

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134>

**СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМУСА И ЭНТЕРАЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ МАРГАНЦА У ЕНОТОВИДНЫХ СОБАК**

Научная статья

**Ксенофонтов Д.А.<sup>1\*</sup>, Ксенофонтова А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2926-3085;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1920-2326;

<sup>1,2</sup> Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (smu[at]rgau-msha.ru)

**Аннотация**

В эксперименте на 3 головах енотовидных собак методом центрифугирования и декантирования изучена структура химуса кишечника у енотовидных собак. Методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии определена концентрация марганца по фракциям химуса и в стенке на протяжении тонкого и толстого отдела кишечника. Впервые установлены закономерности изменения фракционного состава химуса, доля пищевых частиц в сухом веществе химуса возрастает в проксимальной части кишечника, а доля его растворимой части убывает, доля плотной эндогенной фракции находится в диапазоне 10-25%. Получены сведения о соотношении органической и минеральной части химуса и его фракциях. Выявлены закономерности распределения марганца по фракциям химуса и взаимообусловленная динамика изменения его концентрации по мере продвижения по кишечнику. Определена концентрация марганца в слизистой оболочке и серозно-мышечном слое стенки кишечника енотовидных собак.

**Ключевые слова:** марганец, енотовидная собака, химус.

**STRUCTURAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF CHYME AND ENTERAL METABOLISM OF MANGANESE IN RACCOON DOGS**

Research article

**Ksenofontov D.A.<sup>1\*</sup>, Ksenofontova A.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-2926-3085;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1920-2326;

<sup>1,2</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (smu[at]rgau-msha.ru)

**Abstract**

The structure of intestinal chyme in raccoon dogs was studied by centrifugation and decanting in an experiment on 3 raccoon dog heads. By the method of atomic absorption spectrophotometry, the concentration of manganese in the chyme fractions and in the wall of the small and large intestine was determined. For the first time regularities of changes in the fractional composition of chyme were established; the proportion of food particles in the dry matter of chyme increases in the proximal part of the intestine, and the proportion of its soluble part decreases; the proportion of dense endogenous fraction is in the range of 10-25%. The data on the ratio of organic and mineral part of chyme and its fractions were obtained. The regularities of manganese distribution in chyme fractions and the interdependent dynamics of its concentration change as it moves along the intestine have been identified. The concentration of manganese in the mucous membrane and serous-muscular layer of the intestinal wall of raccoon dogs was determined.

**Keywords:** manganese, raccoon dog, chyme.

**Введение**

Долгое время в России клеточное звероводство имело активное развитие и занимало значительную долю в получении дорогостоящего сырья для меховой промышленности и экспорта пушнины. Экономические кризисы последнего десятилетия XX века повлекли за собой значительное сокращение производства меха [1]. Сохранение и увеличение производства меховой продукции должно основываться на научном подходе в технологиях кормления и содержания животных с учетом физиологических особенностей, адаптивных механизмов и обменных процессов. Обмен минеральных элементов у пушных зверей является важной частью обмена веществ, обеспечивающего получение качественной продукции в пушном звероводстве. Глубокое изучение механизмов обмена минеральных элементов в постнатальном онтогенезе у пушных зверей в условиях промышленного производства представляет научный и практический интерес с целью применения наиболее эффективных методов их содержания [2]. Для поддержания нормальной жизнедеятельности и получения качественной меховой продукции необходимо поступление с суточным рационом микроэлементов, в том числе, марганца, который определяет активность метаболических процессов, входя в состав ферментов [3]. Физиологическая роль марганца в организме животных изучена весьма подробно, однако, учитывая морфо-функциональные особенности питания и пищеварения у псовых, экспериментальные исследования обмена марганца является актуальным.

Поскольку минеральные вещества поступают в организм с рационом и водой, процессы их абсорбции и экскреции в пищеварительном тракте являются важным звеном минерального гомеостаза всего организма. В настоящее время

имеется достаточно сведений о механизмах пристеночного пищеварения и о двусторонней проницаемости стенки кишечника, при этом полостное пищеварение остается менее всего изученным компонентом пищеварительной системы. Все процессы полостного пищеварения проходят в массе химуса. Однако представления о химусе, как о структурной системе, полностью до сих пор не сформировано. Большинство исследований, посвященных энтеральной среде, затрагивают лишь процессы формирования структуры пристеночного слоя слизи, не учитывая механизмы образования химуса в полости кишечника [4].

