

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-993

УДК 591.111.05:636.93



Научная статья

ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ
ТЕСТОСТЕРОНА И ХОЛЕСТЕРИНА У ЛИСИЦ
(*VULPES VULPES*) РАЗНЫХ ЦВЕТОВЫХ ТИПОВ
В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

*Ю.А. Березина, О.Ю. Беспярых, М.А. Перевозчикова,
И.А. Плотников, И.А. Домский, А.С. Сюткина*

Обоснование. В настоящее время накоплен большой объем справочной информации в области физиологии пушных зверей. Детально изучена морфология и биохимия крови, иммунологические показатели. При этом данных об эндокринной системе и ее влиянии на репродукцию существенно меньше, а сведения по динамике холестерина и тестостерона у самцов лисиц разных цветовых типов отсутствуют. Мало публикаций, особенно касающихся онтогенеза, в которых бы анализировалось формирование стероидогенеза. Учитывая, что в литературе данные об эндокринной системе и ее влиянии на репродукцию пушных зверей встречаются в единичных случаях, а сведения по динамике холестерина и тестостерона у самцов лисиц отсутствуют, большой научный и практический интерес представляет выяснение онтогенетической динамики концентрации тестостерона у лисиц разных цветовых типов и его взаимосвязи с холестерином ввиду непосредственного участия последнего в стероидогенезе. Поэтому цель исследования: изучение динамики концентрации тестостерона и холестерина у самцов лисиц разных цветовых типов в постнатальном онтогенезе.

Материалы и методы. В исследовании использовали молодяк domesticированных лисиц (*Vulpes vulpes* L., 1758), разводимых в ООО «Зверохо-

зйство «Вятка» (Кировская обл., Россия). Из клинически здоровых самцов лисиц двух цветовых типов: серебристо-черного и красного сформировали 2 группы по 16 голов в каждой. Онтогенетическое развитие наблюдали у животных в возрасте с 45 дней до 10 месяцев. К 9-месячному возрасту звери становятся половозрелыми и участвуют в процессе размножения, который у лисиц бывает 1 раз в году – в январе–феврале. Кровь брали у лисиц в возрасте 45 дней, 4, 6, 9 и 10 месяцев, что по сезонам года соответствовало июлю, сентябрю, ноябрю, февралю и марту. В сыворотке крови определяли концентрацию тестостерона и холестерина. Тестостерон исследовали на автоматическом микроплашетном фотометре Immunochem-2100 (High Technology Inc., США). Холестерин в сыворотке крови определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Biochem SA» (США). Результаты обработаны статистическими методами. Для оценки значимости различий применяли критерий Mann-Whitney. Уровень статистической значимости полученных различий между сравниваемыми выборками принимали при $p < 0,05$.

Результаты исследований. Установлена сильная прямая статистическая связь ($r=0,993$) концентрации тестостерона в сыворотке крови между серебристо-черной и красной лисицами в процессе постнатального онтогенеза. При этом концентрация тестостерона у красной лисицы выше, чем у серебристо-черной ($p < 0,05$). Установлена сильная прямая связь ($r=0,880$, $p < 0,05$) концентрации холестерина в крови зверей от цветового окраса. В сыворотке крови самцов содержание тестостерона и холестерина тесно взаимосвязано как у серебристо-черных ($r=0,960$, $p < 0,05$), так и у красных лисиц ($r= 0,980$, $p < 0,05$).

Заключение. Данное исследование представляет новые данные о различиях в уровнях холестерина и тестостерона у лисиц разных цветовых типов. Эти результаты могут иметь важное значение для понимания биологических различий между разными видами и типами зверей, а также влияния гормональных изменений на общее здоровье и репродуктивные процессы.

Ключевые слова: тестостерон; холестерин; лисица; постнатальный онтогенез; цветовой тип; кровь

Для цитирования. Березина Ю.А., Беспярых О.Ю., Перевозчикова М.А., Плотников И.А., Домский И.А., Сюткина А.С. Динамика концентрации тестостерона и холестерина у лисиц (*Vulpes vulpes*) разных цветовых типов в постнатальном онтогенезе // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №4. С. 11-31. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-993

Original article

DYNAMICS OF TESTOSTERONE AND CHOLESTEROL CONCENTRATION IN FOXES (*VULPES VULPES*) OF DIFFERENT COLOR TYPES IN POSTNATAL ONTOGENESIS

*Yu.A. Berezina, O.Yu. Bespyatykh, M.A. Perevozchikova,
I.A. Plotnikov, I.A. Domskiy, A.S. Syutkina*

Background. Currently, a large amount of reference information has been accumulated in the field of physiology of fur-bearing animals. The morphology and biochemistry of blood, immunological parameters were studied in detail. At the same time, there is significantly less data on the endocrine system and its effect on reproduction, and there is no information on the dynamics of cholesterol and testosterone in male foxes of different color types. There are few publications, especially those related to ontogenesis, that would analyze the formation of steroidogenesis. Considering that in the literature data on the endocrine system and its influence on the reproduction of fur-bearing animals are found in isolated cases, and there is no information on the dynamics of cholesterol and testosterone in male foxes, it is of great scientific and practical interest to clarify the ontogenetic dynamics of testosterone concentration in foxes of different color types and its relationship with cholesterol due to the latter's direct participation in steroidogenesis. Therefore, the purpose of the study: to study the dynamics of testosterone and cholesterol concentrations in male foxes of different color types in postnatal ontogenesis.

