

УДК 5771:636.237.2

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ БЫКОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Т. В. Коновалова, старший преподаватель
Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия,
E-mail_tapetva@gmail.ru

Ключевые слова: заменимые и незаменимые аминокислоты, корреляции, быки, черно-пестрая порода

Реферат. Представлены данные по содержанию и изменчивости заменимых и незаменимых аминокислот в сыворотке крови у быков черно-пестрой породы в возрасте 18 месяцев. Содержание аминокислот определено на автоматическом аминокислотном анализаторе AAA881 производства Чехии. Установлены популяционные значения аминокислот для животных черно-пестрой породы в экологических условиях Сибири. Отмечена высокая фенотипическая изменчивость уровня аминокислот в сыворотке крови быков. Особенно большая вариация характерна для аминокислот метионина и глицина. Выявлены средние и высокие коэффициенты корреляции между уровнями аминокислот, а также значимые связи между концентрацией некоторых аминокислот с аккумуляцией свинца, магния, цинка, железа в мышечной ткани, почках и легких. Показана высокая корреляция между содержанием метионина в сыворотке крови и концентрацией свинца в мышечной ткани быков черно-пестрой породы. Полученные параметры аминокислот могут использоваться в качестве одних из характеристик интерьера, в ветеринарии и экологии.

AMINOACID COMPOUND OF BLOOD SERUM OF BLACK-AND WHITE BREED BULLS

Konovalova T.V., Senior teacher
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: replaceable and nonreplaceable amino acids, correlations, bulls, Black-and-White cattle.

Abstract. The paper shows the data on concentration of replaceable and nonreplaceable amino acids and their variability in the blood serum of Black-and-White bulls aged 18 months. The author defined concentration of amino acids on automatic analyzer AAA881 made in Czech Republic where she observed population parameters of amino acids of Black-and-White cattle in environmental conditions of western Siberia. The author observed high phenotypical variability of amino acids in the blood serum of bulls. The highest variability is typical for methionine and glycine amino acids. The paper reveals average and high correlation coefficients among amino acids and between concentration of some amino acids and lead, magnesium, zinc and ferrum in muscle tissue, kidneys and lungs. The author shows high correlation between methionine concentration in the blood serum and concentration of lead in the muscle tissue of Black-and-White bulls. These amino acid parameters can be used as a parameter of interior in veterinary medicine and ecology.

В последнее время в Сибири проводится комплексное изучение генофонда и фенофонда пород сельскохозяйственных животных [1–10]. При этом используются гематологические, биохимические, цитогенетические, химические, молекулярно-генетические и другие методы исследования [11–20]. Аминокислотный статус имеет важное значение при оценке интерьера различных видов животных. Аминокислоты играют важнейшую роль в организме, являясь

строительным материалом для формирования новых белков [21, 22], тем самым поддерживая гомеостаз живого организма. Так как крупный рогатый скот относится к жвачным животным, то имеет большое преимущество в плане отсутствия дефицита незаменимых аминокислот. Это объясняется тем, что в преджелудке у крупного рогатого скота микроорганизмы способны сами синтезировать незаменимые аминокислоты. После переваривания белков

в тонком кишечнике происходит всасывание всех аминокислот, они поступают в воротную вену и транспортируются кровотоком прямо в печень. Клетки используют аминокислоты для синтеза белков, компонентов мембран, нейромедиаторов и т.п. [23].

Аминокислоты имеют связь со многими микроэлементами. Так, например, кобальт, участвующий в биосинтезе аминокислоты метионина, необходим для метаболических процессов, связанных с усвоением железа.

Стоит также отметить, что благодаря связи аминокислот с металлами образуются биолганды, которые выполняют многообразные биохимические функции [24]. Например, аминокислоты цистин ($-\text{CH}_2\text{SH}$) и метионин ($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3$) координируют с металлами (Cd, Zn, Cu), образуя соединения таких групп, как глутатион, фитохелаты и металлопротеины.

