



УДК 575.162

EDN VVXBNE

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2023-4-4-422-428>

Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций: современное состояние и перспективные направления

Н. А. Дюжикова¹, Е. А. Никитина^{✉1, 2}

¹ Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 48

Сведения об авторах

Наталья Алековна Дюжикова, SPIN-код: [6206-3889](#), Scopus AuthorID: [6603486439](#), ORCID: [0000-0002-7550-118X](#), e-mail: dyuzhikova@mail.ru

Екатерина Александровна Никитина, SPIN-код: [7844-8621](#), Scopus AuthorID: [56603106300](#), ResearcherID: [L-5761-2014](#), ORCID: [0000-0003-1897-8392](#), e-mail: 21074@mail.ru

Для цитирования: Дюжикова, Н. А., Никитина, Е. А. (2023) Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций: современное состояние и перспективные направления. *Интегративная физиология*, т. 4, № 4, с. 422–428. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2023-4-4-422-428> EDN VVXBNE

Получена 4 декабря 2023; прошла рецензирование 11 декабря 2023; принята 12 декабря 2023.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке Государственной программы РФ 47 ГП «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (2019–2030) (тема 0134-2019-0004).

Права: © Н. А. Дюжикова, Е. А. Никитина (2023). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY-NC 4.0](#).

Аннотация. В статье представлен обзор докладов участников симпозиума «Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций», включенных в научную программу XXIV Съезда физиологического общества им. И. П. Павлова, состоявшегося в Санкт-Петербурге 11–15 сентября 2023 года. Изложено основное содержание докладов ученых из университетов и научно-исследовательских институтов Москвы, Санкт-Петербурга, Калининграда, Новосибирска, Петрозаводска, Нижнего Новгорода, Ярославля, Ростова-на-Дону, Казани, Красноярска. Отмечен высокий методический и теоретический уровень представленных исследований, лежащих в русле крайне востребованного интегративного подхода к исследованию поведения. Современное понимание механизмов генетической и эпигенетической регуляции нервных сетей мозга при реализации поведенческих функций может быть достигнуто только совместными усилиями физиологии и генетики. Сложная система физиологических реакций, обуславливающая поведенческий фенотип, регулируется как непосредственно геномом, так и изменениями экспрессии генов, в основе которых лежат различные эпигенетические механизмы. Крайне важно учитывать, что пути реализации генетической информации не только регулируются генетическими, эпигенетическими и средовыми факторами, но и сами физиологические процессы опосредуют реализацию генетической программы. Дальнейшая разработка подходов, представленных в докладах симпозиума, открывает новые горизонты исследования поведенческих функций и коррекции патологических поведенческих реакций.

Ключевые слова: нейробиология, поведение, генетические механизмы, эпигенетические механизмы, физиологическая генетика

Genetic and epigenetic mechanisms of behavioral functions: State of the art and promising avenues of research

N. A. Dyuzhikova¹, E. A. Nikitina^{✉1, 2}

¹ Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, 6 Makarova Emb., Saint Petersburg 199034, Russia
² Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika River Emb., Saint Petersburg 191186, Russia

Authors

Natalia A. Dyuzhikova, SPIN: 6206-3889, Scopus AuthorID: 6603486439, ORCID: 0000-0002-7550-118X, e-mail: dyuzhikova@mail.ru

Ekaterina A. Nikitina, SPIN: 7844-8621, Scopus AuthorID: 56603106300, ResearcherID: L-5761-2014, ORCID: 0000-0003-1897-8392, e-mail: 21074@mail.ru

For citation: Dyuzhikova, N. A., Nikitina, E. A. (2023) Genetic and epigenetic mechanisms of behavioral functions: State of the art and promising avenues of research. *Integrative Physiology*, vol. 4, no. 4, pp. 422–428. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2023-4-4-422-428> EDN VVXBNE

Received 4 December 2023; reviewed 11 December 2023; accepted 12 December 2023.

Funding: This study was supported by the State Program 47 GP ‘Scientific and Technological Development of the Russian Federation’ (2019–2030), topic 0134-2019-0004.

