ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2466
https://elibrary.ru/KEAMSW

Оригинальная статья
https://fptt.ru

# Активность сывороточной щелочной фосфатазы у самцов лосей *Alces alces* (Linnaeus 1758) различных возрастных групп

**М. А. Перевозчикова*, И. А. Домский, Ю. А. Березина, А. А. Сергеев, А. В. Экономов**

*Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Киров, Россия*

*Поступила в редакцию: 16.02.2023*
*Принята после рецензирования: 09.03.2023*
*Принята к публикации: 04.04.2023*

**М. А. Перевозчикова: mperevozchikova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3638-3712*
*И. А. Домский: https://orcid.org/0000-0003-1633-1341*
*Ю. А. Березина: https://orcid.org/0000-0001-5082-716X*
*А. А. Сергеев: https://orcid.org/0000-0002-9461-5131*
*А. В. Экономов: https://orcid.org/0000-0002-0242-8954*

*© М. А. Перевозчикова, И. А. Домский, Ю. А. Березина, А. А. Сергеев, А. В. Экономов, 2023*

**Аннотация.**
Лось является перспективным объектом охотничьего хозяйства и дичеразведения. Для оценки состояния здоровья животных при проведении охотхозяйственных и зооветеринарных мероприятий и выявления патологий неинфекционной, инфекционный и инвазионной природы, а также адаптивных возможностей организма и его устойчивости могут быть использованы показатели периферической крови. Одним из наиболее часто используемых клинических биохимических тестов является определение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови.
В качестве материала для исследования использовали кровь самцов лосей (n = 75) четырех возрастных групп: телята в возрасте 6–7 месяцев, молодняк 1,5 года, взрослые особи 2,5–7,5 лет и старше 8,5 лет. Отбор проб биоматериала производился в период с октября по декабрь на территории Кировской области в подзоне южной тайги. Взятие проб крови производили путем перерезания яремной вены (*Venae jugularis*) сразу после отстрела животного в процессе охоты. Исследования сыворотки крови проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Biochem SA High Technology (США).
Представлены результаты исследования активности щелочной фосфатазы у самцов европейского лося в разные периоды онтогенеза. В первые месяцы жизни отмечена высокая активность фермента – 222,16 ± 31,14 Ед/л, что характеризует интенсивный гидролиз фосфорных эфиров органических соединений, включая обмен макроэргов на фоне бурного остеогенеза. К возрасту 1,5 лет снижается востребованность в фосфорорганических соединениях в процессах обмена веществ, а также уменьшается роль фермента в поддержании гомеостаза: показатель активности составил 146,48 ± 44,09 Ед/л. У взрослых особей 2,5–7,5 лет активность щелочной фосфатазы снижается до 69,88 ± 11,31 Ед/л, у животных старше 8,5 лет – до 47,34 ± 4,74 Ед/л. Выявили достоверные различия активности щелочной фосфатазы между всеми группами животных. Установили достоверное влияние возраста на активность фермента. Выявили зависимость активности щелочной фосфатазы от массы тела.
Полученные результаты по динамике активности щелочной фосфатазы в онтогенезе отражают гомеостатические изменения, происходящие в организме лосей. Показатели активности щелочной фосфатазы возможно использовать в качестве маркера продуктивности и дополнительного критерия к сложившимся в зоотехнической практике методам и приемам селекции.

**Ключевые слова.** *Alces alces*, лось, самцы, возраст, щелочная фосфатаза, сыворотка крови

**Финансирование.** Работа выполнена на базе Всероссийского научно-исследовательскиого института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова (ВНИИОЗ) в рамках выполнения Государственного задания по Программе ФНИ государственных академий наук FSZZ-2019-0001 (АААА-А19-119020190132-5).

**Для цитирования:** Активность сывороточной щелочной фосфатазы у самцов лосей *Alces alces* (Linnaeus 1758) различных возрастных групп / М. А. Перевозчикова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 4. С. 652–661. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2466

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2466
https://elibrary.ru/KEAMSW

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

# Serum Alkaline Phosphatase in Free-Ranging Male Moose *Alces alces* (Linnaeus 1758) of Different Age Groups

**Maria A. Perevozchikova*, Igor A. Domsky, Yulia A. Berezina, Alexey A. Sergeyev, Alexandr V. Economov**

*Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia*

*Received: 16.02.2023*
*Revised: 09.03.2023*
*Accepted: 04.04.2023*

**Maria A. Perevozchikova: mperevozchikova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3638-3712*
*Igor A. Domsky: https://orcid.org/0000-0003-1633-1341*
*Yulia A. Berezina: https://orcid.org/0000-0001-5082-716X*
*Alexey A. Sergeyev: https://orcid.org/0000-0002-9461-5131*
*Alexandr V. Economov: https://orcid.org/0000-0002-0242-8954*

*© M.A. Perevozchikova, I.A. Domsky, Yu.A. Berezina, A.A. Sergeyev, A.V. Economov, 2023*

