

Ю. А. Березина¹, О. Ю. Беспярых^{1,2}, А. С. Сюткина¹, И. И. Окулова¹, М. А. Перевозчикова¹,
И. А. Плотников¹, И. А. Домский¹

Возрастная динамика биохимического профиля помесных лисиц цветового типа красный мрамор

Аннотация.

Цель: изучение изменений биохимического профиля у помесных щенков лисиц цветового типа красный мрамор в постнатальном онтогенезе.

Материалы и методы. Объектом для исследований послужили щенки лисиц, полученные от скрещивания типов: красная огневка вятская (самка) и арктический мрамор (самец). Работа проводилась на базе ООО «Звероводческое племенное хозяйство «Вятка» Кировской области. Животных выращивали в одинаковых условиях клеточного содержания по принятой в хозяйстве технологии на сбалансированных рационах с учетом возрастных потребностей. Методом аналогов были сформированы группы из самцов ($n=10$) и самок ($n=10$). Кровь брали у животных в возрасте 45 дней (июнь), 4 (август) и 6 месяцев (октябрь) из латеральной подкожной вены голени в вакуумные пробирки с активатором сгустка. Для получения сведений о функциональном состоянии организма были выбраны биохимические тесты, которые достоверно отражают состояние обменных процессов в организме: общий белок, альбумины, аланинаминотрансфераза (АлАТ), аспартатаминотрансфераза (АсАТ), щелочная фосфатаза, α -амилаза, холестерин, мочевины, креатинин.

Результаты. Установлено, что данные метаболиты у помесных лисиц цветового типа красный мрамор находились в общепринятых границах физиологической нормы для лисиц. Исследование динамики уровней АлАТ (аланинаминотрансферазы) и АсАТ (аспартатаминотрансферазы) у самок и самцов лисиц выявило общие закономерности в их изменениях в процессе роста и развития. Снижение уровня ферментов к 4-месячному возрасту и повышение к 6-ти месяцам, свидетельствует о более интенсивных метаболических процессах в организме лисиц, особенно в преддверии зимнего периода, что может быть связано с накоплением массы тела для поддержания энергии в холодные месяцы. У самок и самцов отмечается значительное снижение уровня щелочной фосфатазы с возрастом, достигая снижения у самок на 30 % ($p \leq 0,05$) к 4-х месячному и 56,54 % ($p \leq 0,05$) к 6-ти месячному возрасту и у самцов на 33,06 % ($p \leq 0,05$) к 4-месячному и 51,76 % ($p \leq 0,05$) к 6-месячному, соответственно, относительно уровня, отмеченного у 1,5 месячных щенков. У самок отмечается относительное снижение общего белка на 24,8 % ($p \leq 0,05$) между возрастом 1,5 и 4 месяцами, а затем увеличение на 4,7 % к 6-ти месяцам. У самцов также наблюдается схожая тенденция со снижением уровня общего белка на 38,9 % ($p \leq 0,05$) к 4-м месяцам, а затем возвращением концентрации к уровню 1,5 месячных щенков, с разницей в 6,6 %. Таким образом, динамика изменения изученных биохимических показателей у самок и самцов лисиц свидетельствует не только о физиологическом развитии организма в процессе роста, но также подчеркивает адаптивные изменения, что может иметь важное значение для понимания их метаболических процессов и общего состояния здоровья.

Ключевые слова: помесные щенки красный мрамор, огневка вятская, помеси, биохимия крови, онтогенез, половой диморфизм.

Авторы:

Березина Ю. А. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: uliya180775@bk.ru;

Беспярых О. Ю. – доктор биологических наук; e-mail: oleg.-b@mail.ru;

Сюткина А. С. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: annasiutkina@yandex.ru;

Окулова И. И. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: okulova_i@mail.ru;

Перевозчикова М. А. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: koshurnikova@vniioz-kirov.ru;

Плотников И. А. – доктор биологических наук; e-mail: bio.vniioz@mail.ru;

Домский И. А. – доктор ветеринарных наук, профессор; e-mail: vniioz43@mail.ru.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова; 610000, Россия, г. Киров, ул. Преображенская, 79.

²Вятский государственный университет; 610000, Россия, г. Киров, ул. Орловская, 12.

Введение. Важной особенностью любого организма является его способность к адаптации к природным факторам среды и к многообразию их проявлений на каждом этапе онтогенетического развития, которую отражает картина крови [1–4]. Находящиеся в определенных физиологических пределах компоненты крови у здорового животного при заболевании изменяют свой баланс в какую-либо сторону, что является основополагающим принципом в диагностических исследованиях крови [5–7]. На изменение условий среды, в первую очередь, реагирует ферментная система организма [6–8], при этом у животных явные клинические признаки еще не наблюдаются.

Таким образом, изучение биохимических показателей крови у клеточных лисиц играет ключевую роль в обеспечении их здоровья, диагностике и предотвращении заболеваний.

Сведений об изменениях биохимических индикаторов крови у помесных лисиц не найдено в доступной литературе последних лет, что свидетельствует о наличии «белых пятен» в этой области и необходимости их устранения. Существует обширная информация по изучению товарных свойств шкурок и качества опушения у цветных форм лисиц [9, 10]. Таким образом, изучение онтогенетических изменений биохимического профиля крови значительно расширит знание о физиологических особенностях организма лисицы и будет способствовать пополнению новыми данными базы системы мониторинга состояния здоровья пушных зверей, использование которой позволяет повысить продуктивность и сохранность животных [11–13].

Цель исследования — изучение изменений биохимического профиля у помесных щенков лисиц цветового типа красный мрамор в постнатальном онтогенезе.