Несмотря на то, что кишечной слизи исследователи придают лишь защитную функцию и иммунологические свойства, её роль в пищеварении несомненно шире [5], [6]. В экспериментах на сельскохозяйственной птице, свиньях, кроликах и крупном рогатом скоте были установлены факты конструктивного взаимодействия минеральных элементов с эндогенными структурами химуса. Очевидно, что в современном сельском хозяйстве, в том числе и в пушном звероводстве исследование механизмов энтерального метаболизма микроэлементов и процессов взаимодействия нутриентов с эндогенными компонентами химуса, которые, видимо, имеют место в реальных условиях и оказывают влияние на внутреннюю среду организма, служит физиологическим обоснованием рационального питания с целью эффективного использования питательных веществ [7], [8], [9].

В этой связи целью работы стало исследование метаболизма марганца и цинка на уровне пищеварительного тракта у енотовидных собак. Для достижения цели были поставлены задачи по изучению закономерности структуры нативного химуса, определению содержания органических и неорганических элементов в его структурных компонентах и концентрации марганца и цинка в исследуемых образцах.

### **Методы и принципы исследования**

Исследования проводились на кафедре физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с соблюдением биоэтических норм и правил. Эксперимент проводили на енотовидных собаках в количестве 3 головы. Животные, содержались в одинаковых условиях с соблюдением всех зооигиенических, зоотехнических и ветеринарных требований на базе Пушкинского зверосовхоза ФГПУ «Русский соболь» в условиях клеточного, одиночного содержания. Кормление осуществлялось в виде жидкой мешанки из смеси злаков и субпродуктов животного происхождения без включения дополнительных добавок, состав которой варьировался в соответствии с рационом. Эвтаназия проводилась путем внутримышечной инъекции 2%-ного водного раствора дитилина по 0,4 мл на одну голову животного.

После эвтаназии у всех животных производили извлечение пищеварительного тракта с разделением на желудок, двенадцатиперстную, тощую, подвздошную, слепую, ободочную и прямую кишку. Из каждого отдела извлекали образцы химуса и стенки кишечника. Методом декантирования и центрифугирования химус разделяли на растворимую фракцию (РФ), плотную эндогенную фракцию (ПЭФ) и пищевые частицы [10]. Стенку кишечника разделяли на слизистый слой (СС) и серозно-мышечный слой (СМС). Во всех образцах методом зоотехнического анализа определяли содержание органических веществ и золы. Содержание марганца определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе «Спектр-5».

### **Основные результаты**

В результате эксперимента методом декантирования и центрифугирования в химусе енотовидных собак из разных отделов тонкого и толстого кишечника были выделены непереваренные пищевые частицы с волокнами растительного и животного происхождения различных объемов и форм. Также были получены растворимая фракция (РФ) в виде надосадочного водного раствора с легко растворимыми низкомолекулярными веществами и плотная эндогенная фракция (ПЭФ), которая выполняет роль энтероплазмы в нативном химусе, включая в себя гидратированную полостную кишечную слизь и корпускулярные компоненты, в том числе симбиотические микроорганизмы.

Анализ сухого вещества химуса енотовидных собак показал, что минимальная концентрация сухого вещества отмечена в химусе двенадцатиперстной и тощей кишке – 15,0-15,4%, которая затем постепенно увеличивалась, достигая максимальных значений в слепой и ободочной кишке – 26,6-26,8%, в следствие преобладания абсорбции воды и растворенных нутриентов над секрецией пищеварительных соков (рисунок 1).

Анализ количественного соотношения фракций в нативном химусе показал, что в тонком отделе кишечника в среднем минимальная доля приходится на ПЭФ – 3,6-3,7% в двенадцатиперстной и тощей кишке (рисунок). В толстом отделе кишечника по мере продвижения химуса их доля остается относительно постоянной концентрацией, постепенно снижаясь с 4,7% в подвздошной кишке до 2,8% в ободочной кишке. Фактически сохраняя постоянство объемов в сухом веществе химуса ПЭФ поддерживает его физико-химические свойства (рисунок 1).

Содержание пищевых частиц колеблется от 7,3% в двенадцатиперстной кишке до 2,6 в тощей кишке. Далее концентрация возрастает в подвздошной, слепой и ободочной кишке до 6,9%, 14,5% и 16,4% соответственно.