**Abstract.**
The moose has good prospects for hunting and game breeding. Peripheral blood indicators can provide information about their health status and adaptive capabilities, as well as non-infectious, infectious, and invasive pathologies. Serum alkaline phosphatase activity is one of the most common clinical biochemical tests in this respect.
The study involved blood samples obtained from male moose (n = 75) of four age groups: calves aged 6–7 months, young animals of 18 months old, adults of 2.5–7.5 years old, and adults aged ≥ 8.5 years. The biomaterial sampling was carried out in October – December in the southern taiga subzone, Kirov Region. The blood samples were obtained by cutting the jugular vein (*Venae jugularis*) immediately after the animal was shot during legal hunting. The blood serum tests involved a semi-automatic biochemical analyzer (Biochem SA High Technology, USA).
The alkaline phosphatase activity in male European moose during different periods of ontogenesis demonstrated the following pattern. In the first months of life, the enzyme activity was as high as 222.16 ± 31.14 U/L. This process was typical of intense hydrolysis of organic phosphorus esters, including the exchange of macroergs caused by rapid osteogenesis. At 18 months, the demand for organophosphorus compounds in metabolic processes decreased (46.48 ± 44.09 U/L), as did the role of the enzyme in maintaining homeostasis. In adults of 2.5–7.5 years old, alkaline phosphatase activity dropped to 69.88 ± 11.31 U/L. In 8.5-year-old males, it was as low as 47.34 ± 4.74 U/L. All age groups demonstrated significant differences in alkaline phosphatase activity. Therefore, age had a significant effect on enzyme activity. The study also revealed a certain correlation between alkaline phosphatase activity and body weight.
The dynamics of alkaline phosphatase activity in ontogenesis reflected homeostatic changes in the moose body. Indicators of alkaline phosphatase activity can serve as an efficiency marker and an additional criterion in standard selection methods in zootechnical practice.

**Keywords.** *Alces alces*, moose, males, age, alkaline phosphatase, blood serum

**Funding.** The research was carried out on the premises of the Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming as part of Fundamental Research Program through 2030, state assignment No. FSZZ-2019-0001 (AAA-A19-119020190132-5).

**For citation:** Perevozchikova MA, Domsky IA, Berezina YuA, Sergeyev AA, Economov AV. Serum Alkaline Phosphatase in Free-Ranging Male Moose *Alces alces* (Linnaeus 1758) of Different Age Groups. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(4):652–661. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2466

## Введение

Лось (*Alces alces* (Linnaeus 1758)) является хозяйственно важным видом диких копытных, обитающих на территории Российской Федерации. Благодаря экологической пластичности и способности переживать самые суровые зимы он рассматривается как перспективный объект фермерского охотничьего хозяйства [1–3]. В отличие от крупного рогатого скота лось не требует создания искусственных условий содержания, не конкурирует с сельскохозяйственными животными за корма и обладает высокой скоростью роста, достигающей за первое полугодие жизни 1500 %,

что превышает аналогичные показатели крупного рогатого скота в 3–4 раза [4].

Лосеводство способствует эффективному использованию аграрных неудобий, сохранению и восстановлению истощенных почв, улучшению качества природных поверхностных вод. Разведение лосей и других копытных в условиях фермерского охотничьего хозяйства может расцениваться как один из способов обеспечения продовольственной безопасности, диверсификации источников питания для местного населения, развития сельских районов, повышения рентабельности животноводства и увеличения занятости населения, что актуально в современных условиях. Вольерное разведение копытных проводится в соответствии с принципами устойчивого экологического сельского хозяйства. Развитие животных не стимулируется кормовыми добавками и высококалорийными подкормками, контакт с фармацевтическими препаратами минимален. По этим причинам мясо лося и других разводимых в вольерах копытных становится привлекательным продуктом для современного и осведомленного потребителя. Вольерное разведение лося может снизить пресс охоты на некоторые свободноживущие популяции и помочь в изучении биологии самого крупного представителя семейства оленьих.

Разведение лосей требует проведения не только охотхозяйственных, но и зооветеринарных мероприятий. Для оценки состояния здоровья и наличия патологий неинфекционной, инфекционный и инвазионной природы, а также адаптивных возможностей организма и его устойчивости могут быть использованы показатели периферической крови. Для этого в современной ветеринарной практике широко применяются биохимические исследования [5]. Одним из наиболее часто используемых клинических биохимических тестов является определение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови.

Щелочная фосфатаза – это металлопротеин, в состав активного центра которого входит атом цинка. Рассматривается как показатель метаболического статуса организма животных разных возрастов, зависящий от условий окружающей среды. Изоферменты щелочной фосфатазы содержатся практически во всех тканях, особенно в костной (в мембранах остеобластов растущих костей), паренхиме печени и стенках желчных протоков (откуда выделяется с желчью), проксимальных отделах извитых канальцев почек, лактирующей молочной железе, плаценте и клетках слизистой оболочки кишечника [6].

Выделяют несколько типов щелочной фосфатазы: тканенеспецифическая и три ее варианта, среди которых кишечный, плацентарный и зародышевый. Тканенеспецифическая щелочная фосфатаза представляет собой гомодимерный гликопротеин, каждый мономер которого состоит из 524 аминокислотных остатков. Тканенеспецифическая щелочная фосфатаза экспрессируются во многих тканях организма, но наибольшая активность отмечается в костях, печени, почках и плаценте [7, 8]. Помимо этого, щелочная фосфатаза широко представлена в центральной нервной системе: в эндотелиальных клетках головного мозга, особенно в затылочной, лобной и височных долях, а также в области гиппокампа [9, 10].

Физиологическая роль щелочной фосфатазы в тканях до конца не изучена. Костный изофермент щелочной фосфатазы участвует в минерализации скелета за счет гидролиза с образованием двух неорганических фосфатов, которые затем включаются в структуру гидроксиапатита вместе с кальцием. Также в процессе гидролиза уменьшается количество пирофосфата – одного из основных ингибиторов процесса минерализации, что вносит дополнительный вклад в поддержание костной структуры [11]. В других тканях щелочная фосфатаза участвует в защите целостности клеточных мембран от воспалительных агентов, в регуляции секреции бикарбонатов и микробной флоры и ее транслокации через кишечный барьер, в поддержании pH в двенадцатиперстной кишке и во всасывании длинноцепочечных желчных кислот. Щелочная фосфатаза катализирует углеводный и липидный обмены путем резорбции углеводов и липидов в тонком отделе кишечнике и активирует всасывание глюкозы в почечных нефронах. Установлено действие щелочной фосфатазы на реакции синтеза фруктозы из глюкозы [9].

