

О. А. Душенина¹, Л. Ю. Карпенко¹, М. В. Киянчук¹, А. А. Филина¹, А. С. Соколова¹

Влияние кишечной микробиоты на когнитивные способности лабораторных крыс линии Wistar

¹ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Рекомендации для цитирования:

Душенина О. А. Влияние кишечной микробиоты на когнитивные способности лабораторных крыс линии Wistar / О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко, М. В. Киянчук, А. А. Филина, А. С. Соколова // Генетика и разведение животных. — 2025. — № 3. — С. 91–97. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-3-91-97>

For citation:

Dushenina O. The influence of intestinal microbiota on cognitive abilities of laboratory Wistar rats / O. Dushenina, L. Karpenko, M. Kiyanchuk, A. Filina, A. Sokolova // Genetics and animal breeding. — 2025. — № 3. — P. 91–97. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2025-3-91-97>

Поступила в редакцию: 23.07.2025.

Received: 23.07.2025.

© Dushenina O., Karpenko L., Kiyanchuk M., Filina A., Sokolova A., 2025

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Конфликт интересов:

авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest:

the authors declare that they have no conflict of interest.

Аннотация.

Цель: выявление антибиотик-ассоциированных поведенческих нарушений у белых лабораторных крыс с помощью приподнятого крестообразного лабиринта и открытого поля. Работа направлена на установление возможной корреляции между нарушениями кишечной микрофлоры и тревожными или исследовательскими реакциями животных.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили шестимесячные самцы и самки белых лабораторных крыс линейной породы Wistar массой 400–410 г. Были сформированы 4 группы животных по 10 особей в каждой группе: группа №1 (самцы) и группа №3 (самки) являлись контрольной частью эксперимента; группа №2 (самцы) и группа №4 (самки) — опытной частью исследования. Животным опытных групп давали антибактериальный препарат группы полусинтетических пенициллинов — «Амоксиклав». По окончании антибиотикотерапии проведены посевы фекалий из подстилки. Для оценки корреляции кишечных дисбиотических изменений на когнитивные функции крыс использовали методики «открытого поля» и «приподнятого крестообразного лабиринта».

Результаты. Проведённое исследование продемонстрировало, что длительное применение антибиотика Амоксиклав (0,02 мл/особь в течение 10 дней) у белых лабораторных крыс приводило к значительным структурным и функциональным изменениям в составе кишечной микрофлоры, что, в свою очередь, сопровождалось устойчивыми поведенческими сдвигами. На фоне микробиологических изменений в тесте «открытое поле» крысы из опытной группы (самцы и самки) демонстрировали заметное снижение общей двигательной и исследовательской активности. В дополнение к сниженной активности у антибиотикозависимых крыс наблюдались знаки тревоги: увеличивалось число эпизодов груминга (у самцов). В тесте «приподнятого крестовидного лабиринта» поведенческий профиль крыс из опытных групп также соответствовал усиленной тревожности.

Ключевые слова: антибиотикотерапия; кишечная микрофлора; этология; крестообразный лабиринт; когнитивные способности; крыса; открытое поле; самцы; самки.

Введение. Сегодня повсеместно наблюдается возрастающий интерес к межсистемным взаимодействиям, выходящим за пределы традиционного органосцентричного подхода [1, 2]. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области стало изучение «микробиота-нейронных взаимодействий», основанное на представлении о кишечной микрофлоре как функциональном компоненте нейрофизиологической регуляции. Данная концепция, формирующая основу нейрофизиологии, нацелена на переосмысление изолированной трактовки мозговой деятельности, интегрируя в сферу

нейропсихологических исследований влияние периферических биологических систем, прежде всего желудочно-кишечного тракта [3, 4].

