

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У ОЛЕНЕЙ НЕНЕЦКОЙ ПОРОДЫ

Семен Викторович Николаев¹

¹Институт агробиотехнологий имени А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук, Российская Федерация

¹Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской
академии наук, Российская Федерация

¹канд. ветеринар. наук, ведущий научный сотрудник, semen.nikolaev.90@mail.ru

РЕФЕРАТ

Целью исследований – определить степень корреляционной взаимосвязи между различными биохимическими показателями крови у северных оленей ненецкой породы в зимний период. Установлено, что уровень общего билирубина наиболее тесно коррелирует с концентрацией цинка (0,640) и натрия (-0,526). Активность щелочной фосфатазы имеет положительную взаимосвязь с альбумино-глобулиновым индексом (0,500), а увеличение концентрации общего белка сопровождается снижением уровня глюкозы (-0,551). Альбуминовая фракция возрастает при повышении концентрации натрия (0,568), в то время как ее уровень снижается при увеличении концентрации фосфора (-0,503). Уровень кальция демонстрирует умеренную положительную корреляцию с фосфором (0,572) и активностью АЛТ (0,696). Коэффициент де Ритиса, напротив, имеет отрицательную корреляцию с кальцием (-0,603) и фосфором (-0,683). Наибольшую отрицательную связь кальций демонстрирует с цинком (-0,717). Концентрация фосфора имеет умеренную положительную корреляцию с активностью АСТ (0,640), умеренную отрицательную корреляцию с соотношением кальция к фосфору (-0,673), сильную отрицательную корреляцию с натрием (-0,795) и цинком (-0,735). Активность АЛТ значительно снижается при увеличении концентрации натрия (-0,789) и цинка (-0,833). Коэффициент де Ритиса имеет сильную положительную корреляцию с уровнем натрия (0,717) и цинка (0,807). Натрий, в свою очередь, имеет выраженную положительную корреляцию с концентрацией цинка (0,832).

Ключевые слова: северные олени, сыворотка крови, биохимические показатели, корреляция, обмен веществ.

Для цитирования: Николаев С.В. Анализ корреляционных зависимостей биохимических показателей крови у оленей ненецкой породы. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025;3:117-120. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.3.117>

ANALYSIS OF CORRELATIONS OF BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS IN NENETS DEER

Semyon V. Nikolaev¹

¹A.V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences, Russian Federation

¹Federal Research Center Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation

¹Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, semen.nikolaev.90@mail.ru

ABSTRACT

The aim of the research is to determine the degree of correlation between various biochemical parameters of blood in Nenets reindeer in winter. It was found that the level of total bilirubin correlates most closely with the concentration of zinc (0.640) and sodium (-0.526). The activity of alkaline phosphatase has a positive relationship with the albumin-globulin index (0.500), and an increase in total protein concentration is accompanied by a decrease in glucose levels (-0.551). The albumin fraction increases with increasing sodium concentration (0.568), while its level decreases with increasing phosphorus concentration (-0.503). The calcium level shows a moderate positive correlation with phosphorus (0.572) and ALT activity (0.696). The de Ritis coefficient, on the contrary, has a negative correlation with calcium (-0.603) and phosphorus (-0.683). Calcium shows the greatest negative relationship with zinc (-0.717). Phosphorus concentration has a moderate positive correlation with the activity of AST (0.640), a moderate negative correlation with the ratio of calcium to phosphorus (-0.673), a strong negative correlation with sodium (-0.795) and zinc (-0.735). ALT activity decreases significantly with increasing concentrations of sodium (-0.789) and zinc (-0.833). The de Ritis coefficient has a strong positive correlation with the levels of sodium (0.717) and zinc (0.807). Sodium, in turn, has a pronounced positive correlation with the concentration of zinc (0.832).

Key words: reindeer, blood serum, biochemical parameters, correlation, metabolism.

For citation: Nikolaev S.V. Analysis of correlation dependencies of biochemical blood parameters in Nenets reindeer. Legal regulation in veterinary medicine. 2025; 3: 117–120. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.3.117>

ВВЕДЕНИЕ

Северный олень представляет собой уникальное млекопитающее, обладающее исключительной адаптацией к круглогодичному питанию подножным кормом в условиях экстремально сурового климата. Эта способность является результатом многовековой эволюции, направленной на выживание в природных условиях северных широт [1, 2].

