

УДК: 636.2.087.7:615.31:547.458  
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.548

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛИМИНАЦИИ ЭКЗОГЕННОГО СОРБИТОЛА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Понамарёв В.С.\* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. фармакологии и токсикологии (ORCID 0000-0002-6852-3110); Погодаева П.С. – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-7115-5921

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

\* psevdopyos@mail.ru

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, сорбитол, элиминация, гепатобилиарная система, печень, моча, фармакокинетика, предиктор.

**Key words:** cattle, sorbitol, elimination, hepatobiliary system, liver, urine, pharmacokinetics, predictor.

**Финансирование:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российской научного фонда в рамках научного проекта № 24-26-00005 (<https://rscf.ru/project/24-26-00005/>)

Поступила: 25.05.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025

### РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты исследования кинетики элиминации экзогенного сорбитола с мочой у клинически здоровых животных крупного рогатого скота. Установлены временные интервалы и количественные показатели выведения препарата, что является фундаментальной основой для разработки теста толерантности к сорбитолу в качестве предиктора функционального состояния гепатобилиарной системы. Результаты работы восполняют существующий пробел в данных о метаболизме сахароспиртов у жвачных животных. Особенности преджелудков КРС, населенных микробиотой, способной ферментировать различные углеводы и сахароспирты, теоретически могут влиять на процессы абсорбции и последующую кинетику сорбитола. Однако данные об элиминации экзогенного сорбитола в организме КРС в доступных научных источниках практически отсутствуют. В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования явилось изучение особенностей элиминации перорально введенного экзогенного сорбитола у крупного рогатого скота с оценкой его выведения с мочой для обоснования дальнейшего применения в качестве нагрузочного теста для оценки состояния гепатобилиарной системы. Полученные результаты демонстрируют, что у здорового КРС экзогенный сорбитол начинает обнаруживаться в моче через 2 часа после введения, достигает пиковой концентрации к 4-6 часу и практически полностью элиминируется в течение 24 часов. Важным выводом является наличие статистически значимых различий в уровне экскреции сорбитола между группами животных, различающихся по полу, возрасту, физиологическому статусу и типу кормления. Наблюдаемые различия, в частности, более высокая экскреция у бычков по сравнению с нетелями и коровами, а также у коров на высококонцентратном рационе по сравнению с аналогами на стандартном рационе, позволяют предположить, что на метаболизм сорбитола у жвачных могут влиять не только функция печени, но и осо-

бенности рубцового пищеварения, гормональный статус и уровень метаболизма. Это указывает на необходимость учета данных факторов при интерпретации нагрузочных тестов.

## **ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION**

Диагностика функционального состояния печени у продуктивных животных, в частности у крупного рогатого скота (КРС), остается актуальной проблемой в ветеринарной медицине и животноводстве. Раннее выявление субклинических нарушений гепатобилиарной системы, часто возникающих на фоне метаболических нагрузок (высокопродуктивные молочные коровы), алиментарных факторов (использование силюса, жмыха) или интоксикаций, позволяет своевременно корректировать рацион и применять профилактические меры, предотвращая экономические потери [1-3].

Существующие биохимические методы исследования крови (активность АСТ, АЛТ, ГГТ, щелочной фосфатазы, концентрация билирубина, желчных кислот) часто свидетельствуют о уже развившемся цитолизе или холестазе, в то время как необходимость в тестах, оценивающих функциональный резерв органа, его детоксикационную и метаболическую активность, крайне высока [4,5].

Одним из перспективных подходов является оценка клиренса экзогенных веществ, метаболизм которых преимущественно происходит в печени [6-10].

В гуманной медицине широкое применение нашел пероральный тест толерантности к сорбитолу. Сорбитол (Д-глюцит) – шестиатомный спирт, природный заменитель сахара, который абсорбируется в кишечнике путем пассивной диффузии и практически полностью (более 90%) захватывается гепатоцитами из портального кровотока при первом прохождении. В печени он подвергается быстрому окислению до фруктозы под действием фермента сорбитолдегидрогеназы. Таким образом, скорость его исчезновения из системного кровотока и выведение с мочой напрямую зависит от функциональной целостности и массы активных гепатоцитов. Несмотря на хорошо изученный меха-

низм утилизации сорбитола у моногастрических животных и человека, его метаболизм у жвачных представляет значительный научный интерес [11-15].