Одним из ключевых факторов, способных вызывать изменение состава кишечной микрофлоры, выступает применение антибиотиков. Антибиотикотерапия, особенно системная и продолжительная, оказывает выраженное влияние на количественный и качественный состав микробиоты, вызывая дисбиотические состояния [5, 6]. В свете накопленных данных всё большее значение придаётся изучению отдалённых, в том числе нейро-

психологических, эффектов подобных вмешательств. Дисбиоз, индуцированный антибактериальными средствами, запускает сложный каскад патофизиологических реакций, включая снижение продукции короткоцепочечных жирных кислот, нарушение метаболизма аминокислот (в первую очередь триптофана), изменение баланса ключевых нейромедиаторов (серотонина, дофамина, гамма-аминомасляной кислоты) и активацию системного воспалительного ответа [7, 8].

Эти процессы, формирующие основу микробиота-зависимых нейронных изменений, находят отражение в поведенческой сфере [9]. Исследования на животных моделях и клинические наблюдения показывают, что изменение состава кишечной микрофлоры может коррелировать с повышенной тревожностью, ухудшением способности к адаптации, нарушениями исследовательского и социального поведения. Наиболее ярко это проявляется в условиях стресса, хронической антибиотикотерапии или в периоде активного развития нервной системы, что подтверждает критическую важность микробиотической регуляции в периоды к повышенному требованию нейропластичности [10].

Целью исследования являлось выявление антибиотик-ассоциированных поведенческих нарушений у белых лабораторных крыс с помощью приподнятого крестообразного лабиринта и открытого поля. Работа направлена на установление возможной корреляции между нарушениями кишечной микрофлоры и тревожными или исследовательскими реакциями животных.

На основании поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Исследование антибиотико-зависимой корреляции разнообразия кишечной микробиоты в фекалиях крыс опытной и контрольной группы путем посева на специальные диагностические среды.
2. Изучение поведенческой активности в тестах «приподнятый крестообразный лабиринт» и «открытое поле» при антибиотикотерапии.

Материалы и методы. Настоящее исследование проводилось на базе Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины (СПбГУВМ).

Объектом исследования послужили шестимесячные самцы и самки белых лабораторных крыс линейной породы Wistar массой 400–410 г. Было сформировано 4 группы животных по десять особей в каждой группе: группа №1 (самцы) и группа №3 (самки) являлись контрольной частью эксперимента; группа №2 (самцы) и группа №4 (самки) — опытной частью исследования. Животные опытных групп подвергались

антибиотикотерапии. На всем протяжении эксперимента крысы находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Исследование проводилось для оценки поведенческих реакций, направленных на изменения микрофлоры кишечника у лабораторных крыс, вызванных введением антибиотика широкого спектра действия. У экспериментальной модели применялся антибактериальный препарат группы полусинтетических пенициллинов — «Амоксиклав» (Сандоз ГмбХ, Австрия), содержащий амоксициллин в форме тригидрата (250 мг) и клавулановую кислоту в форме калиевой соли (62,5 мг) на дозу пересчёта активного вещества. Препарат вводили в течение 10 дней утром *per os* в терапевтической дозировке 0,02 мл на особь. В группе №2 (самцы) и группе №4 (самки) был смоделирован дисбиоз, вызванный действием антибиотика. Животных группы №1 (самцы) и группы №3 (самки) в качестве контроля поили дистиллированной водой в количестве 0,02 мл через пипетку перорально.

По окончании антибиотикотерапии были проведены посеvy фекалий из подстилки. Отбор фекалий проводили в стерильные одноразовые контейнеры для биоматериала (60 мл, Wayson Medical Co.). Материал отбирали непосредственно после дефекации, предварительно пересадив животных в продезинфицированные полимерные поддоны. Пробы опилок в количестве 20,0 г помещали в стерильные одноразовые контейнеры (100 мл, Wayson Medical Co). Образцы транспортировали в изотермическом контейнере при $4,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0$.