Таким образом, распространенность щелочной фосфатазы в клетках различных органов и тканей свидетельствует о том, что этот фермент ответственен за фундаментальные биохимические процессы.

Щелочная фосфатаза участвует в поддержании гомеостаза, регуляции роста и адаптации организма к условиям внешней среды [12]. Активность щелочной фосфатазы варьируется при различных физиологических состояниях здорового организма (возраст от рождения до полового созревания, беременность) и при заболеваниях печени, костной ткани, желудка, кишечника и паращитовидных желез, что используется для диагностики данных заболеваний [6, 9]. При абсцессах печени и отравлении гепатотоксинами наблюдается резкое повышение щелочной фосфатазы [13]. Определение активности щелочной фосфатазы помогает в дифференциальной диагностике внутри- и внепеченочного холестаза. При внепеченочной обтурации (камни желчных протоков, новообразования) активность щелочной фосфатазы повышается в 10 раз и более, в то время как внутрипеченочная обтурация при паренхиматозном поражении (гепатите) сопровождается повышением активности щелочной фосфатазы в 2–3 раза. При внутрипеченочном холестазе сначала активность щелочной фосфатазы повышается за счет активации ее синтеза, а в дальнейшем ее увеличение, особенно в форме макрощелочной фосфатазы (комплекс фермента с

фрагментом мембраны), связано с деструкцией желчных канальцев при действии желчных кислот [13]. Уровень щелочной фосфатазы повышается при тяжелых инфекционных заболеваниях, таких как сепсис. В ряде исследований была обнаружена ассоциация между увеличением щелочной фосфатазы и С-реактивным белком – одним из основных маркеров воспалительной реакции [14, 15]. Обсуждается протективная роль щелочной фосфатазы в воспалительных реакциях [9]. По уровню содержания щелочной фосфатазы можно судить о степени тяжести течения воспалительного процесса [6]. Щелочная фосфатаза является одним из потенциальных маркеров инсульта и болезни малых сосудов [13]. Снижение активности щелочной фосфатазы может наблюдаться при хроническом гломерулонефрите, выраженной анемии и накоплении радиоактивных веществ в костях, а также на фоне лечения сульфаниламидными препаратами [13].

Установлена взаимосвязь активности щелочной фосфатазы с продуктивностью различных видов животных: крупного и мелкого рогатого скота, свиней и рыб [16–25]. Щелочную фосфатазу на ранних стадиях онтогенеза можно использовать в качестве маркера продуктивности и дополнительного критерия селекции животных. Баранчиков в месячном возрасте, которые имеют высокую активность щелочной фосфатазы, принимают как обладающих селективно выгодным метаболическим типом, а в пятимесячном возрасте, наоборот, используют в селекционном процессе как имеющих низкую активность щелочной фосфатазы. Кроме того, наличие корреляции между щелочной фосфатазы и ростом служит критерием при отборе баранчиков на скороспелость [22].

Таким образом, вариабельность активности щелочной фосфатазы становится предметом многочисленных исследований биохимического статуса крови животных, в частности лосей.

В доступной научной литературе представлены единичные сведения об особенностях активности щелочной фосфатазы у лосей [5, 26–29]. Данный показатель представлен у животных, иммобилизированных при помощи лекарственных средств, что отражается на уровне активности щелочной фосфатазыа [26]. Однако не известны половые и возрастные особенности, не всегда указано физиологическое состояние организма животных и наличие заболевания, не представлены данные по массе животных.

Цель исследования – изучение динамики активности щелочной фосфатазы в процессе онтогенетического развития самцов лосей.

**Объекты и методы исследования**

В качестве материала для исследования использовали кровь самцов лосей (n = 75), в том числе 20 от телят в возрасте 6–7 месяцев, 15 – от молодняка 1,5 года, 30 – от взрослых особей 2,5–7,5 лет, 10 – от животных 8,5–12,5 лет. Биоматериал получен от животных, добытых в период сезона охоты (октябрь – декабрь) в 2006–2020 гг. Отстрел лосей производился в процессе индивидуальных охот на солонцах и с подхода, а также обеспечивал сравнительно одинаковый уровень стресса животных. Гибель животных от огнестрельного ранения происходила мгновенно или агональный период не превышал нескольких минут, что соответствует молниеносному темпу наступления смерти. Животные, получившие тяжелые ранения и добытые в результате последующего преследования, в выборку не включались. Все особи считались клинически здоровыми, поскольку на момент отбора проб признаки болезней отсутствовали.

Масса тела лосей определялась до разделки туши и варьировалась у телят в пределах 178–201,5 кг (191,25 ± 10,58), у молодняка 1,5 года – 251–280,5 кг (265,75 ± 20,85), у взрослых особей – 280–420,5 кг (340,93 ± 53,36).

Сбор материалов для исследования осуществлялся в научно-опытном охотничьем хозяйстве ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова на территории Слободского, Зуевского и Белохолуницкого районов Кировской области в подзоне южной тайги. Все животные являлись дикими и свободно передвигались в пределах хозяйства, питаясь местной растительностью.

Взятие проб крови для дальнейших лабораторных исследований производили путем перерезания яремной вены (*Venae jugularis*) сразу после отстрела животного в процессе охоты. Кровь брали в вакуумные пробирки IMPROVE по 4 мл с активатором свертывания. До отправки в лабораторию института кровь хранилась в холодильнике при температуре +4 °С около 16–24 ч. В лаборатории кровь центрифугировали в течение 20 мин при 1500 об/мин.

Исследования сыворотки крови проводили сразу после доставки в лабораторию на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Biochem SA High Technology (США) с использованием набора реагентов «Эко-Сервис» (Россия). Анализ включал определение активности щелочной фосфатазы.