Особенности преджелудков КРС, населенных микробиотой, способной ферментировать различные углеводы и сахароспирты, теоретически могут влиять на процессы абсорбции и последующую кинетику сорбитола. Однако данные об элиминации экзогенного сорбитола в организме КРС в доступных научных источниках практически отсутствуют.

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования явилось изучение особенностей элиминации перорально введенного экзогенного сорбитола у крупного рогатого скота с оценкой его выведения с мочой для обоснования дальнейшего применения в качестве нагрузочного теста для оценки состояния гепатобилиарной системы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS**

Исследование проводилось в условиях одного из животноводческих хозяйств Псковской области. Для проведения эксперимента было сформировано 4 группы клинически здоровых животных черно-пестрой голштинизированной породы (n=40) по 10 голов в каждой, стратифицированных по полу, возрасту, живой массе и физиологическому статусу. В первую группу вошли бычки живой массой  $350\pm20$  кг в возрасте 14-16 месяцев. Вторую группу составили нетели живой массой  $450\pm30$  кг. Третью и четвертую группы составили лактирующие коровы на 2-3 месяце лактации с продуктивностью 20-25 кг/сутки, содержащиеся в различных условиях: третья группа – привязное содержание, стандартный рацион; четвертая группа – беспривязное содержание, рацион с повышенным содержанием концентратов.

Всем животным после 12-часовой пищевой депривации (с сохранением свободного доступа к воде) перорально с

помощью зонда вводился водный раствор сорбитола (XyloPURE, «Эко-Проект») в дозе 0.5 г/кг живой массы. Доза была выбрана на основании адаптации методик, используемых в медицинской практике, и предварительных пилотных исследований на ограниченной группе животных, показавших отсутствие осмотического диарейного эффекта и признаков дискомфорта у КРС в данном диапазоне доз.

Для количественного сбора мочи у животных всех групп использовались стерильные мочеприемники (Urinary Collection Bag для КРС, JorVet). Отбор проб проводился до введения сорбитола (фоновые пробы, точка Т0), а затем через следующие интервалы после введения: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 часа. Каждая проба тщательно отбиралась в стерильные пробирки типа Эппendorф, маркировалась и немедленно замораживалась при температуре -20°C для последующего анализа с целью предотвращения микробной деградации сорбитола.

Концентрация сорбитола в образцах мочи определялась с помощью твердофазного конкурентного иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием коммерческого набора реагентов (Sorbitol ELISA Kit, MyBioSource, Inc., США, каталожный номер MBS269615) в соответствии с инструкцией производителя. Анализ проводился на планшетном ридере StatFax2100 (США). Чувствительность метода составила 0.1 мг/дл, диапазон измерений – 0.1-50 мг/дл. Все образцы были проанализированы в двух повторностях.

Полученные цифровые данные были обработаны методами вариационной статистики с использованием программного обеспечения SPSS 23.0 и Excel. Рассчитывались среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (SD), стандартная ошибка среднего (m). Для оценки достоверности различий между группами в различные временные точки применялся однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим пост-хок тестом Тьюки. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Данные в таблице представлены как  $M \pm SD$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Введение пероральной дозы сорбитола в количестве 0.5 г/кг не вызвало у подопытных животных каких-либо негативных клинических реакций, нарушений поведения или актов дефекации, что свидетельствует о хорошей переносимости препарата.

Во всех фоновых пробах мочи (T0), отобранных до введения сорбитола, его концентрация находилась ниже порога чувствительности метода определения ( $<0.1$  мг/дл), что указывает на отсутствие эндогенной экскреции сахароспирта в detectable количествах у здоровых животных натощак.