1,0 г фекалий отвешивали на аналитических весах и заливали 9,0 мл стерильной дистиллированной воды. Титрование проводили в стерильных стеклянных пробирках с применением одноканального автоматического дозатора со сменным наконечником. С целью оценки количественного и качественного состава микробиоты кишечника лабораторных крыс из соответствующих разведений фекалий проводили посев на плотные и полужидкие питательные среды. Из разведений 10^{-1} , 10^{-5} материал вносили в количестве 0,1 мл на поверхность агар Эндо с добавлением 3 % дефибрированной крови лошади и распределяли бактериологическим шпателем; из 10^{-2} — 10^{-4} — агар Эндо (ФБУН ГНЦ ПМБ Оболенск) без добавления крови. Для выделения анаэробных микроорганизмов посев проводили в железосульфитную среду ЖСС-1 (ФБУН ГНЦ ПМБ Оболенск) и среду Китта-Тароцци (ФБУН ГНЦ ПМБ Оболенск). Данные питательные среды непосредственно перед посевом подвергали нагреванию (80°C) на водяной бане. После вне-

сения материала питательные среды заливали сначала расплавленным голодным агаром (ГОСТ ISO 4833-2015), затем стерильным вазелиновым маслом [10].

С целью выделения представителей рода *Staphylococcus* и *Enterococcus* применили модифицированный дробный посев по Дригальскому на желточно-солевой агар (ЖСА) и агар Эндо. Посевы инкубировали при 37 °C. Результаты оценивали через 24, 48 и 72 ч. Тинкториальные и морфологические характеристики оценивали путём изучения микропрепаратов, окрашенных по Граму (Gram Stains Kit HiMedia Laboratories Pvt. Ltd.).

Для оценки корреляции кишечных дисбиотических изменений на когнитивные функции крыс были использованы методики «открытого поля» и «приподнятого крестообразного лабиринта».

Суть методики приподнятого крестообразного лабиринта заключается в инстинктивном выборе грызунами темных нор, естественного страха нахождения на открытых площадках и падения с высоты. В ходе сессии крыс запускали в лабиринт на 180 секунд и регистрировали показатели: для оценки уровня тревожности — оценивали количество входов в закрытые и открытые рукава, время пребывания в закрытых и открытых рукавах, длительность нахождения в центре; для оценки уровня эмоциональности — частоту дефекации, мочеиспускания и груминг.

Методика «открытого поля» представляет собой квадратную площадку площадью 1 м², разделенную на 16 квадратов, ограниченную непрозрачными бортами высотой 20 см. Данная методика предназначена для регистрации горизонтальной двигательной активности (число пересечений квадратов всеми четырьмя лапами, количество посещений центральной зоны), отражает общий уровень двигательной активности и степень тревожности животных. Вертикальная активность (количество стоек с опорой на стенку и без неё) служит показателем исследовательского поведения и ориентировочной реакции на новое пространство. Дополнительно фиксируются параметры вегетативной активности, такие как дефекация и мочеиспускание, отражающие уровень эмоционального напряжения и стресс-реакцию, а также поведение аутогруминга, которое может свидетельствовать как о тревожности, так и о стабилизации эмоционального состояния в зависимости от выраженности.

За час и более до начала тестирования животных помещали в изолированное, слабо освещённое и тихое помещение с целью снижения уровня сенсорной и поведенческой активности. На протяжении этого периода полностью исключались любые формы внешнего воздействия, включая

пересаживание, кормление, прямой контакт с животными и другие манипуляции. Введение антибиотика и дистиллированной воды в ходе подготовительного этапа осуществлялось строго по стандартизированной процедуре, что обеспечивало воспроизводимость условий и систематичность возможных экспериментальных погрешностей.

Данные фиксировались вручную по видеозаписям и обрабатывались в программе Microsoft Office Excel 2018. Для оценки достоверности различий между группами применялся критерий Стьюдента, статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результаты представлены в таблице 1, 2 и 3.

По результатам бактериологического исследования, проведенного после окончания антибиотикотерапии, удалось выделить различные микроорганизмы из фекалий крыс. Результаты качественной количественной оценки микробного состава представлены в таблице № 2 и 3.

