

УДК: 577.171.52

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.459

КОНЦЕНТРАЦИЯ СТЕРОИДНЫХ И ГОНАДОТРОПНЫХ ГОРМОНОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ САМОК СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ В ПОЗДНЕСТЕЛЬНЫЙ И РАННИЙ ПОСЛЕРОДОВОЙ ПЕРИОДЫ

Крутикова А.А.^{1*} – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб. молекулярной генетики (ORCID 0000-0003-2561-145X); **Ширяев Г.В.**¹ – канд. с.-х. наук, ученый секретарь (ORCID 0000-0002-4698-3917); **Никиткина Е.В.**¹ – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. биологии развития (ORCID 0000-0002-8496-5277); **Пегливанян Г.К.**¹ – мл. науч. сотр. лаб. молекулярной генетики (ORCID 0000-0001-5194-4851); **Мусидрай А.А.**² – канд. биол. наук, вед. науч. сотр. отд. жив-ва и рац. природопользования Арктики (ORCID 0000-0002-0079-9938); **Никитин Г.С.**³ – канд. ветеринар. наук, доц., доц. каф. генетических и репродуктивных биотехнологий.

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»;

² ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН»;

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* anntim2575@mail.ru

Ключевые слова: репродуктивная функция, фолликулостимулирующий гормон, лютеинизирующий гормон, прогестерон, эстрадиол, тестостерон, северные олени (*Rangifer tarandus*).

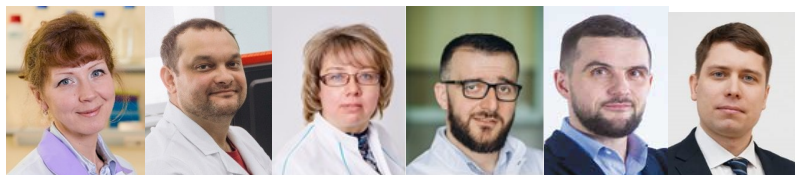
Key words: reproductive function, follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, progesterone, estradiol, testosterone, reindeer (*Rangifer tarandus*).

Финансирование: Исследования проведены при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 22-16-00085).

Поступила: 11.11.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

Опубликована онлайн: 16.12.2024



РЕФЕРАТ

Несмотря на то, что северные олени (*Rangifer tarandus*) являются важным промысловым видом для обеспе-

чения питания населения в сложных для проживания условиях, в настоящее время они до сих пор являются малоизученными ввиду сложности проведения научно-исследовательских работ. Особенно это касается физиологических особенностей, связанных с размножением, пробелы в которых осложняют внедрение современных вспо-

могательных репродуктивных технологий. Глубокие знания об эндогенной гормональной регуляции в различные физиологические периоды самок северных оленей могли бы позволить заниматься управлением репродуктивной функции. Работа посвящена анализу концентраций стероидных гормонов 17β – эстрадиола и прогестерона, а также гонадотропинов – фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов важенок в период размножения.

Объектом исследований были самки (важенки) северных оленей ($n=31$). Место содержания – оленеводческое хозяйство на севере Западной Сибири, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа России. Общая выборка была разделена на две группы – 1 группа ($n=16$) не отелившиеся и 2 группа ($n=15$) – отелившиеся важенки. Уровень гормонов в сыворотке крови выявляли методом иммуноферментного анализа. Результаты исследований показывают, что в группе важенок в позднестельный период концентрации эстрадиола и прогестерона были достоверно выше ($p<0,01$), по сравнению с группой важенок после отела. При этом можно отметить тенденцию повышения фолликулостимулирующего гормона после отела. Отрицательная корреляция зафиксирована в случае прогестерона и лютеинизирующего гормона в группе важенок в раннеотельном периоде ($r=-0,735$, $p<0,01$). Положительная корреляционная связь отмечена между фолликулостимулирующим и лютеинизирующим гормонами ($r=0,811$, $p<0,01$). В группе животных в позднестельном периоде обнаружена положительная корреляционная связь между прогестероном и эстрадиолом ($r=0,641$, $p<0,01$). Полученные результаты позволяют предположить, что у самок северных оленей возобновление половой цикличности происходит по схожему гормональному сценарию, при котором уровень стероидных гормонов после отела снижается, а концентрация гонадотропных гормонов напротив постепенно возрастает с более высокой динамикой ФСГ, в сравнении с ЛГ.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Несмотря на то, что северные олени (*Rangifer tarandus*) являются важным промысловым видом для обеспечения питания населения в сложных для проживания условиях, в настоящее время они до сих пор являются малоизученными ввиду сложности проведения научно-исследовательских работ [1-3]. Особенно это касается физиологических особенностей, связанных с размножением, пробелы в которых осложняют внедрение современных вспомогательных репродуктивных технологий [4, 5]. При этом глубокие знания об эндогенной гормональной регуляции в различные физиологические периоды самок северных оленей могли бы позволить целенаправленно управлять реализацией репродуктивной функции с помощью синтетических гормональных препаратов.