Основу зимнего рациона северного оленя составляют лишайники, преимущественно ягели [3, 4]. Несмотря на идентичность качественного состава протеинов в ягелях и высших растениях, низкое содержание аминокислот и белков в этом корме приводит к отрицательному азотистому балансу. Лишайники характеризуются так же низким содержанием минеральных солей, что существенно ограничивает их биологическую ценность как кормового ресурса. Такой химический состав не позволяет лишайникам обеспечить организм необходимыми питательными веществами в достаточной степени, что делает их недостаточно полноценным источником питания для большинства видов животных [5, 6].

В преджелудках оленя активно функционирует микрофлора, синтезирующая микробиальный белок, что частично компенсирует дефицит протеинов за счет сложных метаболических трансформаций [7, 8]. Аминокислоты как экзогенного, так и эндогенного происхождения, не задействованные в синтетических процессах, подвергаются разнообразным превращениям, основанным на механизмах трансаминирования [9, 10]. Эти метаболические адаптации позволяют северному оленю эффективно справляться с ограничениями, связанными с питанием низкобелковым кормом в зимний период.

Изучение закономерностей метаболических изменений в составе крови северных оленей и анализ взаимосвязей между отдельными ее компонентами являются ключевыми аспектами для понимания механизмов адаптации данного вида к экстремальным условиям среды обитания, и представляют актуальное направление биологических исследований [11].

Целью работы – определить степень корреляционной взаимосвязи между различными биохимическими показателями крови у северных оленей ненецкой породы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в 2024...2025 году в отделе «Печорская опытная станция» Института агrobiотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Объектом исследований являлась сыворотка крови северных оленей ненецкой породы принадлежащих оленеводческому хозяйству СПК Колхоз «Ижемский оленевод и КО». Кровь для исследований получали из яремной вены во время карализации и бонитировки стада в зимний период (декабрь 2024 года). Всего было отобрано 50 проб биологического материала от разновозрастных важенков и хоров, а так же третьяков и нетелей. Кровь отстаивали до отделения сыворотки и доставляли в лабораторию.

Изучение биохимического состава крови про-

ведено на биохимическом анализаторе iMagic-V7 с использованием коммерческих наборов реактивов фирмы «Диакон-Вет». В сыворотке определяли концентрацию общего билирубина, общего белка, креатинина, альбуминов, глобулинов, холестерина, глюкозы, мочевины, железа, кальция, фосфора, натрия, цинка, калия, хлора, активности щелочной фосфатазы, лактатдегидрогеназы (ЛДГ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), гамма-глутамиламинотрансферазы (ГГТ).

Изучение корреляционных зависимостей между биохимическими маркерами сыворотки крови северных оленей проведено в программе Excel 2007 с использованием метода Пирсона. Корреляции (r) считали слабой, при $r \leq 0,299$, умеренной при $r = 0,300 \dots 0,699$, и сильной при $r \geq 0,700$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований было установлено, что уровень общего билирубина демонстрирует умеренную положительную корреляцию с концентрацией цинка (0,640), калия (0,448) и холестерина (0,441), а также отрицательную корреляцию с натрием (-0,526), альбуминами (-0,390) и альбумино-глобулиновым коэффициентом (-0,426).

Активность щелочной фосфатазы имеет положительную корреляцию с уровнем альбуминов (0,348), альбумино-глобулиновым коэффициентом (0,500), концентрацией глюкозы (0,312), активностью лактатдегидрогеназы (0,443), гамма-глутамилтрансферазы (0,306) и содержанием хлоридов (0,305). В то же время наблюдается отрицательная корреляция с уровнем общего белка (-0,390) и глобулинов (-0,454).

