

doi.org/10.31043/2410-2733-2023-2-78-84

УДК: 636.087.7:616.15-074:599.323.45

О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко, С. В. Васильева, М. Д. Петровских, Т. Н. Домнина

Влияние минеральной добавки «Хелавит С» на гематологические показатели у белых лабораторных крыс

Аннотация.

Цель: изучение влияния минерально-кормовой добавки «Хелавит С» на гематологические показатели крови.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на самцах белых лабораторных крыс линии Wistar массой 402–420 грамм. В качестве минерально-кормовой добавки использовался «Хелавит С». Кровь у животных отбирали из хвостовой вены каждые две недели пятикратно и исследовали на следующие показатели: концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, цветовой показатель, гематокрит, а также высчитывали эритроцитарные индексы. Содержание гемоглобина определяли фотометрическим гемиглобинцианидным методом. Количество форменных элементов подсчитывали с использованием камеры Горяева. Цветовой показатель крови и эритроцитарные индексы вычисляли по формулам. Гематокрит определяли с помощью специальной гематокритной центрифуги.

Результаты. Результаты эксперимента продемонстрировали, что скармливание минерально-кормовой добавки «Хелавит С» в жидкой форме в дозе 20 мкл на голову в сутки в течение 8–10 недель приводило к достоверному увеличению концентрации гемоглобина на 14,3–15,5 %, концентрации эритроцитов – на 12,3 %, возрастанию показателя гематокрита на 13,9–14,0 % и среднего объема эритроцита на 1,9 %.

Заключение. Проведённые исследования свидетельствуют о том, что наличие в составе минерально-кормовой добавки «Хелавит С» железа, кобальта, цинка и меди, их сочетанное действие способствует повышению уровня гемоглобина, количества эритроцитов и увеличению среднего объема эритроцитов у лабораторных крыс. За счет полноценного потребления микроэлементов экспериментальными животными у них улучшается эритропоэз, что напрямую сказывается на процессах окислительного метаболизма, а также на пластическом обмене животных.

Ключевые слова: кровь; кормовая добавка; гемоглобин; крысы; гематокрит; эритроциты; эритроцитарные индексы; пробирка; цветовой показатель; Хелавит С.

Авторы:

Душенина Ольга Александровна — кандидат биологических наук; e-mail: olgpanchenkova@yandex.ru;

Карпенко Лариса Юрьевна — доктор биологических наук, профессор; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Васильева Светлана Владимировна — кандидат ветеринарных наук; e-mail: svvet@mail.ru;

Петровских Маргарита Дмитриевна — студент; e-mail: rrrritk@yandex.ru;

Домнина Татьяна Николаевна — студент; e-mail: dalida2008@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5.

Введение. Повышение генетического потенциала животных — одна из первостепенных задач в современном животноводстве. Стоит отметить, что это было бы невозможно без соответствующего кормления выводимых пород, линий и кроссов сельскохозяйственных животных и птиц.

Однако рационы животных не всегда сбалан-

сированы, вследствие чего возникает дефицит необходимых организму веществ [1]. Кроме того, в различные периоды жизненного цикла могут быть фазы повышенной потребности тех или иных нутриентов [2]. Недостаток микроэлементов и витаминов зачастую приводит к серьезным последствиям. Например, дефицит цинка сказывается на функционировании порядка трёхсот

металлоферментов всех шести классов. Сегодня известна колоссальная роль белков, содержащих так называемые «цинковые пальцы» (zinc finger), на процессы регуляции транскрипции, а также на внутри- и межхромосомные взаимодействия, влияющие на экспрессию генов путём дистанционных взаимодействий между промоторами, сайленсерами и энхансерами [3]. Поэтому дефицит микроэлемента в той или иной степени будет отрицательно влиять на метаболизм в целом, особенно в периоды интенсивного роста и развития, требующие активного биосинтеза белка и функционирования ферментных систем окислительного метаболизма [4]. Кобальт также относится к эссенциальным микроэлементам и прежде всего важен как компонент цианкобаламина, в составе которого он выполняет каталитическую функцию в ряде ферментов различных классов — оксидоредуктаз, трансфераз и изомераз. Учитывая, что цианкобаламин синтезируется микроорганизмами, в том числе микробиотой желудочно-кишечного тракта животных и человека, то алиментарная обеспеченность кобальтом играет важное значение в обмене данного витамина. Особенно это важно для растительных животных, для которых единственным источником витамина B₁₂ является микробиальный синтез в преджелудках.