После перорального введения была зафиксирована четкая динамика появления и исчезновения сорбитола в моче. Первые статистически значимые количества сорбитола были обнаружены в пробах мочи, отобранных через 2 часа после введения у животных всех групп. Концентрация продолжала нарастать, достигая пиковых значений в интервале между 4 и 6 часами после нагрузки.

Средние пиковые концентрации сорбитола в моче значимо различались между группами. Наивысшие показатели были зарегистрированы у бычков-кастратов (Группа 1), составив  $38.5 \pm 4.2$  мг/дл в среднем на 4-м часу исследования. У нетелей (Группа 2) пиковая концентрация была достоверно ниже –  $28.1 \pm 3.8$  мг/дл ( $p < 0.05$ ). У лактирующих коров пиковые значения также разнились: у животных на стандартном рационе (Группа 3) –  $24.7 \pm 3.1$  мг/дл, а у коров на рационе с высоким содержанием концентратов (Группа 4) –  $32.5 \pm 3.9$  мг/дл, что было статистически значимо выше по сравнению с Группой 3 ( $p < 0.05$ ).

После достижения пика концентрация сорбитола в моче начинала прогрессивно снижаться. К 12-му часу исследования экскреция сорбитола с мочой значительно снижалась, а к 24-му часу у 95% животных концентрация вновь падала ниже определяемого уровня ( $<0.1$  мг/дл).

Суммарная экскреция сорбитола за 24-часовой период, рассчитанная на основе

кривой «концентрация-время» и объема выделенной мочи, также показала межгрупповые различия. Наибольший процент выведенной от введенной дозы был отмечен в Группе 1 ( $8.5 \pm 1.2\%$ ), тогда как в Группах 2 и 3 этот показатель был достоверно ниже –  $5.8 \pm 0.9\%$  и  $5.2 \pm 0.8\%$  соответственно ( $p<0.01$ ). В Группе 4

суммарная экскреция была на уровне  $7.1 \pm 1.0\%$ , что значимо превышало показатели Группы 3.

Полученные количественные данные по концентрации сорбитола в моче (мг/дл) в зависимости от времени после нагрузки и группы животных представлены в Таблице 1.

**Таблица 1 – Динамика концентрации сорбитола в моче (мг/дл,  $M \pm SD$ ) после перорального введения в дозе 0.5 г/кг**

Временной интервал	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
1	$0.5 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.1$	$0.2 \pm 0.1$	$0.4 \pm 0.2$
2	$12.4 \pm 2.1^*$	$8.9 \pm 1.7$	$7.5 \pm 1.5$	$10.8 \pm 2.0^*$
3	$29.8 \pm 3.5^*$	$20.3 \pm 2.9$	$18.1 \pm 2.5$	$25.4 \pm 3.1^*$
4	$38.5 \pm 4.2^*$	$28.1 \pm 3.8^*$	$24.7 \pm 3.1$	$32.5 \pm 3.9^*$
6	$35.2 \pm 3.8^*$	$25.4 \pm 3.2^*$	$22.3 \pm 2.8$	$28.9 \pm 3.5^*$
8	$18.7 \pm 2.7^*$	$12.6 \pm 2.0$	$10.8 \pm 1.9$	$15.1 \pm 2.3^*$
12	$3.1 \pm 0.8$	$2.2 \pm 0.6$	$1.8 \pm 0.5$	$2.7 \pm 0.7$
24	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Примечание: \* - статистически значимые различия ( $p<0.05$ ) по сравнению с Группой 3 в соответствующий временной интервал.

Анализ данных позволяет заключить, что полный цикл элиминации однократной пероральной дозы сорбитола у здорового крупного рогатого скота занимает не более 24 часов, при этом основное выведение происходит в интервале между 2 и 12 часами после введения.

#### ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование впервые предоставляет комплексные данные о кинетике элиминации экзогенного сорбитола и его выведения с мочой у крупного рогатого скота. Установлено, что пероральная нагрузка сорбитолом в дозе 0.5 г/кг является безопасной и хорошо переносимой процедурой для животных различных физиологических групп.