Повышение концентрации общего белка сопровождается снижением уровня глюкозы (-0,551), активности лактатдегидрогеназы (-0,397) и аспартатаминотрансферазы (-0,300). Альбуминовая фракция возрастала при увеличении кальций-фосфорного соотношения (0,338), коэффициента де Ритиса (0,474), концентрации хлоридов (0,392), натрия (0,568) и цинка (0,463), в то время как при повышении уровня фосфора (-0,503) и активности аланинаминотрансферазы (-0,480) она имела тенденцию к снижению. Глобулиновая фракция демонстрирует отрицательную корреляцию с уровнем глюкозы (-0,575), креатинина (-0,389) и аспартатаминотрансферазы (-0,309).

Холестерин увеличивался при повышении активности лактатдегидрогеназы (0,399) и снижался при росте альбумино-глобулинового соотношения (-0,575). Концентрация глюкозы возрастала при увеличении активности лактатдегидрогеназы (0,399), концентрации кальция (0,360) и аспартатаминотрансферазы (0,415).

Повышение активности лактатдегидрогеназы сопровождается увеличением концентрации кальция (0,345), калия (0,311), активности аланинаминотрансферазы (0,438), аспартатаминотрансферазы (0,389) и гамма-глутамилтрансферазы (0,337), а также снижением уровня железа (-0,378) и альбумино-глобулинового коэффициента (-0,389). Уровень кальция демонстрирует умеренную положительную корреляцию с фосфором (0,572) и активностью аланинаминотрансферазы (0,696). В то же время коэффициент де Ритиса имеет отри-

пательную корреляцию (-0,603) с кальцием и фосфором (-0,683). Выраженную отрицательную корреляцию кальций показывает по отношению к цинку (-0,717).

Уровень фосфора демонстрирует умеренную положительную корреляцию с активностью аспартатаминотрансферазы (0,640), умеренную отрицательную корреляцию с соотношением кальция к фосфору (-0,673) и сильную отрицательную корреляцию с натрием (-0,795) и цинком (-0,735). Соотношение кальция к фосфору имеет положительную корреляцию с коэффициентом де Ритиса (0,389), уровнем натрия (0,481) и цинка (0,371), умеренную отрицательную корреляцию с активностью аланинаминотрансферазы (-0,355).

Активность аланинаминотрансферазы умеренно возрастает при увеличении активности аспартатаминотрансферазы (0,318), значительно снижается при увеличении концентрации натрия (-0,789) и цинка (-0,833). Аспартатаминотрансфераза в свою очередь отрицательно коррелирует с соотношением альбуминов к глобулинам (-0,309). Коэффициент де Ритиса демонстрирует сильную положительную корреляцию с уровнем натрия (0,717) и цинка (0,807). Натрий в свою очередь имеет выраженную положительную корреляцию с концентрацией цинка (0,832).

Основываясь на физиологии и потребности в питательных веществах северного оленя, известно, что в зимний период в рационе животных преобладает ягельный корм, бедный протеином. Так же в связи с избытком жидкости, поступающей со снегом, и недостатке в кормах натрия животные начинают испытывать солевой голод.

Анализируя корреляционные связи в контексте протеинов сыворотки крови, можно констатировать, что на фоне дефицита общего белка наблюдается повышение активности ключевых ферментов, таких как щелочная фосфатаза, лактатдегидрогеназа и аспартатаминотрансфераза. При гипопроteinемии, вероятно, происходит повреждение тканей, сопровождающееся активным цитолизом, что в свою очередь приводит к интенсивному высвобождению данных ферментов в системный кровоток. Дополнительно, было обнаружено, что снижение уровня общего белка сопровождается ростом уровня глюкозы в крови. Этот феномен может быть объяснен активацией альтернативных метаболических путей, направленных на обеспечение энергетических потребностей организма в условиях дефицита протеинов.

Снижение уровня альбуминов в сыворотке крови коррелировало с повышением активности аланинаминотрансферазы, что, вероятно, обусловлено усилением процессов переаминирования аминокислот. Это явление может быть интерпретировано как компенсаторный механизм, направленный на поддержание метаболического

гомеостаза в условиях дисбаланса белкового обмена. Повышение уровня альбуминов в сыворотке крови сопровождалось значительным увеличением активности щелочной фосфатазы, происходящее на фоне снижения концентрации фосфора. В условиях нарастания концентрации основных транспортных белков крови наблюдалось также повышение уровня цинка и натрия. Эти изменения сопровождалась оптимизацией соотношения аминотрансфераз, что выражалось в приближении коэффициента де Ритиса к оптимальным значениям (1,2...1,6).