Materials and methods. The studies were carried out in the veterinary laboratory of the Federal State Budgetary Institution VNIIOZ named after prof. B.M. Zhitkova (Kirov, Russia). The study used young domesticated foxes (*Vulpes vulpes* L., 1758), bred at Vyatka Animal Farm LLC (Kirov region, Russia). From clinically healthy male foxes of two color types: silver-black and red, 2 groups of 16 animals each were formed. Ontogenetic development was observed in animals aged from 45 days to 10 months. By the age of 9 months, animals become sexually mature and participate in the breeding process, which for foxes happens once a year - in January-February. Blood was taken from foxes at the age of 45 days, 4, 6, 9 and 10 months, which corresponded to the seasons of the year in July, September, November, February and March. The concentration of testosterone

and cholesterol in the blood serum was determined. Testosterone was studied on an automatic microplate photometer Immunochem-2100 (High Technology Inc., USA) by enzyme-linked immunosorbent assay using a test system produced by Hema-Medica LLC (Russia). Cholesterol in blood serum was determined on a semi-automatic biochemical analyzer "Biochem SA" (USA) using kits from "Ecoservice" (Russia). The results were processed by statistical methods. The Mann-Whitney test was used to assess the significance of differences. The level of statistical significance of the obtained differences between the compared samples was accepted at $p < 0.05$.

Research results. A strong direct statistical relationship ($r=0.993$) was established for the concentration of testosterone in the blood serum between silver-black and red foxes during postnatal ontogenesis. Moreover, the concentration of testosterone in the red fox is higher than in the silver-black one ($p < 0.05$). A strong direct relationship ($r=0.880$, $p < 0.05$) between the concentration of cholesterol in the blood of animals and the color color was established. In the blood serum of males, the content of testosterone and cholesterol is closely related in both silver-black ($r=0.960$, $p < 0.05$) and red foxes ($r=0.980$, $p < 0.05$).

Conclusion. This study provides new data on differences in cholesterol and testosterone levels in foxes of different color types. These results may have important implications for understanding the biological differences between different species and types of animals, as well as the impact of hormonal changes on overall health and reproductive processes.

Keywords: testosterone; cholesterol; fox; postnatal ontogenesis; color type; blood

For citation. Berezina Yu.A., Bespyatykh O.Yu., Perevozchikova M.A., Plotnikov I.A., Domskiy I.A., Syutkina A.S. Dynamics of testosterone and cholesterol concentrations in foxes (*Vulpes vulpes*) of different color types in postnatal ontogenesis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 4, pp. 11-31. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-993

Введение

Важной биологической особенностью лисиц является сезонность размножения. Лисица – это моноэстричное животное, которое даёт потомство один раз в год. Поэтому постнатальный онтогенез молодняка тесно взаимосвязан с сезонами года. Сезонные изменения в организме животных в наибольшей мере регулируются продолжительностью светового дня - самым постоянным из числа внешних раздражителей. Такие внешние; условия как: состав и количество корма, температура и другие также влияют на течение жизненных процессов, но они непостоянны.

Большое влияние на рост и развитие организма животных оказывает гормон тестостерон. Известно, что андрогены оказывают значительное влияние на организм, как в период пренатального, так и постнатального развития организма. В частности, у взрослых животных они поддерживают половую активность, определяют функцию яичек, простаты, семенников, качество спермы, участвуют в работе иммунной системы, поддержании гомеостаза, в регуляции метаболических процессов. Андрогены относятся к группе стероидных гормонов, которые играют важную роль в репродукции. Их биологическая роль связана со способностью стимулировать развитие мужских половых органов, а также осуществлять контроль за сперматогенезом. Биосинтез андрогенов осуществляется в основном в семенниках в интерстициальных клетках Лейдига. В их митохондриях холестерин превращается в прегненолон, из которого под действием ферментов образуется тестостерон [14; 16]. Кроме его важной роли в регуляции репродуктивной функции (обеспечение роста и функции аксессуарных половых органов, развитие вторичных половых признаков, формирование полового поведения), оказывает на организм и анаболическое действие, то есть стимулирует синтез белка, ускоряя рост тканей у молодых животных [9; 27].

В настоящее время накоплен большой объем справочной информации в области физиологии пушных зверей. Детально изучена морфология и биохимия крови [3-5; 18; 30], иммунологические показатели [6]. При этом данных об эндокринной системе и ее влиянии на репродукцию существенно меньше [7; 10; 11], а сведения по динамике холестерина и тестостерона у самцов лисиц отсутствуют. Мало публикаций, особенно касающихся онтогенеза, в которых бы анализировалось формирование стероидогенеза [15; 19].

Однако, по изучению концентрации тестостерона в крови других животных имеется достаточное количество работ [11; 12; 17; 19-20; 26]. В многочисленных исследованиях показана зависимость динамики уровня метаболитов от сезона года у разных видов животных [15; 26; 22] и у людей [21]. Поэтому уровень половых стероидных гормонов в плазме крови можно рассматривать как показатель активности гонад. Даже незначительное нарушение ритма секреции тестостерона или его малейший дефицит могут привести к торможению сперматогенеза [16; 25; 28; 29].

Учитывая, что в литературе данные об эндокринной системе и ее влиянии на репродукцию пушных зверей встречаются в единичных случаях [7; 10; 11], а сведения по влиянию холестерина на синтез тестостерона

у самцов лисиц отсутствуют, большой научный и практический интерес представляет выяснение онтогенетической динамики концентрации тестостерона у лисиц и его взаимосвязи с холестерином ввиду непосредственного участия последнего в стероидогенезе. Поэтому целью исследования было изложить общий взгляд на концентрацию тестостерона и холестерина у самцов лисиц разных цветовых типов и выявления взаимосвязи между гормональным фоном и липидным обменом в постнатальном онтогенезе.