У ряда моногастричных животных микроорганизмы толстого кишечника продуцируют витамин, но по данным различных исследований он недоступен для организма хозяина, так как механизм эффективного его усвоения реализуется в тонком кишечнике при участии везикулярного эндоцитоза [5]. Однако исследования, проведённые на рыбах, показали возможность всасывания кобаламинов, синтезируемых микрофлорой кишечника [6]. Известно, что содержание витамина B₁₂ в каловых массах экспериментальных животных в десятки раз превышает диетическую концентрацию этого витамина [7]. По этой причине копрофагия — важный адаптационный процесс в жизнедеятельности моногастричных животных, обеспечивающий их организм значительным количеством витаминов. Помимо участия в структуре кобаламинов кобальт входит в состав ряда ферментов без участия B₁₂ (метилмалонил-КоА-карбоксилтрансфераза (КФ 2.1.3.1), пропионил-КоА-карбоксилаза (КФ 6.4.1.3)). Дефицит кобальта, который выполняет функцию кофактора ферментов кобаламинов, в том числе витамина B₁₂, может привести к такому состоянию как мегалобластическая анемия.

Немаловажную роль играет и биодоступность железа в кормах. Несмотря на высокую степень

реутилизации его, при алиментарном недостатке элемента в первую очередь развивается микроцитарная гипохромная анемия. Известно, что большая часть доступного для усвоения кормового железа находится в трёхвалентном состоянии, но в тонком кишечнике происходит его восстановление до Fe²⁺ с помощью ферроредуктазы дуоденального цитохрома. Именно в таком двухвалентном состоянии ион металла с помощью транспортёра DMT1 (Divalent metal transporter1) поглощается энтероцитами двенадцатиперстной кишки и переходит из эндосомы в цитозоль [8]. Для включения в состав трансферрина ионы железа предварительно окисляются до трёхвалентного состояния с помощью феррооксидазы (церуплазмينا, КФ 1.16.3.1). Однако необходимо учитывать, что данный металл обладает переменной валентностью, и его чрезмерное потребление, особенно в виде неорганических солей, способно привести к токсическим эффектам [9]. Чрезвычайно важно оптимальное алиментарное обеспечение животных железом, избегая как дефицита металла в кормах, так и его избытка [4]. Фермент церулоплазмин содержит в своём составе медь, поэтому очевидна синергическая роль элемента с железом. Входя в состав важнейших окислительных ферментов, таких как цитохромоксидаза, тирозиназа, аминоксидаза, полифенолоксидаза, кокарбоксилаза, медь также оказывает исключительное влияние на окислительно-восстановительные процессы в живом организме. Селен — важный участник антиоксидантной системы организма, входит в состав нескольких глутатионпероксидаз [10]. Выяснено, что одна из трёх метионин-R-сульфоредуктаз млекопитающих (MsrB1) участвует в восстановлении свободных радикалов, удалении и восстановлении перекисей фосфолипидов и холестерина [10, 11].

Кроме того, селенсодержащие дейодиназы обеспечивают превращение гормонов T₄ в T₃, а также участвуют в процессе дезактивации тиреоидных гормонов [1, 12]. Марганец находят в различных тканях птиц в большей концентрации, чем у млекопитающих. Марганец активирует в организме ряд ферментов — аргиназу, гликозилтрансферазу, тиаминазу, енолазу, ДНК-азу, супероксиддисмутазу, ускоряет реакции гликолиза и цикла трикарбоновых кислот. Его эффекты на метаболические процессы проявляются в синергизме с эффектами меди и цинка.