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения MS Excel (Office 2019) и Statgraphics (19-X64) общепринятыми методами [30]. Для описания выборок определяли среднее значение (M), стандартное отклонение (± SD), медиану (Me), 25 и 75 % процентили. Для сравнения показателей между группами применяли непараметрический критерий (U) Манна – Уитни. Связи между группами оценивались с помощью ранговой корреляции по Спирмену. Для оценки влияния факторов «возраст» и «масса тела» на активность щелочной фосфатазы применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Влияние фактора считалось достоверно значимым при $p < 0,05$.

**Результаты и их обсуждение**

Результаты активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови самцов лосей различных возрастных групп приведены на рисунке 1.

Выявили сильную отрицательную корреляцию между показателями активности щелочной фосфатазы ($r$ = –0,60; $p$ = 0,02) у самцов лосей в возрасте 1,5 года и взрослых особей.

Различные факторы могут влиять на активность щелочной фосфатазы. Проведенный однофакторный анализ (ANOVA) позволил установить влияние физиологических факторов (возраст и масса) на активность щелочной фосфатазы. Установлено достоверное влияние возраста ($p$ = 0,00, % влияния 87,49) и массы тела ($p$ = 0,00, % влияния 86,53).

В связи с недостатком в научной литературе сведений по активности щелочной фосфатазы у лосей и отсутствием данных по возрастным, половым и физиологическим особенностям или наличию заболеваний и пр. провели сравнительный анализ наших результатов с другими видами животных подотряда жвачные (*Ruminantia*), по которым имеются подобные исследования.

Важнейшее значение в формировании дыхательной функции крови в онто- и филогенезе имеет развитие скелета и опорно-двигательного аппарата [31]. У новорожденных млекопитающих активен весь красный костный мозг, в котором осуществляется гемопоэз, тогда как у взрослых животных определенная его часть замещается на желтый жировой костный мозг [32]. Общая активность щелочной фосфатазы в циркулирующей крови здоровых животных складывается из активности печеночных и костных изоферментов, которая велика у растущих животных [33]. Данный фермент учувствует в формировании скелета в процессе онтогенетического развития. Полученные нами данные соответствуют вышесказанному.

В результате исследований установили, что активность щелочной фосфатазы достоверно изменяется в онтогенезе. Максимальные значения отмечены у лосят в возрасте 6–7 месяцев (222,16 ± 31,14 Ед/л), затем к 1,5 годам происходит достоверное снижение ($p$ = 0,00) до 146,48 ± 44,09 Ед/л. У взрослых самцов активность щелочной фосфатазы достоверно ($p$ = 0,00) снижается до 69,88 ± 11,31 Ед/л. У самцов старше 8 лет активность снижается до 47,34 ± 4,74 Ед/л ($p$ = 0,00).

По данным исследователей, изучавших физиологию лося в Печоро-Илычском заповеднике (Республика Коми), новорожденные лосята растут очень быстро. Сопоставление интенсивности роста лосят и молодняка крупного рогатого скота показывает, что отношение прироста к весу в первый месяц жизни у лосят составляет 50,8, у телят – 31,3 [34, 35]. По данным А. Э. Кнорре, относительный прирост массы тела лосят в два раза выше, чем у телят [36].

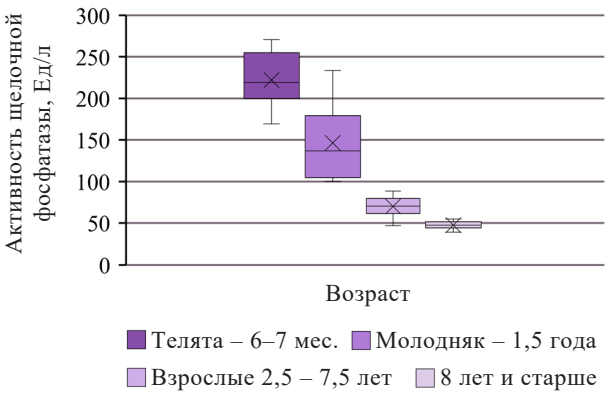


Рисунок 1. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови самцов лосей различных возрастных групп

Figure 1. Age-related alkaline phosphatase activity in the blood serum of male moose

Относительная скорость роста лосят достигает своего пика в трехмесячном возрасте. Осенью при переходе на веточный корм рост лосят замедляется. Интенсивность роста за первое полугодие жизни у лосят достигает 1500 %, а у крупного рогатого скота 400–407 % [4]. Увеличение массы тела быстрее происходит у видов с более высокой концентрацией в молоке белка и макроэлементов (кальция, фосфора), необходимых для формирования скелета и мускулатуры. Среди копытных животных наиболее быстрорастущими являются лось и северный олень [37]. Высокие темпы роста и метаболизма, а также становление физиологической зрелости органов и систем лосят в летний период определяют успешность их выживания зимой, когда питание ограничено бедным белком веточным кормом, и являются доказательством адаптивной пластичность организма лося. Кроме того, быстрое развитие опорно-двигательного аппарата имеет важное значение для более эффективного функционирования дыхательной функции крови.

Результаты наших исследований согласуются с данными Я. А. Жарикова и Л. А. Каневой, демонстрирующими, что щелочная фосфатаза обеспечивает образование энергии за счет гидролиза фосфорных эфиров органических соединений, включая обмен макроэргов, и транспорта фосфатов через плазматические мембраны [22]. Постепенное возрастное снижение активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови животных вызвано уменьшением роли фермента в поддержании энергетического гомеостаза за счет обмена фосфорорганических соединений на фоне возрастания роли аминотрансфераз.

