

УДК 616.89-053.2-008.9-008.454-074+543.545+612.015.1/.3
<https://doi.org/10.56871/MTP.2026.61.64.006>

СДВИГИ В СУБФРАКЦИОННОМ СОСТАВЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЕТЕЙ С ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Полина Вячеславовна Мавренкова¹, Надежда Николаевна Хлебникова¹,
Ольга Виуленовна Папышева², Ольга Игоревна Ковалева¹,
Михаил Юрьевич Карганов¹, Любовь Алексеевна Харитоновна¹

¹ Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, 117513, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Для цитирования: Мавренкова П.В., Хлебникова Н.Н., Папышева О.В., Ковалева О.И., Карганов М.Ю., Харитоновна Л.А. Сдвиги в субфракционном составе биологических жидкостей детей с психоневрологическими заболеваниями. *Медицина: теория и практика*. 2026;11(2):59–70. <https://doi.org/10.56871/MTP.2026.61.64.006>.

Поступила: 20.04.2026

Одобрена: 03.06.2026

Принята к печати: 29.07.2026

РЕЗЮМЕ. Введение. Метод динамического светорассеяния (лазерная корреляционная спектроскопия) используется для измерения среднего диаметра частиц и распределения их по диаметру в коллоидных растворах. Эти параметры, измеренные в сыворотке крови, являются важными характеристиками для диагностики некоторых соматических заболеваний. Однако сведений о направлении сдвигов сыровоточного гомеостаза при развитии нервно-психических нарушений крайне мало, особенно для детской когорты населения. **Цель** — оптимизация мониторинга нарушений метаболических процессов путем оценки эффективности метода лазерной корреляционной спектроскопии у детей с патологией центральной нервной системы. **Материалы и методы.** Образцы сыворотки крови были получены в ходе саногенетического обследования детей 8–11 лет из коррекционных классов общеобразовательных и специализированных школ. По результатам медико-психологического тестирования были выделены подгруппы с педагогической запущенностью (условная «норма», $n=25$), с функциональными ($n=23$) или органическими ($n=23$) нарушениями центральной нервной системы, и подгруппа с психиатрическими диагнозами ($n=22$). **Результаты.** У детей с функциональными нарушениями центральной нервной системы наблюдали сдвиг лазерных корреляционных спектров в область частиц большого диаметра по сравнению с условно «нормальными» спектрами, то есть анаболически-подобный тип метаболизма. У детей с психическими расстройствами отмечено увеличение вклада в светорассеяние мелких частиц, то есть катаболически-подобный тип метаболизма. У детей с органическими поражениями мозга не было явно выраженных пиков: фракции низко- и высокомолекулярных частиц вносили примерно одинаковый вклад в светорассеяние. Изменения лазерных корреляционных спектров сыворотки крови и ротоглоточных смывов у детей с психическими нарушениями были односторонними. **Заключение.** Лазерная корреляционная спектроскопия является достаточно чувствительным и эффективным методом измерения вариаций в распределении размеров частиц сыворотки крови у детей с нарушениями психического развития разной этиологии и может быть перспективным вспомогательным инструментом при установлении диагноза и оценке динамики функционального состояния индивида в процессе лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: динамическое светорассеяние, лазерная корреляционная спектроскопия, сыворотка крови, задержка психического развития

✉ Михаил Юрьевич Карганов. E-mail: mkarganov@mail.ru

© Коллектив авторов, 2026

<https://doi.org/10.56871/MTP.2026.61.64.006>

SHIFTS IN THE SUBFRACTIONAL COMPOSITION OF BIOLOGICAL FLUIDS OF CHILDREN WITH NEUROPSYCHIATRIC DISEASES

Polina V. Mavrenkova¹, Nadezhda N. Khlebnikova¹, Olga V. Papysheva², Olga I. Kovaleva¹, Mikhail Yu. Karganov¹, Lyubov A. Kharitonova¹

¹ Institute of General Pathology and Pathophysiology, 8 Baltiyskaya str., Moscow, 125315, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation

For citation: Mavrenkova P.V., Khlebnikova N.N., Papysheva O.V., Kovaleva O.I., Karganov M.Yu., Kharitonova L.A. Shifts in the subfractional composition of biological fluids of children with neuropsychiatric diseases. *Medicine: Theory and Practice*. 2026;11(2):59–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/MTP.2026.61.64.006>.