Copyright: © N. A. Dyuzhikova, E. A. Nikitina (2023). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The article provides an overview of the reports made at symposium ‘Genetic and epigenetic mechanisms of behavioral functions’ held as part of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society, Saint Petersburg, 11–15 September 2023. The overview provides key notes from the reports made by scholars representing universities and research institutes of Moscow, Saint Petersburg, Kaliningrad, Novosibirsk, Petrozavodsk, Nizhny Novgorod, Yaroslavl, Rostov-on-Don, Kazan and Krasnoyarsk. The symposia participants highlighted the high methodological and theoretical level of the reported research marked by a cutting-edge integrative approach to the study of behavior. It is only through joint efforts of physiology and genetics that we can find a new understanding of the mechanisms of genetic and epigenetic regulation of brain neural networks in the implementation of behavioral functions. The complex system of physiological responses that determines the behavioral phenotype is regulated both directly by the genome and by changes in gene expression, which are based on various epigenetic mechanisms. It is extremely important to take into account that genetic information is regulated not only by genetic, epigenetic, and environmental factors, but also by the physiological processes *per se* that mediate the implementation of the genetic program. Further development of the approaches presented at the symposium opens up new vistas for the study of behavioral functions and remediation of pathological behavioral responses.

Keywords: neuroscience, behavior, genetic mechanisms, epigenetic mechanisms, physiological genetics

Введение

Центральной проблемой современной нейронауки является выявление функций нейронных сетей головного мозга, вовлеченных в реализацию различных форм поведения. Современное понимание механизмов генетической и эпигенетической регуляции нервных сетей мозга при реализации поведенческих функций может быть достигнуто только совместными усилиями физиологии и генетики. Именно обсуждению этой насущной проблемы нейробиологии был посвящен симпозиум «Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций» в рамках XXIV Съезда физиологического общества им. И. П. Павлова, проходившего 11–15 сентября 2023 г. в Санкт-Петербурге. В работе симпозиума приняли участие ведущие

специалисты в данной области нейрофизиологии из университетов и научно-исследовательских институтов Москвы, Санкт-Петербурга, Калининграда, Новосибирска, Петрозаводска, Нижнего Новгорода, Ярославля, Ростова-на-Дону, Казани, Красноярска. Совместно с симпозиумом проходила постерная сессия, посвященная физиологическим механизмам поведенческих функций, в общей сложности было представлено 47 стендовых докладов. В рамках устной сессии было представлено 10 докладов.

Обзор научной программы симпозиума «Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций»

Открыл заседание обширный доклад доктора биологических наук А. В. Калужева (Санкт-

Петербургский государственный университет), посвященный трансляционной нейробиологии *Zebrafish*. Были обобщены собственные данные последних лет о поведенческих, геномных и эпигеномных ответах *Zebrafish*. Автор особо подчеркнул важную роль нейроиммунных процессов у данного модельного объекта при действии про- и антистрессорных факторов, что значительно расширяет понимание их молекулярных механизмов от непосредственно нейромедиаторной модуляции до более сложных процессов, вовлекающих микроглию и мозговые цитокины. *Zebrafish* становится важным модельным организмом в трансляционной нейробиологии, позволяя выявлять новые эволюционно значимые биомаркеры и механизмы функционирования мозга в норме и патологии, а также потенциальные мишени для их коррекции (Калуев 2023).

Тема эпигеномики получила интересное развитие в докладе доктора биологических наук Л. Н. Гринкевич (Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург) (рис. 1), который освещал современное состояние исследований роли микроРНК в развитии нервной системы, формировании синаптической пластичности и долговременной памяти, а также

их значение для терапии и диагностики заболеваний, связанных с когнитивными нарушениями. Данные Л. Н. Гринкевич с соавторами согласуются с имеющимися представлениями о том, что молекулярные механизмы, вовлеченные в формирование долговременной памяти, включая эпигенетическую маркировку, эволюционно консервативны (Гринкевич и др. 2023).

Крайне важные для современной нейробиологии вопросы механизмов обучения и памяти получили продолжение в докладе доктора биологических наук Е. А. Никитиной (РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург), который отразил роль сигнального каскада ремоделирования актина в обучении и забывании. Согласно современным представлениям, основу интеллектуальных проблем при неврологических повреждениях мозга составляет активное забывание, регулируемое зависимыми от малых ГТФаз Ras и Rho сигнальными каскадами ремоделирования актина. Изменения экспрессии гена, кодирующего ключевой фермент этих каскадов LIM-киназу 1 (LIMK1), приводят к нейрокогнитивным патологиям (Никитина и др. 2023b). Авторами доклада впервые изучено активное забывание у дрозофилы с использо-



Рис. 1. Доклад Л. Н. Гринкевич (Источник: <https://rusphysiol2023.iephb.ru/>)

Fig. 1. Report by L. N. Grinkevich (URL: <https://rusphysiol2023.iephb.ru/>)

ванием метода условно-рефлекторного подавления ухаживания и выявлена роль полиморфизмов по гену LIMK1 и нейроспецифической активации LIMK1 в различных типах нейронов в формировании памяти (Заломаева и др. 2021; Никитина и др. 2023а).