Доля растворимой фракции в нативном химусе двенадцатиперстной кишки максимальна – 10,4%. В дистальных отделах тонкого кишечника она снижается в противовес доли пищевых частиц до 4,3% оставаясь такой же низкой в толстом отделе (в границах 6,3-8,7%). Такие значения взаимообусловлены абсорбцией питательных веществ, воды и изменением реологических свойств химуса, что в целом повышает количество сухого вещества в химусе до 26,8% в дистальных отделах.

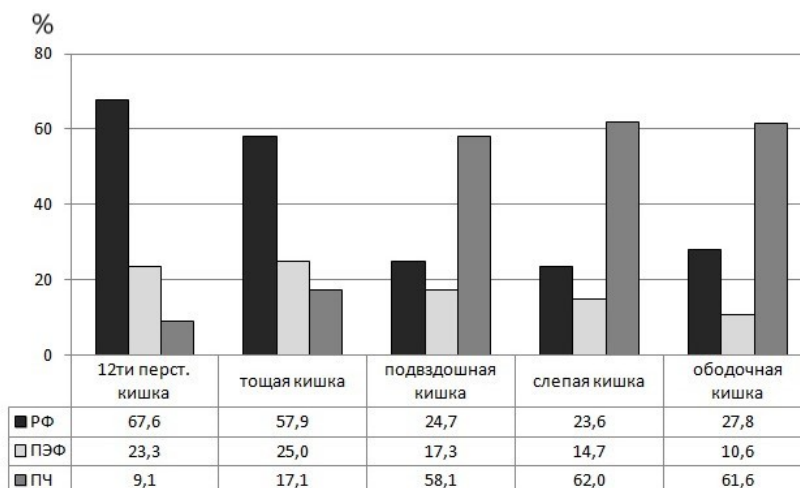


Рисунок 1 - Соотношение фракций в сухом веществе химуса разных отделов кишечника енотовидных собак  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134.1>

Примечание:  $n=3$

Анализ соотношения фракций в нативном химусе кишечника енотовидных собак показал, что в тонких отделах кишечника доля пищевых частиц колеблется лишь в пределах от 2,6 до 7,3% (рисунок 2). Начиная с подвздошной кишки, их количество возрастает с 10,6 до 19,8%. Следует учитывать, что в нативном состоянии, благодаря гидратации гликопротеинов полостной слизи, ПЭФ и РФ химуса представляют собой совокупную гелеобразную систему, в которой распределены экзогенные пищевые частицы корма. У енотовидных собак в целом большая часть нативного химуса (80,2-97,4%) на протяжении всего кишечника представлена в виде гидратированной плотной эндогенной фракции или так называемой энтероплазмы химуса.



Рисунок 2 - Соотношение пищевых частиц (ПЧ) и гидратированной полостной слизи (ГПС) в нативном химусе енотовидных собак  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134.2>

Примечание:  $n=3$

Анализ химического состава цельного химуса показал, что содержание зольных компонентов возрастает с 9,8 - 14,9% в тонком отделе кишечника до 62,1-65,5% в толстом отделе, что обусловлено закономерным скоплением непереваренного корма в виде костных остатков. Количество органического вещества в сухом веществе химуса, напротив, снижается по мере продвижения химуса по кишечнику с 85,1-91,2% до 34,5% и 37,9% соответственно вследствие гидролиза и абсорбции нутриентов. Такие изменения, вероятно, связаны с опережающим перевариванием органической части корма относительно минеральной составляющей в начале тонкого отдела кишечника с последующим интенсивным всасыванием мономеров. При этом стоит учитывать, что значительную часть нативного химуса составляет плотная эндогенная фракция, а следовательно органические вещества в химусе имеют эндогенное происхождение, что является физиологически необходимым для формирования энтеральной среды.

Изучение соотношения содержания золы и органики во фракциях химуса кишечника енотовидных собак показало, что концентрация зольной части в каждой из трех форм фракций по мере продвижения по тракту увеличивается в

растворимой фракции с 1% в двенадцатиперстной кишке до 26,6% в ободочной кишке, в ПЧ с 3,1 до 38,3%, в ПЭФ с 1 до 25%, соответственно (таб. 1).

