetative tone of cows with different milk productivity according to the stress index of the regulatory systems of the body. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2009;6(44):148–149 (in Russ.).
6. *Specific and climatic adaptations of the animal organism. Physiological and genetic research*, Novosibirsk, 1967, 298 p. (in Russ.).
7. Roshchevsky M. P., Tumakova N. M. Electrocardiograms and gas exchange in domestic reindeer in winter. Proceedings from 4-ya Vsesoyuznaya konferentsiya po fiziologicheskim i biokhimicheskim osnovam povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. (PP. 276–278), Borovsk, 1966 (in Russ.).
8. Gonzalez-Jassi H. A., Leblan N., Alcantar B. E., Torres R. S. G. Using smartphone-based electrocardiography and chest X-ray to assess heart function and morphology in geriatric spotted deer (*Cervus nippon*). American Journal of Veterinary Research, 2021;83;2:127–132. doi: 10.2460/ajvr.21.08.0128.
9. Baevsky R. M., Ivanov G. G. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2015;2:108–127. EDN VWTHLT (in Russ.).

© Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И., 2025

Статья поступила в редакцию 26.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 12.03.2025.

The article was submitted 26.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 12.03.2025.

**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;

**Дмитриева Туяра Ивановна**, специалист научно-исследовательской части, 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;

**Tuyara I. Dmitrieva**, Specialist, Research Department, 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.**