Исследование натриевого обмена выявило повышение уровня общего билирубина в плазме крови на фоне снижения концентрации натрия. Данный феномен, вероятно, обусловлен более интенсивным гемолизом эритроцитов в условиях нарушения изотонических свойств крови при дефиците натрия. Примечательно, что концентрация билирубина так же демонстрировала отрицательную корреляцию с уровнем альбумина, который играет ключевую роль в поддержании онкотического давления, уровень которого так же увеличивался при росте содержания натрия.

Гипонатриемия сопровождалась гиперкальциемией и гиперфосфатемией, что, вероятно, обусловлено активной резорбцией костной ткани и мобилизацией кальция и фосфора из депо. Стоит отметить, что повышение уровня натрия в крови способствовало нормализации кальций-фосфорного соотношения до значений, близких к физиологическим. Напротив, снижение концентрации натрия ассоциировалось с увеличением активности аланинаминотрансферазы и нарушением коэффициента де Ритиса, что свидетельствует о дисфункции печени и интенсивном повреждении гепатоцитов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зимний период рацион северного оленя характеризуется низким содержанием протеинов, что приводит к дефициту общего белка и развитию гипопроteinемии. Данное состояние сопровождается повышением активности ферментов, таких как щелочная фосфатаза, лактатдегидрогеназа и аспартатаминотрансфераза. Снижение уровня общего белка коррелирует с гипергликемией, что может быть обусловлено активацией альтернативных метаболических путей. Повышение активности аланинаминотрансферазы при снижении концентрации альбуминов, вероятно, обусловлено усилением процессов переаминирования аминокислот. Увеличение уровня альбуминов сопровождается повышением концентрации цинка и натрия. Гипонатриемия вызывает развитие гиперкальциемии и гиперфосфатемии. Восстановление нормального уровня натрия способствует оптимизации кальций-фосфорного баланса и снижению активности аланинаминотрансферазы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Южаков А.А., Лайшев К.А. Особенности роста и формирования телосложения северных оленей ненецкой породы. *Международный вестник ветеринарии*. 2022;2:104-111. DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.2.104
2. Слепцов Е.С., Винокуров Н.В., Федоров В.И. Изучение сроков отела и гона домашних северных оленей в различных зонах Республики Саха (Якутия). *Аграрный вестник Урала*. 2019;№ 8(187):45-49. DOI 10.32417/article_5d908d29e28568.13770453
3. Сподобцева Н.Н., Мухачев А.Д. Соотношение кормов в рационе домашнего северного оленя в летний и осенний сезоны в таежной зоне при изгородном содержании. *Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ*. 1983;15:26-29.

4. Слепцов Е.С., Мачахтыров Г.Н., Мачахтырова В.А. и др. Изучение эндобийонтной фауны северного домашнего оленя (*Rangifer tarandus*). Ветеринария и кормление. 2023;5:78-81. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-19.
5. Роббек Н.С., Винокуров Н.В., Григорьев И.И. и др. Технология скормливания белково-минерально-витаминных добавок (БМВД) для северных домашних оленей в осенне-зимний период. Ветеринария и кормление. 2023;5:69-72. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-17
6. Корякина Л.П., Павлова А.И., Дыдаева Л.Г., Григорьева Н.Н. Некоторые особенности видовой адаптации домашнего северного оленя. Инновации и продовольственная безопасность. 2017;3(17): 95-100.
7. Ильина Л.А., Филиппова В.А., Лайшев К.А. и др. Сезонные изменения микробиома рубца у северного оленя (*Rangifer tarandus*) в условиях Российской Арктики. Сельскохозяйственная биология. 2020;55(4):697-713. DOI 10.15389/agrobiology.2020.4.697rus
8. Пономарева Е.С., Йылдырым Е.А., Филиппова В.А. и др. Сравнение состава и метаболического потенциала микробиома рубца северных оленей в Ямало-Ненецком и Ненецком автономных округах Российской Арктики. Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2022;7(3):30-37. DOI 10.29413/ABS.2022-7.3.4
9. Белобороденко А.М., Белобороденко М.А., Белобороденко Т.А., Пилявских О.Ю. Характеристика пищеварения, жвачного процесса и инфузорного состава в рубце у коров в условиях резкоконтинентального климата. Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2013;3(22):53-57.
10. Давыдова С.Ю. Азотсодержащие кормовые добавки в рационе жвачных (обзор). Вестник мясного скотоводства. 2014;№ 1(84):118-121.
11. Николаев С.В. Половозрастные особенности биохимического состава крови северных оленей ненецкой породы. Пермский аграрный вестник. 2025;1(49):137-142. DOI 10.47737/2307-2873_2025_49_137