Для профилактики и лечения дефицита микроэлементов применяют различные минеральные добавки. Существуют различные формы мине-

ральных добавок: в таблетированной, гранулированной форме и в виде сухих смесей, содержащих неорганические соли эссенциальных микроэлементов. Использование таких солей имеет ряд недостатков: различная степень растворимости и диссоциации в жидкой среде желудочно-кишечного содержимого, в связи с этим разная способность к усвоению и возможность конкурентных взаимоотношений. Кроме того, ионы некоторых металлов оказывают неконтролируемое каталитическое действие [2, 9].

Как показывают исследования последних лет, наиболее предпочтительно использование минеральных добавок в виде хелатных соединений металлов (глюконаты, аминокислоты и другие), а не минеральных солей [1, 2, 4].

Хелатные формы не подвергаются диссоциации и лучше транспортируются к клеткам и тканям, то есть лучше усваиваются организмом. Также установлено, что синтетические хелатокомплексные соединения, благодаря их активному участию в обменных процессах, оказывают положительное влияние на продуктивность

и воспроизводительную функцию животных [2, 4]. Проявленный нами интерес к хелатным соединениям эссенциальных микроэлементов был удовлетворён составом минеральной кормовой добавки «Хелавит С», которая и была выбрана для проведения экспериментальных исследований. Данный продукт содержит комплекс необходимых элементов, таких как медь, железо, цинк, марганец, кобальт, селен и йод в хелатной форме.

Согласно литературным данным, применение добавки «Хелавит С» благоприятно влияет на организм животных при йодной недостаточности [1], способствует более быстрому восстановлению и полной нормализации гематологических, иммунологических, биохимических показателей и скорейшему выздоровлению поросят при гастронтеритах [2], эффективен при профилактике эндемического зоба у телят [13].

Однако исследований, направленных на изучение изменений гематологических показателей, проводилось не так много.

Цель исследований — изучение влияния минерально-кормовой добавки «Хелавит С» на ге-

Таблица 1. Гематологические показатели контрольной и опытной групп крыс

	Показатели	1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап
Контрольная группа	Гемоглобин, г/л	135,02±3,3	139,28±5,59	140,08±5,11	138,14±3,58	142,14±3,17
	Эритроциты, Т/л	5,77±0,23	5,99±0,26	5,86±0,32	5,82±0,32	5,92±0,29
	Цветовой показатель	0,7±0,03	0,7±0,04	0,72±0,05	0,72±0,04	0,73±0,05
	Гематокрит, %	39,97±1,61	41,83±1,74	41,28±2,15	40,26±2,21	41,29±2,02
Опытная группа	Гемоглобин, г/л	137,02±2,18	141,92±1,86	148,04±2,84	161,08±1,87*	168,08±3,4*
	Эритроциты, Т/л	5,93±0,20	5,94±0,2	6,22±0,29	6,62±0,22	6,75±0,06*
	Цветовой показатель	0,7±0,03	0,72±0,03	0,72±0,04	0,73±0,02	0,75±0,02
	Гематокрит, %	41,62±1,51	41,71 ±1,46	43,76±2,08	46,74±1,63*	47,97±0,56*

Примечание: * различия показателей по сравнению с группой контроля статистически значимы (P<0,05)

Таблица 2. Эритроцитарные индексы двух групп животных

Этапы взятия крови	Контрольная группа			Опытная группа		
	MCV (фл)	МСН (пг)	МСНС (г/дл)	MCV (фл)	МСН (пг)	МСНС (г/дл)
1-й этап	69,22±0,25	23,49±1,04	33,95±1,55	70,14±0,22	23,2±0,97	33,08±1,46
2-й этап	69,86±0,3	23,41±1,42	33,5±2,01	70,20±0,4	23,99±1,02	34,18±1,49
3-й этап	70,52±0,45	24,15±1,56	34,23±2,15	70,31±0,27	23,96±1,19	34,08±1,72
4-й этап	69,2±0,04	23,93±1,2	34,58±1,72	70,52±0,22*	24,38±0,71	34,58±1,10
5-й этап	69,72±0,07	24,26±1,71	34,8±2,48	71,04±0,34*	24,9±0,59	35,06±0,86

Примечание: * Различия показателей по сравнению с группой контроля статистически значимы (p<0,05)

матологические показатели.