Влияние стероидных и гонадотропных гормонов на различные физиологические и биохимические процессы в организме животных неоспорим. Данные гормоны прочно вошли в качестве биомарке-

ров в воспроизводство животных всех видов. Эстрадиол, являющийся главным эстрогеном, способен через каскад гормональных взаимодействий влиять на синтез и секрецию гонадотропинов – фолликулостимулирующего (ФСГ) и лютеинизирующего (ЛГ) гормонов, влияющих на рост и развитие фолликулов, овуляторные процессы и последующее функционирование желтого тела, продуцирующего в больших концентрациях прогестерон. В ходе дальнейшего гестационного периода ведущую роль играют половые стероиды, синтез и секрецию которых осуществляют не только яичники и надпочечники, но и плацента с фетоплацентарным комплексом (ФПК) [6]. При этом в мировой литературе можно встретить крайне недостаточно информации об эндогенной гормональной регуляции в ходе реализации репродуктивной функции применительно к самкам северных оленей [7-9].

В связи с этим целью наших исследований является изучение концентрации стероидных и гонадотропных гормонов в сыворотке крови самок северных оленей

в позднестельный и ранний послеродовой периоды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектом исследований были самки (важенки) северных оленей. Место содержания – оленеводческое хозяйство на севере Западной Сибири, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа России. Образцы сыворотки крови отбирали весной 3 мая 2023 года в период массового отела животных. Общая выборка составила 31 животное, из которой сформировали две группы: 1-ая группа – отелившиеся самки, 16 голов; 2-ая группа – не отелившиеся, 15 голов. Условия их содержания и кормления соответствовали зооветеринарным требованиям.

Кровь отбирали в вакуумные пробирки с активатором свертывания из яремной вены. После отделения сыворотки её сливали в криопробирки и замораживали. Хранение проводилось при -75°C .

ФСГ и ЛГ определяли с использованием наборов для *Bos Taurus* для иммуноферментного анализа сыворотки крови Cloud-Clone Corp, КНР; прогестерона и эстрадиола – «Алкор-Био», Россия. Исследования проводили на микропланшетном ридере AMR-100 (КНР). Полученные данные обрабатывали с помощью программы IBM SPSS Statistics V26 (США) с применением непараметрического метода Манна-Уитни. Корреляционный анализ проводили с использованием коэффициента Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Исходя из анализа литературных данных «гормоны беременности» эстрадиол и прогестерон обладают различными функциями в позднестельный и раннеродовой периоды. Эстрадиол – один из важнейших стероидов, на базе которых строится большинство физиологических процессов, связанных с воспроизводством – в позднестельный период при нормально протекающей беременности непрерывно увеличивается вплоть до родов, обеспечивая активный рост матки и подготавливая организм к родам. Эстрадиол вырабатывается яичниками, а во время беременно-

сти еще и плацентой [10]. Прогестерон, являясь также одним из основных «гормонов беременности» главным образом продуцируется желтым телом, которое образуется после овуляции. В ходе беременности в определенный момент также и сформировавшаяся плацента начинает синтезировать и секретировать прогестерон.