Ю. Г. Соболева с соавторами в своей работе указали на возрастную вариабельность активности щелочной фосфатазы у крупного рогатого скота [13]. К началу полового созревания, т. е. к 6–7 месяцам,

активность щелочной фосфатазы у животных колеблется от 1,71 до 2,48 мккат/л и в 4 раза превышает таковые у нестельных коров ($p < 0,00$). У телят с клиническими признаками диспепсии активность щелочной фосфатазы, по сравнению со здоровыми в возрасте 1–10 дней, понижена на 8 %. Это указывает на незначительное понижение экскреции паренхимы и стенок желчных протоков при вовлечении печени в патологический процесс диспепсии. Однако щелочная фосфатаза больных телят почти в 4,5 раза выше, чем у коров ($p < 0,00$). Сведения по определению активности щелочной фосфатазы при патологии пищеварительной системы и печени позволяют получить объективные данные только при сравнении одновозрастных животных.

Результаты В. И. Еременко и др. по определению активности щелочной фосфатазы у телочек, полученные от лактирующих коров разного уровня продуктивности, показывают, что в период от рождения до двенадцатимесячного возраста активность щелочной фосфатазы увеличивается независимо от их происхождения [18]. У телочек, полученных от высокопродуктивных коров, установлена более высокая активность щелочной фосфатазы в шести- и двенадцатимесячном возрасте, а в возрасте старше двенадцати месяцев эти различия становятся статистически достоверными ($p < 0,05$).

Результаты биохимических исследований сыворотки крови самцов лосей в сравнении с данными других авторов приведены в таблице 1.

Практически все исследования по биохимическим показателям крови лосей проведены со взрослыми животными. В работе M. K. Rostal с соавторами приведены данные по трем возрастным группам животных, включающим телят, молодняк 1–2 года и взрослых особей, но отсутствуют данные о половом

Таблица 1. Биохимические показатели молодняка и взрослых самцов лосей в сравнении с данными других авторов

Table 1. Biochemical parameters of young vs. adult male moose: comparative analysis of available publications

| Вид, подвид | Пол | Активность щелочной фосфатазы, Ед/л M ± SD (min – max) | | | | Автор |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Телята 6–7 месяцев | Молодняк 1–2 года | Взрослые 2,5–7,5 лет | Старые 8–12 лет | |
| *A. a. alces* (Linnaeus 1758) | ♂ | 222,16 ± 31,14<br>169,2–270,8 | 146,48 ± 44,09<br>99,9–233,5 | 69,88 ± 11,31<br>46,65–88,3 | 47,34 ± 4,74<br>38,8–54,76 | Наши данные, Кировская область, РФ |
| *A. a. alces* (Linnaeus 1758) | – | – | – | 131,00 ± 12,14 | – | Reshetnyak и др., Костромская область, РФ [29] |
| *A. a. alces* (Linnaeus 1758) | – | 293<br>135–502 | 157<br>78–254 | 130<br>41–335 | – | Rostal и др., Норвегия [5] |
| *A. a. alces* (Linnaeus 1758) | – | – | – | 251 ± 130 (иммобилизация Медетомидин-кетамин)<br>407 ± 276 (иммобилизация Эторфин) | – | Arnemo, Норвегия [26] |
| *A. a. shirasi* (Nelson 1914) | ♀ | – | – | 297,30 ± 125,50 | – | Becker и др., Вайоминг, США [27] |
| *A. a. gigas* (Miller 1899) | ♀ беременные | – | – | 43,50 ± 19,07<br>25–135 | – | Keech и др., Аляска, США [28] |
| Домашний *Rangifer tarandus tarandus* (Linnaeus 1758) | ♀ беременные | – | – | 173,00 ± 5,40 (таежная зона)<br>95,38 ± 15,39 (горно-таежная зона) | – | Корякина и др., Якутия, РФ [38] |
| Дикий *Rangifer tarandus tarandus* (Linnaeus, 1758) | ♀ | – | – | 257,00 ± 20,00 | – | Miller и др., Норвегия [39] |
| Домашние *Bos taurus taurus* (Linnaeus, 1758) | ♀ | – | – | 55–80 | – | Громыко, Краснодарский край, РФ [40] |

различии [5]. Данные по активности ферментов у животных 8 лет и старше в доступной литературе отсутствуют. Данные M. K. Rostal и др., согласно которым сохранена тенденция активности сывороточной щелочной фосфатазы между взрослыми животными и молодняком, о чем свидетельствуют приведенные выше сравнительные исследования, наиболее близки к нашим результатам.

По данным V. Reshetnyak с соавторами, проводивших исследования на территории Сумароковского государственного природного заповедника Костромской области РФ, активность сывороточной щелочной фосфатазы у клинически здоровых взрослых лосей составила 131,00 ± 12,14 Ед/л, что выше наших результатов на 188 % [29]. У лосей с поражениями дистальных отделов конечностей различной степени тяжести активность щелочной фосфатазы отмечена на уровне 162,50 ± 14,55 Ед/л. В данной работе также не представлено разделение лосей по полу.

Полученные нами результаты превосходят данные по взрослым особям лосей из Норвегии на 359 %, по взрослым самкам лося из Вайоминга, США – на 465 %, по домашним северным оленям из Якутии – на 247 и 136 %, по диким северным оленям из Норвегии – на 367 % [26, 27, 38, 39]. У лосей, добытых на территории штата Аляска, США, установлена активность щелочной фосфатазы на 38 % меньше по сравнению с нашими данными [28]. Физиологическая норма содержания щелочной фосфатазы у КРС аналогична [40]. Однако данные сравнительные исследования были проведены с животными без половых различий либо с самками, некоторые из которых были беременными [5, 26–29, 38–40].

Л. П. Корякина и др. в своей работе осуществляли взятие крови у северных оленей в феврале в период глубокой стельности важенок (последние три месяца) [38]. Этот период характеризуется преобладанием количественного роста плода, глубокой дифференциацией кожного покрова, окостенением скелета плода и образованием очагов окостенения в молочных зубах. Поэтому у оленей таежной зоны отмечается более высокий уровень активности щелочной фосфатазы, связанный с отложением фосфатов кальция в костной ткани плода. Отел у оленей горно-таежной зоны проходит в более поздние сроки, поэтому активность щелочной фосфатазы в феврале менее выражена. Повышение активности сывороточной щелочной фосфатазы в период глубокой стельности объясняется ростом эмбриона, особенно процессом остеогенеза плода.