Материалы и методы. Исследование проводилось в лаборатории кафедры биохимии и физиологии ФГБОУ ВО СПбГУВМ. Крысы содержались в условиях вивария с постоянной температурой в помещении 18°C. Для исследования нами были отобраны самцы белых лабораторных крыс линии Wistar, масса животных варьировалась в пределах 402-420 грамм. Было сформировано две группы животных: контрольная и опытная, по 5 крыс в каждой группе. Животные на протяжении эксперимента находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Крысы опытной группы ежедневно на протяжении двух месяцев получали препарат «Хелавит С» в дозировке 20 мкл (1 капля) перорально. Кровь у животных отбирали в пять этапов в рамках хронического эксперимента через каждые две недели и исследовали на следующие показатели: гемоглобин (HGB), количество эритроцитов (RBC), цветовой показатель, гематокрит (HCT), а также подсчитывали эритроцитарные индексы – средний объем эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците (MCH), показатель насыщения эритроцита гемоглобином (MCHC).

Гематологическое исследование проводили в соответствии со стандартными методиками: содержание гемоглобина измеряли с помощью гемиглобинцианидного метода, количество форменных элементов подсчитывали с использованием камеры Горяева, цветовой показатель крови и эритроцитарные индексы вычисляли по формулам, гематокрит определяли с помощью специальной гематокритной центрифуги [14, 15].

Взятие крови производили из хвостовой вены с использованием катетера-бабочки (размер 24G) и шприца на 2 мл, в соответствии с ранее проведенными исследованиями по выявлению оптимального способа забора крови у лабораторных крыс [16].

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли нахождением средних арифметических значений и их стандартных ошибок, используя пакет программ Microsoft Office Excel 2018. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента, различия считали статистически достоверными при $P < 0,05$.

Результаты. Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2. Из результатов эксперимента, представленных в таблице 1, видно, что у крыс опытной группы происходит постепенное увеличение уровня гемоглобина от $137,02 \pm 2,18$ до $168,08 \pm 3,4$ г/л, тогда как у жи-

вотных контрольной группы в течение эксперимента наблюдаются несущественные колебания показателя в пределах 135,02-142,14 г/л. При межгрупповом сравнении в конце периода наблюдения определяется статистически достоверное различие на 14,3 и 15,5 % на четвертом и пятом этапах исследования ($P < 0,05$). Также у опытной группы животных в конце периода наблюдения увеличилось количество эритроцитов на 12,3% по сравнению с контролем ($P < 0,05$). Повышение гемоглобина и количества эритроцитов обусловлено наличием в составе минерально-кормовой добавки «Хелавит С» железа, которое в комплексе с биолигандами обеспечивает высокую усвояемость данного микроэлемента. В свою очередь, железо в организме участвует в процессе воспроизводства здоровых эритроцитов и является одним из основных компонентов гемоглобина.

Следствием всего вышеперечисленного можно считать достоверное увеличение гематокритного числа у опытной группы крыс на 13,9-14,0 % в финальных этапах исследования по сравнению с контрольной, поскольку данный показатель отражает количество форменных элементов крови (в первую очередь эритроцитов) по отношению к плазме.

Из таблицы 2 видно, что у группы крыс, получавшей «Хелавит С», также в конце эксперимента произошло увеличение среднего объема эритроцита на 1,3 % ($P < 0,05$) относительно контрольных животных. Средний объем эритроцита (MCV) является объективным показателем диаметра эритроцитов и используется в дифференциальной диагностике анемий. Увеличение данного показателя до $71,04 \pm 0,34$ фл у опытной группы связано с возрастанием уровня гемоглобина, но при этом показатель MCV не выходит за границы нормы (68,0-72,0 фл).

Таким образом, именно наличие в составе минерально-кормовой добавки «Хелавит С» железа, кобальта, цинка и меди, их сочетанное действие способствует повышению уровня гемоглобина, количества эритроцитов и увеличению среднего объема эритроцитов в опытной группе животных.