REFERENCES

1. Yuzhakov A.A., Laishev K.A. Peculiarities of growth and body formation of Nenets reindeer breed. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2022;2:104-111. (in Russ) DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.2.104
2. Sleptsov E.S., Vinokurov N.V., Fedorov V.I. Study of the timing of calving and rutting of domestic reindeer in various zones of the Republic of Sakha (Yakutia). Agrarian Bulletin of the Urals. 2019;No. 8(187):45-49. (in Russ) DOI 10.32417/article_5d908d29e28568.13770453
3. Spodobtseva N.N., Mukhachev A.D. Forage ratio in the diet of domestic reindeer in the summer and autumn seasons in the taiga zone with fenced housing. Scientific and Technical Bulletin of the Siberian Branch of the All-Union Academy of Agricultural Sciences. 1983;15:26-29. (in Russ)
4. Sleptsov E.S., Machakhtyrov G.N., Machakhtyrova V.A., et al. Study of the endobiont fauna of the domestic reindeer (*Rangifer tarandus*). Veterinary Science and Nutrition. 2023;5:78-81. (in Russ) DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-19.
5. Robbek N.S., Vinokurov N.V., Grigoriev I.I. Technology of feeding protein-mineral-vitamin supplements (PMVS) to domestic reindeer in the autumn-winter period. Veterinary Science and Nutrition. 2023; 5: 69-72. (in Russ) DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-5-17
6. Koryakina L.P., Pavlova A.I., Dydaeva L.G., Grigorieva N.N. Some features of species adaptation of domestic reindeer. Innovations and Food Security. 2017; 3 (17): 95-100. (in Russ)
7. Ilyina L.A., Filippova V.A., Laishev K.A. et al. Seasonal changes in the rumen microbiome of reindeer (*Rangifer tarandus*) in the Russian Arctic. Agricultural Biology. 2020;55(4):697-713. (in Russ) DOI 10.15389/agrobiology.2020.4.697rus
8. Ponomareva E.S., Yildirim E.A., Filippova V.A., et al. Comparison of the composition and metabolic potential of the rumen microbiome of reindeer in the Yamalo-Nenets and Nenets Autonomous Okrugs of the Russian Arctic. Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2022;7(3):30-37. (in Russ) DOI 10.29413/ABS.2022-7.3.4
9. Beloborodenko A.M., Beloborodenko M.A., Beloborodenko T.A., Pilyavskikh O.Yu. Characteristics of digestion, ruminant process, and infusory composition in the rumen of cows in a sharply continental climate. Bulletin of the Northern Trans-Urals State Agrarian University. 2013; 3(22):53-57. (in Russ)
10. Davydova S. Yu. Nitrogen-Containing Feed Additives in Ruminant Diets (Review). Bulletin of Beef Cattle Breeding. 2014; № 1(84):118-121. (in Russ)
11. Nikolaev S. V. Age- and Sex-Related Peculiarities of the Biochemical Blood Composition of Nenets Reindeer. Perm Agrarian Bulletin. 2025; 1(49):137-142. (in Russ) DOI 10.47737/2307-2873_2025_49_137

Поступила в редакцию / Received: 09.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised: 12.09.2025

Принята к публикации / Accepted: 30.09.2025