Материалы и методы. Объектом для исследований послужили щенки лисиц, полученные от скрещивания типов: красная огневка вятская (самка) и арктический мрамор (самец). Основная окраска щенков красных мраморных лисиц белая с кирпично-красным рисунком на морде в виде «маски», на спине в виде полосы различной ширины, которая спускается от плеч до конца спины, иногда заходя на хвост. Подпушь светло-серая или серо-голубая. Грудь, передние, задние лапы и живот — белые. Уши и основание хвоста — черные. Кончики лап имеют отдельные пигментированные пятна [14, 15]. Работа проводилась на базе ООО «Звероводческое племенное хозяйство «Вятка» Кировской области. Животных выращивали в одинаковых условиях клеточного содержания по принятой в хозяйстве технологии на сбалансированных рационах с учетом возрастных потребно-

стей [16]. Методом аналогов были сформированы группы из самцов ($n=10$) и самок ($n=10$). Кровь брали у животных в возрасте 45 дней (июнь), 4 (август) и 6 месяцев (октябрь) из латеральной подкожной вены голени в вакуумные пробирки с активатором сгустка фирмы Апекс-лаб (Китай). Исследования проводились в лаборатории ветеринарии ФГБНУ Всероссийского НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. профессора Б. М. Житкова (Кировская обл.). Пробы центрифугировали в течение 20 минут при 1500 об/мин и получали сыворотку. Биохимические исследования проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Biochem SA» (США) с использованием наборов реактивов фирмы «High Technology» (США). Для получения сведений о функциональном состоянии организма были выбраны биохимические тесты, которые достоверно отражают состояние обменных процессов в организме: общий белок, альбумины, аланинаминотрансфераза (АлАТ), аспартатаминотрансфераза (АсАТ), щелочная фосфатаза, α -амилаза, холестерин, мочевины, креатинин.

Полученные данные обрабатывали статистическими методами, используя пакеты программ MS Excel (Office 2019) и IBM SPSS Statistics 26. Данные были обобщены в среднее ($\bar{X}$), стандартное отклонение (SD), минимальное и максимальное значения ($X_{min} - X_{max}$), интерквартильные размахи quartile Range (разница между 75-м и 25-е процентилями). Оценку однородности групп и различий между группами проводили с помощью t -критерия Стьюдента при уровне статистической значимости $p < 0,05$ [17]. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципом Базельской декларации.

Результаты и обсуждение. Средние величины и интерквартильные размахи quartile Range (разница между 75-м и 25-е процентилями) биохимических показателей помесных лисиц цветового типа красный мрамор в возрасте 1,5, 4 и 6 месяцев представлены в рисунках 1–5. Показатели обмена веществ варьировали в общепринятых границах физиологической нормы лисиц [18–22].

Активность сывороточных трансаминаз проявляла свои уникальные черты в разные периоды онтогенеза животных (рис. 1). Согласно исследованию А. Н. Сегаль (1976), динамика изменения уровней аланинаминотрансферазы (АлАТ) и аспартатаминотрансферазы (АсАТ) тесно связана с фазой роста зверей и осенним увеличением веса [23]. В процессе роста и развития как у самок, так и у самцов наблюдается схожая динамика в изменении АлАТ.

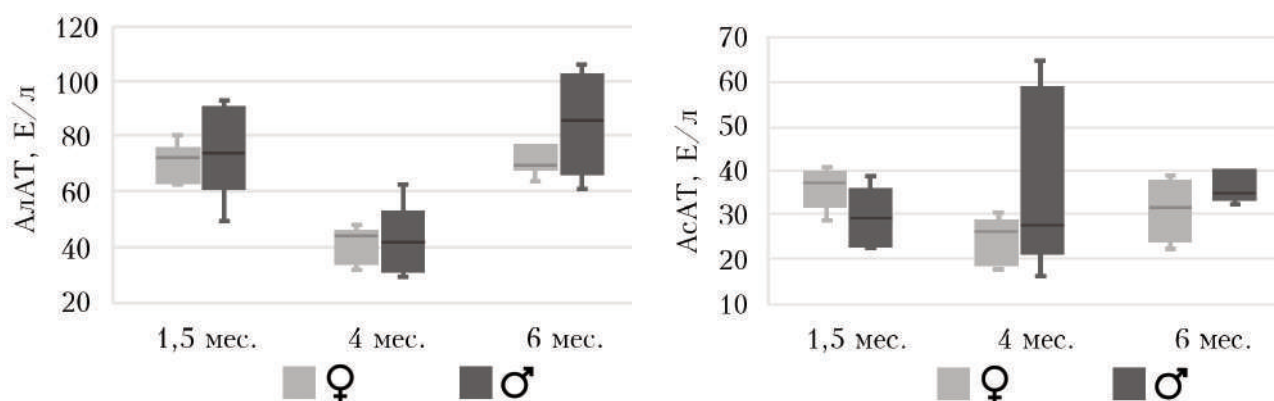


Рис. 1. Динамика ферментов переаминирования у самок и самцов с возрастом.

Максимальные значения аланинаминотрансферазы (АлАТ) у щенков наблюдались сразу после отсадки от матери в 1,5 месяца ($71,27 \pm 6,86$ МЕ/л у самок и $75,68 \pm 17,08$ МЕ/л у самцов), затем к 4 месяцам происходило снижение показателя у самок ($40,88$ МЕ/л $\pm 6,57$ МЕ/л) на 42,6 % ($p \leq 0,05$), у самцов ($41,94$ МЕ/л $\pm 12,93$) на 44,6 % ($p \leq 0,05$), и к 6 месяцам он снова повышался до значений, аналогичных тем, которые были после отсадки, у самок ($72,48$ МЕ/л $\pm 9,75$) он повысился на 43,5 %, у самцов ($85,10$ МЕ/л $\pm 18,52$) на 50,7 % по сравнению с 4-х месячными щенками. В период отсадки от матери щенки переживают значительный стресс, что приводит к временным изменениям в метаболизме и функционировании печени, что, в свою очередь, вызывает повышение уровня АлАТ. Кроме того, переход от материнского молока к твердой пище также является стрессовым для пищеварительной системы, что дополнительно способствует увеличению уровня АлАТ [24]. Однако в дальнейшем щенки адаптируются к новой среде и питанию, что приводит к снижению уровня стресса и стабилизации работы печени. В этот период (4 месяца) система пищеварения и метаболизм щенков стабилизируются, и уровень АлАТ возвращается к более нормальным значениям, указывая на улучшение состояния печени. К 6 месяцам у щенков начинается период повышенной физической активности, что может влиять на уровень АлАТ, так как мышцы активно работают и могут высвобождать больше ферментов в кровь. Кроме того, этот возраст характеризуется быстрым ростом и развитием, что требует интенсивной работы печени для синтеза белков и других метаболических процессов, что также может приводить к повышению уровня АлАТ. Дополнительным фактором, влияющим на повышение уровня АлАТ к 6 месяцам, может быть подготовка к зимнему периоду. В этот период происходит накопление жировых запасов и усиление обменных процессов, что требует активной работы печени. Подготовка организма к зиме включает

в себя не только изменение метаболизма, но и гормональные перестройки, которые могут влиять на уровень печеночных ферментов [25]. Эти процессы требуют значительных ресурсов и энергии, что также может способствовать повышению уровня АлАТ. На увеличение этих показателей осенью указывают результаты исследований нескольких авторов [3, 8, 11].