Таким образом, более высокую активность щелочной фосфатазы в работах вышеуказанных авторов, по сравнению с нашими результатами, можно связать именно с беременностью самок даже в тех случаях, когда наличие беременности не указано, а также с присутствием инфекционных и инвазионных заболеваний или методом отбора проб крови.

A. L. Миллер с соавторами установили, что у северных оленей при стрессе возможно повышение активности сывороточной щелочной фосфатазы и других ферментов, связанных с преследованием при охоте [39].

Несмотря на то что мы предоставили данные по активности сывороточной щелочной фосфатазы у данной популяции лосей, существуют ограничивающие факторы, которые следует учитывать при проведении сравнительного анализа. Это различия в методах взятия крови, биохимических анализаторах и среде обитания животных, а также наличие болезней или определенного физиологического состояния. Таким образом, диапазоны данного параметра должны быть интерпретированы с учетом приведенных факторов.

**Выводы**

Результаты проведенных исследований активности щелочной фосфатазы у лосей в онтогенезе показали, что уровень фермента колеблется в широких пределах. Наличие такой вариабельности и связи с живой массой позволяют проводить разделение животных на группы в соответствии с величиной активности фермента.

Полученные результаты по динамике активности щелочной фосфатазы в онтогенезе отражают гомеостатические изменения, происходящие в организме лосей. В первые месяцы жизни высокая активность фермента (222,16 ± 31,14 Ед/л) характеризует интенсивный гидролиз фосфорных эфиров органических соединений, включая обмен макроэргов на фоне бурного остеогенеза. К возрасту 1,5 лет снижается востребованность фосфорорганических соединений в процессах обмена веществ, роль фермента в поддержании гомеостаза уменьшается – 146,48 ± 44,09 Ед/л. У взрослых особей 2,5–7,5 лет активность щелочной фосфатазы снижается до 69,88 ± 11,31 Ед/л, у животных старше 8,5 лет – до 47,34 ± 4,74 Ед/л.

В основе современной селекции животных лежит отбор по комплексу признаков. Животные, сочетающие желательные качества, считаются наиболее ценными в племенном отношении. Использование в селекционной работе интерьерных признаков, наряду с фенотипическими, позволяет отбирать животных с высоким генетическим потенциалом. Возможно использовать показатели активности щелочной фосфатазы в качестве маркера продуктивности и дополнительного критерия к сложившимся в зоотехнической практике методам и приемам селекции.

Многие вопросы не получили обсуждения в данной статье из-за их плохой изученности. Исследования по изучению обмена веществ лосей будут продолжены и расширены, а также сопоставлены с данными по другим копытным животным.

**Критерии авторства**

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за достоверность информации и уникальность разработок.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности**

Выражаем благодарность охотничьему коллективу Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова за помощь в сборе биоматериала. Также благодарим Б. Е. Зарубина за помощь и содействие в сборе данных.

**Contribution**

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

**Conflict of interest**

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

**Acknowledgments**

The authors express their gratitude to the hunters from the Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming for their help in collecting biological material. We also thank to Dr. Boris Zarubin for his help and assistance with data collection.

**References/Список литературы**

1. Veber AEh, Simakov AF, Chuv′yurova NI, Chalyshev AV. Physiology of diet and metabolism of the moose. Syktyvkar: Komi nauchnyy tsentr UrO RAN; 1992. 124 p. (In Russ.). [Физиология питания и обмен веществ лося / А. Э. Вебер [и др.]. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1992. 126 с.].

2. Sokolov NV. European elk and how to domesticate it. Kostroma: Kostroma Research Institute of Agriculture; 2012. 150 p. (In Russ.). [Соколов Н. В. Лось европейский и его одомашнивание. Кострома: Костромской научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2012. 150 с.].

3. Perevozchikova MA, Domsky IA, Sergeyev AA. Hematological parameters of free-ranging moose *Alces alces* (Linnaeus 1758) (*Ruminantia*, *Cervidae*). Foods and Raw Materials. 2024;12(1):80–90. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-1-592

4. Likhachev AI. Elks of Western Siberia: morpho-functional and ecological studies. Novosibirsk; 1959. 187 p. (In Russ.). [Лихачев А. И. Лоси Западной Сибири: морфо-функциональные и экологические исследования. Новосибирск, 1959. 187 с.].

5. Rostal MK, Evans AL, Solberg EJ, Arnemo JM. Hematology and serum chemistry reference ranges of free-ranging moose (*Alces alces*) in Norway. Journal of Wildlife Diseases. 2012;48(3):548–559. https://doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.548

6. Miller TM, Petrova MB, Miller DA, Necrasova IL. The change of biological levels of blood serum alkaline phosphatase in chronic inflammation in mucosa of stomach. Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2011;(23): 69–73. (In Russ.). [Изменение биологических уровней щелочной фосфатазы при хроническом воспалении в слизистой оболочке желудка / Д. А. Миллер [и др.] // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2011. № 23. С. 69–73.]. https://elibrary.ru/OXBSGH

7. Nikolaev AA. The structure and function of placental alkaline phosphatase (a review). Russian Journal of Human Reproduction. 2015;21(3):24–29. https://doi.org/10.17116/repro201521324-29

8. Silvent J, Gasse B, Mornet E, Sire J-Y. Molecular evolution of the tissue-nonspecific alkaline phosphatase allows prediction and validation of missense mutations responsible for hypophosphatasia. Journal of Biological Chemistry. 2014;289(35):24168–24179. https://doi.org/10.1074/jbc.M114.576843