С помощью оценки аминокислотного индекса, который подразумевает соотношение незаменимых и заменимых аминокислот, можно судить о полноценности белкового питания [1, 22]. Норм для крупного рогатого скота с учетом возрастных особенностей, типов и линий, пород с учетом различных экологических условий не разработано. Поэтому целью работы явилось изучение аминокислотного состава сыворотки крови быков черно-пестрой породы в экологически благополучном районе Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования была взята сыворотка крови у 30 бычков черно-пестрой породы в возрасте 18 месяцев.

Количественное содержание аминокислот определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе чехословацкого производства ААА881. Определяли следующие аминокислоты (мг%): незаменимые – фенилаланин, лизин, гистидин, аргинин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин; заменимые – аспарагин, глутамин, серин, пролин, глицин, аланин, цистин, тирозин.

Изучено также содержание свинца, цинка, железа, меди, марганца в органах и тканях круп-

ного рогатого скота с использованием атомно-эмиссионного спектрального метода [25, 26].

Исследования проведены в экологически безопасном районе Новосибирской области. В воде, почвах и кормах определено содержание микроэлементов [27–30]. Показано, что территория, где проводились исследования, благополучна по содержанию тяжелых металлов в почве и кормах.

Материалы работы статистически обработаны с использованием программы Microsoft Excel. Соответствие фактического распределения нормальному было определено с использованием теста Andersena-Darling в модификации Колмогорова-Смирнова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены данные о содержании свободных незаменимых аминокислот в сыворотке крови бычков черно-пестрой породы в возрасте 18 месяцев. Концентрация в сыворотке крови незаменимых аминокислот у животных различалась. Наибольшее ее значение присуще таким аминокислотам, как лизин и лейцин (0,249 и 0,229 мг% соответственно). Наибольшее значение отмечено у лизина, а уровень метионина был 24,9 раза меньше.

Лизин регулирует пигментацию шерсти животных. Он является кетогенной аминокислотой [31], тогда как валин относится к глюкогенной аминокислоте (катализатор глюкозы), а изолейцин имеет свойства обеих аминокислот. Лейцин способствует активации рапамицин киназы у млекопитающих, которая отвечает за регуляцию роста клеток.

Фенилаланин – аминокислота ароматического ряда, ее избыток в норме превращается в тирозин ферментом фенилаланингидроксилазой [23], так как высокие ее концентрации токсичны для клеток [31–33]. В норме сама аминокислота фенилаланин не подвергается дезаминированию. Предварительно фенилаланин превращается в тирозин, чем объясняется невысокое содержание данной аминокислоты (0,089 мг%).

Гистидин входит в состав карнозина и ансерина, а также содержится в гемоглобине. По

этой причине недостаток гистидина в организме приводит к снижению уровня гемоглобина. Стоит отметить, что уровень гистидина составляет 0,053 мг%, в случае его дефицита

показатель был значительно выше, так как при этом происходит разрушение гемоглобина с высвобождением данной аминокислоты [21, 34].

Таблица 1

Свободные незаменимые аминокислоты в сыворотке крови бычков черно-пестрой породы, мг%
Free nonreplaceable amino acids in the blood of Black-and-White bulls, mg%

Аминокислота	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv	Lim
Лизин	0,2490±0,0134	0,073	29,5	0,120 – 0,392
Гистидин	0,0530±0,0029	0,016	30,1	0,028 – 0,088
Аргинин	0,0870±0,0045	0,025	28,2	0,051 – 0,145
Треонин	0,1250±0,0070	0,038	30,7	0,065 – 0,228
Валин	0,1870±0,0117	0,064	34,2	0,042 – 0,340
Метионин	0,0100±0,0010	0,006	59,8	0,004 – 0,028
Изолейцин	0,0710±0,0043	0,024	33,1	0,031 – 0,146
Лейцин	0,2290±0,0109	0,060	26,0	0,136 – 0,366
Фенилаланин	0,0890±0,0044	0,024	27,2	0,045 – 0,159
Сумма	2,1980±0,1202	0,66		1,044 – 3,784