Таблица 1 - Содержание органического вещества и золы в химусе кишечника енотовидных собак

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134.3>

| Отдел кишечника          | Содержание золы, % |           |           | Содержание органического вещества, % |            |           |
|--------------------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|------------|-----------|
|                          | РФ                 | ПЭФ       | ПЧ        | РФ                                   | ПЭФ        | ПЧ        |
| Двенадцатиперстная кишка | 1,0±0,08           | 1,0±0,42  | 3,1±0,21  | 81,3±0,71                            | 80,7±1,87  | 71,2±1,43 |
| Тощая кишка              | 1,8±0,38           | 1,6±0,16  | 3,6±0,33  | 74,7±0,41                            | 75,7±0,93  | 69,2±1,9  |
| Подвздошная кишка        | 2,2±0,96           | 3,8±0,54  | 5,3±0,31  | 68,4±4,5                             | 46,1±1,05  | 35,9±0,49 |
| Слепая кишка             | 26,6±2,0           | 29,9±0,57 | 48,8±2,29 | 21,7±0,29                            | 20,1±2,5   | 13,1±0,85 |
| Ободочная кишка          | 26,6±,47           | 25,0±0,41 | 38,3±1,38 | 20,5±1,05                            | 18,7± 0,63 | 9,5± 0,07 |

Примечание: n=3

Содержание органических элементов во всех фракциях содержимого кишечника енотовидных собак напротив демонстрирует противоположную тенденция относительно зольных компонентов в виде снижения концентрации по мере продвижения по кишечнику. Существенное снижение в 7,5 раз органического вещества в ПЧ корма, вероятно обусловлено активизацией микробного гидролиза. А четырехкратное снижение в РФ и ПЭФ, связано с уменьшением секреции органической части пищеварительных соков и слизи, деструкцией гликопротеинов симбиотическими микроорганизмами и активацией абсорбции нутриентов.

Таблица 2 - Концентрация марганца в химусе и его фракциях енотовидных собак

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134.4>

| Отдел кишечника   | Химус, мг/% в сухом веществе | РФ, мг/% в сухом веществе | ПЭФ, мг/% в сухом веществе | ПЧ, мг/% в сухом веществе |
|-------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 12-перстная кишка | 0,61 ± 0,10                  | 0,64 ± 0,17               | 1,34 ± 0,29                | 2,84 ± 0,01               |
| Тощая кишка       | 0,68 ± 0,03                  | 0,78 ± 0,23               | 2,36 ± 0,24                | 1,14 ± 0,01               |
| Подвздошная кишка | 0,43 ± 0,11                  | 0,75 ± 0,31               | 6,83 ± 0,88                | 1,38 ± 0,07               |
| Слепая кишка      | 0,42 ± 0,3                   | 0,75 ± 0,02               | 6,86 ± 0,21                | 0,64 ± 0,04               |
| Ободочная кишка   | 0,38 ± 0,19                  | 0,65 ± 0,13               | 5,20 ± 0,51                | 0,33 ± 0,06               |

Примечание: n=3

Анализ концентрации марганца в цельном химусе кишечника показал закономерное снижение по мере его продвижения по кишечнику на 60%, что свидетельствует об абсорбции элемента (таб.2). В пищевых частицах вследствие интенсивного гидролиза концентрация марганца снижается в 8,5 раз. Некоторая часть экскретированного из пищевых частиц марганца остается в виде легкорастворимых форм, при этом концентрация его в растворимой фракции существенно не меняется и составляет 0,64-0,78 мг/% в сухом веществе на протяжении тонкого и толстого кишечника. Основная часть элемента фиксируется в плотной эндогенной фракции с закономерной динамикой возрастания концентрации с 1,34 мг/% в начале тонкого кишечника 6,86 мг/% в слепой кишке.

Таблица 3 - Содержание марганца в стенке пищеварительного тракта енотовидных собак

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.134.5>

| Отдел пищеварительного тракта | Слизистый слой, мг/% в сухом веществе | Серозно-мышечная оболочка, мг/% в сухом веществе |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Желудок                       | 0,67 ± 0,08                           | 0,26 ± 0,01                                      |
| 12-перстная кишка             | 0,18 ± 0,04                           | 0,19 ± 0,007                                     |
| Тощая кишка                   | 0,26 ± 0,01                           | 0,36 ± 0,02                                      |
| Подвздошная кишка             | 0,28 ± 0,07                           | 0,44 ± 0,01                                      |
| Ободочная кишка               | 0,66 ± 0,22                           | 0,33 ± 0,01                                      |

*Примечание: n=3*

Содержание марганца в стенке пищеварительного тракта у енотовидных собак имеет определенные закономерности (таб.3). В слизистом слое желудка концентрация марганца имеет максимальное значение 0,67 мг/% в сухом веществе. Однако вначале тонкого кишечника она резко снижается до 0,18 мг/%, затем вновь возрастает, достигая максимума в толстом отделе. В серозно-мышечном слое содержание марганца обусловлено функциональной активностью миоцитов, снижаясь в 12-ти перстной кишке до 0,19 мг/% в сухом веществе и возрастая в подвздошной кишке.