Полученные результаты демонстрируют, что у здорового КРС экзогенный сорбитол начинает обнаруживаться в моче через 2 часа после введения, достигает пиковой концентрации к 4-6 часу и практически полностью элиминируется в течение 24 часов. Важным выводом является наличие статистически значимых раз-

личий в уровне экскреции сорбитола между группами животных, различающихся по полу, возрасту, физиологическому статусу и типу кормления.

Наблюдаемые различия, в частности, более высокая экскреция у бычков по сравнению с нетелями и коровами, а также у коров на высококонцентратном рационе по сравнению с аналогами на стандартном рационе, позволяют предположить, что на метаболизм сорбитола у жвачных могут влиять не только функция печени, но и особенности рубцового пищеварения, гормональный статус и уровень метаболизма. Это указывает на необходимость учета данных факторов при интерпретации нагрузочных тестов.

Таким образом, исследование подтверждает принципиальную возможность использования перорального теста толерантности к сорбитолу с оценкой его экскреции с мочой для неинвазивной оценки функции печени у КРС. Установленные референсные интервалы и кинетические параметры для здоровых животных слу-

жат необходимой базой для дальнейших исследований.

Перспективы работы заключаются в апробации разработанной методики на группах животных с экспериментально индуцированными и клинически диагностированными патологиями гепатобилиарной системы (жировая дистрофия печени, холангиты, токсические поражения) для оценки диагностической чувствительности и специфичности теста. Это позволит валидировать его в качестве надежного инструмента для доклинической диагностики нарушений печеночной функции в современном животноводстве.

#### FEATURES OF EXOGENOUS SORBITOL ELIMINATION IN CATTLE

**Ponamarev V.S.\*** – PhD in Veterinary Medicine, Associate Professor at the Department of Pharmacology and Toxicology (ORCID 0000-0002-6852-3110); **Pogodaeva P.S.** – PhD in Veterinary Medicine, Associate Professor at the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0001-7115-5921

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine

\* psevdopyos@mail.ru

**Acknowledgments:** The study was funded by the Russian Science Foundation under the research project No. 24-26-00005 (<https://rscf.ru/project/24-26-00005/>).

#### ABSTRACT

The article presents the results of a study of the kinetics of elimination of exogenous sorbitol in urine in clinically healthy cattle animals. Time intervals and quantitative indicators of drug elimination have been established, which is the fundamental basis for the development of a sorbitol tolerance test as a predictor of the functional state of the hepatobiliary system. The results of the work fill the existing gap in data on the metabolism of sugar alcohols in ruminants. The features of the pre-pancreas of cattle inhabited by microbiota capable of fermenting various carbohydrates and sugar alcohols can theo-

retically influence the absorption processes and subsequent kinetics of sorbitol. However, there is practically no data on the elimination of exogenous sorbitol in cattle in available scientific sources. In connection with the above, the purpose of this study was to study the characteristics of the elimination of orally administered exogenous sorbitol in cattle with an assessment of its urinary excretion to justify further use as a stress test to assess the state of the hepatobiliary system. The results obtained demonstrate that in healthy cattle, exogenous sorbitol begins to be detected in the urine 2 hours after administration, reaches a peak concentration by 4-6 hours, and is almost completely eliminated within 24 hours. An important conclusion is the presence of statistically significant differences in the level of sorbitol excretion between groups of animals differing in sex, age, physiological status and type of feeding. The observed differences, in particular, higher excretion in bulls compared to heifers and cows, as well as in cows on a high-concentration diet compared to their counterparts on a standard diet, suggest that not only liver function, but also features of cicatricial digestion, hormonal status and metabolic rate can affect sorbitol metabolism in ruminants. This indicates the need to take these factors into account when interpreting load tests.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гавриш, В. Г. Справочник ветеринарного врача: Лабораторная диагностика и биохимия животных / В. Г. Гавриш, И. И. Калюжный. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2019. — 380 с. — ISBN 978-5-222-32145-6.
2. Трошин, А. Н. Оценка функционального состояния печени у собак с использованием бромсульфалеинового теста / А. Н. Трошин, М. В. Семенова // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. — 2020. — № 4. — С. 35-38.
3. Center, S. A. Liver Function Tests in Small Animal Practice / S. A. Center // The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2023. — Vol. 53, № 1.