Наименьшая концентрация метионина (0,010 мг%) связана с утилизацией данной аминокислоты (приблизительно на 80%) при синтезе белка [21], также она является источником атома серы для синтеза цистеина [34, 35]. Метионин ценен своей метильной группой, которая является одноуглеродным фрагментом и участвует при синтезе ряда соединений, например, карнитина, а также таких гормонов, как адреналин. Стоит отметить важную роль метионина в обмене веществ и в процессах трансметилирования и метилирования [34, 36]. Аргинин (0,087 мг%) стимулирует выработку гормона роста (соматотропного гормона) и активность Т-лимфоцитов [33–36].

Существует половой диморфизм по уровню некоторых аминокислот. У коров черно-пестрой породы содержание метионина было в 5 раз больше, чем у быков [1].

Ряд незаменимых аминокислот может быть представлен в следующем виде: лизин > лейцин > валин > треонин > фенилаланин = аргинин > изолейцин > гистидин > метионин в соотношении 24,9 : 22,9 : 18,7 > 12,5 > 8,9 = 8,7 > 7,1 > 5,3 : 1.

Концентрация заменимых аминокислот на порядок выше, чем незаменимых. Это связано со способностью организма синтезировать самостоятельно заменимые аминокислоты (табл. 2).

Таблица 2

Заменимые аминокислоты в сыворотке крови черно-пестрой породы крупного рогатого скота, мг%
Replaceable amino acids in the blood of Black-and-White cattle, mg%

Аминокислота	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv	Lim
Аспарагиновая кислота	0,2240±0,0122	0,067	29,8	0,125 – 0,396
Серин	0,1700±0,0096	0,052	30,9	0,086 – 0,306
Глутаминовая кислота	0,3220±0,0178	0,097	30,2	0,1671 – 0,569
Пролин	0,4520±0,0212	0,116	25,7	0,184 – 0,699
Глицин	0,0720±0,0080	0,044	61,4	0,033 – 0,287
Аланин	0,1210±0,0068	0,037	30,8	0,073 – 0,206
Цистеин	0,1360±0,0069	0,038	27,6	0,064 – 0,216
Тирозин	0,0890±0,0045	0,025	27,7	0,048 – 0,154
Сумма	1,5900±0,087	0,48		0,780 – 2,833

Наибольшее содержание пролина (0,452 мг%) и глутаминовой кислоты

(0,322 мг% установлено среди заменимых аминокислот. Такой высокий уровень данных

аминокислот объясняется тем, что пролин синтезируется из глутамина и является составной частью ряда белков, в том числе коллагена [34–35]. Также стоит упомянуть, что из пролина может синтезироваться глутаминовая кислота. Аргинин служит источником оксида азота (NO) в организме [34].

Из заменимых аминокислот последовательный ряд выглядит следующим образом: пролин > глутаминовая кислота > аспаргиновая кислота > серин > цистин > аланин > тирозин > глицин в соотношении 6,3 : 4,5 : 3,1 : 2,4 : 1,9 : 1,7 : 1,2 : 1. Соотношение крайних вариантов незаменимых и заменимых аминокислот значительно отличалось. Среди всех аминокислот наиболее высокая концентрация была характерна для пролина и глутаминовой кислоты.

При обсуждении результатов стоит учитывать разделение аминокислот на глюкогенные и кетогенные. Аспаргиновая кислота (0,224 мг%), глутаминовая кислота, аланин, серин, цистеин являются глюкогенными аминокислотами. Например, при дезаминировании аспарагиновой кислоты в один из метаболитов цикла лимонной кислоты – оксалоацетат – данное вещество может превращаться в глюкозу. Кетогенные аминокислоты – это лейцин и лизин, остальные аминокислоты имеют как глюкогенные, так и кетогенные характеристики. Итак, суть кетогенных аминокислот заключается в их превращении в ацетил-СоА.