**Заключение**

Впервые проведенные исследования физико-химических особенностей энтеральной среды пищеварительного тракта енотовидных собак показали сходство в структурно-функциональной организации химуса псовых с показателями сельскохозяйственных животных и птицы, которые были получены ранее.

Во-первых, можно сказать, что химус у енотовидных собак является универсальной гетерогенной системой. Его макроструктура представлена совокупностью эндогенных компонентов и экзогенных пищевых частиц, суммарная масса сухого вещества которых сопоставима с массой нативного химуса, а соотношение меняется в каудальном направлении пищеварительного тракта вследствие секреции пищеварительных соков и полостной слизи, а также абсорбции нутриентов и воды.

Во-вторых, основной системообразующей структурой химуса является плотная эндогенная фракция, представленная молекулярно-корпускулярными компонентами в виде наноупорядоченного каркаса энтероплазмы и симбиотическими микроорганизмами, доля которой в нативном химусе, благодаря гидратации гликопротеидов слизи, составляет 80-97% на протяжении кишечника.

В-третьих, соотношение фракций сухого вещества химуса изменяется по мере его продвижения по кишечнику: доля растворимой фракции снижается с 67% в тонком отделе до 28% в толстом отделе кишечника, доля пищевых частиц, напротив, возрастает с 9% до 61%, а доля плотной эндогенной фракции остается на относительно постоянном уровне 10-25%. При этом содержание органических компонентов во всех фракция химуса закономерно снижается по мере его продвижения по кишечнику, а доля минеральной части напротив растет.

В-четвертых, высокая концентрация марганца в ПЭФ химуса, по-видимому, неслучайна. Высокая сорбционная емкость гликопротеидов ПЭФ по отношению к марганцу физиологически необходима, так как, с одной стороны, элемент депонируется, формируя своеобразный обмениваемый фонд на уровне энтеральной среды. Также, фиксируясь гидратированной ПЭФ химуса, марганец в полости кишечника может участвовать в структурировании химуса как активный комплексобразователь.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Хусаинова Н.В. Векторы развития пушного звероводства России / Н.В. Хусаинова, Т.М. Ворожейкина // Экономика сельского хозяйства России. — 2019. — № 3. — С. 71–75. — DOI: 10.32651/193-71.
2. Балакирев Н.А. Особенности минерального обмена у пушных зверей клеточного содержания / Н.А. Балакирев, В.И. Максимов, А.А. Дельцов. — Москва: Научная библиотека, 2020. — 108 с.
3. Zhang H.H. Effects of different dietary manganese levels on growth performance and N balance of growing mink (Neovision vision) / H.H. Zhang, N. Zhou, T.T. Znan [et al.] // Biol Trace Elem Res. — 2014. — P. 206–211. — DOI: 10.1007/s12011-014-0008-6.