Воздействие гонадотропных гормонов в период гестации несколько неоднозначен. В случае ФСГ в классическом понимании сама система данного гликопротеинового гормона с его рецептором ФСГ/FSHR при состоявшейся овуляции в дальнейших физиологических процессах не участвует. Во время беременности сывороточные концентрации ФСГ довольно низкие из-за ингибирующего воздействия повышенных концентраций эстрогена и прогестерона на гипоталамус и гонадотропы гипофиза. Само наличие пусть и невысоких концентраций в крови в период беременности вызывает вопрос о потенциальных источниках ФСГ при функционировании FSHR плаценты и миометрия. Кроме того, была продемонстрирована внеяичниковая экспрессия мРНК, кодирующих α -субъединицу гликопротеинового гормона и β -субъединицу ФСГ, что позволяет предположить, что эти новые аспекты внеяичниковой сигнализации ФСГ/FSHR во время беременности могут быть опосредованы локально синтезированным ФСГ [11]. Интересно, что недавнее исследование по выявлению генетическими методами новых белков, связанных со сроками родов у людей, демонстрирует сильную связь с некоторыми SNP гена *FSHR*, что можно воспринимать как интересный для дальнейшего изучения парадокс [12, 13].

Что касается ЛГ – концентрация данного гликопротеинового гормона в ходе гестации также снижается за счет формирования специального органа – хориона, продуцирующего с первых недель беременности хорионический гонадотропин (ХГЧ), оказывающего на организм такое же влияние, как и лютеинизирующий гормон. ХГЧ поддерживает функциональную

активность желтого тела, сохраняя высокие концентрацию эстрадиола в крови. Стоит отметить, что при беременности уровни ФСГ и ЛГ в сравнении с концентрациями в ходе полового цикла всегда понижены.

Результаты изучения концентрации стероидных и гонадотропных гормонов представлены – в таблице 1. Из данных таблицы видно, что уровень половых гормонов у важенок, находящихся в позднестельном периоде, уровень эстрадиола и прогестерона достоверно выше в сравнении с отелившимися животными ($p < 0,001$). Это согласуется с данными исследований Ropstad E. и др. (2005), в котором у беременных важенок концентрация прогестерона в плазме увеличивалась по сравнению с базальными концентрациями через 21–30 дней после предполагаемого дня зачатия и достигала пика во время отела. При этом средняя концентрация прогестерона в плазме достигала пика дважды во время беременности: примерно за 24 и за три недели до отела [10]. Схожие данные получили исследователи Shipka M. P. и др. (2007), согласно

которым концентрации прогестерона после оплодотворения неуклонно росли после зачатия и оставались повышенными в течение всей беременности, при этом средние концентрации существенно не менялись с 4 по 28 неделю беременности. В случае эстрадиола также концентрации оставались на одном уровне до 24 недели беременности, повышаясь по мере снижения прогестерона непосредственно перед родами [14, 15].

В некоторых научных исследовательских работах показаны различия в уровнях гонадотропинов перед и после естественного завершения беременности. В исследованиях Bubenik G. A. и др. (1997) сезонные колебания ФСГ были минимальными у беременных важенок. При этом, показано, что уровень ФСГ после отела начинает расти быстрее в сравнении с ЛГ [16]. Наши данные также продемонстрировали эту динамику: ЛГ в группе отелившихся животных был на 12,8% выше, тогда как ФСГ – на 28,6% в сравнении с животными в период поздней стельности. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Содержание стероидных и гонадотропных гормонов в сыворотке крови самок северных оленей

Группы	Гормоны			
	Эстрадиол, пг/мл	Прогестерон, нмоль/л	Лютеинизирующий гормон, пг/мл	Фолликулостимулирующий гормон, пг/мл
Группа 1	127,57±5,13	33,27±0,89	753,40±25,75	138,10±17,00
Группа 2	97,51±7,29	2,50±0,53	849,90±54,25	177,57±5,96
Асимп. знач.	0,001	0,001	0,580	0,65