Проведённое исследование продемонстрировало, что длительное применение антибиотика Амоксилав (0,02 мл/особь в течение 10 дней) у белых лабораторных крыс приводило к значительным структурным и функциональным изменениям в составе кишечной микрофлоры, что, в свою очередь, сопровождалось устойчивыми поведенческими сдвигами. По результатам бактериологического анализа микробиоты кишечника у животных опытной группы обнаружено полное исчезновение некоторых представителей родов *Bacteroides* (в частности *Prevotella copri*), тогда как *E. coli* оставалась доминантным видом. В контрольной группе, напротив, помимо *E. coli* выявлялись *B. Fragilis.*, *Prevotella copri* и другие условно-патогенные микроорганизмы, свидетельствующие о более сбалансированной экосистеме кишечника (табл. 2).

Количественный подсчёт лактобактерий показал, что в группе животных, принимавших антибиотик, наблюдается дисбиоз, о чём говорит отсутствие лактозонегативной микрофлоры и увеличение титра лактозоположительной микрофлоры более чем на 10 единиц (табл. 3).

На фоне микробиологических изменений в тесте «открытое поле» крысы из опытной группы (самцы и самки) демонстрировали заметное снижение общей двигательной и исследовательской активности. Так, у животных, получавших антибиотик, значительно уменьшалось число пересечений секторов арены и число «стоек» на задних лапах (вертикальная активность), на 30% больше времени уходило на обследования нор по сравнению с контролем. Также крысы гораздо дольше оставались у стенок и реже заходили в

Таблица 1. Локомоторная активность белых лабораторных крыс в тестах «открытое поле» и «приподнятый крестообразный лабиринт» (n=40)

Table 1. Locomotor activity of white laboratory rats in the open field and elevated plus maze tests (n=40)

Показатель	Самцы		Самки	
	Контроль (группа 1)	Опыт (группа 2)	Контроль (группа 3)	Опыт (группа 4)
<i>Ориентировочно-исследовательская активность («открытое поле»)</i>				
Горизонтальная двигательная активность (общая) (M±m)	32±2,01	25,00±1,87	31±3,7	27,5±2,04
Пребывание в квадратах по периферии (M±m)	27,3±2,27	24,00±2	25,3±1,53	26,3±1,52
Пребывание в квадратах по центру (M±m)	4,6±8,16	1,67±1,08	6,6±1,22	4±1,15
Вертикальная двигательная активность (на весу и с опорой) (M±m)	10,3±1,47	8,5±1,41	6,6±0,94	2,6±1,45**
Заглядывание в норку (M±m)	7,5±6,12	9,6±1,08***	5,0±1,52	7,2±0,27
Мочепускание	—	—	—	—
Дефекация (M±m)	—	1,5±0,7	—	—
Груминг (M±m)	2,0±1,41	2,6±2,04	3±0,57	2,0±0,57
<i>Эмоционально-двигательное поведение (приподнятый крестообразный лабиринт)</i>				
Количество посещений светлого рукава	1,2±0,42	0,6±0,4	1,7±0,35*	0,5±0,03
Количество посещений темного рукава	3,4±0,45	5,9±0,81*	1,6±0,44*	3,0±0,01
Длительность пребывания в светлом рукаве, сек.	19,07±1,95	17,08±6,8	15,0±7,71	10,8±5,13
Длительность пребывания в темном рукаве, сек.	132,01±17,75	136,04±12,33	130,7±15,52	162,39±8,01
Длительность центральных посещений, сек.	28,92±14,55	26,88±0,61***	34,3±11,11	6,81±2,83**
Мочепускание	0,4±0,45	0,3±0,04	0,3±0,42	—
Дефекация	—	0,3±0,4	—	—
Груминг	0,6±0,44	1,6±1,08	1,8±0,42	3,6±2,85

Примечание: *Различия показателей по сравнению с опытной группой самок статистически значимы (P < 0,01); **Различия показателей по сравнению с контрольной группой самок статистически значимы (P < 0,05); ***Различия показателей по сравнению с опытной группой самок статистически значимы (P < 0,05)

Таблица 2. Качественный микробный состав фекалий крыс различных групп

Table 2. Qualitative microbial composition of feces of rats of different groups

Контрольная группа	Опытная группа с антибиотиком
<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
<i>Bacteroides fragilis</i>	-
<i>Prevotella copri</i>	-
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	-