Логика построения симпозиума предполагала эволюционный подход. Первые три доклада были посвящены простым нервным системам (зебраданию, моллюскам и дрозофиле), последующие раскрывали генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций у млекопитающих.

К необходимости индивидуализированного подхода к поведенческим исследованиям на признанном модельном объекте (крысе) привлек внимание доклад доктора биологических наук Д. Г. Семенова (Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург). Современные тенденции персонализации медицины требуют соответствующего подхода к доклиническим исследованиям на трансляционных моделях. Между тем, в поведенческих экспериментах на крысах характеристики экспериментальных групп обычно формируют после выбраковки резко уклоняющихся результатов и усредняющей обработки оставшихся данных. Существенной причиной вариабельности представляется устойчивое проявление поведенческого фенотипа, зависящего от активности определенного ансамбля генов, что формирует индивидуальные когнитивные способности, темперамент, импульсивность. Внимательное отношение к этому фактору не позволяет упустить из виду ценные данные о влиянии индивидуального фенотипа на эффективность исследуемого воздействия. Авторы рекомендуют комплекс тестов для индивидуализированного подхода к оценке когнитивных потенциалов контрольной группы и понимания различной реактивности экспериментальной группы животных, что в свою очередь, способствует более эффективному персонализированному подбору применяемых фармакологических или немедикаментозных воздействий в клинической практике (Семенов и др. 2023).

Тема генетической регуляции когнитивных нарушений была развита в докладе доктора биологических наук Г. Т. Шишкиной (Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск). Нейровоспаление после травматических и ишемических повреждений мозга, а также при инфекционных и нейродегенеративных заболеваниях, включающих болезни Альцгеймера и Паркинсона, связано с развитием когнитивных нарушений, сопровождающих эти патологии.

Исследование экспрессии генов, вовлекаемых дексаметазоном в купирование длительного ослабления памяти, вызванного воспалением, позволило авторам сделать вывод, что механизмы предотвращения дексаметазоном, отсроченного нарушения памяти, вызванного провоспалительным стимулом, могут включать длительные изменения экспрессии регуляторов глутаматергической сигнализации (Шишкина и др. 2023).

Близкой проблеме был посвящен доклад доктора биологических наук А. Б. Вольновой (Санкт-Петербургский государственный университет), где освещались ключевые аспекты норадренергической регуляции нарушений, связанных с гипердофаминергией у крыс, нокаутных по гену дофаминального транспортера. Известна роль дофамина как нейромедиатора, участвующего в координации различных форм поведения. Транспортер обратного захвата дофамина (DAT) играет ключевую роль в регуляции уровня дофамина, а его дисфункция — одна из возможных причин развития ряда нейропсихиатрических расстройств, в том числе синдрома дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ). Одной из моделей данного заболевания служат крысы, нокаутные по гену, кодирующему белок DAT (DAT-KO), для которых характерна гипердофаминергия, двигательная гиперактивность, нарушения когнитивного поведения с проявлениями стереотипии. Полученные авторами данные свидетельствуют о норадренергической регуляции нарушений дофаминергической системы на примере крыс с гипердофаминергией, являющихся моделью СДВГ (Вольнова и др. 2023).

Крайне насущной в современных условиях проблеме социальной изоляции был посвящен доклад кандидата биологических наук Д. В. Базовкиной (Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск). Оригинальный подход авторов исследования направлен на установление взаимосвязи нокаута гена TNF (провоспалительный цитокин фактор некроза опухоли (*tumor necrosis factor*, TNF) и нарушения функционирования серотониновой (5-НТ) нейромедиаторной системы и нейротрофического обеспечения мозга, обусловленных длительной социальной изоляцией. Полученные результаты демонстрируют, что нокаут гена TNF изменяет эффекты длительной социальной изоляции на поведение, 5-НТ систему и экспрессию фактора BDNF в мозге мышей (Базовкина и др. 2023).