Материалы и методики исследования

Исследования выполнены в лаборатории ветеринарии ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова. Взятие биоматериала производили у молодняка domesticированных лисиц (*Vulpes vulpes* L., 1758), разводимых в ООО «Зверохозяйство «Вятка» (Кировская обл.). Работа выполнена с соблюдением международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным [23], принципов гуманности, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/63/ЕС «О защите животных, использующихся для научных целей» [24]. Животных содержали в одинаковых условиях, кормили 1 раз в сутки кормосмесями, поение осуществлялось вволю из индивидуальных поилок. В зверохозяйстве разводят два основных цветовых типа лисиц: серебристо-черную и красную, которые заметно различаются между собой по экстерьеру, этологии и другим биологическим характеристикам.

Из клинически здоровых самцов лисиц серебристо-черного и красного окрасов сформировали 2 группы по 15 голов в каждой. Онтогенетическое развитие наблюдали у животных в возрасте с 45 дней до 10 месяцев. К 9-месячному возрасту звери становятся половозрелыми и участвуют в процессе размножения, который у лисиц бывает 1 раз в году – в январе–феврале. Кровь брали у лисиц в возрасте 45 дней, 4, 6, 9 и 10 месяцев, что по сезонам года соответствовало июлю, сентябрю, ноябрю, февралю и марту. Отбор проб крови из латеральной подкожной вены голени у зверей осуществляли утром до кормления. Из крови получали сыворотку путем центрифугирования в течение 20 минут при 1500 об/мин.

В сыворотке определяли концентрацию тестостерона и холестерина. Методика исследований тестостерона основывается на иммуноферментном анализе. Серологическую реакцию выполняли в стандартных полистироловых планшетах на автоматическом микропланшетном фотометре Immunochem-2100 (High Technology Inc., США) методом твердофазно-

го иммуноферментного анализа. Для иммуноферментного определения концентрации тестостерона в сыворотке крови использовали набор реагентов «ТЕСТОСТЕРОН-КС-ИФА» (Россия) предназначен для количественного определения концентрации тестостерона в сыворотке (плазме) крови кошек и собак (чувствительность: 0,25 нмоль/л., диапазон измерений: 0,5-100 нмоль/л). Концентрацию холестерина в сыворотке крови определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Biochem SA» (США) с помощью наборов фирмы «Экосервис» (Россия). Результаты обрабатывали с использованием пакета лицензионных прикладных программ MS Excel (Office 2019) «IBM SPSS Statistics 26». Проверка распределения данных осуществлялась с использованием критерия Шапиро-Уилка, рекомендованного при $n < 50$). Показатель степени связи между измерениями учитывали с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Учитывая малый объем выборки в каждой группе, при оценке однородности групп и достоверности различий средних между группами использовали непараметрический U-тест Манна-Уитни. Уровень статистической значимости полученных различий между сравниваемыми выборками принимали при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований свидетельствуют об общей тенденции изменения концентрации андрогенов в крови (рис. 1). Следует обратить внимание, что период размножения у диких плотоядных животных происходит только один раз в году. У лисиц спаривание проходит в основном в январе-феврале. В это время наблюдают максимальное морфофизиологическое развитие их половых органов. В другие периоды года у взрослых зверей половые органы уменьшаются в размере и соответствуют органам неполовозрелых животных. В них не образуются половые клетки, поэтому концентрация тестостерона в организме таких зверей находится на минимальном уровне. В наших исследованиях наименьший уровень гормона установлен в 2-месячном возрасте как у серебристо-черной, так у красной лисицы (соответственно, 0,275 и 0,337 нмоль/л). В конце лета с уменьшением светового дня начинается постепенное развитие половых органов, что связано с повышением в крови содержания половых гормонов. Концентрация тестостерона в сыворотке крови возрастала и составляла к 6-месячному возрасту (ноябрь) у серебристо-черной лисицы $4,125 \pm 0,405$, у красной лисицы - $5,862 \pm 0,816$ нмоль/л. У 62,5% серебристо-черных самцов концентрация тестостерона превышала 4,0 нмоль/л и варьировала от

4,0 до 8,8 нмоль/л, у 68,8% красных лисиц уровень этого показателя варьировал от 4,0 до 15,3 нмоль/л. В работе Деминой описана схожая картина изменения концентрации тестостерона в онтогенезе у норок. Но в наших исследованиях у самцов лисиц к 6-месячному возрасту уровень содержания тестостерона в крови выше, чем у норок (529 ± 96 пг/мл) [10].

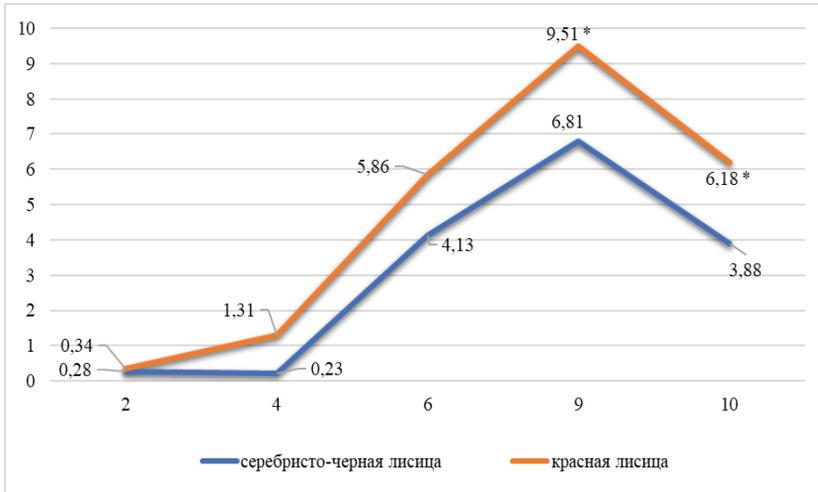


Рис. 1. Концентрация тестостерона в сыворотке крови самцов лисиц разных цветовых окрасов