Тирозин (0,089 мг%) является предшественником для таких соединений, как тироксин, меланины, катехоламины (дофамин, норадреналин и адреналин), и катаболизируется до CO_2 и H_2O [34–36]. Для синтеза тирозина и цистеина требуются незаменимые аминокислоты фенилаланин и метионин, ли-

зин и треонин – только из пищевого белка. Пролин синтезируется из глутамата. В аланине сосредоточено около 30% аминного азота, который поступает в печень после расщепления мышечных белков.

Уровень некоторых аминокислот изменяется в онтогенезе. Так, содержание глицина у бычков черно-пестрой породы было ниже (0,161 мг%), чем у телят (0,172) и коров (0,189) [1].

В наших исследованиях уровень глицина (0,027 мг%) и других аминокислот у бычков в возрасте 18 месяцев был ниже, чем у телят, коров и быков-производителей [1]. Показано влияние наследственности на уровень аминокислот. Выявлены межвидовые различия по содержанию ряда аминокислот. По уровню, например, тирозина виды сельскохозяйственных животных расположились в следующем порядке: коровы > яки > свиньи в соотношении 2,8 : 14,3 : 1. Эти различия свидетельствуют об определенной роли наследственности в детерминации данного признака [1]. Между быками-производителями установлены достоверные различия в содержании аминокислот [3]. Существуют и межвидовые различия в аминокислотном составе. Так, у свиней СМ-1 уровень пролина был в 2 раза ниже (0,197 мг%), чем у бычков (0,452 мг%) в нашем исследовании. Между всеми аминокислотами выявлены средние и высокие коэффициенты корреляции (от $r = 0,439$ между метионином и изолейцином до $r = 0,965$ между серином и глутамином).

Достоверный уровень корреляций был выявлен между содержанием аминокислот сыворотки крови и концентрацией тяжелых металлов в мышцах, легких и почках (табл. 3).

Таблица 3

Корреляция уровней аминокислот с содержанием тяжелых металлов в органах и тканях
Correlation of amino acids with heavy metals in the organs and tissues

Коррелирующие признаки	$r \pm Sr$	Коррелирующие признаки	$r \pm Sr$
Глицин – Pb в легких	0,600±0,120	Аспаргин – Pb в мышцах	0,646±0,100
Аланин – Mn в почках	0,593±0,120	Валин – Pb в мышцах	0,636±0,110
Аланин – Zn в почках	0,635±0,110	Гистидин – Pb в мышцах	0,643±0,110
Валин – Mn в почках	0,545±0,130	Глутамин – Pb в мышцах	0,577±0,120
Лейцин – Zn в почках	0,561±0,120	Метионин – Pb в мышцах	0,739±0,080
Аланин – Pb в мышцах	0,679±0,100	Серин – Pb в мышцах	0,594±0,120
Аргинин – Pb в мышцах	0,574±0,120		

Наибольшая корреляция наблюдается между уровнями метионина и свинца в мышцах (0,739). Данное значение можно объяснить способностью свинца соединяться с аминными группами активных центров ферментов [31–36].

ВЫВОДЫ

1. Установлены средние популяционные значения заменимых и незаменимых аминокислот в сыворотке крови быков черно-пестрой породы в возрасте 18 месяцев. Наибольшая концентрация среди незаменимых аминокислот характерна для лизина и лейцина. Уровень метионина был в 24,9 раза меньше, чем лизина. По концентрации незаменимые аминокислоты располагаются в следующем порядке: лизин > лейцин > валин > треонин > фенилаланин > аргинин > изолейцин > гистидин > метионин в соотно-

шении 24,9 : 22,9 : 18,7 : 12,5 : 8,9 : 8,7 : 7,1 : 5,3 : 1. Из заменимых аминокислот последовательный ряд выглядит следующим образом: пролин > глутаминовая кислота > аспаргиновая кислота > серин > цистин > аланин > тирозин > глицин в соотношении 6,3 : 4,5 : 3,1 : 2,4 : 1,9 : 1,7 : 1,2 : 1.