Из представленных данных видно, что уровень АсАТ у самок и самцов изменялся в зависимости от возраста (рис. 1). Относительная разница между самками лисиц в возрасте 1,5 ($36,13$ МЕ/л $\pm 4,55$) и 4 месяцев ($24,42$ МЕ/л $\pm 5,44$) составила 32,4 % ($p \leq 0,05$), а между 1,5 и 6 месяцами ($31,35$ МЕ/л $\pm 6,47$) — 13,30 %.

У самцов с возрастом наблюдалось нарастание аспаратаминотрансферазы. К 4-м месяцам фермент увеличился с $29,62$ МЕ/л $\pm 6,75$ до $37,88$ МЕ/л $\pm 20,08$ на 27,8 %, к 6-ти месяцам до $36,66$ МЕ/л $\pm 3,43$ на 23,7 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с 1,5 месячными щенками.

Уровень щелочной фосфатазы у самок значительно снижался с возрастом (рис. 2). К 4 месяцу снижение составило 30 % ($p \leq 0,05$) с $116,42$ МЕ/л $\pm 14,75$ до $81,40$ МЕ/л $\pm 19,18$, а на 6-месячном этапе — 56,54 % ($p \leq 0,05$) до $50,60$ МЕ/л $\pm 6,50$. Это может свидетельствовать о биологических изменениях или адаптации организма с течением времени. Среднее значение щелочной фосфатазы у самцов также снизилось на 33,06 % ($p \leq 0,05$) с $121,28$ МЕ/л $\pm 27,52$ до $81,22$ МЕ/л $\pm 12,90$ к 4-м месяцам и на 51,76 % ($p \leq 0,05$) к 6-ти месяцам ($58,60$ МЕ/л $\pm 15,04$) относительно уровня, отмеченного у 1,5 месячных щенков. Щелочная фосфатаза (ЩФ) — это фермент, играющий важную роль в процессах метаболизма, особенно в костной и печеночной тканях [3]. Высокие уровни ЩФ у молодых животных часто связаны с интенсивными процессами роста и развития, включая костный рост и формирование скелета. У молодых животных, таких как щенки, уровень ЩФ обычно высок из-за активного

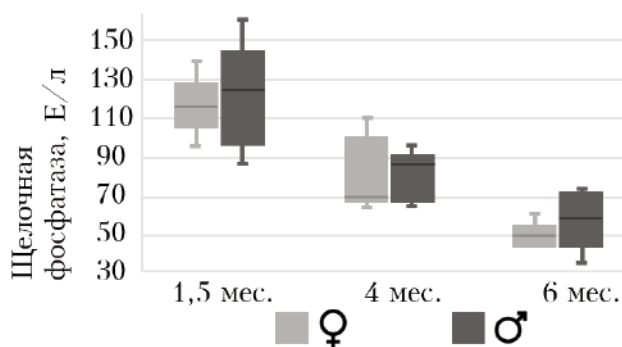


Рис. 2. Динамика щелочной фосфатазы у самок и самцов с возрастом.

костного роста и минерализации костей. По мере взросления и замедления роста костей потребность в высокой активности ЩФ снижается, что отражается в снижении уровня фермента в крови [26]. В возрасте 4 месяцев снижение уровня ЩФ на 30 % может указывать на замедление интенсивности костного роста по сравнению с более ранним возрастом. К 6 месяцам животные достигают более зрелого состояния, и процессы роста и развития становятся менее интенсивными. Это приводит к дальнейшему снижению уровня ЩФ, что наблюдается как снижение на 56,54 %. Организм адаптируется к новому, менее активному состоянию роста и метаболические процессы стабилизируются. ЩФ также присутствует в печени и играет роль в метаболических процессах, связанных с детоксикацией и обменом веществ [27]. С возрастом метаболические потребности и функции печени могут меняться, что также может влиять на уровень ЩФ в крови. Снижение уровня ЩФ может свидетельствовать о том, что печень переходит в фазу более стабильной работы после периода интенсивного роста и развития. Таким образом, снижение уровня щелочной фосфатазы у самок с возрастом, наблюдаемое на 4-месячном и 6-месячном этапах, может быть связано с замедлением процессов костного роста и минерализации, а также с общей адаптацией и стабилизацией метаболических процессов в организме. Это физиологическое явление отражает

переход от периода интенсивного роста к более зрелому и стабильному состоянию организма.

Относительная разница общего белка между самками в возрасте 1,5 ($75,48 \text{ г/л} \pm 3,94$) и 6 месяцев составила ($79,10 \text{ г/л} \pm 2,42$) 4,7 %, а между 1,5 и 4 месяцами ($56,78 \text{ г/л} \pm 3,14$) — 24,8 % ($p \leq 0,05$). У самцов наблюдалась схожая тенденция динамики общего белка с возрастом (рис. 3). К 4-м месяцам происходило его снижение на 38,9 % ($p \leq 0,05$) с $89,42 \text{ г/л} \pm 9,53$ до $54,56 \text{ г/л} \pm 3,79$, затем концентрация его возвращается на уровень 1,5 месячных щенков, разница с ними составила 6,6 %. Согласно исследованию В. А. Афанасьева и Н. Ш. Передельника (1966), быстрая стабилизация обмена белков представляет собой характерную биологическую особенность для многих млекопитающих, рожденных весной, таких как лисицы. Как показано исследованием Ильиной Е. Д. (1975) у этих животных отмечается ускоренный темп роста, а в целом сокращена фаза достижения зрелости. Пушные звери испытывают значительную потребность в белке, превосходящую потребности сельскохозяйственных животных. Они практически не синтезируют белок в микрофлоре кишечника, и усвоение растительного корма у них менее эффективно по сравнению с другими видами животных.