Отрицательная корреляция зафиксирована в случае прогестерона и лютеинизирующего гормона в группе важенок в раннестельном периоде ($r = -0,735$, $p < 0,01$). Этот результат частично согласуется с тем, что прогестерон оказывает ингибирующее воздействие на гонадотропные гормоны (рис. 1). Положительная корреляционная связь отмечена между фолликулостимулирующим и лютеинизирующим гормонами ($r = 0,811$, $p < 0,01$)

(рис. 2), что может означать, что важенки после отела постепенно начали возобновлять половую цикличность. В группе животных в позднестельном периоде обнаружена положительная корреляционная связь между прогестероном и эстрадиолом ($r = 0,641$, $p < 0,01$) (рис. 3), что также согласуется общепринятыми представлениями о гормональном профиле животных перед отелом.

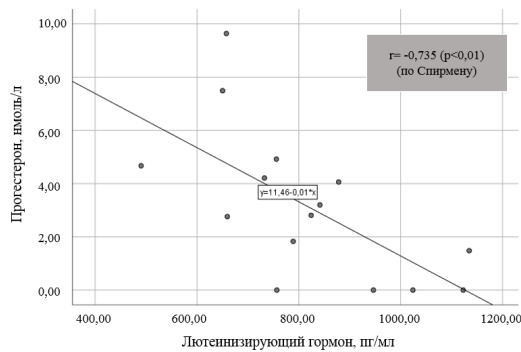


Рисунок 1 – Взаимосвязь уровня прогестерона и лютеинизирующего гормона в группе важенек в раннеотельном периоде.

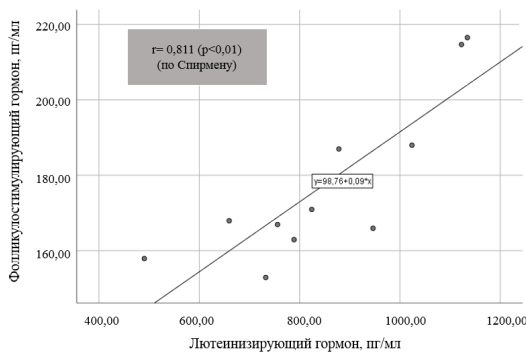


Рисунок 2 – Взаимосвязь уровня фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов в группе важенек в раннеотельном периоде

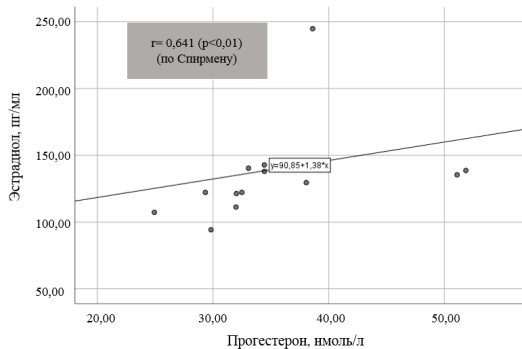


Рисунок 3 – Взаимосвязь уровня эстрадиола и прогестерона в группе важенек в позднестельном периоде.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результаты исследований показывают, что в группе важенек в позднестельный период концентрация эстрадиола и прогестерона была достоверно выше ($p < 0,01$), по сравнению с группой важенек после отела. При этом можно отметить тенденцию повышения фолликулостимулирующего гормона после отела. Полученные результаты позволяют предположить, что у самок северных оленей возобновление половой цикличности происходит по схожему гормональному сце-

нарию, при котором уровень стероидных гормонов после отела снижается, а концентрация гонадотропных гормонов напротив постепенно возрастает с более высокой динамикой ФСТГ, в сравнении с ЛГ.