- 
- P. 93-128. — DOI: 10.1016/j.cvsm.2022.07.008.
4. Gori, E. Evaluation of ammonia tolerance test for diagnosis of hepatic encephalopathy in dogs with portosystemic shunt / E. Gori, M. Lippi, S. Pierini et al. // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2019. — Vol. 33, № 2. — P. 1682-1689. — DOI: 10.1111/jvim.15524.
5. Ibrahim, W. H. Current status of future directions of hepatic function assessment in critical illness / W. H. Ibrahim, A. M. Al Hail, R. R. Pathan // Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. — 2021. — Vol. 31, № 4. — P. 435-448. — DOI: 10.1111/vec.13085.
6. Kováčová, N. Dynamic liver function tests in dogs: A review / N. Kováčová, J. Čobanová, I. Šutiaková // Acta Veterinaria Brno. — 2018. — Vol. 87, № 2. — P. 205-214. — DOI: 10.2754/avb201887020205.
7. Lisciandro, S. C. Use of the liver function test LiMAX in canine liver disease / S. C. Lisciandro, M. Hopper // Journal of Small Animal Practice. — 2021. — Vol. 62, № 6. — P. 449-455. — DOI: 10.1111/jsap.13312.
8. Mizuno, T. Ammonia tolerance test in dogs with portosystemic shunt / T. Mizuno, K. Hiraoka, K. Uchida // Journal of Veterinary Medical Science. — 2017. — Vol. 79, № 9. — P. 1539-1543. — DOI: 10.1292/jvms.17-0275.
9. Nelson, N. C. Comparison of fasting and postprandial plasma ammonia concentrations in dogs with and without hepatic disease / N. C. Nelson, C. G. Couto, C. E. Raleigh // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2016. — Vol. 30, № 3. — P. 825-831. — DOI: 10.1111/jvim.13936.
10. Panti, A. The use of indocyanine green clearance testing to evaluate liver disease in dogs / A. Panti, C. R. Lamb, A. J. Caine // The Veterinary Journal. — 2020. — Vol. 256. — P. 105434. — DOI: 10.1016/j.tvjl.2020.105434.
11. Proot, S. J. P. The use of the <sup>13</sup>C-methacetin breath test for non-invasive assessment of liver function in dogs / S. J. P. Proot, J. Rothuizen, V. B. Favier // Veterinary Quarterly. — 2019. — Vol. 39, № 1. — P. 67-76. — DOI: 10.1080/01652176.2019.1621540.
12. Ruland, K. The <sup>13</sup>C-methacetin breath test for quantitative liver function testing in dogs: A review / K. Ruland, A. Fischer, J. Hartmann // Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere / Heimtiere. — 2020. — Vol. 48, № 2. — P. 121-129. — DOI: 10.1055/a-1127-4730.
13. Саленко, Н. В. Современные методы оценки функционального состояния печени у продуктивных животных / Н. В. Саленко, А. А. Стекольников // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. — 2021. — № 10. — С. 18-27.
14. Туманян, М. А. Диагностика заболеваний печени у мелких домашних животных: современные подходы и клинические тесты / М. А. Туманян, Е. В. Кривова // Ветеринарный врач. — 2022. — № 2. — С. 12-19.
15. Wagner, K. A. Interpretation of Liver Enzymes / K. A. Wagner, M. H. Hart // Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2017. — Vol. 47, № 3. — P. 663-675. — DOI: 10.1016/j.cvsm.2016.11.009.