Максимальные значения общего белка обусловлены первоначальным усилением синтеза белков, необходимых для строения новых тканей и органов, а также для поддержания иммунной системы в условиях адаптации. Белки играют ключевую роль во множестве биохимических процессов, включая транспортные функции и регуляцию осмотического давления.

Относительная разница между уровнями альбумина у самок помесных лисиц в возрасте 1,5 и 4 месяцев составила — 3,10 % ($35,03 \text{ г/л} \pm 1,36$ и $33,94 \pm 2,74$, соответственно), а между 1,5 и 6 месяцами — 19,4 % ($p \leq 0,05$) ($35,03 \text{ г/л} \pm 1,36$ и $41,85 \text{ г/л} \pm 2,76$, соответственно). У самцов наблюдалась аналогичная динамика. Относительная разница между уровнями альбумина в воз-

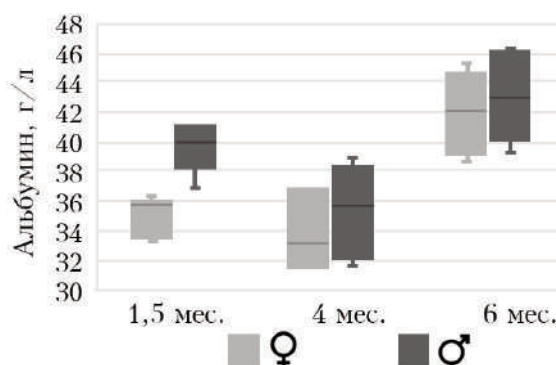
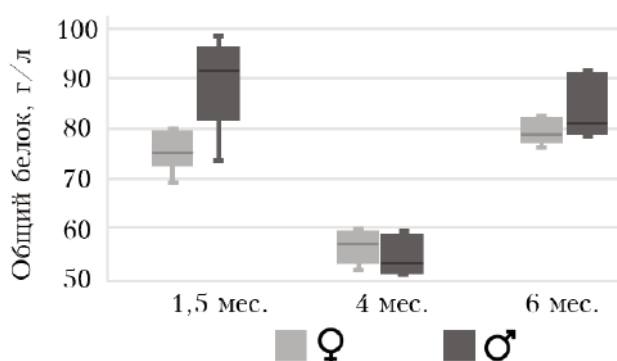


Рис. 3. Динамика общего белка и альбумина у самок и самцов с возрастом.

расте 1,5 и 4 месяцев составила $-11,6\%$ ($p \leq 0,05$) ($39,82 \text{ г/л} \pm 1,76$ и $35,20 \text{ г/л} \pm 3,20$, соответственно), а между 1,5 и 6 месяцами $-7,3\%$. Сразу после отсадки от матери, в возрасте 1,5 месяцев, щенки переживают значительный стресс, который может стимулировать повышенное производство белков в организме, включая альбумин. Альбумин является основным белком плазмы крови и играет ключевую роль в поддержании онкотического давления, транспортировке различных веществ и общем гомеостазе [28]. Высокие значения общего белка и альбумина в этом возрасте могут быть связаны с интенсивным метаболизмом, необходимым для адаптации к новым условиям и изменению питания. К 4 месяцам щенки начинают адаптироваться к новой среде, что приводит к снижению уровня стресса и стабилизации метаболических процессов. В этот период организм уже приспособился к изменениям, и потребность в повышенном синтезе белков снижается. Это отражается в уменьшении уровня общего белка и альбумина в крови. Печень, основной орган, отвечающий за синтез белков, также адаптируется к новому питанию и нагрузке, что приводит к стабилизации уровня белков в крови. К 6 месяцам у щенков наблюдается новый подъем уровня общего белка и альбумина. В этом возрасте они вступают в фазу интенсивного роста и развития, что требует увеличения синтеза белков для обеспечения потребностей организма. В этот период повышается физическая активность, а также начинается подготовка организма к зимнему периоду, что может включать в себя накопление ресурсов и усиление обменных процессов. Эти изменения требуют активной работы печени и других органов, что приводит к увеличению уровня белков в крови.

Относительная разница в мочеvine у самок в возрасте 1,5 и 4 месяцев составила $49,8\%$ ($p \leq 0,05$) ($3,95 \text{ ммоль/л} \pm 0,72$ и $5,92 \text{ ммоль/л} \pm 1,95$, соответственно), 1,5 и 6 месяцами $-55,9\%$ ($p \leq 0,05$) повышаясь до $6,16 \text{ ммоль/л} \pm 0,76$, что свидетельствует о заметном увеличении уров-

ня мочевины с возрастом (рис. 4). Концентрация мочевины у самцов также увеличивалась с возрастом и составила в 1,5 и 4 месяца $36,4\%$ ($p \leq 0,05$) ($3,68 \text{ ммоль/л} \pm 0,45$ и $5,02 \text{ ммоль/л} \pm 0,83$, соответственно), с 1,5 и 6 месяцев $55,7,0\%$ ($p \leq 0,05$) до $5,73 \text{ ммоль/л} \pm 0,4$. Сразу после отсадки, в 1,5 месяца, уровень мочевины был минимальный. Минимальные значения мочевины в этот период могут быть обусловлены низким уровнем аммиака, который является основным источником для её образования в печени. Организм, находясь в стрессовом состоянии, может снижать катаболизм белков и выделение аммиака, чтобы снизить нагрузку на почки и поддерживать гомеостаз.

К 4 месяцам уровень мочевины увеличивается, что может быть связано с более интенсивным метаболизмом белков, необходимым для роста и развития щенков. Увеличенная активность пищеварительной системы и повышенная потребность организма в аминокислотах для строения тканей и органов приводят к увеличению образования аммиака. Аммиак в печени конвертируется в мочеvinу, которая затем выводится через почки [29]. К 6 месяцам уровень мочевины достигает максимальных значений. Этот период часто связан с завершением активного роста щенков и подготовкой к зимнему периоду. Высокий уровень мочевины может быть обусловлен увеличенным катаболизмом белков, который может быть связан с физиологическими потребностями в энергии и строительных материалах для поддержания тепла и активности в холодные месяцы.