CONCENTRATION OF STEROID AND GONADOTROPIC HORMONES IN THE BLOOD SERUM OF FEMALE REINDEER IN THE LATE PRE-MILKING AND EARLY POSTPARTUM PERIODS

Krutikova A.A.^{1,*} – PhD of Biological

Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics (ORCID 0000-0003-2561-145X); **Shiriaev G.V.**¹ – PhD of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Biochemistry Group (ORCID 0000-0002-4698-3917); **Nikitina E.V.**¹ – PhD of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Developmental Biology (ORCID 0000-0002-8496-5277); **Peglivanian G.K.**¹ – Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics (ORCID 0000-0001-5194-4851); **Musidray A.A.**² – PhD of Biological Sciences, Leading Researcher, Department of Animal Husbandry and Environmental Management of the Arctic (ORCID 0000-0002-0079-9938); **Nikitin G.S.**³ – PhD of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies (ORCID 0000-0002-2080-2970)

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry;

² St. Petersburg Federal Research Center Russian Academy of Sciences,

³ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* anntim2575@mail.ru

ABSTRACT

Despite the fact that reindeer (*Rangifer tarandus*) are an important commercial species for providing food for the population in difficult living conditions, they are currently poorly studied due to the complexity of conducting research. This is especially true for physiological characteristics associated with reproduction, the gaps in which complicate the implementation of modern assisted reproductive technologies. Deep knowledge of endogenous hormonal regulation in different physiological periods of female reindeer could allow us to manage the reproductive function. The work is devoted to the analysis of concentrations of steroid hormones 17 β - estradiol and progesterone, as well as gonadotropins - follicle-stimulating and luteinizing hormones of females during the breeding season. The object of the study were female (female) reindeer (n = 31). The habitat is a

reindeer farm in the north of Western Siberia, in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug of Russia. The total sample was divided into two groups: group 1 (n=16) did not calve and group 2 (n=15) did. The hormone levels in the blood serum were determined using enzyme immunoassay. The results of the studies show that in the group of does in the late calving period, the concentrations of estradiol and progesterone were significantly higher ($p < 0.01$) compared to the group of does after calving. At the same time, a tendency towards an increase in follicle-stimulating hormone can be noted after calving. A negative correlation was recorded in the case of progesterone and luteinizing hormone in the group of does in the early calving period ($r = -0.735$, $p < 0.01$). A positive correlation was found between follicle-stimulating and luteinizing hormones ($r = 0.811$, $p < 0.01$). In the group of animals in the late calving period, a positive correlation was found between progesterone and estradiol ($r = 0.641$, $p < 0.01$). The results obtained suggest that in female reindeer, the resumption of sexual cycles occurs according to a similar hormonal scenario, in which the level of steroid hormones decreases after calving, and the concentration of gonadotropic hormones, on the contrary, gradually increases with higher FSH dynamics, compared to LH.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лайшев К. А. Проблемы профилактики бруцеллеза северных оленей и пути их решения / К. А. Лайшев, В. А. Забродин, А. В. Прокудин, Н. В. Винокуров, Е. С. Слепцов // Генетика и разведение животных. – 2018. – № 1. – С. 37-45. doi: 10.31043/2410-2733-2018-1-37-45
2. Брызгалов Г. Я. Биометрические характеристики живой массы в популяциях северных оленей восточной Арктики и Субарктики / Г. Я. Брызгалов, Л. С. Игнатович // Генетика и разведение животных. – 2023. – № 3. – С. 39-46. doi: 10.31043/2410-2733-2023-3-39-46.
3. Брызгалов Г. Я. Олени крайнего северо-востока России: корякский экотип (*Rangifer Tarandus L.*) / Г. Я. Брызгалов, Л. С. Игнатович // Генетика и разведение