Received: 20.04.2026

Revised: 03.06.2026

Accepted: 29.07.2026

ABSTRACT. Introduction. Dynamic light scattering (laser correlation spectroscopy) is used to measure the average particle diameter and particle diameter distribution in colloidal solutions. These parameters, measured in blood serum, are important characteristics for the diagnosis of some somatic diseases. However, there is very little information on the direction of shifts in serum homeostasis during the development of neuropsychiatric disorders, especially for the pediatric population cohort. **The aim** of study was to assess the prospects of using the laser correlation spectroscopy method for monitoring metabolic processes in children with disorders of the central nervous system. **Materials and methods.** Blood serum samples were obtained during a sanogenetic examination of children aged 8–11 years from correctional classes of general and specialized schools. Based on the results of medical and psychological testing, subgroups with pedagogical neglect (conventional “norm”, n=25), with functional (n=23) or organic (n=23) central nervous system disorders, and a subgroup with psychiatric diagnoses (n=22) were identified. **Results.** In children with functional disorders of the central nervous system, a shift in the laser correlation spectra towards large-diameter particles was observed compared to the conventionally “normal” spectra, i.e. anabolic-like type of metabolism. In children with mental disorders, an increase in the contribution of small particles to light scattering was noted, i.e. a catabolic-like type of metabolism. In children with organic brain damage, there were no clearly defined peaks: fractions of low- and high-molecular particles made approximately the same contribution to light scattering. Changes in the laser correlation spectra of blood serum and oropharyngeal lavage in children with mental disorders were unidirectional. **Conclusion.** Laser correlation spectroscopy is a sufficiently sensitive and effective method for measuring variations in the distribution of particle sizes in the blood serum of children with mental retardation of various etiologies and can be a promising auxiliary tool in establishing a diagnosis and assessing the dynamics of a person’s functional state during treatment.

KEYWORDS: dynamic light scattering, laser correlation spectroscopy, blood serum, mental retardation

✉ Mikhail Yu. Karganov. E-mail: mkarganov@mail.ru

© 2026 by the authors

ВВЕДЕНИЕ

Приоритетным направлением деятельности педагогов коррекционных классов и медицинских работников является сохранение здоровья учащихся и, по возможности, их инклюзия в общеобразовательный процесс [1, 2]. Дети с ограниченными возможностями здоровья нуждаются в систематическом медицинском обследовании, реабилитационных мероприятиях, лечении, коррекции нарушенных психических функций. Классы коррекционной педагогики формируются на основании психологического тестирования детей, выявляющего степень задержки психического развития (ЗПР), и рекомендации врачей, оценивающих уровень нарушения основных структур центральной нервной системы (ЦНС)¹. В ходе обучения определяется целесообразность дальнейшего пребывания ребенка в классах коррекции, перевод в общеобразовательную школу или, в случае неспособности к адаптации к общеобразовательному процессу, перевод в специализированные учебные заведения [3]. Педагогическая поддержка детей, психофизиологический статус которых позволяет рассчитывать на их социально-педагогическую адаптацию, включает преимущественно мероприятия по психолого-неврологической коррекции и в заметной степени учитывает специфические особенности динамики медико-биологических показателей функционального состояния обучающихся. Диспансерное наблюдение за детьми с ЗПР направлено в основном на обнаружение актуальных сопутствующих заболеваний и не фиксирует внимание на признаках дисбаланса здоровьесберегающих физиологических систем организма. В наших исследованиях был использован метод комплексного саногенетического экспресс-мониторинга, позволяющий в условиях, соответствующих данным учебным заведениям, оценивать состояние психомоторной сферы, работу кардиореспираторной системы, опосредованную активностью автономной нервной системы, регуляцию обменных процессов и гуморального иммунитета, уровень функциональных резервов основных физиологических систем [4]. Обследование школьников с психическими расстройствами в стадии ремиссии, имеющих или не имеющих в анамнезе органи-

ческие поражения мозга, выявило у этих детей нарушения зрительно-моторной координации и сенсомоторной реактивности по сравнению с нормотипически развивающимися учащимися [5]. Анализ вариабельности сердечного ритма показал повышенный тонус блуждающего нерва у детей с психическими расстройствами [6].