Таблица 3. Результаты количественной оценки микробиоты лабораторных крыс

Table 3. Results of quantitative assessment of the microbiota of laboratory rats

Контрольная группа		Опытная группа с антибиотиком	
Лак «+»	Лак «-»	Лак «+»	Лак «-»
9Ч104	11Ч104	200Ч104	0

центральную часть арены, тогда как контрольные животные исследовали центр открытого поля активнее. В дополнение к сниженной активности у антибиотикозависимых крыс нередко наблюдались знаки тревоги: увеличивалось число эпизодов груминга (у самцов). То есть поведение животных из опытной группы (снижение двигательной активности, сокращенное время пребывания в центре, увеличение груминга и выделений) указывает на более высокий уровень тревоги и снижение исследовательского интереса по сравнению с контролем.

В тесте «приподнятого крестовидного лабиринта» поведенческий профиль крыс из опытных групп также соответствовал усиленной тревожности. Животные из подопытных групп с нарушенной микробиотой кишечника меньше находились в освещенных открытых рукавах лабиринта и предпочитали находиться в темных, закрытых отсеках. Животные из контрольных групп к концу теста гораздо активнее осваивали

центральную площадку лабиринта, демонстрируя более спокойное поведение. У крыс с высоким уровнем тревоги время, проведенное в центральной зоне и на открытых рукавах, минимально, что согласуется с полученными данными: в экспериментальной группе сигналы стресса заставляли грызунов сокращать пребывание на освещенных участках лабиринта.

Отмечается, что самки крыс в целом склонны проявлять большую исследовательскую активность и меньшую тревожность, чем самцы — они проводят больше времени на открытых частях арены и в центре лабиринта. При этом в наших экспериментах влияние антибиотиков проявлялось у обоих полов схожим образом: и самцы, и самки опытной группы избегали открытых пространств и часто груминговали, тогда как контрольные животные обоих полов исследовали лабиринт более смело.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В результате посевов фекалий из подстилки было выявлено, что в группе животных, принимавших антибиотик, наблюдался дисбиоз, о чём говорит отсутствие лактозонегативной микрофлоры и увеличение титра лактозоположительной микрофлоры.

2. Результаты теста «открытого поля» показали, что у крыс опытной группы (самцы и самки) заметно снижалась общая двигательная и исследовательская активность. В дополнение к этому у антибиотикозависимых крыс наблюдались знаки тревоги: увеличивалось число эпизодов груминга (у самцов). В тесте «приподнятого крестовидного лабиринта» поведенческий профиль крыс из опытных групп также соответствовал усиленной тревожности.

3. Влияние антибиотиков проявлялось у обоих полов схожим образом: и самцы, и самки опытной группы избегали открытых пространств и часто груминговали, что свидетельствует о повышении уровня тревожности.

Заключение. Результаты работы подтверждают гипотезу о влиянии состояния микрофлоры кишечника на головной мозг и доказывают, что даже непродолжительный курс антибиотика способен вызывать устойчивые поведенческие изменения через механизм дисбиоза.

Полученные данные могут служить основой для разработки профилактических и терапевтических стратегий с учётом микробиоты кишечника при моделировании когнитивных и эмоциональных нарушений в экспериментальной практике.