Еще один аспект функционирования нейротрофического фактора мозга (BDNF), а именно его роль в реализации аутистически подобного поведения, был рельефно высвечен в докладе кандидата биологических наук Т. В. Ильчибаевой

(Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск). В литературе широко описана как роль BDNF в нейрональной пластичности и регуляции поведения, так и участие дофамина в развитии нарушений памяти, мотивации и поведенческой ригидности при расстройствах аутистического спектра (РАС). Авторам же удалось показать не только важную роль BDNF в механизмах, лежащих в основе тревожности и стереотипного поведения при РАС, но и наличие перекрестного взаимодействия между BDNF и дофаминовой системой головного мозга в аутистически подобном фенотипе мышей линии BTBR, что крайне важно для понимания многофакториального характера РАС (Ильчибаева и др. 2023).

Крайне нетривиальный доклад кандидата биологических наук С. Н. Калининой (Петрозаводский государственный университет) продемонстрировал важность расширения спектра модельных организмов для исследования поведения. Работа авторов была выполнена с привлечением в качестве модели американской норки (*Neovison vison*), являющейся важным объектом пушного звероводства. Это самобытное исследование носило поисковый характер и было нацелено на установление взаимосвязанности селекции животных на ручное или агрессивное поведение по отношению к человеку, приводящей к изменениям нервной и гуморальной систем регуляции физиологических функций, и активности пищеварительных ферментов. Действительно, несмотря на одинаковый рацион, агрессивные животные по сравнению с ручными характеризовались более высокой активностью протеаз и липазы, тогда как у ручных норок преобладал амилолитический профиль активности пищеварительных ферментов. Различия в профиле активности пищеварительных ферментов могут быть связаны с мутациями генов ферментов, а также с опосредованным действием гормонов, задействованных в стресс-реактивности (Калинина и др. 2023).

Ярким финальным аккордом устной сессии стал доклад И. Г. Шалагиновой (Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград), посвященный изучению постстрессорного нейровоспаления и состава микробиоты кишечника у крыс линий с различной возбудимостью нервной системы. Авторами установлено, что признаки постстрессорного нейровоспаления более выражены у высоковозбудимых крыс (линия НП) по сравнению с низковозбудимыми (линия ВП). У низковозбудимых крыс по сравнению с высоковозбудимыми выявлено большее разнообразие микробиоты и более специфические

ее изменения под влиянием длительного эмоционально-болевого стрессирования. Это открывает новые перспективы в изучении нейровоспаления как одного из механизмов, посредством которого стрессорная реакция меняет молекулярную, эпигенетическую и клеточную пластичность (Шалагинова, Дюжикова 2023).

На сессии стендовых докладов в рамках симпозиума были подняты следующие вопросы: 1) возможные генные механизмы нарушения контекстуального обучения в мышинной модели «Западной диеты» и нормализующие эффекты добавки на основе витамина B9; 2) метилирование первого интрона гена RELN при шизофрении; 3) роль родительского происхождения хромосом в функционировании нервной системы дрозофилы в норме и при стрессе; 4) влияние активации и подавления экспрессии гена LIMK1 на обучение и забывание у *Drosophila melanogaster*; 5) экспрессия генов раннего ответа KAYAK и JRA в мозге медоносной пчелы при разных схемах обучения; 6) влияние сверхэкспрессии дофаминового нейротрофического фактора мозга (CDNF) в гиппокампе на поведение мышей с генетической предрасположенностью к депрессивноподобному поведению; 7) поведенческо-физиологические параметры стареющих самцов мышей гетерозиготных по гену TRH2 при воздействии триптофана; 8) связь генотипа MM гена COMT с особенностями фиксации взгляда при распознавании эмоционально окрашенных сцен девушками и юношами; 9) влияние бутирата натрия в комплексе с пробиотиками на иммунный статус и поведение мышей с генетической моделью расстройств аутистического спектра; 10) последствия редактирования гена *Chat* в нейронах медиального септального ядра у мышей C57Bl/6; 11) изучение регуляции транскрипционных мишеней орексина-в на модели мышей; 12) влияние стресса на дифференциальную экспрессию генов нейромедиаторных систем в гиппокампе крыс, селектированных по порогу нервной возбудимости; 13) влияние мутаций Q31L и L100P в гене DISC1 на экспрессию белка VMAL1 в мозге мышей; 14) поведение самцов и самок мышей нокаут по гену рецептора TAAR1 в тестах Порсолта и приподнятом крестообразном лабиринте; 15) влияние материнской среды на поведение гетерозиготных по DISC1-L100P и DISC1-Q31L мышей; 16) снижение уровня Mir-let7b и Mir-155 в прилежащем ядре головного мозга у длительно алкоголизированных крыс под действием азитромицина. Обсуждались и другие важные аспекты генетических и эпигенетических механизмов поведенческих функций.