На начальном этапе средний уровень креатинина у самок был минимальный ($51,95 \text{ мкмоль/л} \pm 4,30$). Этот период, вероятно, соответствует раннему онтогенетическому развитию лисиц, и уровень креатинина может отражать активность почек и обмена веществ в этот период. В возрасте 4 месяцев средний уровень креатинина повышался на $48,0\%$ ($p \leq 0,05$) до $76,90 \text{ мкмоль/л} \pm 27,81$, что говорит об изменениях в функции почек или других факторов, связанных с ростом и развити-

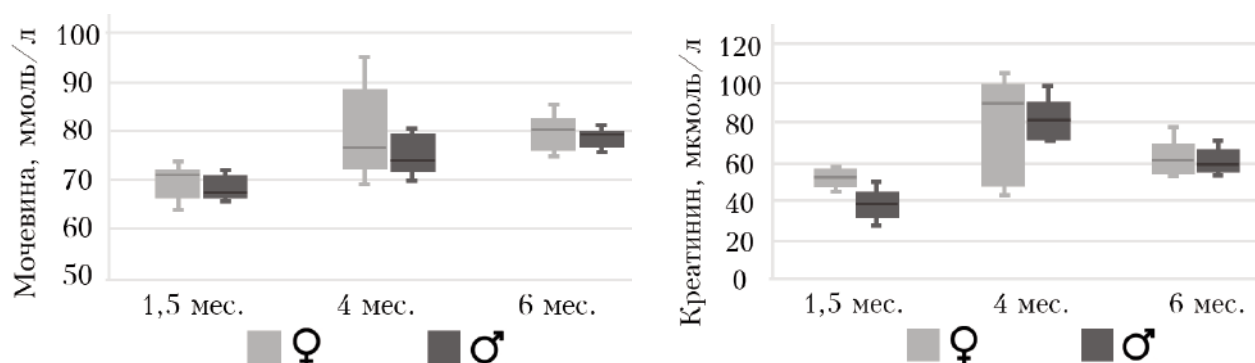


Рис. 4. Динамика мочевины и креатинина у самок и самцов с возрастом.

ем лисиц. К 6-ти месяцам уровень креатинина снова снижался до $63,84 \text{ мкмоль/л} \pm 8,98$, но оставался выше на 22,8 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с начальным этапом исследования. Это может отражать некоторую стабилизацию функции почек и метаболических процессов, характерных для данного возрастного периода.

Динамика концентрации креатинина у самцов соответствовала таковой у самок. Сразу после отсадки креатинин имел минимальные значения ($38,52 \text{ мкмоль/л} \pm 8,40$). В 4 месяца наблюдалось значительное повышение на 110,0 % ($p \leq 0,05$) среднего уровня креатинина до $80,98 \text{ мкмоль/л} \pm 11,44$, указывая, возможно, на интенсивный метаболизм и фазу активного роста. К 6 месяцам средний уровень креатинина снижался до $57,88 \text{ мкмоль/л} \pm 6,40$, возможно, свидетельствуя о стабилизации метаболических процессов и завершении более интенсивного периода роста, но оставался выше на 50,2 % ($p \leq 0,05$) относительно 1,5 месячных щенков. К 4 месяцам уровень креатинина увеличивается и достигает максимальных значений. Это может быть связано с увеличенным метаболизмом и более интенсивным катаболизмом креатина и креатинфосфата, которые являются источниками креатинина [30]. Увеличенный креатинин в крови может также отражать активный обмен веществ, который необходим для роста, развития и поддержания энергетического баланса в организме молодых животных. К 6 месяцам уровень креатинина снова снижается, но остается выше, чем в начальный период после отсадки. Это может указывать на то, что организмы щенков достигли определенного уровня физиологической зрелости и устойчивости к окружающей среде, что сопровождается уменьшением интенсивности метаболических процессов и катаболизма креатинина.

На начальном этапе развития у самок помесных лисиц средний уровень холестерина отмечался относительно низкой величиной ($3,17 \text{ ммоль/л} \pm 0,17$). В этот период метаболические процессы организма могут быть снижены, вклю-

чая синтез холестерина, который является важным компонентом клеточных мембран и участвует во множестве биохимических процессов [31]. К 4 месяцам наблюдалось его увеличение до $4,86 \text{ ммоль/л} \pm 0,53$ на 53,1 % ($p \leq 0,05$). На последнем этапе рассматриваемого периода наблюдалось дальнейшее его увеличение на 63,9 % ($p \leq 0,05$) до $5,20 \text{ ммоль/л} \pm 0,89$ (рис. 5). Это может быть связано с интенсификацией метаболических процессов в период активного роста и развития организма. Щенки в этом возрасте испытывают интенсивный рост клеток и тканей, что требует увеличенного синтеза клеточных компонентов, включая холестерин, для формирования новых клеточных мембран и обеспечения мембранных функций.

Физиологически повышение уровня холестерина также может быть связано с изменениями в обмене липидов и гормональными регуляциями, которые контролируют синтез и транспорт холестерина в организме [31]. В этом возрасте организмы щенков активно подстраивают свой метаболизм под требования роста и развития, что отражается на уровне холестерина в крови. У самцов наблюдалась аналогичная динамика.

Динамика α -амилазы как у самок, так и у самцов была схожей. Максимальные значения α -амилазы наблюдались в возрасте 4-х месяцев, на начальном и конечном этапе изучения показатели были одинаковыми (рис. 5).

Заключение. Уровни различных биомаркеров, таких как АлАТ, АсАТ, щелочная фосфатаза, общий белок, альбумин, мочевины, креатинин, холестерин и α -амилаза, подвержены изменениям в зависимости от возраста как у самок, так и самцов помесных лисиц цветового типа красный мрамор. Наблюдаемые сходства в общих тенденциях изменений уровней этих биохимических показателей свидетельствуют о схожести метаболических процессов у обоих полов.