- животных. – 2023. – № 4. – С. 31-38. Doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-31-38.
4. Никиткина Е. В. Оценка качества спермы северных оленей (*Rangifer Tarandus*) с помощью CASA / Е. В. Никиткина, К. В. Племяшов, А. А. Крутикова, С. В. Тимофеева, Г. В. Ширяев, А. А. Мусидрай, В. В. Гончаров, О. К. Сергеева // Ветеринария. – 2018. – № 7. – С. 14-17.
5. Никиткина Е. В. Репродуктивные технологии в оленеводстве: проблемы и перспективы использования (обзор) / Е. В. Никиткина, В. В. Гончаров, А. А. Крутикова, О. К. Сергеева, А. А. Мусидрай, К. В. Племяшов // Генетика и разведение животных. – 2017. – № 1. – С. 9-14.
6. Flood P. F. Ovarian and placental production of progesterone and oestradiol during pregnancy in reindeer / P. F. Flood, N. J. Tyler et al. // Animal Reproduction Science. – 2005. – № 85 (1-2). – P. 147–162. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.03/
7. Baksi S. N. Plasma calcemic hormones in mature female reindeer, *Rangifer Tarandus* / S. N. Baksi, J. W. Newbrey // Gen Comp Endocrinol. – 1988. – № 69(2). – P. 262–266, doi: 10.1016/0016-6480(88)90014-7.
8. Trondrud L. M. Stress responses to repeated captures in a wild ungulate / L. M. Trondrud, C. Ugland, E. Ropstad, L. E. Loe, S. Albon, A. Stien, A. L. Evans, P. M. Thorsby, V. Veiberg, R. J. Irvine, G. Pigeon // Sci. Rep. – 2022. – № 12(1). – P. 16289. doi: 10.1038/s41598-022-20270-z.
9. Федоров В. И. Особенности течения родов у северных домашних оленей в условиях северо-востока России (Якутия) / В. И. Федоров, Т. В. Ипполитова, Е. С. Слепцов, К. В. Племяшов // Генетика и разведение животных. – 2021. – № 1. – С. 23-28. doi: 10.31043/2410-2733-2021-1-23-28.
10. Ropstad E. Endocrinology of pregnancy and early pregnancy detection by reproductive hormones in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) / E. Ropstad, V. Veiberg et al. // Theriogenology. – 2005. – № 63(6). – P. 1775–1788. doi:10.1016/j.theriogenology.2004
11. Stilley J. A. W. FSH Actions and Pregnancy: Looking Beyond Ovarian FSH Receptors / J. A. W. Stilley, D. L. Segaloff // Endocrinology. – 2018. – № 159(12). – P. 4033–4042. doi:10.1210/en.2018-00497.
12. Plunkett J. An evolutionary genomic approach to identify genes involved in human birth timing / J. Plunkett, S. Doniger, G. Orabona et al. // PLoS Genet. – 2011. – № 7 (4):e1001365.
13. Chun S. Fine-mapping an association of FSHR with preterm birth in a Finnish population / S. Chun, J. Plunkett, K. Teramo, L. J. Muglia, J. C. Fay // PLoS One. – 2013. – № 8 (10):e78032.
14. Shipka M. P. Steroid hormone secretion during the ovulatory cycle and pregnancy in farmed Alaskan reindeer / M. P. Shipka, J. E. Rowell, M. C. Sousa // Journal of Animal Science. – 2007. – № 85(4). – P. 944–951. doi:10.2527/jas.2006-589.
15. Bubenik G. A. Seasonal Levels of Reproductive Hormones and Their Relationship to the Antler Cycle of Male and Female Reindeer (*Rangifer tarandus*) / G. A. Bubenik, D. Schams et al. // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. – 1997. – № 116 (2). – P. 269–277. doi: 10.1016/s0305-0491(97)00183-1.
16. Crowe M. Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows / M. Crowe // Reproduction in Domestic Animals. – 2008. – № 43. – P. 20–28. doi:10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x.

REFERENCES

1. Laishev K. A. Problems of brucellosis prevention in reindeer and ways to solve them / K. A. Laishev, V. A. Zabrodin, A. V. Prokudin, N. V. Vinokurov, E. S. Sleptsov // Genetics and animal breeding. – 2018. – № 1. – P. 37-45. doi: 10.31043/2410-2733-2018-1-37-45.
2. Bryzgalov G. Ya. Biometric characteristics of live weight in reindeer populations of the eastern Arctic and Subarctic / G. Ya. Bryzgalov, L. S. Ignatovich // Genetics and animal breeding. – 2023. – № 3. – P. 39-46. doi: 10.31043/2410-2733-2023-3-39-46.
3. Bryzgalov G. Ya. Reindeer of the extreme Northeast of Russia: the Koryak ecotype (*Rangifer Tarandus L.*) / G. Ya. Bryzgalov,