## REFERENCES

1. Gavrish, V. G. Handbook of a veterinarian: Laboratory diagnostics and biochemistry of animals / V. G. Gavrish, I. I. Kalyuzhny. Rostov-on-Don: Phoenix, 2019. 380 p. ISBN 978-5-222-32145-6.
2. Troshin, A. N. Assessment of the functional state of the liver in dogs using a bromosulfalein test / A. N. Troshin, M. V. Semenova // Russian Veterinary Journal. Farm animals. - 2020. — No. 4. — pp. 35-38.
3. Center, S. A. Liver Function Tests in Small Animal Practice / S. A. Center // The Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2023. - Vol. 53, № 1. Pp. 93-128. - DOI: 10.1016 / j.cvsm.2022.07.008.
4. Gori, E. Evaluation of ammonia tolerance test for diagnosis of hepatic encephalopathy in dogs with portosystemic shunt / E. Gori, M. Lippi, S. Pierini et al. // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2019. - Vol. 33, № 2. - Pp. 1682-1689. - DOI: 10.1111 /

- 
- jvim.15524.
5. Ibrahim, W. H. Current status of future directions of hepatic function assessment in critical illness / W. H. Ibrahim, A. M. Al Hail, R. R. Pathan // Journal of Veterinary Emergency and Critical Care. — 2021. - Vol. 31, № 4. Pp. 435-448. - DOI: 10.1111 / vec.13085.
6. Kovalkovičová, N. the Dynamic liver function tests in dogs: A review / N. Kovalkovičová, J. Čobanová, I. Šutiaková // Acta Veterinaria Brno. — 2018. - Vol. 87, № 2. Pp. 205-214. - DOI: 10.2754 / avb201887020205.
7. Lisciandro, S. C. Use of the liver function test LiMAX in canine liver disease / S. C. lisciandro, M. Hopper // Journal of Small Animal Practice. — 2021. - Vol. 62, № 6. Pp. 449-455. - DOI: 10.1111 / jsap.13312.
8. Mizuno, T. Ammonia tolerance test in dogs with portosystemic shunt / T. Mizuno, K. Hiraoka, K. Uchida // Journal of Veterinary Medical Science. — 2017. - Vol. 79, № 9. Pp. 1539-1543. - DOI: 10.1292 / jvms.17-0275.
9. Nelson, N. C. Comparison of fasting and postprandial plasma ammonia concentrations in dogs with and without hepatic disease / N. C. Nelson, C. G. Couto, C. E. Raleigh // Journal of Veterinary Internal Medicine. — 2016. - Vol. 30, № 3. Pp. 825-831. - DOI: 10.1111 / jvim.13936.
10. Panti, A. the use of indocyanine green clearance testing to assess liver disease in dogs / A. Panti, C. R. Lamb, A. J. Caine // the Veterinary Journal. — 2020. - Vol. 256. P. 105434. - DOI: 10.1016 / j. tvjl.2020.105434.
11. Proot, S. J. P. the use of the 13C-methacetin breath test for non-invasive assessment of liver function in dogs / S. J. P. Proot, J. Rothuizen, V. B. Favier // Veterinary Quarterly. — 2019. - Vol. 39, № 1. Pp. 67-76. - DOI: 10.1080 / 01652176.2019.1621540.
12. Ruland, K. The 13C-methacetin breath test for quantitative liver function testing in dogs: a review / K. Ruland, A. Fischer, J. Hartmann // tier. — 2020. - Vol. 48, № 2. Pp. 121-129. - DOI: 10.1055 / a-1127-4730.
13. Salenko, N. V. Modern methods for assessing the functional state of the liver in productive animals / N. V. Salenko, A. A. Stekolnikov // Veterinary, animal science, and biotechnology. — 2021. — No. 10. — pp. 18-27.
14. Tumanyan, M. A. Diagnosis of liver diseases in small domestic animals: modern approaches and clinical tests / M. A. Tumanyan, E. V. Krivova // Veterinarian. — 2022. — No. 2. — pp. 12-19.
15. Wagner, K. A. Interpretation of Liver Enzymes / K. A. Wagner, M. H. Hart // Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. — 2017. - Vol. 47, № 3. Pp. 663-675. - DOI: 10.1016 / j. cvsm.2016.11.009.