Динамика уровня АлАТ у щенков после отсадки от матери характеризуется начальными максимальными значениями, снижением показателя к

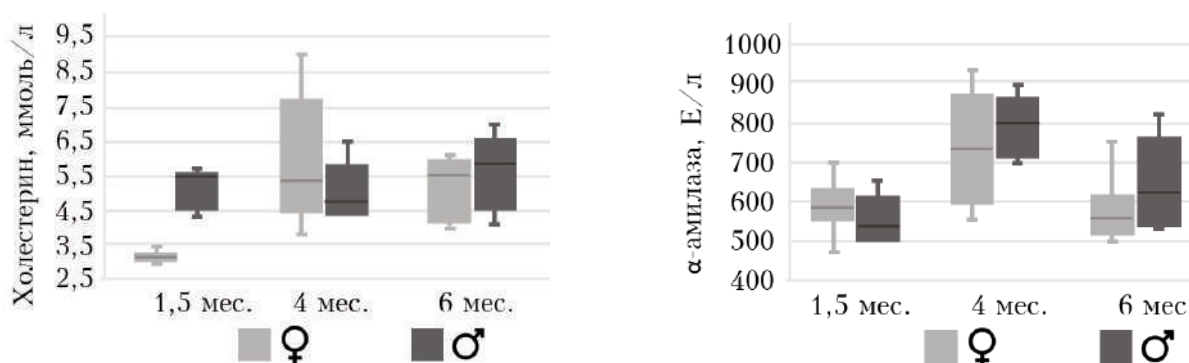


Рис. 5. Динамика холестерина и α -амилазы у самок и самцов с возрастом.

4 и последующим увеличением к 6 месяцам. Эти данные могут указывать на адаптационные процессы и физиологические изменения, происходящие в организме щенков в постнатальный период.

Динамика уровня АсАТ у лисиц также имела возрастные особенности. У самок наблюдалось снижение уровня фермента к 4 месяцам с последующим увеличением к 6 месяцам, тогда как у самцов наблюдалось устойчивое увеличение уровня АсАТ с возрастом. У самок и самцов наблюдалось значительное снижение уровня щелочной фосфатазы с возрастом.

Динамика уровня общего белка у самок и самцов помесных лисиц характеризуется значитель-

ным снижением к 4 месяцам с последующим увеличением к 6 месяцам.

Общая динамика биохимических показателей у помесных лисиц в зависимости от возраста демонстрирует сложное взаимодействие между физиологическими процессами роста, адаптации и метаболизма у лисиц в первый год жизни. Периодические изменения в уровнях различных ферментов и метаболитов могут быть обусловлены потребностями организма в адаптации к новому этапу развития, изменению функции органов и увеличению метаболической активности. Половые различия также подчеркивают уникальные метаболические процессы, присущие самцам и самкам.

Литература

1. Березина Ю. А. Биохимическая картина крови взрослых песцов разного пола и цветовых окрасов / Ю. А. Березина, М. А. Кошурникова и др. // Пермский аграрный вестник. — 2015. — № 3. — С. 54–58.
2. Березина Ю. А. Биохимическая картина крови серебристого песца в зависимости от пола и возраста / Ю. А. Березина, М. А. Кошурникова и др. // Ветеринария. — 2015. — Т. 4. — С. 50–52.
3. Ильина Е. Д. Звероводство / Е. Д. Ильина, А. Д. Соболев, Т. М. Чеканов. — СПб.: Издательство «Лань», 2004. — 304 с.
4. Батоев Ц. Ж. Экологическое значение сезонной изменчивости биохимических показателей крови американских норв и серебристо-черных лисиц / Ц. Ж. Батоев, С. Е. Санжиева и др. // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. — 2013. — № 4. — С. 179–184.
5. Антонова Е. П. Возрастные и сезонные изменения антиоксидантной защиты мышечной ткани и морфометрических параметров эритроцитов у ондатры (*Ondatra zibethicus*) / Е. П. Антонова, В. А. Илюха и др. // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. — 2020. — Т. 56. — № 5. — С. 359–367.
6. Илюха В. А. Пушные животные как модель в биомедицинских исследованиях / В. А. Илюха, А. Г. Кижина и др. // Кролиководство и звероводство. — 2021. — № 6. — С. 5–16.
7. Балакирев Н. А. Особенности кормления пушных зверей в современных условиях / Н. А. Балакирев // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. — 2014. — № 5. — С. 55–60.
8. Балхановская Т. В. Зависимость биохимических показателей крови серебристо-черных лисиц от сезона года в условиях севера Тюменской области / Т. В. Балхановская // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 4–5. — С. 1120–1123.
9. Шумилина Н. Н. Особенности качества опушения у цветных форм лисиц (*Vulpes vulpes*) / Н. Н. Шумилина, Т. М. Чекалова, М. В. Митрофанова // Информационный вестник ВОГиС. — 2007. — Т. 11. — № 1. — С. 131–138.
10. Шумилина Н. Н. Товарные свойства шкур лисиц разных пород / Н. Н. Шумилина, М. В. Митрофанова // Кролиководство и звероводство. — 2000. — № 5. — С. 12.
11. Берестов В. А. Клиническая биохимия пушных зверей: справ. пособие / В. А. Берестов. — Петрозаводск: Карелия, 2005. — 168 с.
12. Тютюнник Н. Н. Биохимическое тестирование как способ оценки физиологического состояния пушных зверей, разводимых в промышленных комплексах / Н. Н. Тютюнник, Л. К. Кожевникова // Сельскохозяйственная биология. — 1996. — № 2. — С. 39–49.
13. Трапезов О. В. Доместикация как самое раннее интеллектуальное достижение человечества / О. В. Трапезов // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2013. — Т. 17. — № 4/2. — С. 872–883.
14. Берестов В. А. Научные основы звероводства / под ред. В. А. Берестова. — Л.: Наука, 1985. — 477 с.
15. Колдаева Е. М. Породы пушных зверей и кроликов / Е. М. Колдаева, Л. В. Милованов, О. В. Трапезов. — М., КолосС, 2003. — 240 с.
16. Перельдик Н. Ш. Кормление пушных зверей / Н. Ш. Перельдик, Л. В. Милованов, А. Г. Ерин: М. — Агропромиздат, 1987. — 334 с.
17. Ивантер Э. В. Элементарная биометрия / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. — Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. — 104 с.