По оси абсцисс – возраст лисиц в месяцах; по оси ординат – концентрация тестостерона в нмоль/л;

* – различия между лисицами разного окраса статистически значимы, $p < 0,05$

С конца лета происходит увеличение органов размножения, развитие сперматогенеза. К началу периода размножения (январь-февраль) семенники и предстательная железа животных заканчивают свое развитие. Самец становится половозрелым. Повышение уровня половых гормонов в этом возрасте играет важную роль в поддержании репродуктивной функции организма животного. Максимальные значения концентрации тестостерона в сыворотке крови самцов зарегистрировали у зверей в 9-месячном возрасте (февраль), то есть в период размножения. У серебристо-черных лисиц уровень содержания этого показателя достиг $6,806 \pm 0,302$ нмоль/л, у красных лисиц – значительно выше – $9,512 \pm 0,499$ нмоль/л ($p < 0,05$). У 68,8% серебристо-черных лисиц в крови определили концентрацию тестостерона выше 6,0 нмоль/л с колебаниями от 6,0 до

9,3 нмоль/л, у 75% красных лисиц зарегистрировали значения показателя от 8,9 до 12,0 нмоль/л. В сравнении с самцами лисиц, у самцов норок в феврале отмечен более низкий уровень тестостерона в сыворотке крови – 2077 ± 157 пг/мл [10].

После завершения периода размножения половая активность самцов снижается, происходит уменьшение спермопродукции, в сперме могут появляться патологические сперматозоиды. В это время наблюдали уменьшение концентрации полового гормона в крови, причем в значительной степени у серебристо-черных лисиц по сравнению с красными. Выявлено, что в марте концентрация тестостерона в крови серебристо-черных лисиц снижалась до 3,881 нмоль/л, красных лисиц – до 6,181 нмоль/л ($p < 0,05$). Таким образом, концентрация тестостерона в сыворотке крови самцов красной лисицы на всех этапах постнатального онтогенеза выше, чем у серебристо-черной лисицы ($p < 0,05$).

Шульгина (2002) в исследованиях концентрации тестостерона в крови соболей также отмечала возрастные и сезонные изменения половых гормонов. У самцов соболей хорошо видны периоды активизации гонад в период размножения (июнь-июль) с последующим осенним уменьшением уровня гормонов [19]. У песцов описана возрастная динамика уровня половых гормонов в постнатальном онтогенезе, характеризующаяся в начале повышением его концентрации в крови (к 3-у году жизни), а затем уменьшением (к 8-у году жизни). Эти данные согласуются с данными об основном обмене у других животных в раннем возрасте. У всех не зрелорождающихся детенышей млекопитающих уровень основного обмена повышен от момента рождения до определенного возраста с последующим его снижением по мере старения организма [13]. Таким образом, с литературными данными согласуется изменение концентрации половых гормонов у самцов лисиц, имеющее выраженную возрастную динамику.

Изучению изменения концентрации тестостерона у животных разных линий и цветовых окрасов посвящено незначительное количество публикаций. Так, в работе авторов [8] отмечена зависимость уровня тестостерона у быков, принадлежащих разным линиям. Показано, что по всем исследуемым показателям, бычки линии Голубок превосходили животных, полученных от быка линии Персей. Концентрация тестостерона у них увеличивалась в процессе постнатального онтогенеза, достигая максимальных значений в возрасте от 6 до 12 месяцев. Данный факт, вероятно, связан с особенностями полового созревания бычков разных линий. Наши данные согласуются с данными автора, так как разные цветовые типы лисиц в

ходе постнатального онтогенеза имели статистически значимые различия в концентрации тестостерона в сыворотке крови.

Установлена сильная прямая связь ($r=0,993$) в изменениях концентрации тестостерона между серебристо-черной и красной лисицами на разных этапах постнатального онтогенеза. Концентрация тестостерона у красной лисицы в 9-месячном возрасте составляла $9,512 \pm 0,4987$ нмоль/л (период размножения), что существенно выше ($p < 0,05$), чем у серебристо-черной лисицы ($6,806 \pm 0,302$ нмоль/л).

Колебание концентрации тестостерона в сыворотке крови лисиц обусловлены перестройкой организма в критические этапы постнатального онтогенеза и в разные сезоны года, что подтверждается результатами исследования других авторов [1; 2; 11].

В процессе постнатального онтогенеза животных также происходит изменение концентрации холестерина в крови (рис. 2). Его минимальные значения наблюдали у 2-месячных самцов серебристо-черных ($3,32 \pm 0,19$ мкмоль/л) и красных лисиц ($3,37 \pm 0,13$ мкмоль/л). С ростом животного происходило статистически значимое ($p < 0,01$) постепенное повышение уровня данного показателя до максимальных значений у самцов 9-месячного возраста (февраль), что приходилось на период размножения лисиц. У серебристо-черных лисиц регистрировали в сыворотке крови $5,92 \pm 0,38$ мкмоль/л холестерина, у красных лисиц – $6,14 \pm 0,41$ мкмоль/л. После завершения периода размножения уровень содержания холестерина в крови несколько снижался и равнялся у самцов серебристо-черной лисицы $4,8 \pm 0,27$ мкмоль/л, у красной – $5,5 \pm 0,32$ мкмоль/л. Таким образом, концентрация холестерина в сыворотке крови самцов красной лисицы почти на всех этапах постнатального онтогенеза выше, чем у серебристо-черной лисицы. Выявлена сильная прямая связь ($r=0,880$, $p < 0,05$) концентрации холестерина в крови в процессе постнатального онтогенеза от цветового типа лисиц.