9. Malinina EI, Mazalova MV. Alkaline phosphatase in neurological practice (review). Medical Almanac. 2020;65(4):21–28. (In Russ.). [Малинина Е. И., Мазалова М. В. Щелочная фосфатаза в практике врача-невролога (обзор) // Медицинский альманах. 2020. Т. 65. № 4. С. 21–28.]. https://elibrary.ru/VMEXDM

10. Négyessy L, Xiao J, Kántor O, Kovács GG, Palkovits M, Dóczi TP, *et al.* Layer-specific activity of tissue non-specific alkaline phosphatase in the human neocortex. Neuroscience. 2011;172:406–418. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.10.049

11. Millán JL, Whyte MP. Alkaline phosphatase and hypophosphatasia. Calcified Tissue International. 2016;98:398–416. https://doi.org/10.1007/s00223-015-0079-1

12. Ivanova ON, Ustyuzhina TV, Skorinova TV. Calcitonin, osteocalcitonin, and parathyroid hormone in blood of patients with chronic kidney disease. International Journal of Experimental Education. 2015. № 9. С. 132–135. (In Russ.). [Иванова О. Н., Устюжина Т. В., Скоринова Т. В. Изучение уровня кальцитонина, остеокальцитонина и паратгормона крови у больных с хронической почечной болезнью // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 9. С. 132–135.]. https://elibrary.ru/UDORLT

13. Soboleva YuG, Cholod VM, Baran VP, Postrash IYu. Estimation of alkaline phosphatase in cattle at the age aspect and with dyspepsia. Agricultural Science and Education at the Current Stage of Development: Experience, Problems, and Solutions. 2012;1:222–226. (In Russ.). [Оценка активности щелочной фосфатазы у крупного рогатого скота в возрастном аспекте и при диспепсии Ю. Г. Соболева [и др.] // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2012. Т. 1. С. 222–226.]. https://elibrary.ru/PWMBYP

14. Kunutsor SK, Bakker SJL, Kootstra-Ros JE, Gansevoort RT, Gregson J, Dullaart RPF. Serum alkaline phosphatase and risk of incident cardiovascular disease: Interrelationship with high sensitivity C-reactive protein. PLoS ONE. 2015;10(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132822

15. Webber M, Krishnan A, Thomas NG, Cheung BMY. Association between serum alkaline phosphatase and C-reactive protein in the United States National Health and Nutrition Examination Survey 2005–2006. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. 2010;48(2):167–173. https://doi.org/10.1515/cclm.2010.052

16. Eryomenko VI, Karpenkova KV. Enzymatic profile of blood at the cow calves received from raznoproduktivny cows. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2017;(4):33–35. (In Russ.). [Еременко В. И., Карпенкова К. В. Ферментативный профиль крови у телочек, полученных от разнопродуктивных коров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 33–35.]. https://elibrary.ru/YPRWFB

17. Eremenko VI, Gorozhankina GA, Skobelev VS. Dynamics of activity of transaminases, lactate dehydrogenase and alkaline phosphatase in heifers obtained from multiproductive cows. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2021;(7):37–42. (In Russ.). [Еременко В. И., Горожанкина Г. А., Скобелев В. С. Динамика активности трансаминаз, лактатдегидрогеназы и щелочной фосфатазы у тёлочек, полученных от разнопродуктивных коров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 37–42.]. https://elibrary.ru/UPVVKL

18. Eremenko VI, Rotmistrovskaya EG, Steblovskaya SYu. Alkaline phosphatase activity in blood serum of heifers and heifers of different breeds. Scientific Notes of the Crimean Federal University: Biology and Chemistry. 2022;8(1): 89–94. (In Russ.). [Еременко В. И., Ротмистровская Е. Г., Стебловская С. Ю. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови у телочек и нетелей разных пород // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. 2022. Т. 8. № 1. С. 89–94.]. https://elibrary.ru/WAXYUB

19. Kozir VS, Xalak BI, Rudenko EV, Subdinner LI, Dolgaya MN, Goncharenko AA. Intercommunication of biochemical indexes of serum of blood with the productivity of bull-calves of different genotypes. Vitebsk the Order of “the Badge of Honor” State Academy of Veterinary Medicine. 2018;54(3):87–92. (In Russ.). [Взаимосвязь биохимических показателей сыворотки крови с продуктивностью бычков разных генотипов / В. С. Козырь [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак Почета государственная академия ветеринарной медицины. 2018. Т. 54. № 3. С. 87–92.]. https://elibrary.ru/YLIGTJ

20. Lee AE, Derkho MA. Enzyme composition of the blood and its interrelation with the live mass at young Aberdin-Angusa breed. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019;75(1):168–172. (In Russ.). [Ли А. Э., Дерхо М. А. Ферментный состав крови и его взаимосвязь с живой массой у молодняка абердинн-ангусской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. Т. 75. № 1. С. 168–172.]. https://elibrary.ru/POZRZD

21. Dementyeva TA. Blood serum alkaline phophatase activity in the pigs when live weight different fattening. Vestnik NGAU. 2014;30(1):56–59. (In Russ.). [Дементьева Т. А. Активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови свиней при откорме до разной живой массы // Вестник НГАУ. 2014. Т. 30. № 1. С. 56–59.]. https://www.elibrary.ru/RYPTUT

22. Zharikov YaA, Kaneva LA. Activity of alkaline phosphatase in male lamb blood serum in relation to age and growth rate. Genetics and Breeding of Animals. 2021;(1):9–16. (In Russ.). https://doi.org/10.31043/2410-2733-2021-1-9-16

23. Rakhimov ShT, Radzhabov N, Sheraliev F. Serum enzymes in predicting fertility of Gissar breed sheep. Sheep, Goats, Wool Business. 2015;(2):39–40. (In Russ.). [Рахимов Ш. Т., Раджабов Н., Шералиев Ф. Прогнозирование плодовитости овец гиссарской породы по сывороточным ферментам крови // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 2. С. 39–40.]. https://www.elibrary.ru/UCAJTJ