18. Božena N.-D. Chosen Blood biochemical parameters in free-living wild and farmed minks, foxes and racoon dogs / N.-D. Božena, J. Andrzej // Veterinarija ir Zootechnika. – 2015. – № 70(92). – P. 48–52.
19. Березина Ю. А. Динамика биохимических показателей крови красной лисицы (*vulpes vulpes* l.) в онтогенезе / Ю. А. Березина, М. А. Кошурникова и др. // Иппология и ветеринария. – 2020. – № 2 (36). – С. 177–181.
20. Rubio A. V. Hematology and serum biochemistry values of culpeo foxes (*lycalopex culpaeus*) from Central Chile / A. V. Rubio, E. Hidalgo-Hermoso, C. Bonacic // Journal of Zoo and Wildlife Medicine. – 2014. – 45(3). – P. 589–593. doi: 10.1638/2013-0280R2.1.
21. Lescano J. Hematology and serum biochemistry of free-ranging and captive Sechuran foxes (*Lycalopex sechurae*) / J. Lescano, M. Quevedo, M. Villalobos // Vet. Clin. Pathol. – 2018. – 47. – P. 29–37.
22. Rui P. Hematology and serum biochemistry values in adult racoon dogs and foxes in Changli farms of Hebei Province, China // P. Rui, Z. Ma, X. Zhang [et. al] // African Journal of Microbiology Research. – 2011. – Vol. 5(26). – P. 4667–4672. doi: 10.5897/AJMR11.932.
23. Сегаль А. Н. Некоторые эколого-физиологические характеристики песца (*Alopex lagopus*) / А. Н. Сегаль, Т. В. Попович // Зоол. Журн. – 1976. – Т. 55. – Вып. 5. – С. 741–754.
24. Campbell J. M. The biological stress of early weaned piglets / J. M. Campbell, J. D. Crenshaw, J. Polo // Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2013. – Vol. 4. – P. 19.
25. Hall D. Nutritional influences on estrogen metabolism. Applied Nutritional Science Reports. 2001. Vol. 1.
26. Saraç F. Causes of high bone alkaline phosphatase / F. Saraç, F. Saygılı // Biotechnology and Biotechnological Equipment. – 2007. – Vol. 21. – № 2. – P. 194–197.
27. Lala V., Zubair M., Minter D.A. Liver function tests. [Updated 2023 Jul 30]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024—. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482489>.
28. Belinskaia D. A. Integrative role of albumin: evolutionary, biochemical and pathophysiological aspects / D. A. Belinskaia, P. A. Voronina, N. V. Goncharov // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2021. – Vol. 57. – № 6. – P. 1419–1448. doi: 10.1134/S002209302106020X.29.
29. Mohiuddin S. S., Khattar D. Biochemistry, ammonia. [Updated 2023 Feb 20]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541039>.
30. Taegtmeier H. Creatine – a dispensable metabolite? / H. Taegtmeier, J.S. Ingwall // Circulation Research. – 2013. – Vol. 112. – № 6. – P. 878–880. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300974.31.
31. Craig M., Yarrarapu S. N. S., Dimri M. Biochemistry, cholesterol. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024—. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513326>.

Berezina Yu.¹, Bespyatykh O.^{1,2}, Syutkina A.¹, Okulova I.¹, Perevozchikova M.¹, Plotnikov I.¹, Donsky I.¹

Age dynamics of the biochemical profile of mixed foxes of the red marble color type

Abstract.

The study of biochemical blood parameters in caged foxes plays an important role in ensuring their health and preventing diseases. Blood components within physiological limits can change their balance during disease, making the blood biochemical profile a key tool in diagnosis. The body's enzyme system primarily responds to changes in environmental conditions, even in the absence of obvious clinical signs. The main metabolic indicators were studied (using "High Technology" (USA) reagent kits): total protein, albumin, alanine aminotransferase

(AlAT), aspartate aminotransferase (AsAT), urea, creatinine, cholesterol, α -amylase. It was established that these analytes in crossbred foxes of the red marbled color type were within the generally accepted limits of the physiological norm for foxes. A study of the dynamics of AlAT (alanine aminotransferase) and AsAT (aspartate aminotransferase) levels in female and male foxes revealed general patterns in their changes during growth and development. A decrease in the level of analytes by 4 months of age and an increase by 6 months, indicating more intense metabolic processes in the body of foxes, especially on the eve of the winter period, which may be associated with the accumulation of body weight to maintain energy in the cold months. In females and males, there is a significant decrease in the level of alkaline phosphatase with age, reaching a decrease in females of 30 % ($p \leq 0,05$) by 4 months of age and 56,54 % ($p \leq 0,05$) by 6 months of age and in males by 33,06 % ($p \leq 0,05$) by 4 months and 51,76 % ($p \leq 0,05$) by 6 months, respectively, relative to the level noted in 1,5 month old puppies. In females, there was a relative decrease in total protein of 24,8 % ($p \leq 0,05$) between the ages of 1,5 and 4 months, and then an increase of 4,7 % by 6 months. Males also show a similar trend, with total protein levels decreasing by 38,9 % ($p \leq 0,05$) by 4 months, and then concentrations returning to levels at 1,5 months of age, with a difference of 6,6 %. Thus, the dynamics of changes in the studied analytes in female and male foxes indicates not only the physiological development of the organism during growth, but also highlights adaptive changes, which may be important for understanding their metabolic processes and general health.

Key words: crossbred puppies red marble, Vyatka moth, crossbreeds, blood biochemistry, ontogenesis, sexual dimorphism.

Authors:

Berezina Yu. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: uliya180775@bk.ru;

Bespyatykh O. – Dr Habil. (Biol. Sci.); e-mail: oleg.-b@mail.ru;

Syutkina A. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: annasiutkina@yandex.ru;

Okulova I. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: okulova_i@mail.ru;

Perevozchikova M. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: koshurnikova@vniioz-kirov.ru;

Plotnikov I. – Dr Habil. (Biol. Sci.); e-mail: bio.vniioz@mail.ru;

Domsky I. – Dr Habil. (Vet. Sci.); Professor; e-mail: vniioz43@mail.ru.

¹ All-Russian Research Institute of Hunting and Animal Husbandry named after prof. B. M. Zhitkova; 610000, Russia, Kirov, st. Preobrazhenskaya, 79.

² Vyatka State University; 610000, Russia, Kirov, st. Orlovskaya, 12.