На основании результатов проведенных исследований можно заключить, что у самцов лисиц независимо от цветового типа содержание в крови тестостерона и холестерина взаимосвязано. Динамика концентрации холестерина в сыворотке крови соответствует динамике тестостерона. Так, в крови серебристо-черных лисиц уровень содержания холестерина повысился в 1,4 раза, у красных лисиц – в 1,6 раза. Концентрация тестостерона возросла, соответственно, в 14 и 18 раз. Установлена сильная прямая связь между значениями холестерина и тестостерона у самцов лисиц разных цветовых типов: $r=0,960$ ($p < 0,05$) у серебристо-черной и $r=0,981$ ($p < 0,05$) у красной лисицы.

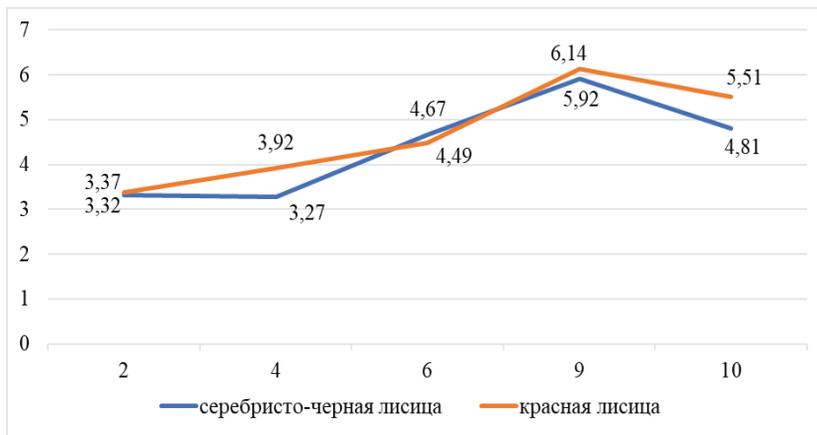


Рис. 2. Концентрация холестерина в сыворотке крови самцов лисиц разных цветовых окрасов
По оси абсцисс – возраст лисиц в месяцах; по оси ординат – концентрация холестерина в ммоль/л

Полученные результаты согласуются с литературными данными. Например, Амерханов (2014) обнаружил взаимосвязь тестостерона и холестерина в сыворотке крови у быков-производителей в зависимости от сезона года и выявил определенные закономерности [2]. В работах автора [7] показана зависимость концентрации холестерина в крови коров от эстральных циклов. Она установила изменения концентрации общего холестерина в крови коров, которые необходимы для создания условий для восстановления полноценных эстральных циклов после родов и дальнейшего оплодотворения. Кроме того, она предложила на основании изменения уровня холестерина в ходе полового цикла определять течку у коров для их успешного осеменения.

Выводы

На основании полученных результатов исследования концентрации тестостерона у различных цветовых типов лисиц – серебристо-черной и красной, можно сделать вывод о различиях в уровнях этого гормона в крови на разных этапах их онтогенеза. Результаты исследования показывают более высокие значения у красных лисиц по сравнению с серебристо-черными. Важно также учитывать, что эти различия могут оказать влияние на поведение и физиологию каждого цветового типа в разные периоды года,

что добавляет новые аспекты в понимание их развития и приспособления к окружающей среде.

Полученные данные подчеркивают значимые различия в биологических особенностях разных цветовых типов лисиц, особенно в контексте репродуктивного периода. Уровень тестостерона у красных лисиц оказывается стабильно выше, что может указывать на более выраженную половую активность или другие адаптивные особенности в сравнении с серебристо-черными лисицами.

Также полученные данные отражают значительные различия в уровне холестерина у различных цветовых типов лисиц – серебристо-черной и красной на разных этапах их онтогенеза. Уровень холестерина у красных лисиц оказывается стабильно выше, начиная с минимальных значений в 2-месячном возрасте и достигая пика в период размножения (9-месячный возраст). Это отличие сохраняется и после завершения периода размножения, где уровень холестерина у красных лисиц остается выше по сравнению с серебристо-черными. Повышенный уровень холестерина у красных лисиц может быть связан с их особыми физиологическими или метаболическими особенностями, что может оказывать влияние на их репродуктивную функцию или общую жизнеспособность в сравнении с серебристо-черными лисицами.

Сильная прямая связь между значениями холестерина и тестостерона у обоих цветовых типов лисиц указывает на возможную взаимосвязь между этими двумя показателями в процессе онтогенеза. Их динамика коррелирует, что может указывать на функциональные и биохимические связи между процессами метаболизма и репродуктивной активностью у лисиц.

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве. Работа выполнена в рамках государственного задания 0766-2014-0006 «Разработка новых и совершенствование существующих средств и методов борьбы с массовыми инфекционными болезнями молодняка животных на основе изучения их этиологической структуры, факторов патогенности возбудителей, закономерностей формирования иммунитета» соответствии с Планом ФНИ.

Список литературы

1. Абилов А.И., Ескин Г.В., Комбарова Н.А. Концентрация эстрадиола в крови быков и его влияние на спермопродукцию и результативность осемене-