Одной из причин увеличения количества эритроцитов является входящий в состав «Хелавита С» йод, который стимулирует выработку гормонов щитовидной железы. Они оказывают опосредованное действие на эритропоэз через мононуклеарные клетки, которые высвобождают под действием тиреоидных гормонов тканеспецифические эритроцитостимулирующие факторы. Также гормоны щитовидной железы оказывают пря-

мую стимуляцию на образование предшественников эритроцитов и синтез глобиновых цепей гемоглобина в этих клетках.

Выводы. На основании проведенного эксперимента можно сделать выводы о положительном влиянии минерально-кормовой добавки «Хелавит С» на кроветворение в организме лабораторных крыс. Таким образом, скармливание продукта «Хелавит С» в жидкой форме в дозе 20 мкл на голову в сутки в течение 8-10 недель приводило к следующим изменениям в сравнении с группой контроля:

- Достоверное увеличение уровня гемоглобина на 14,3-15,5%;
- Достоверный рост концентрации эритроцитов на 12,3%;
- Достоверное увеличение гематокрита на 13,9-14,0%;
- Достоверное увеличение среднего объема эритроцитов на 1,9%.

Таким образом, за счет полноценного потребления микроэлементов животными опытной группы у них улучшался эритропоэз, что напрямую сказывалось на процессах окислительного метабо-

Литература

1. Карпенко Л. Ю. Применение микроэлементного препарата "Хелавит" для лечения и профилактики йодной недостаточности у собак / Л. Ю. Карпенко, Ю. М. Козлов, А. А. Рыжов // Ветеринарная патология. — 2006. — № 3(18). — С. 164-165.
2. Косов Н. А. Применение хелатных соединений микроэлементов при откорме свиней / Н. А. Косов // Зоотехническая наука Беларуси. — 2020. — Т. 55. — № 1. — С. 368-373.
3. Белки с цинковыми пальцами типа C2H2 - самый многочисленный и наименее изученный класс транскрипционных факторов высших эукариот / А. А. Федотова, А. Н. Бончук, В. А. Могила, П. Г. Георгиев // Acta Naturae (русскаяязычная версия). — 2017. — Т. 9. — № 2(33). — С. 50-61.
4. Трошин А. Н. Железо-протеиновые комплексы как перспективное направление повышения эффективности и безопасности ферротерапии животных при железодефицитной анемии / А. Н. Трошин // Ветеринарная патология. — 2007. — № 3(22). — С. 246-250.
5. Метельский С. Т. Физиологические механизмы всасывания в кишечнике / С. Т. Метельский // Архивъ внутренней медицины. — 2009. — Т. 19. — № 3. — С. 51-56.
6. Limsuwan T. Lovell RT. Intestinal synthesis and absorption of vitamin B-12 in channel catfish / T. Limsuwan // J Nutr. — 1981. — № 111(12). — P. 2125-32. DOI: 10.1093/jn/111.12.2125. PMID: 7310537.
7. Ebino K. Y. Analyses of constituents of feces and the effect of a vitamin B12 fortified diet on coprophagy in the mouse / K. Y. Ebino, T. Suwa, Y. Kuwabara, T. R. Saito, K. W. Takahashi // Jikken Dobutsu. — 1986. — № 35(4). — № 381-386. Japanese. DOI: 10.1538/expanim1978. 35.4_381. PMID: 3803425.
8. Mims M. P. Divalent metal transporter 1 / M. P. Mims, J. T. Prchal // Hematology. — 2005. — № 10(4). — 339-345. DOI: 10.1080/10245330500093419. PMID: 16085548.
9. Васильева С. В. Минеральный обмен крупного рогатого скота / С. В. Васильева. — Уфа : Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2021. — 110 с. — ISBN 978-5-00177-315-3.
10. Голубкина Н. А. Селен в питании: растения, животные, человек / Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян; Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян. — Москва, 2006. — 254 с. — ISBN 5-98467-002-X.
11. Kim H. Y. , Gladyshev V. N. Different catalytic mechanisms in mammalian selenocysteine- and cysteine-containing methionine-R-sulfoxide reductases / H. Y. Kim, V. N. Gladyshev // PLoS Biol. — 2005. — № 3(12):e375. DOI: 10.1371/journal.pbio.0030375.
12. Карпенко Л. Ю. Динамика содержания тиреоидных гормонов в сыворотке крови лошадей в связи с обеспеченностью организма йодом и селеном / Л. Ю. Карпенко, Р. Н. Селимов, А. А. Бахта // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. — 2010. — Т. 203. — С. 118-122.
13. Оножеев, А. А. Эффективность применения кормовой добавки "Хелавит А" и трутневого расплода пчел для профилактики эндемического зоба у телят / А. А. Оножеев, П. Б. Цыремпилов, Ж. Ц. Гармаева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. — 2014. — № 4(37). — С. 10-14.