Для оценки состояния внутренней среды организма в настоящее время, наряду с традиционными способами лабораторной диагностики, активно используются интегральные методы, которые предполагают не механическое накопление показателей, а исследование их взаимных влияний, сочетаний, связи с клиническими симптомами и корреляции с другими показателями. Метод динамического светорассеяния, или лазерной корреляционной спектроскопии (ЛКС), успешно зарекомендовал себя в тех областях биомедицинских исследований, где распределение частиц по размерам и их поведение в растворах имеют решающее значение [7, 8]. Являясь составной частью саногенетического мониторинга состояния здоровья школьников, ЛКС позволяет исследовать нативные биологические жидкости (плазма, сыворотка крови, моча, ротоглоточные смывы). Суть метода заключается в определении спектральных характеристик квазиупругого рассеянного изучаемой дисперсной системой света. Зарегистрированные спектры флуктуации интенсивности рассеянного света подвергаются математической обработке методом регуляризации при помощи специальной процедуры, входящей в комплект программного обеспечения спектрометра [9–11].

Изменение физиологического состояния организма приводит к модификации метаболических процессов, что, в свою очередь, ведет к сдвигам в составе биологических жидкостей. Таким образом, будучи неспецифическим, метод ЛКС дает общее представление о сдвиге метаболических процессов в организме в ту или иную сторону. Преобладание низкомолекулярной фракции свидетельствует о накоплении в сыворотке крови продуктов катаболизма, сдвиг в сторону высокомолекулярной фракции указывает на образование крупных полимерных комплексов. Преобладание среднемолекулярной фракции говорит об изменении белкового и липидного обмена. Ранее метод ЛКС был успешно применен в клинических и лабораторных исследованиях для оценки тяжести заболевания и эффективности лечения сахарного диабета и его осложнений [12, 13], миастении [14], гематологических заболеваний [15, 16]. Кроме того, метод ЛКС продемонстрировал свою

¹ Типовое положение о специальном (коррекционном) образовательном учреждении для обучающихся, воспитанников с отклонениями в развитии. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.03.1997 г. № 288. URL: <http://government.ru/docs/all/21998/> (дата обращения: 29.05.2026).

информативность для выявления в биологических жидкостях веществ, являющихся ключевыми для развития патологии [17–19].

Исходя из вышесказанного, представлялось перспективным оценить информативность метода ЛКС сыворотки крови детей с нарушениями психического развития.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптимизация мониторинга нарушений метаболических процессов путем оценки эффективности метода лазерной корреляционной спектроскопии (ЛКС) у детей с патологией центральной нервной системы (ЦНС).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в рамках муниципальной программы экспресс-оценки состояния здоровья населения на основе комплексного полисистемного мониторинга [20]. Образцы биологических жидкостей получали при массовых обследованиях школьников в соответствии с программами «Здоровье школьников столицы» и «Паспорт здоровья учащегося» Департамента образования г. Москвы. Забор крови проводил медицинский персонал образовательных учреждений с информированного согласия родителей / законных представителей обучающихся. Соответствие протокола исследования международным (включая Хельсинкскую декларацию в редакции 2013 г.) и российским законам о правовых и этических принципах научных исследований с участием человека было подтверждено решением Комитета по этике Института общей патологии и патофизиологии, протокол № 1 от 22.01.2019 г.