Литература

1. Серезникова Т. К. Влияние информационного и физического стресса на поведение крыс в тесте "Приподнятый крестообразный лабиринт" / Т. К. Серезникова, Е. С. Насунова и др. // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. — 2010. — № 1(24). — С. 160.
2. Лебедев А. И. Антибиотики и микробиота кишечника / А. И. Лебедев, О. А. Миронова, Г. И. Исянгулова // Российский педиатрический журнал. — 2024. — Т. 27. — № S4. — С. 34.
3. Душенина О. А. Морфологическое исследование печени крыс при применении минерально-кормовой добавки на основе хелатных соединений / О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко и др. // Генетика и разведение животных. — 2024. — № 3. — С. 107—113. doi: 10.31043/2410-2733-2024-3-107-113.
4. Душенина О. А. Морфологическое исследование селезенки крыс при применении минерально-кормовой добавки на основе хелатных соединений / О. А. Душенина, Л. Ю. Карпенко и др. // Генетика и разведение животных. — 2024. — № 4. — С. 14—21. doi: 10.31043/2410-2733-2024-4-14-21.
5. Čoklo M. Modulation of gut microbiota in healthy rats after exposure to nutritional supplements / M. Čoklo, D. R. Maslov, S. Kraljević Pavelić // Gut Microbes. — 2020. — Vol. 9. — №12(1). — P. 1—28.
6. Смирнова Г. И. Влияние антибиотиков на микробиоту кишечника / Г. И. Смирнова, А. А. Корсунский и др. // Российский педиатрический журнал. — 2024. — Т. 27. — № S3. — С. 35—36.
7. Сафандеев В. В. Влияние антибиотиков на поведение, когнитивные функции и микробиоту кишечника в эксперименте на крысах / В. В. Сафандеев, Т. А. Синицкая // Эрисмановские чтения — 2023. Новое в профилактической медицине и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения: Материалы I Всерос. науч. конгресса с межд. участием, Мытищи, 23—24 ноября 2023 года. — Мытищи: ФНЦ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, 2023. — С. 237—238.
8. Череповская Н. А. Изучение поведенческой активности в тесте "открытое поле" / Н. А. Череповская и др. // Научный электронный журнал Меридиан. — 2020. — № 4(38). — С. 75—77.
9. Сухинин А. А. Практикум по общей ветеринарной микробиологии / А. А. Сухинин, Н. П. Тулева и др. // Санкт-Петербургский политологический журнал. — 2017. — С. 100.
10. Физиология животных / Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили, Н. А. Панова и др. — Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2024. — 262 с. — ISBN 978-5-00177-930-8.

Dushenina O.¹, Karpenko L.¹, Kiyanchuk M.¹, Filina A.¹, Sokolova A.¹

The influence of intestinal microbiota on cognitive abilities of laboratory Wistar rats

¹ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Abstract

Purpose: to identify antibiotic-associated behavioral disorders in white laboratory rats using an elevated plus maze and an open field. The work is aimed at establishing a possible correlation between intestinal microflora disorders and anxious or exploratory reactions of animals.

Materials and methods. The object of the study were six-month-old male and female white laboratory rats of the Wistar line breed weighing 400–410 g. Four groups of animals were formed, with ten individuals in each group: group No. 1 (males) and group No. 3 (females) were the control part of the experiment; group No. 2 (males) and group No. 4 (females) were the experimental part of the study. The animals of the experimental groups were given an antibacterial drug of the semi-synthetic penicillin group — "Amoxiclav". At the end of antibiotic therapy, feces from the litter were cultured. To assess the correlation of intestinal dysbiotic changes on the cognitive functions of rats, the "open field" and "elevated plus maze" methods were used.

Results. The study demonstrated that long-term use of the antibiotic Amoxiclav (0,02 ml/individual for 10 days) in white laboratory rats led to significant structural and functional changes in the composition of the intestinal microflora, which, in turn, was accompanied by stable behavioral changes. Against the background of microbiological changes in the open field test, rats from the experimental group (males and females) demonstrated a noticeable decrease in overall motor and exploratory activity. In addition to decreased activity, antibiotic-dependent rats showed signs of anxiety: the number of grooming episodes increased (in males). In the elevated plus maze test, the behavioral profile of rats from the experimental groups also corresponded to increased anxiety.

Conclusion. The results of the work confirm the hypothesis about the influence of the state of the intestinal microflora on the brain and prove that even a short course of antibiotics can cause stable behavioral changes through the mechanism of dysbiosis.

Keywords: antibiotic therapy; intestinal microflora; ethology; plus maze; cognitive abilities; rat; open field; males; females.