- ния // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 830–836. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.6.830rus>
2. Амерханов Х.А. Содержание тестостерона и холестерина в сыворотке крови у быков-производителей в зависимости от типа продуктивности, возраста и сезона года // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 2. С. 59–66. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2014.2.59rus>
 3. Березина Ю.А., Кокорина А.Е., Плотников И.А., Окулова И.И., Бельтюкова З.Н., Кошурникова М.А., Беспятовых О.Ю. Сезонные особенности гематологических показателей крови у взрослого вуалегового песца в условиях Волго-Вятского региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 32–37. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-11005>
 4. Березина Ю.А., Кошурникова М.А., Домский И.А., Беспятовых О.Ю. Биохимические показатели крови взрослого вуалегового песца в зависимости от пола и сезона // Ветеринария. 2016. № 1. С. 41–43.
 5. Березина Ю.А., Кошурникова М.А., Домский И.А., Беспятовых О.Ю. Биохимическая картина крови взрослых песцов разного пола и цветовых окрасов // Пермский аграрный вестник. 2015. № 3 (11). С. 54–58.
 6. Березина Ю.А., Бельтюкова З.Н., Домский И.А. Динамика Т- и В-лимфоцитов у песцов и лисиц в онтогенезе // Кролиководство и звероводство. 2006. № 6. С. 24–25.
 7. Василенко Т.Ф. Метаболическое обеспечение формирования эстральных циклов у животных в период полового созревания // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2011. Выпуск 4(8). С. 48–51.
 8. Вострухина Ю.Ю., Еременко В.И. Динамика биохимических показателей крови у бычков разных линий в онтогенезе // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2. С. 72–74.
 9. Георгиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат. 1990. 510 с.
 10. Демина Т.М. Отбор племенных самцов норок (*Mustela vison* Schreber, 1777) на основе особенностей индивидуального развития // Информационный вестник ВОГиС. 2007. Т. 11. № 1. С. 205–211.
 11. Каштиго Ж.Л. Половые гормоны собак в связи с сезоном года // Ветеринарная медицина. 2006. № 2–3. С. 32–33.
 12. Кобзева М.В., Джандарова Т.И. Особенности возрастной динамики кортико-стероидов, эстрадиола и тестостерона в крови у потомков от крыс-матерей с гипопаратиреозом // Наука. Инновации. Технологии. 2016. № 2. С. 173–178.
 13. Махинко В.И., Никитин В.Н. Обмен веществ и энергии в онтогенезе // В кн.: Возрастная физиология. Л.: Наука. 1975. С. 221–259.

14. Осадчук Л.В., Кузнецова Н.Н., Клещев М.А., Осадчук А.В. Исследование показателей сперматогенеза и гормонального статуса у молодых мужчин западной Сибири // Экспериментальная и клиническая урология. 2016. № 4. С. 74–79.
15. Пушкарев Н.Н. Уровень и динамика половых гормонов у коз оренбургской породы с возрастом // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 2 (52). Ч. 2. С. 185–187.
16. Свердлофф Р., Бхасин Ш. Нарушение половой функции у мужчин // В кн.: Эндокринология. М., 1999. С. 369–403.
17. Силкин И.И. Морфофункциональная характеристика мускусовой препуциальной железы самца ондатры в зависимости от половой активности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 10 (146). С. 129–133.
18. Халтурина Л.В. Гормонально-иммунологический профиль быков-производителей в зависимости от их возраста // Аграрный вестник Урала. 2012. № 9(101). С. 20–22.
19. Шульгина Н.К. Сезонно-возрастные изменения уровня половых гормонов в крови соболей (*Mustelera zibellina*, Linnaeus, 1758) // В кн.: Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. Киров. 2002. С. 494–495.
20. Шульгина Н.К. Структура яичников и уровень гормонов у лисиц и песцов различного возраста // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. № 6. С. 63–64.
21. Andersson A.M., Carlsen E., Petersen J.H., Skakkebaek N.S. Variation in levels of serum inhibin B, testosterone, estradiol, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, and sex hormone-binding globulin in monthly samples from healthy men during a 17-month period: possible effects of seasons // Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 2003, vol. 88, pp. 932–937. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-020838>
22. Chacur M.G.M., Mizusaki K.T., Gabriel Filho L.R.A., Oba E., Ramos A.A. Seasonal effects on semen and testosterone in Zebu and Taurine bulls // Acta Scientiae Veterinariae, 2013, vol. 41, p. 1110.
23. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013.
24. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, 2010.
25. Heidary F., Kholghi M., Rostam Zade Y. Analysis of the effect of blood testosterone on sex chromosome ratio in Holstein cattle // Reproduction in domestic animals, 2014, vol. 49 (3), p. 71.

26. Javed M.T., Abrar K., Mumtaz A. Influence of season on seminal plasma testosterone and oestrogen in healthy and abnormal bulls and their relationship with other semen parameters // *Veterinary Archive*, 2000, vol. 70 (3), pp. 141–149.
27. Jin K. Modern biological theories of aging // *Aging and disease*, 2010, vol. 1 (2), pp. 72–74.
28. Korhonen H., Niemela P., Siirila P. Temperament and reproductive performance in farmed sable // *Agricultural and food science in Finland*, 2001, vol. 10, no. 2, pp. 91–98. <https://doi.org/10.23986/afsci.5685>
29. McBride J.A., Carson C.C., Coward R.M. Diagnosis and management of testosterone deficiency // *Asian Journal of Andrology*, 2015, vol. 17 (2), pp. 177–186 <https://doi.org/10.4103/1008-682X.143317>
30. Piotrowska A.I., Szymeczko R., Ozgo M., Bogusławska-Tryk M., Burlikowska K. Morphological and mineral characteristics of peripheral blood in female polar fox in relation to age // *Folia biologica*, 2008, vol. 56 (3–4), pp. 263–267. https://doi.org/10.3409/fb.56_3-4.263-267