14. Клиническая гематология: Учебник / А. А. Алиев, С. А. Рукавишникова, Т. А. Ахмедов [и др.]. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2021. – 120 с.
15. Основы клинической ветеринарной гематологии : Учебное пособие для вузов / С. П. Ковалев, А. В. Туварджиев, В. А. Коноплев, Р. М. Васильев. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2022. – 120 с. – ISBN 978-5-507-45019-0.
16. Душенина О. А. Анализ методов взятия крови у экспериментальных крыс / О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко, С. В. Васильева // Ветеринария Кубани. – 2022. – № 6. – С. 21-24. DOI: 10.33861/2071-8020-2022-6-21-24.

Dushenina O., Karpenko L., Vasilyeva S., Petrovskikh M., Domnina T.

Influence of mineral supplement "Helavit C" on hematological parameters in white laboratory rats

Abstract.

Purpose: to study the effect of the mineral feed additive «Helavit C» on hematological blood parameters.

Materials and methods. The experiment was carried out on male white laboratory rats of the Wistar line weighing 402-420 grams. «Helavit C» was used as a mineral feed additive. Animals were bled from the tail vein every two weeks five times and examined for the following parameters: hemoglobin, red blood cell count, color index, hematocrit, and erythrocyte indices were calculated. The hemoglobin content was determined by the photometric hemoglobin cyanide method. The number of formed elements was counted using a Goryaev's camera. The color index of blood and erythrocyte indices were calculated by the formulas. Hematocrit was determined using a special hematocrit centrifuge.

Results. The results of the experiment showed that the feeding of mineral feed additive «Helavit C» in liquid form at a dose of 20 µl per head per day for 8-10 weeks led to a significant increase in hemoglobin concentration by 14.3-15.5%, erythrocyte concentration - by 12.3%, an increase in hematocrit by 13.9-14.0% and an average erythrocyte volume by 1.9%.

Conclusion. The conducted studies indicate that the presence of iron, cobalt, zinc and copper in the composition of the mineral feed additive «Helavit C», their combined action contributes to an increase in the level of hemoglobin, the number of erythrocytes and an increase in the average volume of erythrocytes in laboratory rats. Due to the full consumption of microelements by experimental animals, their erythropoiesis improves, which directly affects the processes of oxidative metabolism, as well as the plastic metabolism of animals.

Key words: blood; feed additive; hemoglobin; rats; hematocrit; erythrocytes; erythrocyte indices; test tube; color index; «Helavit C».

Authors:

Dushenina O. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: olgpanchenkova@yandex.ru;

Karpenko L. – Dr. (Biol. Sci); Professor, e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Vasilyeva S. - PhD (Vet. Sci.); e-mail: svet@mail.ru;

Petrovskikh M. – student; e-mail: rrrritk@yandex.ru;

Domnina T. – student; e-mail: dalida2008@mail.ru;

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 196084, St. Petersburg, st. Chernigovskaya, 5.