- L. S. Ignatovich // Genetics and animal breeding. – 2023. – № 4. – P. 31-38. doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-31-38.
4. Nikitkina E. V. Evaluation of reindeer sperm quality (*rangifer tarandus*) using CASA / E. V. Nikitkina, K. V. Plemyashov, A. A. Krutikova, S. V. Timofeeva, G. V. Shiryaev, A. A. Musidrai, V. V. Goncharov, O. K. Sergeeva // Veterinary science. – 2018. – № 7. – P. 14-17.
5. Nikitkina E. V. Reproductive technologies in reindeer herding: problems and prospects of use (review) / E. V. Nikitkina, V. V. Goncharov, A. A. Krutikova, O. K. Sergeeva, A. A. Musidrai, K. V. Plemyashov // Genetics and animal breeding. – 2017. – № 1. – P. 9-14.
6. Flood P. F. Ovarian and placental production of progesterone and oestradiol during pregnancy in reindeer / P. F. Flood, N. J. Tyler et al. // Animal Reproduction Science. – 2005. – № 85 (1-2). – P. 147–162. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.03/
7. Baksi S. N. Plasma calcemic hormones in mature female reindeer, *Rangifer tarandus* / S. N. Baksi, J. W. Newbrey // Gen Comp Endocrinol. – 1988. – № 69(2). – P. 262-266, doi: 10.1016/0016-6480(88)90014-7.
8. Trondrud L. M. Stress responses to repeated captures in a wild ungulate / L. M. Trondrud, C. Ugland, E. Ropstad, L. E. Loe, S. Albon, A. Stien, A. L. Evans, P. M. Thorsby, V. Veiberg, R. J. Irvine, G. Pigeon // Sci Rep. – 2022. – № 12(1). – P. 16289. doi: 10.1038/s41598-022-20270-z.
9. Fedorov V. I. Peculiarities of the course of labor in northern domestic reindeer in the conditions of the north-east of Russia (Yakutia) / V. I. Fedorov, T. V. Ippolitova, E. S. Sleptsov, K. V. Plemyashov // Genetics and breeding of animals. – 2021. – № 1. – P. 23-28. doi: 10.31043/2410-2733-2021-1-23-28.
10. Ropstad E. Endocrinology of pregnancy and early pregnancy detection by reproductive hormones in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) / E. Ropstad, V. Veiberg et al. // Theriogenology. – 2005. – № 63(6). – P. 1775–1788. doi:10.1016/j.theriogenology.2004
11. Stille J. A. W. FSH Actions and Pregnancy: Looking Beyond Ovarian FSH Receptors / J. A. W. Stille, D. L. Segaloff // Endocrinology. – 2018. – № 159(12). – P. 4033–4042. doi:10.1210/en.2018-00497.
12. Plunkett J. An evolutionary genomic approach to identify genes involved in human birth timing / J. Plunkett, S. Doniger, G. Orabona et al. // PLoS Genet. – 2011. – № 7 (4):e1001365.
13. Chun S. Fine-mapping an association of FSHR with preterm birth in a Finnish population / S. Chun, J. Plunkett, K. Teramo, L. J. Muglia, J. C. Fay // PLoS One. – 2013. – № 8 (10):e78032.
14. Shipka M. P. Steroid hormone secretion during the ovulatory cycle and pregnancy in farmed Alaskan reindeer / M. P. Shipka, J. E. Rowell, M. C. Sousa // Journal of Animal Science. – 2007. – № 85(4). – P. 944–951. doi:10.2527/jas.2006-589.
15. Bubenik G. A. Seasonal Levels of Reproductive Hormones and Their Relationship to the Antler Cycle of Male and Female Reindeer (*Rangifer tarandus*) / G. A. Bubenik, D. Schams et al. // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. – 1997. – № 116 (2). – P. 269–277. doi: 10.1016/s0305-0491(97)00183-1.
16. Crowe M. Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows / M. Crowe // Reproduction in Domestic Animals. – 2008. – № 43. – P. 20–28. doi:10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x.