Заключение

Симпозиум «Генетические и эпигенетические механизмы поведенческих функций» вызвал большой интерес среди участников XXIV Съезда физиологического общества им. И. П. Павлова, которые отметили высокий методический и теоретический уровень представленных исследований, лежащих в русле крайне востребованного интегративного подхода к исследованию поведения. Сложная система физиологических реакций, обуславливающая поведенческий фенотип, регулируется как непосредственно геномом, так и изменениями экспрессии генов, в основе которых лежат различные эпигенетические механизмы. Крайне важно учитывать, что пути реализации генетической информации не только регулируются генетическими, эпигенетическими и средовыми факторами, но и сами физиологические процессы опосредуют реализацию генетической программы. Дальнейшая разработка подходов, представленных в докла-

дах симпозиума, открывает новые горизонты исследования поведенческих функций и коррекции патологических поведенческих реакций.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Вклад авторов

Авторы участвовали в подготовке статьи в равной степени.

Author Contributions

The authors participated in the preparation of the article equally.

Литература

- Базовкина, Д. В., Устинова, У. С., Адонина, С. Н. и др. (2023) Влияние нокаута гена фактора некроза опухоли на пластичность мозга и поведение мышей при длительной социальной изоляции. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 186–187.
- Вольнова, А. Б., Курзина, Н. П., Бельская, А. Д. и др. (2023) Норадренергическая регуляция нарушений, связанных с гипердофаминергией, у крыс, нокаутных по гену дофаминового транспортера. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 187.
- Гринкевич, А. Н., Васильев, Г. В., Лисачев, П. Д., Бондарь, Н. П. (2023) МикроРНК в механизмах пластичности ЦНС. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 187–188.
- Заломаева, Е. С., Фалина, В. С., Медведева, А. В. и др. (2021) Обучение и забывание у *Drosophila melanogaster* при полиморфизме по гену *limk1*. *Интегративная физиология*, т. 2, № 3, с. 318–327. <https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2021-2-3-318-327>
- Ильчибаева, Т. В., Цыбко, А. С., Науменко, В. С. и др. (2023) Нейротрофический фактор головного мозга (BDNF) в механизмах аутистически-подобного поведения у мышей ВТBR. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 188.
- Калинина, С. Н., Илюха, В. А., Балан, О. В. и др. (2023) Отбор по поведению и пищеварение: американская норка (*Neovison vison*) как модель. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 189.
- Калуев, А. В. (2023) Трансляционная нейробиология Зебраданио (*Zebrafish*): малые молекулы, нейромедиаторы, цитокины и мозговые гены. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 189–190.
- Никитина, Е. А., Заломаева, Е. С., Егорова, Е. С. и др. (2023a) Обучение и забывание: роль сигнального каскада ремоделирования актина. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 190.
- Никитина, Е. А., Заломаева, Е. С., Медведева, А. В. и др. (2023b) Роль LIM-киназы 1 в процессах памяти. *Успехи физиологических наук*, т. 54, № 4, с. 36–56.
- Семенов, Д. Г., Беяков, А. В., Баранова, К. А. (2023) Индивидуализированный подход к поведенческим исследованиям на крысах. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 190–191.
- Шалагинова, И. Г., Дюжикова, Н. А. (2023) Постстрессорное нейровоспаление и состав микробиоты кишечника у крыс линий с различной возбудимостью нервной системы. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 191.

Шишкина, Г. Т., Калинина, Т. С., Ланшаков, Д. А. и др. (2023) Гены, вовлекаемые дексаметазоном в купирование длительного ослабления памяти, вызванного воспалением. В кн.: М. Л. Фирсов (ред.). *Сборник тезисов XXIV Съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова*. СПб.: Изд-во ВВМ, с. 192.