Подготовка образцов биологических жидкостей

Для анализа использовали образцы сыворотки крови детей 8–11 лет из восьми классов коррекционно-развивающего обучения школ г. Москвы. По результатам медико-психологического обследования школьников были сформированы три группы: дети без установленных клинических форм патологии, но с педагогической запущенностью (ПЗ, условная «норма», $n=25$), дети с функциональными нарушениями ЦНС (астеноневротический синдром, АНС, $n=23$) и дети с органическими поражениями мозга (цереброастенический синдром, ЦАС, $n=23$). Кроме того, были проанализированы образцы сыворотки крови и ротоглоточных смывов детей с психическими нарушениями из Центра патологии речи и нейрореабилитации под руководством В.М. Шкловского ($n=22$).

Взятие крови осуществляли натошак в утренние часы в пробирки Vacuette с активатором и гелем для получения сыворотки. Пробирки центрифугировали при 2000 g 20 мин, супернатант отбирали в пробирки Eppendorf и хранили при -80°C . Перед измерением образцы размораживали и центрифугировали при 3000 об./мин в течение 10 мин. Для получения образцов ротоглоточных смывов дети полоскали горло 10 мл стерильного изотонического раствора натрия хлорида в течение 30 с. Пробы перед измерением центрифугировали при 3000 об./мин в течение 10 мин.

Оценка субфракционного состава биологических жидкостей

Для измерения использовали лазерный корреляционный спектрометр ЛКС-03-«ИНТОКС», утвержденный Комитетом по новой медицинской технике Министерства здравоохранения Российской Федерации для определения размеров микрочастиц в биологических жидкостях (сертификат RU.C. 39.003.A № 5381). Образец сыворотки в объеме 0,2 мл помещали в кювету ЛК-спектрометра. Регистрацию проводили в частотном диапазоне 16 кГц в количестве 2000 накоплений. Регуляризацию спектра проводили с использованием нелинейной шкалы (программы Spectrometer, Blood, входящие в программное обеспечение спектрометра). Результатом расчета при таком способе обработки является гистограмма, по оси ординат которой отложен процентный вклад частиц в светорассеяние, а по оси абсцисс — их размер (радиус) в нанометрах. Для каждого образца проводили три измерения. Результаты измерений усредняли.

Статистическая обработка результатов

Данные обрабатывали по алгоритмам компьютерной программы STATISTICA for Windows 7.0. Поскольку гипотеза о нормальном распределении данных для каждой подгруппы не подтвердилась по тестам Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса, для оценки межгрупповых различий применяли непараметрический дисперсионный анализ (Краскела–Уоллиса ANOVA) с последующим множественным парным сравнением групп в рядах дисперсионного комплекса (Z-тест). Принятый уровень значимости составлял 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ образцов сыворотки крови учащихся коррекционных классов (45 мальчиков и 28 девочек) не выявил половых различий в ЛК-спектрах, поэтому дальнейшую статистику

скую обработку проводили без учета пола обследуемых.

Усредненные профили ЛК-спектров трех групп существенно различаются: в группе ПЗ максимальный вклад в светорассеяние вносят частицы радиусом 50–100 нм, в группе АНС пиковые значения сдвигаются в область более крупных частиц (150–250 нм), а в группе ЦАС светорассеяние примерно в равной степени обусловлено мелкими, средними и крупными частицами в диапазоне 40–1000 нм (рис. 1). В ЛК-спектрах подгрупп с клиническими диагнозами возрастает доля очень крупных частиц (более 2000 нм).

Детальный анализ вклада в светорассеяние частиц разного размера показал, что в образцах сыворотки подгрупп АНС и ЦАС по сравнению с образцами сыворотки группы ПЗ содержится статистически значимо меньше очень мелких (1,9–6,25 нм) и мелких (50,3–122,9 нм) частиц, а также частиц диаметром 223,03 нм (рис. 2). Сравнение клинических подгрупп показало, что в сыворотке крови в подгруппе ЦАС по сравнению с АНС содержится больше частиц диаметром 37,3–50,3 нм и меньше частиц диаметром 223,03 нм.

Результаты дисперсионного анализа и значения Q1, Q3 приведены в табл. 1.