References

1. Karpenko L. Yu. The use of the Helavit micronic drug for the treatment and prevention of iodine failure in dogs / L. Yu. Karpenko, Yu. M. Kozlov, A. A. Ryzhov // *Veterinary pathology*. – 2006. – № 3 (18). – P. 164-165.
2. Kosov N. A. The application of chelat compounds of trace elements for fattening pigs / N. A. Kosov // *Zootechnical science of Belarus*. – 2020. – Vol. 55. – № 1. – P. 368-373.
3. Squirrels with zinc fingers like C2N2 - the most numerous and least studied class of transcription factors of the highest eukaryotes / A. A. Fedotova, A. N. Bonchuk, V. A. Mogila, P. G. Georgiev // *Acta Naturae (Russian -speaking version)*. – 2017. – Vol. 9. – № 2 (33). – P. 50-61.
4. Troshin A. N. iron-protein complexes as a promising direction of increasing the efficiency and safety of ferrotherapy of animals with iron deficiency anemia / A. N. Troshin // *Veterinary pathology*. – 2007. – № 3 (22). – P. 246-250.
5. Metelsky S. T. Physiological mechanisms of absorption in the intestines / S. T. Metelsky // *Archive of internal medicine*. – 2009. – Vol. 19. – № 3. – P. 51-56.
6. Limsuwan T. Lovell RT. Intestinal synthesis and absorption of vitamin B-12 in channel catfish / T. Limsuwan // *J Nutr*. – 1981. – № 111(12). – P. 2125-32. DOI: 10.1093/jn/111.12.2125. PMID: 7310537.
7. Ebino K. Y. Analyses of constituents of feces and the effect of a vitamin B12 fortified diet on coprophagy in the mouse / K. Y. Ebino, T. Suwa, Y. Kuwabara, T. R. Saito, K. W. Takahashi // *Jikken Dobutsu*. – 1986. – № 35(4). – P. 381-386. Japanese. DOI: 10.1538/expanim1978. 35.4_381. PMID: 3803425.
8. Mims M. P. Divalent metal transporter 1 / M. P. Mims, J. T. Prchal // *Hematology*. – 2005. – № 10(4). – P. 339-345. DOI: 10.1080/10245330500093419. PMID: 16085548.
9. Vasilieva S. V. Mineral metabolism of cattle / S. V. Vasiliev. – Ufa: Limited Liability Company "Aetern", 2021. – 110 p. -ISBN 978-5-00177-315-3.
10. Golubkina N. A. Selen in nutrition: plants, animals, man / N. A. Golubkina, T. T. Papazyan; N. A. Golubkina, T. T. Papazyan. – Moscow, 2006. – 254 p. – ISBN 5-98467-002-X.
11. Kim H. Y. , Gladyshev V. N. Different catalytic mechanisms in mammalian selenocysteine- and cysteine-containing methionine-R-sulfoxide reductases / H. Y. Kim, V. N. Gladyshev // *PLoS Biol*. – 2005. – № 3(12):e375. DOI: 10.1371/journal.pbio.0030375.
12. Karpenko L. Yu. Dynamics of the content of thyroid hormones in the blood serum in connection with the security of the organism by iodine and selenium / L. Yu. Karpenko, R. N. Selimov, A. A. Bakht // *Scientists of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. – 2010. – Vol. 203. – P. 118-122.
13. Onozhev, A. A. The effectiveness of the use of the fodder additive "Helavit A" and the drone brood of bees for the prevention of the endemic goiter of the calves / A. A. Onhevev, P. B. Tsyrepilov, J. Ts. Garmeva // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy*. V.R. Filippova. – 2014. – № 4 (37). – P. 10-14.
14. Clinical hematology: Textbook / A. A. Aliyev, S. A. Rukavishnikova, T. A. Akhmedov [et al.]. – St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2021. – 120 p.
15. Fundamentals of clinical veterinary hematology: a textbook for universities / S. P. Kovalev, A. V. Tuvardzhiev, V. A. Konoplev, R. M. Vasiliev. -St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2022. – 120 p. - ISBN 978-5-507-45019-0.
16. Dushenina O. A. Analysis of the methods of taking blood from experimental rats / O. A. Dushenin, L. Yu. Karpenko, S.V. Vasilieva // *Veterinary medicine of the Kuban*. – 2022. – № 6. – P. 21-24. DOI: 10.33861/2071-8020-2022-6-21-24.