References

- Bazovkina, D. V., Ustinova, U. S., Adonina, S. N. et al. (2023) Vliyanie nokauta gena faktora nekroza opukholi na plastichnost' mozga i povedenie myshej pri dlitelnoj sotsial'noj izolyatsii [Effect of tumor necrosis factor gene knockout on brain plasticity and mouse behavior in long-term social isolation]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 186–187. (In Russian)
- Grinkevich, L. N., Vasiliev, G. V., Lisachev, P. D., Bondar, N. P. (2023) MikroRNK v mekhanizmaxh plastichnosti TSNS [MicroRNA in CNS plasticity mechanisms]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 187–188. (In Russian)
- Ilichbaeva, T. V., Tsybko, A. S., Naumenko, V. S. et al. (2023) Nejrotroficheskij faktor golovnogo mozga (BDNF) v mekhanizmaxh autisticheskij-podobnogo povedeniya u myshej BTBR [Brain neurotrophic factor (BDNF) in mechanisms of autistic-like behavior in BTBR mice]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 188. (In Russian)
- Kalinina, S. N., Ilyukha, V. A., Balan, O. V. et al. (2023) Otbor po povedeniyu i pishchevarenie: amerikanskaya norka (*Neovison vison*) kak model' [Selection by behavior and digestion: American mink (*Neovison vison*) as a model]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 189. (In Russian)
- Kaliev, A. V. (2023) Translyatsionnaya nejrobiologiya Zebra danio (Zebrafish): malye molekuly, nejromediator, tsitokiny i mozgovye geny [Translational neurobiology of Zebrafish (Zebrafish): Small molecules, neurotransmitters, cytokines and brain genes]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 189–190. (In Russian)
- Nikitina, E. A., Zalomaeva, E. S., Egozova, E. S. et al. (2023a) Obuchenie i zabyvanie: rol' signal'nogo kaskada remodelirovaniya aktina [Learning and forgetting: the role of the signaling cascade actin remodeling]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 190. (In Russian)
- Nikitina, E. A., Zalomaeva, E. S., Medvedeva, A. V. et al. (2023b) Rol' LIM-kinazy 1 v protsessakh pamyati [Role of LIM-kinase 1 in memory processes]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, vol. 54, no. 4, pp. 36–56. (In Russian)
- Semenov, D. G., Belyakov, A. V., Baranova, K. A. (2023) Individualizirovannyj podkhod k povedencheskim issledovaniyam na kryсах [Individualized approach to behavioral research in rats]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 190–191. (In Russian)
- Shalaginova, I. G., Dyuzhikova, N. A. (2023) Poststressornoe nejrovospalenie i sostav mikrobioty kishchnika u krysov s razlichnoj vzbudimost'yu nervnoj sistemy [Post-stress neuroinflammation and gut microbiota composition in rats of lineages with different nervous system excitability]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 191. (In Russian)
- Shishkina, G. T., Kalinina, T. S., Lashakov, D. A. et al. (2023) Geny, вовлекаемые дексаметазоном в купирование длительного ослабления памяти, вызванного воспалением [Genes involved in dexamethasone management of long-term inflammation-induced memory impairment]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 192. (In Russian)
- Volnova, A. B., Kurzina, N. P., Belskaya, A. D. et al. (2023) Noradrenergicheskaya regulatsiya narushenij, svyazannykh s giperdofaminergiej, u krysov, nokautnykh po genu dofaminovogo transportera [Noradrenergic regulation of hyperdopaminergic disorders in dopamine transporter knockout rats]. In: M. L. Firsov (ed.). *Sbornik tezisov XXIV Sezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I. P. Pavlova [Collection of abstracts of the 24th Congress of the Russian Pavlov Physiological Society]*. Saint Petersburg: VVM Publ., p. 187. (In Russian)
- Zalomaeva, E. S., Falina, V. S., Medvedeva, A. V. et al. (2021) Obuchenie i zabyvanie u *Drosophila melanogaster* pri polimorfizme po genu *limk1* [Learning and forgetting in *Drosophila melanogaster* in *limk1* gene polymorphism]. *Integrativnaya fiziologiya — Integrative Physiology*, vol. 2, no. 3, pp. 318–327. <https://www.doi.org/10.33910/2687-1270-2021-2-3-318-327> (In Russian)