Перестройка метаболических процессов в сторону анаболизма основана на прямом изменении активности генов, связанных с циклом «день–ночь», что часто встречается у обследованных пациентов. Циклические изменения концентрации мелатонина ночью и днем контролируют экспрессию генов циркадных часов и

регулируют ритм синтеза гормонов и ферментов в клетках поджелудочной железы, печени и др. Гены циркадных часов способствуют глюконеогенезу и гликогенолизу во время сна / голодания и синтезу гликогена и холестерина во время бодрствования / приема пищи. Правильное функционирование генов циркадных часов, контролирующих изменения на периферии организма, обеспечивает синхронизацию метаболических процессов с окружающей средой, что имеет решающее значение для поддержания здоровья. Некоторые гены циркадных часов обладают выраженным противовоспалительным действием (*BMAL1*, *CRY*, *REV-ERB* и *ROR*), некоторые стимулируют иммунную систему (*CLOCK*), а белки PER могут действовать обоими способами. Часовые белки являются факторами транскрипции и, следовательно, влияют на транскрипцию генов непосредственно, а также путем привлечения активирующих или подавляющих ферментов в промоторную область иммуноассоциированных генов [21].

На момент взятия образцов биологических жидкостей у пациентов ЦПРиН мы не имели верифицированных психиатрических диагнозов, и дети были объединены в общую группу «Психические нарушения». Анализ образцов сыворотки крови показал, что значительный вклад в светорассеяние вносят мелкие частицы (до 50 нм), что не характерно для нормотипических ЛК-спектров, в которых вклад низкомолекулярной фракции не превышает 15–20%. При этом для части ЛК-спектров (n=6) этот вклад составлял 30–40%, для остальных (n=14) — 50–90%. По общему направлению сдвигов в

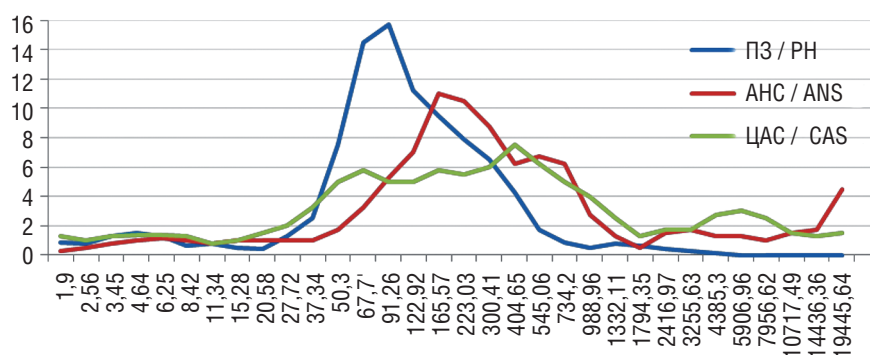


Рис. 1. Усредненные ЛК-спектры сыворотки крови для подгрупп детей коррекционных классов с педагогической запущенностью (ПЗ), астеноневротическим синдромом (АНС) и цереброастеническим синдромом (ЦАС). По оси абсцисс — гидродинамические радиусы частиц (в нм); по оси ординат — вклад частиц в светорассеяние (в %) (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 1. Averaged LC spectra of blood serum for subgroups of children from correctional classes with pedagogical neglect (PN), asthenoneurotic syndrome (ANS) and cerebroasthenic syndrome (CAS). The abscissa axis shows the hydrodynamic radii of particles (in nm); the ordinate axis shows the contribution of particles to light scattering (in %) (the figure is prepared by the authors using their own data)