References

1. Berezina Yu. A. Biochemical picture of blood of adult arctic foxes of different sexes and colors / Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova et al. // Perm Agrarian Bulletin. - 2015. - № 3. - P. 54–58.
2. Berezina Yu. A. Biochemical picture of blood of silver arctic fox depending on sex and age / Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova et al. // Veterinary science. - 2015. - V. 4. - P. 50–52.
3. Ilyina E. D. Fur farming / E. D. Ilyina, A. D. Sobolev, T. M. Chekanov. - SPb.: Lan Publishing House, 2004. - 304 p.
4. Batoev Ts. Zh. Ecological significance of seasonal variability of biochemical parameters of blood of American burrowers and silver-black foxes / Ts. Zh. Batoev, S. Ye. Sanzhieva et al. // Bulletin of the Buryat State University. Biology, Geography. - 2013. - № 4. - P. 179–184.
5. Antonova E. P. Age and seasonal changes in antioxidant protection of muscle tissue and morphometric parameters of erythrocytes in the muskrat (*Ondatra zibethicus*) / E. P. Antonova, V. A. Ilyukha, et al. // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. - 2020. - Vol. 56. - № 5. - P. 359–367.
6. Ilyukha V. A. Fur animals as a model in biomedical research / V. A. Ilyukha, A. G. Kizhina, et al. // Rabbit breeding and animal husbandry. - 2021. - № 6. - P. 5–16. doi: 10.52178/00234885_2021_6_5.
7. Balakirev N. A. Features of feeding fur animals in modern conditions / N. A. Balakirev // Feeding of farm animals and forage production. - 2014. - № 5. - P. 55–60.
8. Balkhanovskaya T. V. Dependence of biochemical blood parameters of silver-black foxes on the season of the year in the north of the Tyumen region / T. V. Balkhanovskaya // Fundamental research. - 2013. - № 4–5. - P. 1120–1123.

9. Shumilina N. N. Features of the quality of pubescence in colored forms of foxes (*Vulpes vulpes*) / N. N. Shumilina, T. M. Chekalova, M. V. Mitrofanova // Information Bulletin of VOGiS. — 2007. — Vol. 11. — № 1. — P. 131–138.
10. Shumilina N. N. Commercial properties of fox pelts of different breeds / N. N. Shumilina, M. V. Mitrofanova // Rabbit breeding and fur farming. — 2000. — № 5. — P. 12.
11. Berestov V. A. Clinical biochemistry of fur animals: reference. manual / V. A. Berestov. — Petrozavodsk: Karelia, 2005. — 168 p.
12. Tyutyunnik N. N. Biochemical testing as a method for assessing the physiological state of fur animals bred in industrial complexes / N. N. Tyutyunnik, L. K. Kozhevnikova // Agricultural biology. — 1996. — № 2. — P. 39–49.
13. Trapezov O. V. Domestication as the Earliest Intellectual Achievement of Humanity / O. V. Trapezov // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2013. — Vol. 17. — № 4/2. — P. 872–883.
14. Berestov V. A. Scientific Foundations of Animal Husbandry / edited by V. A. Berestov. — L.: Nauka, 1985. — 477 p.
15. Koldaeva E. M. Breeds of Fur Animals and Rabbits / E. M. Koldaeva, L. V. Milovanov, O. V. Trapezov. — M.: KolosS, 2003. — 240 p.
16. Pereldik N. Sh. Feeding fur animals / N. Sh. Pereldik, L. V. Milovanov, A. G. Erin: M. — Agropromizdat, 1987. — 334 p.
17. Ivanter E. V. Elementary biometrics / E. V. Ivanter, A. V. Korosov. — Petrozavodsk: PetrSU, 2005. 104 p.
18. Božena N.-D. Chosen Blood biochemical parameters in free-living wild and farmed minks, foxes and raccoon dogs / N.-D. Božena, J. Andrzej // Veterinarija ir Zootechnika. — 2015. — № 70(92). — P. 48–52.
19. Berezina Yu. A. Dynamics of biochemical parameters of blood of the red fox (*Vulpes vulpes* L.) in ontogenesis / Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova, I. A. Donsky, O. Yu. Bespyatykh // Ippology and veterinary science. — 2020. — № 2 (36). — P. 177–181.
20. Rubio A. V. Hematology and serum biochemistry values of culpeo foxes (*Lycalopex culpaeus*) from Central Chile / A. V. Rubio, E. Hidalgo-Hermoso, C. Bonacic // Journal of Zoo and Wildlife Medicine — 2014. — № 45(3). — P. 589–593. doi: 10.1638/2013-0280R2.1.
21. Lescano J. Hematology and serum biochemistry of free-ranging and captive Sechuran foxes (*Lycalopex sechurae*) / J. Lescano, M. Quevedo, M. Villalobos // Vet Clin Pathol. — 2018. — № 47. — P. 29–37.
22. Rui P. Hematology and serum biochemistry values in adult raccoon dogs and foxes in Changli farms of Hebei Province, China // P. Rui, Z. Ma, X. Zhang [et. al] // African Journal of Microbiology Research. — 2011. — Vol. 5(26). — P. 4667–4672. doi: 10.5897/AJMR11.932.
23. Segal A. N. Some ecological and physiological characteristics of the Arctic fox (*Alopex lagopus*) / A. N. Segal, T. V. Popovich // Zool. Zhurn. — 1976. — Vol. 55. — Issue. 5. — P. 741–754.
24. Campbell J. M. The biological stress of early weaned piglets / J. M. Campbell, J. D. Crenshaw, J. Polo // Journal of Animal Science and Biotechnology. — 2013. — Vol. 4. — P. 19.
25. Hall D. Nutritional influences on estrogen metabolism. Applied Nutritional Science Reports. 2001. Vol. 1.
26. Saraç F. Causes of high bone alkaline phosphatase / F. Saraç, F. Saygılı // Biotechnology and Biotechnological Equipment. — 2007. — Vol. 21. — № 2. — P. 194–197.
27. Lala V., Zubair M., Minter D.A. Liver function tests. [Updated 2023 Jul 30]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024—. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482489>.
28. Belinskaia D. A. Integrative role of albumin: evolutionary, biochemical and pathophysiological aspects / D. A. Belinskaia, P. A. Voronina, N. V. Goncharov // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. — 2021. — Vol. 57. — № 6. — P. 1419–1448. doi: 10.1134/S002209302106020X.29.
29. Mohiuddin S. S., Khatrar D. Biochemistry, ammonia. [Updated 2023 Feb 20]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541039>.
30. Taegtmeier H. Creatine— a dispensable metabolite? / H. Taegtmeier, J.S. Ingwall // Circulation Research. — 2013. — Vol. 112. — № 6. — P. 878–880. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300974.31.
31. Craig M., Yarrarapu S. N. S., Dimri M. Biochemistry, cholesterol. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024—. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513326>.