2. Установлена связь между аминокислотами сыворотки крови и концентрацией тяжелых металлов в некоторых органах и тканях. В наибольшей степени коррелировал уровень метионина в сыворотке крови и свинца в мышцах ($r=0,739$).

3. Средние популяционные значения аминокислот у быков черно-пестрой породы можно использовать для характеристики интерьера, в ветеринарии и экологии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15–16–30003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Черно-пестрый* скот Сибири / А. В. Желтиков, В. Л. Петухов, О. С. Короткевич [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 500 с.
2. Ильин В. В., Желтиков А. И., Короткевич О. С. Изучение некоторых продуктивных и биологических особенностей красного степного скота Алтайского края // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 2. – С. 68–71.
3. *Генофонд* и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В. Л. Петухов, В. Н. Тихонов, А. И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, ИЦиГ СО РАН, 2012. – 579 с.
4. Коновалова Т. В. Характеристика интерьера и экологическое нормирование содержания тяжелых металлов в почках черно-пестрого скота // *Главный зоотехник*. – 2016. – № 7. – С. 48–53.
5. Нарожных К. Н., Стрижкова М. В., Коновалова Т. В. Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–10. – С. 2158–2163.
6. *Устойчивость* красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В. В. Ильин, А. И. Желтиков, О. С. Короткевич, Т. В. Коновалова // *Достижения науки и техники АПК*. – 2014. – № 4. – С. 65–68.
7. *Закономерности* аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова, О. С. Короткевич [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6. – С. 1447.
8. Konovalova T. V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle // *Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2012, Rome (Italy)* – T3S Web of Conference 1, 15002, 2013. – 3 p.
9. *Закономерности* аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова, О. С. Короткевич [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6. – С. 1447.
10. Стрижкова М. В., Короткевич О. С. Содержание макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. – 2008. – № 5. – С. 89–93.

11. *Способ* определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS 242172608.04.2010 / О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, М.В. Стрижкова [и др.]. – 2010.
12. *Стрижкова М.В., Петухова Т.В., Короткевич О.С.* Содержание свинца в органах и тканях бычков черно-пестрой породы // *Главный зоотехник*. – 2011. – № 6. – С. 66–68.
13. *Способ* определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS 242611924.03.2010. В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, А.И. Желтиков, Т.В. Петухова. – 2010.
14. *Konovalova T.* The concentration of heavy metals in the liver of West Siberias cattle // 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment. 22–25 September 2014. – Guiyang, China. – P. 75.
15. *Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Короткевич О.С.* Корреляция убойной массы и содержания тяжелых металлов в органах бычков герефордской породы // *Главный зоотехник*. – 2015. – № 3. – С. 37–42.
16. *Marmuleva N.I., Barinov E. Ya., Petukhov V.L.* Radionuclides accumulation in milk and its products // В сборнике: *Journal De Physique IV 107 JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. – 2003. – P. 827–829. – DOI:10.1051/jp4/20030426.
17. *Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней* / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева [и др.] // *Рос. с.-х. наука*. – 2003. – № 5. – С. 38–40.
18. *Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves* / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova [et al.] // *Proceeding of Abstract 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment*. – 2014. – P. 74.
19. *Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia* / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.] // *Proceeding of the 10th World Congress Applied to Livestock Production, Vancouver, Canada, 2014*.
20. *Cs-137 and Sr-90 level in dairy products* / V.L. Petukhov, Yu. Dukhanov, I.Z. Sevryuk [et al.] // *Journal de Physique. IV France 107: GP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. – 2003. – P. 1056–1066. – DOI: 10/1051/jp4:20030483.
21. *Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climatic conditions of the Altai region* / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshev, O.I. Sebezhko [et al.] // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. – 2017. – Vol. 1. – P. 35–42.
22. *Петухова Т.В., Бирюля И.К.* Аминокислотный состав сыворотки крови поросят // *Студент и научно-технический прогресс в АПК: сб. материалов VIII регион. науч. студ. конф. аграр. вузов Сиб. федерал. округа (13–15 мая 2009 г., Улан-Удэ)* / Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2009. – Ч. 1. – С. 188–190.
23. *Эллиот В., Эллиот Д.* Биохимия и молекулярная биология / пер. с англ. под ред. А.И. Арчакова, М.П. Кирпичникова, А.Е. Медведева, В.П. Скулачева. – М.: Изд. НИИ биомед. химии РАМП, 2000. – 372 с.
24. *Барашков Г.К.* Медицинская бионеорганика. Основы, аналитика, клиника. – М.: Изд. БИНОМ, 2011. – 512 с.
25. *Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes* / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. – 2017. – Vol. 9 (6). – P. 958–964.
26. *Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission with Dc Arc excitation sources* / A.R. Tsygankova, A.V. Kuptsov, K.N. Narozhnykh [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. – 2017. – Vol. 9 (5). – P. 601–605.
27. *Ecological and biochemical evaluations of elements content in soils and fodders grasses of the agricultural lands of Siberia* / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Science and Research*. – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.
28. *Accumulation of Cu and Zn in the soil, rough fodder, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia* / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – Vol. 7, N 4. – P. 2458–2464.