4. Pelaseyed T. The mucus and mucins of the goblet cells and enterocytes provide the first defense line of the gastrointestinal tract and interact with the immune system / T. Pelaseyed, J.H. Bergström, J.K. Gustafsson [et al.] // *Immunological Reviews, Special Issue: Mucosal Immunity*. — 2014. — P. 5–261. — DOI: 10.1111/imr.12182.
5. Johansson M. Immunological aspects of intestinal mucus and mucins / M. Johansson, G. Hansson // *Nat Rev Immunol*. — 2016. — № 16. — P. 639–649. — DOI: 10.1038/nri.2016.88 .
6. Paone P. Mucus barrier, mucins and gut microbiota: the expected slimy partners? / P. Paone, P.D. Cani // *Gat*. — 2020. — P. 2232–2243. — DOI: 10.1136/gutjnl-2020-322260.
7. Иванов А.А. Экспериментальное обоснование роли структурирования и других характеристик химуса в определении функциональных возможностей желудочно-кишечного тракта при проведении энтерального питания / А.А. Иванов, Е.П. Полякова, Д.А. Ксенофонтов // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. — 2009. — № 6. — С. 51–66.
8. Ravindran V. Endogenous amino acid flows at the terminal ileum of broilers, layers and adult roosters / V. Ravindran, W.H. Hendriks // *Animal Science*. — 2004. — P. 265–271. — DOI: 10.1017/S1357729800090123.
9. Иванов А.А. Экспериментальное обоснование функциональной взаимосвязи минеральных элементов пищевого рациона с полостной слизью и слизистой оболочкой кишки / А.А. Иванов, Е.П. Полякова, Д.А. Ксенофонтов [и др.] // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. — 2013. — № 2. — С. 37–41.
10. Полякова Е.П. Метод изучения полостного пищеварения / Е.П. Полякова, А.А. Иванов, Д.А. Ксенофонтов // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. — 2016. — № 12. — С. 110–114.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Husainova N.V. Vektory razvitiya pushnogo zverovodstva Rossii [Vectors of development of fur farming in Russia] / N.V. Husainova, T.M. Vorozhejkina // *Jekonomika sel'skogo hozjajstva Rossii [Agricultural Economics of Russia]*. — 2019. — № 3. — P. 71–75. — DOI: 10.32651/193-71. [in Russian]
2. Balakirev N.A. Osobennosti mineral'nogo obmena u pushnyh zverey kletochno go soderzhaniya [Peculiarities of mineral metabolism in caged fur-bearing animals] / N.A. Balakirev, V.I. Maksimov, A.A. Del'tsov. — Moscow: Nauchnaja biblioteka, 2020. — 108 p. [in Russian]
3. Zhang H.H. Effects of different dietary manganese levels on growth performance and N balance of growing mink (Neovision vision) / H.H. Zhang, N. Zhou, T.T. Zngang [et al.] // *Biol Trace Elem Res*. — 2014. — P. 206–211. — DOI: 10.1007/s12011-014-0008-6.
4. Pelaseyed T. The mucus and mucins of the goblet cells and enterocytes provide the first defense line of the gastrointestinal tract and interact with the immune system / T. Pelaseyed, J.H. Bergström, J.K. Gustafsson [et al.] // *Immunological Reviews, Special Issue: Mucosal Immunity*. — 2014. — P. 5–261. — DOI: 10.1111/imr.12182.
5. Johansson M. Immunological aspects of intestinal mucus and mucins / M. Johansson, G. Hansson // *Nat Rev Immunol*. — 2016. — № 16. — P. 639–649. — DOI: 10.1038/nri.2016.88 .
6. Paone P. Mucus barrier, mucins and gut microbiota: the expected slimy partners? / P. Paone, P.D. Cani // *Gat*. — 2020. — P. 2232–2243. — DOI: 10.1136/gutjnl-2020-322260.
7. Ivanov A.A. Eksperimental'noe obosnovanie roli strukturirovaniya i drugih harakteristik himusa v opredelenii funktsional'nyh vozmozhnostej zheludochno-kishechnogo trakta pri provedenii enteral'nogo pitaniya [Experimental study of the structuring role and other chyme characteristics in some functionality gastrointestinal tract at enteral nutrition] / A.A. Ivanov, E.P. Poljakova, D.A. Ksenofontov // *Jeksperimental'naja i klinicheskaja gastrojenterologija [Eksp Klin Gastroenterol]*. — 2009. — № 6. — P. 51–66. [in Russian]
8. Ravindran V. Endogenous amino acid flows at the terminal ileum of broilers, layers and adult roosters / V. Ravindran, W.H. Hendriks // *Animal Science*. — 2004. — P. 265–271. — DOI: 10.1017/S1357729800090123.
9. Ivanov A.A. Eksperimental'noe obosnovanie funktsional'noj vzaimosvjazi mineral'nyh elementov pischevogo ratsiona s polostnoj sliz'ju i slizistoj obolochkoj kishki [Experimental substantiation of the functional relationship of mineral elements of nutrition with intestinal mucus and the mucosa membrane of the intestine] / A.A. Ivanov, E.P. Poljakova, D.A. Ksenofontov [et al.] // *Experimental and Clinical Gastroenterology*. — 2013. — № 2. — P. 37–41. [in Russian]
10. Poljakova E.P. Metod izuchenija polostnogo pischevarenija [Method for studying cavity digestion] / E.P. Poljakova, A.A. Ivanov, D.A. Ksenofontov // *Jeksperimental'naja i klinicheskaja gastrojenterologija [Experimental and Clinical Gastroenterology]*. — 2016. — № 12. — P. 110–114. [in Russian]