References

1. Serezhnikova T. K. Effect of Information and Physical Stress on the Behavior of Rats in the Elevated Plus Maze Test / T. K. Serezhnikova, E. S. Nasunova, et al. // Bulletin of the Northern State Medical University. — 2010. — № 1(24). — P. 160.
2. Lebedev A. I. Antibiotics and Intestinal Microbiota / A. I. Lebedev, O. A. Mironova, G. I. Isyangulova // Russian Pediatric Journal. — 2024. — Vol. 27. — № S4. — P. 34.
3. Dushenina O. A. Morphological Study of the Rat Liver with the Use of a Mineral Feed Supplement Based on Chelate Compounds / O. A. Dushenina, L. Yu. Karpenko, et al. // Genetics and Animal Breeding. — 2024. — № 3. — P. 107–113. doi: 10.31043/2410-2733-2024-3-107-113.
4. Dushenina O. A. Morphological study of the spleen of rats when using a mineral feed additive based on chelate compounds / O. A. Dushenina, L. Yu. Karpenko et al. // Genetics and animal breeding. — 2024. — № 4. — P. 14–21. doi: 10.31043/2410-2733-2024-4-14-21.
5. Čoklo M. Modulation of gut microbiota in healthy rats after exposure to nutritional supplements / M. Čoklo, D. R. Maslov, S. Kraljević Pavelić // Gut Microbes. — 2020. — Vol. 9. — №12(1). — P. 1–28. doi: 10.1080/19490976.2020.1779002.
6. Smirnova G. I. Effect of antibiotics on intestinal microbiota / G. I. Smirnova, A. A. Korsunsky, et al. // Russian Pediatric Journal. — 2024. — Vol. 27. — № S3. — P. 35–36.
7. Safandeev V. V. The effect of antibiotics on behavior, cognitive functions, and intestinal microbiota in an experiment on rats / V. V. Safandeev, T. A. Sinitskaya // Erisman Readings — 2023. New in preventive medicine and ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population: Proceedings of the 1st All-Russian scientific congress with international participation, Mytishchi, November 23–24, 2023. — Mytishchi: F. F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene of Rospotrebnadzor, 2023. — P. 237–238.
8. Cherepovskaya N. A. Study of behavioral activity in the open field test / N. A. Cherepovskaya et al. // Scientific electronic journal Meridian. — 2020. — № 4 (38). — P. 75–77.

9. Sukhinin A. A. Practical training in general veterinary microbiology / A. A. Sukhinin, N. P. Tuleva, et al. // St. Petersburg political science journal. — 2017. — P. 100.
10. Animal physiology / L. Yu. Karpenko, A. I. Enukashvili, N. A. Panova, et al. - Ufa: Limited Liability Company "Aeterna", 2024. — 262 p. — ISBN 978-5-00177-930-8.

Сведения об авторах:

Душенина Ольга Александровна — кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; e-mail: olgpanchenkova@yandex.ru.

Карпенко Лариса Юрьевна — доктор биологических наук, профессор; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru.

Киянчук Маргарита Владимировна — аспирант кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, ассистент кафедры биохимии и физиологии; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; e-mail: kiyanchuk@yandex.ru.

Филина Анастасия Андреевна — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; e-mail: filinaanastasia2002@gmail.com

Соколова Александра Сергеевна — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины", 196084, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5; e-mail: elenaptml@mail.ru.

Authors:

Dushenina Olga Aleksandrovna — PhD in Biology, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine", 196084, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., 5; e-mail: olgpanchenkova@yandex.ru.

Karpenko Larisa Yuryevna — Dr Habil. (Biol. Sci.), Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine", 196084, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., 5; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru.

Kiyanchuk Margarita Vladimirovna — Postgraduate Student, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Assistant, Department of Biochemistry and Physiology; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine", 196084, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., Bldg. 5; e-mail: kiyanchuk@yandex.ru.

Filina Anastasia Andreevna — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine", 196084, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., Bldg. 5; e-mail: filinaanastasia2002@gmail.com.

Sokolova Alexandra Sergeevna — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine", 196084, Saint Petersburg, Chernigovskaya St., Bldg. 5; e-mail: elenaptml@mail.ru.