29. *Iron* content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Vol. 44 (2). – P. 217–220.
30. *Cadmium* accumulation in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissue of cattle in Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, V.L. Petukhov [et al.] // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016. – Vol. 7. – P. 1758–1764.
31. *Methionine* and choline supply the periparturient period alter plasma amino acid and one-carbon metabolism profiles to various extents potentials role in hepatic metabolism and antioxidant status / Z. Zhou, M. Vailati-Riboni, D.N. Luchini, J. Looor // *Nutrients*. – 2016. – Dec 29; 9 (1). pii: E10. – DOI: 10.3390/nu9010010. PubMed PMID: 28036059.
32. *Ercal N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N.* Toxic metals and oxidative stress/ Part 1/ Mechanisms involved in metal-induced oxidative damage // *Curr. Top. Med. Chem.* – 2001. – Vol. 1. – P. 529–539.
33. *Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека* / М.А. Новикова, Б.Г. Пушкарев, Н.П. Судаков [и др.] // *Сиб. мед. журн. (Иркутск)*. – 2013. – Т. 117, № 2. – С. 13–16.
34. *Северин Е.С., Хомяков Ю.Н.* От биохимии аминокислотного обмена к молекулярной энзимологии // *Биохимия*. – 2002. – Т. 67, вып.10. – С.1304–1307.
35. *Клиническая биохимия* / В.Н. Бочков, А.Б. Добровольский, Н.Е. Кушлинский [и др.]. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 512 с.
36. *Лысиков Ю.А.* Аминокислоты в питании человека // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. – 2012. – № 2. – С. 88–105.

REFERENCES

1. Zheltikov A.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. *Cherno-pestryi skot Sibiri*, Novosibirsk: NGAU, 2010, 500 p.
2. Il'in V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 2, pp. 68–71. (In Russ.)
3. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I. *Genofond i fenofond sibirskoi severnoi porody i cherno-pestroj porodnoi gruppy svinei*, Novosibirsk: NGAU, ITsiG SO RAN, 2012, 579 p.
4. Konovalova T.V. *Glavnyi zootekhnik*, 2016, No. 7, pp. 48–53. (In Russ.)
5. Narozhnykh K.N., Strizhkova M.V., Konovalova T.V. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2,10, pp. 2158–2163. (In Russ.)
6. Il'in V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No. 4, pp.65–68. (In Russ.)
7. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, 1447p.
8. Konovalova T.V. *Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 2012, Rome, T3S Web of Conference 1, 15002, 2013, 3 p.
9. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, p.1447. (In Russ.)
10. Strizhkova M.V., Korotkevich O.S. *Sib. vestn. s. – kh. nauki.*, 2008, No. 5, pp. 89–93. (In Russ.)
11. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Strizhkova M.V. *Sposob opredeleniya soderzhaniya svintsa v organakh krupnogo rogatogo skota*, Pat. na izobretenie RUS 242172608.04.2010.
12. Strizhkova M.V., Petukhova T.V., Korotkevich O.S. *Glavnyi zootekhnik*, 2011, No. 6, pp. 66–68. (In Russ.)
13. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petukhova T.V. *Sposob opredeleniya soderzhaniya kadmiya v myshechnoi tkani krupnogo rogatogo skota*, Pat. na izobretenie RUS 242611924.03.2010.
14. Konovalova T. *Proceeding of 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, September 22–25, 2014, Guiyang, 75 p.
15. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. *Glavnyi zootekhnik*, 2015, No.3, pp.37–42. (In Russ.)
16. Marmuleva N.I., Barinov E. Ya., Petukhov V.L. *Journal De Physique IV 107 JP XII International Sonference on Heavy Metals in the Environment*, 2003, pp. 827–829. DOI:10.1051/jp4/:20030426.

17. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kochneva M.L., Sebezsko O.I. *Ros. s. – kh. nauka*, 2003, No. 5, pp.38–40. (In Russ.)
18. Petukhov V.L., Narozhnykh K. N., Konovalova T.V. *Proceeding of Abstract 17th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 2014, 74 p.
19. Korotkevich O.S., Lyukhanov M.P., Petukhov V.L. *Proceeding of the 10th World Congress Applied to Livestock Production*, Vancouver, 2014.
20. Petukhov V.L., Dukhanov Yu., Sevryuk I.Z. *Journal de Physique IV France* 107: GP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2003, pp. 1056–1066. DOI: 10/1051/jp4:20030483.
21. L.V. Osadchuk,, M.A. Kleshev, O.I. Sebezsko *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 1, pp. 35–42.
22. Petukhova T.V., Biryulya I.K. Aminokislnotnyi sostav syvorotki krovi porosyat // Student i nauchno-tekhnicheskii progress v APK: sb. materialov VIII region. nauch. stud. konf. agrar. vuzov Sib. federal. okruga (13–15 maya 2009 g., Ulan-Ude) / Buryat. GSKhA im. V.R. Filippova. – Ulan-Ude: Izd-vo BGSKhA, 2009. – Ch.1. – S. 188–190.
23. Elliot V., Elliot D. *Biokhimiya i molekulyarnaya biologiya*, Moscow: Izd. NII biomed. khimii RAMP, 2000, 372 p.
24. Barashkov G.K. *Meditinskaya bioneorganika. Osnovy, analitika, klinika*, Moscow: Izd. BINOM, 2011, 512 p.
25. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 2017, No. 6 (9), pp. 958–964.
26. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Narozhnykh K.N. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 2017, No. 5 (9), pp. 601–605.
27. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 2017, No. 4 (9), pp. 368–374.
28. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, No 4 (7), pp. 2458–2464.
29. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I. *Indian Journal of Ecology*, 2017, No. 2 (44), pp. 217–220.
30. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petukhov V.L. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, Vol. 7, pp. 1758–1764.
31. Zhou Z., Vailati-Riboni M., Luchini D.N., *J. Nutrients*, 2016, No. 1 (9). DOI: 10.3390/nu9010010. PubMed PMID: 28036059.
32. Ercal N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N. *Curr. Top. Med. Chem.* 2001, Vol. 1, pp. 529–539.
33. Novikova M.A., Pushkarev B.G., Sudakov N.P., *Sib. med. zhurn.*, 2013, No. 2 (117), pp.13–16. (In Russ.)
34. Severin E.S., Khomyakov Yu.N. *Biokhimiya*, 2002, No. 10 (67), pp. 1304–1307. (In Russ.)
35. Bochkov V.N., Dobrovol'skii A.B., Kushlinskii N.E., *Klinicheskaya biokhimiya*, Moscow: GEOTAR-MED, 2004, 512 p.
36. Lysikov Yu.A. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2012, No. 2, pp. 88–105. (In Russ.)