References

1. Abilov A.I., Eskin G.V., Kombarova N.A. Koncentraciya e`stradiola v krovi by`kov i ego vliyanie na spermoprodukciju i rezul`tativnost` osemeneniya [Concentration of estradiol in the blood of bulls and its effect on sperm production and insemination efficiency]. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology] 2016, vol. 51, no. 6, pp. 830–836. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.6.830rus>
2. Amerhanov H.A. Soderzhanie testosterona i xolesterina v sy`vorotke krovi u by`kov-proizvoditelej v zavisimosti ot tipa produktivnosti, vozrasta i sezona goda [Content of testosterone and cholesterol in the blood serum of breeding buoys depending on the type of productivity, age and season of the year]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2014, vol. 49, no. 2, pp. 59–66. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.2.59rus>
3. Berezina Yu.A., Beltukova Z.N., Domsy I.A. Dinamika T- i V-limfocitov u peshczov i lisicz v ontogeneze [Dynamics of T- and B-lymphocytes in arctic foxes and foxes during ontogenesis]. *Krolkovodstvo i Zverovodstvo* [Rabbit breeding and fur farming], 2006, no. 6, pp. 24-25.
4. Berezina Yu.A., Beltukova Z.N., Domsy I.A., Bespyatykh O.Y. Bioximicheskaya kartina krovi vzrosly`x peshczov raznogo pola i czvetovy`x okrasov [Biochemical picture of the blood of adult Arctic foxes of different sexes and colors]. *Permsky Agrarny Vestnik* [Perm Agrarian Bulletin], 2015, no. 3(11), pp. 54-58.
5. Berezina Yu.A., Kokorina A.E., Plotnikov I.A., Okulova I.I., Beltyukova Z.N., Koshurnikova M.A., Bespyatykh O.Y. Sezonnny`e osobennosti gemato-

- logicheskix pokazatelej krovi u vzroslogo vualevogo pescza v usloviyax Volgo-Vyatskogo regiona [Seasonal features of hematological blood parameters in an adult veiled Arctic fox in the Volga-Vyatka region]. *Dalnevostochny Agrarny Vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin], 2019, no. 1(49), pp. 32-37.
6. Berezina Yu.A., Koshurnikova M.A., Domsy I.A., Bespyatykh O.Y. Bioximicheskie pokazateli krovi vzroslogo vualevogo pescza v zavisimosti ot pola i sezona [Biochemical blood parameters of an adult veiled Arctic fox depending on gender and season]. *Veterinariya* [Veterinary], 2016, no. 1, pp. 41-43.
 7. Vasilenko T.F. Metabolicheskoe obespechenie formirovaniya e'stral'ny'x ciklov u zhivotny'x v period polovogo sozrevaniya [Metabolic support for the formation of estrous cycles in animals during puberty]. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN* [News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 2011, no. 4(8), pp. 48-51.
 8. Vostruhina Yu.Yu. Dinamika bioximicheskix pokazatelej krovi u by'chkov razny'x linij v ontogeneze [Dynamics of biochemical blood parameters in whippers of different lines in ontogenesis]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 2011, no. 2, pp. 72-74.
 9. Georgievskiy V.I. *Fiziologiya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh* [Physiology of farm animals]. Moscow: Agropromizdat, 1990, 510 p.
 10. Demina T.M. Otkor plemennykh samtsov norok (*Mustela vison Schreber, 1777*) na osnove osobennostey individual'nogo razvitiya [Selection of breeding male minks (*Mustela vison Schreber, 1777*) based on individual developmental characteristics]. *Informatsionnyy vestnik VOGiS* [VOGiS Information Bulletin], 2007, no. 11(1), pp. 205-211.
 11. Kashtigo Z.L. Polovye gormony sobak v svyazi s sezonom goda [Sex hormones of dogs in connection with the season of the year]. *Veterinarnaya meditsina* [Veterinary medicine], 2006, no. 2-3, pp. 32-33.
 12. Kobyzeva M.V., Dzhandarova T.I. Osobennosti vozrastnoj dinamiki kortikosteroidov, e'stradiola i testosterona v krovi u potomkov ot kry's-materej s gipoparatirozom Osobennosti vozrastnoj dinamiki kortikosteroidov, e'stradiola i testosterona v krovi u potomkov ot kry's-materej s gipoparatirozom [Features of age-related dynamics of corticosteroids, estradiol and testosterone in the blood in offspring from rat mothers with hypoparathyroidism]. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii* [The science. Innovation. Technologies], 2016, no. 2, pp. 173-178.
 13. Mahinko V.I., Nikitin V.N. Obmen veshhestv i e'nergii v ontogeneze [Metabolism and its energies in ontogenesis]. *Vozrastnaya fiziologiya* [Age physiology]. L.: Nauka, 1975, pp. 221-259.

14. Osadchuk L.V., Kuznecova N.N., Kleshchev M.A., Osadchuk A.V. Issledovanie pokazatelej spermatogeneza i gormonal'nogo statusa u molody'x muzhchin zapadnoj Sibiri [Study of spermatogenesis and hormonal status in young men of Western Siberia]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya* [Experimental and clinical urology], 2016, no. 4, pp. 74–79.
15. Pushkarev N.N. Uroven' i dinamika polovy'x gormonov u koz orenburgskoj porodny' s vozrastom [Levels and dynamics of sex hormones in Orenburg goats with age]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [News of Orenburg State University], 2015, no. 2 (52), part 2, pp. 185–187.
16. Sverdlhoff R., Bhasin Sh. *Endokrinologiya* [Endocrinology]. M., 1999, pp. 369–403.
17. Silkin I.I. Morfofunktsional'naya kharakteristika muskusnoy preputsal'noy zhelezy samtsa ondatry v zavisimosti ot polovoy aktivnosti [Morphofunctional characteristics of the musk preputial gland of a male muskrat depending on sexual activity]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2012, no. 10 (146), pp. 129–133.
18. Khalturnina L.V. Gormonal'no-immunologicheskii profil' bykov-proizvoditeley v zavisimosti ot ikh vozrasta [Hormonal-immunological profile of breeding buoys depending on their age]. *Agrarnyy Vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2012, no. 9(101), pp. 20–22.
19. Shul'gina N.K. Sezonno-vozzrastnye izmeneniya urovnya polovykh gormonov v krovi soboley (*Mustela zibellina*, Linnaeus, 1758) [Seasonal and age-related changes in the level of sex hormones in the blood of sables (*Mustela cibellina*, Linnaeus, 1758)]. *Sovremennye problemy prirodopol'zovaniya, ohotovedeniya i zverovodstva* [Modern problems of environmental management, hunting and fur farming]. Kirov, 2002, pp. 494–495.
20. Shul'gina N.K. Struktura yaichnikov i uroven' gormonov u lisits i pestsov razlichnogo vozrasta [Structure of the ovaries and hormone levels in foxes and arctic foxes of different ages]. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skhoz'yajstvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2006, no. 6, pp. 63–64.
21. Andersson A.M., Carlsen E., Petersen J.H., Skakkebaek N.S. Variation in levels of serum inhibin B, testosterone, estradiol, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, and sex hormone-binding globulin in monthly samples from healthy men during a 17-month period: possible effects of seasons. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2003, vol. 88, pp. 932–937. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-020838>
22. Chacur M.G.M., Mizusaki K.T., Gabriel Filho L.R.A., Oba E., Ramos A.A. Seasonal effects on semen and testosterone in Zebu and Taurine bulls. *Acta Scientiae Veterinariae*, 2013, vol. 41, p. 1110.

23. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013.
24. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, 2010.
25. Heidary F., Kholghi M., Rostam Zade Y. Analysis of the effect of blood testosterone on sex chromosome ratio in Holstein cattle. *Reproduction in domestic animals*, 2014, vol. 49 (3), p. 71.
26. Javed M.T., Abrar K., Mumtaz A. Influence of season on seminal plasma testosterone and oestrogen in healthy and abnormal bulls and their relationship with other semen parameters. *Veterinary Archive*, 2000, vol. 70 (3), pp. 141–149.
27. Jin K. Modern biological theories of aging. *Aging and disease*, 2010, vol. 1 (2), pp. 72–74.
28. Korhonen H., Niemela P., Siirila P. Temperament and reproductive performance in farmed sable. *Agricultural and food science in Finland*, 2001, vol. 10, no. 2, pp. 91–98. <https://doi.org/10.23986/afsci.5685>
29. McBride J.A., Carson C.C., Coward R.M. Diagnosis and management of testosterone deficiency. *Asian Journal of Andrology*, 2015, vol. 17 (2), pp. 177–186. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.143317>
30. Piotrowska A.I., Szymeczko R., Ozgo M., Bogusławska-Tryk M., Burlikowska K. Morphological and mineral characteristics of peripheral blood in female polar fox in relation to age. *Folia biologica*, 2008, vol. 56 (3–4), pp. 263–267. https://doi.org/10.3409/fb.56_3-4.263-267

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Березина Юлия Анатольевна, канд. вет. наук, с.н.с. лаборатории ветеринарии

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова»
ул. Преображенская, 79, г. Киров, 610000, Российская Федерация
uliyu180775@bk.ru*

Беспятых Олег Юрьевич, д-р биол. наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
ул. Орловская, 12, г. Киров, 610002, Российская Федерация
oleg-bp@mail.ru

Перевозчикова Мария Александровна, канд. вет. наук, с.н.с. лаборатории ветеринарии
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова»
ул. Преображенская, 79, г. Киров, 610000, Российская Федерация
bio.vniioz@mail.ru

Плотников Игорь Аркадьевич, д-р биол. наук, заведующий лабораторией разведения пушных зверей
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова»
ул. Преображенская, 79, г. Киров, 610000, Российская Федерация
bio.vniioz@mail.ru

Домский Игорь Александрович, д-р вет. наук, проф., член-корр. РАН, директор
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова»
ул. Преображенская, 79, г. Киров, 610000, Российская Федерация
bio.vniioz@mail.ru

Сюткина Анна Сергеевна, канд. вет. наук, с.н.с. лаборатории ветеринарии
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова»
ул. Преображенская, 79, г. Киров, 610000, Российская Федерация
bio.vniioz@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuliya A. Berezina, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher
Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov
79, Preobrazhenskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

uliyal80775@bk.ru

SPIN-code: 3840-8946

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5082-716X>

Oleg Yu. Bespyatykh, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines

Vyatka State University

12, Orlovskaya Str., Kirov, 610002, Russian Federation

oleg-bp@mail.ru

SPIN-code: 7225-9199

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4539-7385>

Scopus Author ID: 57202912681

Researcher ID: AAP-1307-2020

Maria A. Perevozchikova, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher

Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov

79, Preobrazhenskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

bio.vniioz@mail.ru

SPIN-code: 3931-2574

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3638-3712>

Igor A. Plotnikov, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading researcher Head of the Laboratory for Breeding Fur Animals

Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov

79, Preobrazhenskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

bio.vniioz@mail.ru

SPIN-code: 2799-5286

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0458-5029>

Researcher ID: AEC -7133-2022

Igor A. Domsy, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director

Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov

79, Preobrazhenskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation

bio.vniioz@mail.ru

SPIN-code: 8337-8592

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1633-1341>

Scopus Author ID: 36113058200,

Researcher ID: AAB-6829-2020

Anna S. Syutkina, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher
*Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming
(VNIIOZ) named after prof. B.M. Zhitkov
79, Preobrazhenskaya Str., Kirov, 610000, Russian Federation
bio.vniioz@mail.ru
SPIN-code: 2458-5268*

Поступила 25.03.2024

После рецензирования 11.04.2024

Принята 20.04.2024

Received 25.03.2024

Revised 11.04.2024

Accepted 20.04.2024