24. Sergeeva NV, Pogodaev VA. Influence of the genotype on hematological parameters of young sheep. News of Agro-Industrial Science. 2018;11(2–1):471–475. (In Russ.). https://doi.org/10.25930/cmbk-fg09

25. Maslova NI, Pronina GI, Revyakin AO. The role of biochemical investigations in fish breeding. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2010;28(4):221–224. (In Russ.). [Маслова Н. И., Пронина Г. И., Ревякин А. О. Роль биохимических исследований в селекции рыб // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. Т. 28. № 4. С. 221–224.]. https://elibrary.ru/NBKDCP

26. Arnemo JM. Immobilization of free-ranging moose (*Alces alces*) with medetomidine-ketamine and remobilization with atipamezole. Rangifer.1995;15(1):19–25. https://doi.org/10.7557/2.15.1.1153

27. Becker SA, Kauffman MJ, Anderson SH. Nutritonal condition of adult female Shiras moose in northwest Wyoming. Alces. 2010;46:151–166.

28. Keech MA, Stephenson TR, Bowyer RT, van Ballenberghe V, Ver Hoef JM. Relationships between blood-serum variables and depth of rump fat in Alaskan moose. Alces. 1998;34(1):173–179.

29. Reshetnyak V, Stekol’nikov A, Burdeynyy V, Yelokhin M, Malakhova L. Morphobiochemical parameters of blood in traumatism in moose under domestication. International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences and Technologies. 2021;12(7):1–8. https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.143

30. Ivanter EhV, Korosov AV. Biology of chemical elements. Petrozavodsk: PetrGU; 2010. 104 p. (In Russ.). [Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия. Петрозаводск: ПетрГУ. 2010. 104 с.].

31. Korzhuev PA. Hemoglobin. Comparative physiology and biochemistry. Moscow: Nauka; 1964. 287 p. (In Russ.). [Коржуев П. А. Гемоглобин. Сравнительная физиология и биохимия. М.: Наука, 1964. 287 с.].

32. Korzhuev PA. Respiratory function of blood and skeleton in vertebrates. Uspekhi Sovremennoi Biologii. 1955;39(2): 163–195. (In Russ.). [Коржуев П. А. Дыхательная функция крови и скелет позвоночных животных // Успехи современной биологии. 1955. Т. 39. № 2. С. 163–195.].

33. Thrall MA, Baker DC, Campbell TW, Denicola D, Fettman MJ, Lassen ED. Veterinary hematology and clinical chemistry. Ames: Blackwell Publishing; 2006. pp. 355–375.

34. Moiseenko NA, Mochalov NI. Ecological and physiological characteristics of red blood and energy consumption in moose in early postnatal ontogenesis. In: Getsen MV, editor. Environmental factors and their effect on the fertility of wild animals in the ecosystems of the European Northeast of the USSR. Syktyvkar: Komi nauchnyy tsentr UrO AN SSSR; 1987. pp. 82. (In Russ.). [Моисеенко Н. А., Мочалов Н. И. Эколого-физиологическая характеристика красной крови и энергозатраты у лосей в раннем постнатальном онтогенезе // Влияние экологических факторов на продуктивность диких животных в экосистемах Европейского Северо-Востока СССР / отв. ред. М. В. Гецен. Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1987. С. 82.].

35. Chermnykh NA, Roshchevskiy MP, Novozhilova EhA. Ungulates of the North. Gas-energy metabolism and cardiac activity. Leningrad: Nauka; 1980. 170 p. (In Russ.). [Чермных Н. А., Рощевский М. П., Новожилова Э. А. Копытные животные в условиях Севера. Газоэнергетический обмен и сердечная деятельность. Л.: Наука, 1980. 170 с.]. https://www.elibrary.ru/XGCDZP

36. Knorre AEh. Results and prospects of the moose domestication. Proceedings of the Pechora-Ilych Nature Reserve. 1961;(9):5–113. (In Russ.). [Кнорре А. Э. Итоги и перспективы одомашнивания лося // Труды Печоро-Илычского заповедника. 1961. № 9. С. 5–113.].

37. Galantsev VP, Gulyaeva EL. Эволюция лактации. Leningrad: Nauka; 1987. 176 p. (In Russ.). [Галанцев В. П., Гуляева Е. Л. Эволюция лактации. Л.: Наука, 1987. 176 с.].

38. Koryakina LP, Maksimov VI, Machakhtyrov GN. Seasonal morphophysiological and enzyme profile of the blood of domestic reindeer in the taiga and mountain taiga zones of Yakutia. Agrarian Bulletin of the Urals. 2008;43(1):48–50. (In Russ.). [Корякина Л. П., Максимов В. И., Мачахтыров Г. Н. Особенности некоторых морфофизиологических показателей и ферментный профиль крови домашнего северного оленя по сезонам года таежной и горно-таежной зон Якутии // Аграрный вестник Урала. 2008. Т. 43. № 1. С. 48–50.]. https://www.elibrary.ru/IYQAVP

39. Miller AL, Evans AL, Os Ø, Arnemo JM. Biochemical and hematologic reference values for free-ranging, chemically immobilized wild Norwegian Reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) during early winter. Journal of Wildlife Diseases. 2013;49(2):221–228. https://doi.org/10.7589/2012-04-115

40. Gromuiko EV. Appreciation of cow's organism state by biochemical methods. The North Caucasus Ecological Herald. 2005;1(2):80–94. (In Russ.). [Громыко Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии // Экологический вестник Северного Кавказа. 2005. Т. 1. № 2. С. 80–94.]. https://www.elibrary.ru/RWTHFJ