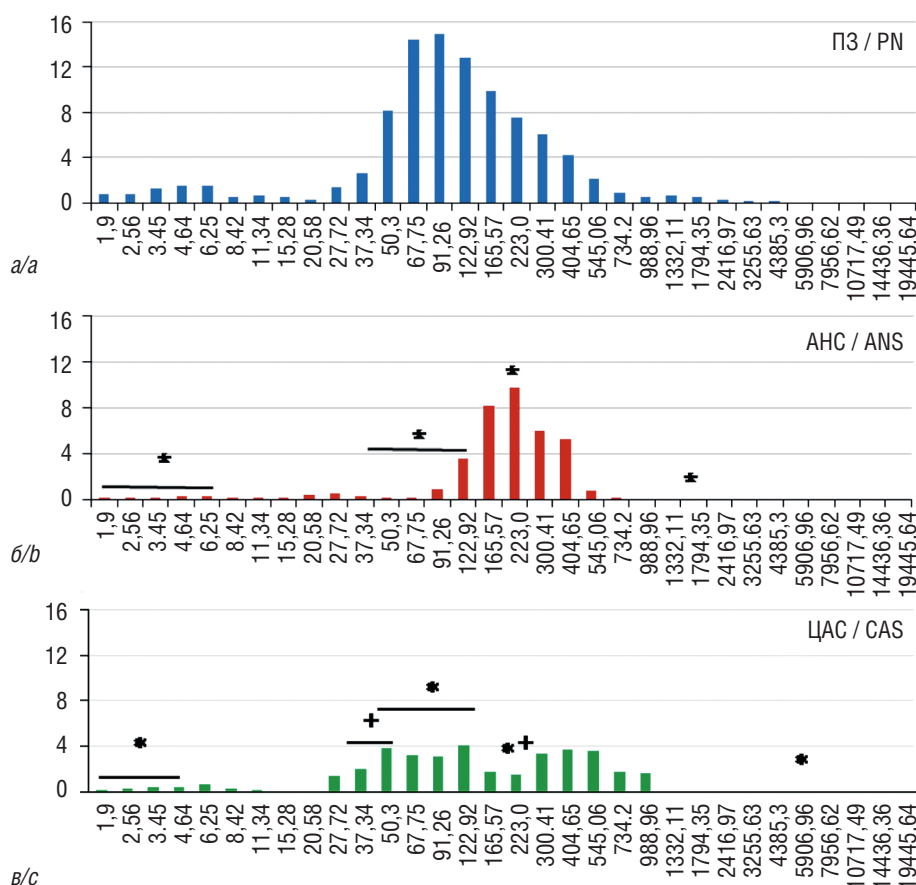


Рис. 2. Вклад в светорассеяние частиц разного размера по результатам ЛК-спектрометрии образцов сыворотки крови в подгруппах детей из коррекционных классов: *a* — с педагогической запущенностью (ПЗ); *b* — с астеноневротическим синдромом (АНС); *в* — с церебрастеническим синдромом (ЦАС). По оси абсцисс — гидродинамические радиусы частиц (в нм); по оси ординат — вклад частиц в светорассеяние (в %, медианы). $p < 0,05$ по сравнению со значениями показателей в группе: * ПЗ; + АНС (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 2. Contribution of different sizes particles to light scattering based on the results of LC spectrometry of blood serum samples in subgroups of children from correctional classes: *a* — with pedagogical neglect (PN); *b* — with asthenoneurotic syndrome (ANS); *c* — with cerebroasthenic syndrome (CAS). The abscissa axis shows the hydrodynamic radii of particles (in nm); the ordinate axis shows the contribution of particles to light scattering (in %, medians). $p < 0.05$ compared with the values of the indicators in the group: * PN; + ANS (the figure is prepared by the authors using their own data)

системе гомеостаза для обследуемого контингента детей мы можем предполагать катаболический характер метаболизма, и наблюдения, вошедшие в 1-ю группу, могут быть отнесены к варианту с менее выраженными патогенетическими процессами в организме, 2-ю группу составили ЛК-спектры детей с более высокой степенью нарушений гомеостаза внутренней среды организма (рис. 3).

У этих же детей были взяты образцы ротоглоточных смывов ($n=18$). Для ЛК-спектров ротоглоточных смывов людей с неотягощенным анамнезом характерна представленность преимущественно крупных частиц диаметром 200–300 нм [22]. У обследованных детей было обнаружено два варианта спектров: 1) 40–50%

общего светорассеяния составлял вклад низкомолекулярной фракции 25–50 нм; 2) вклад в светорассеяние частиц размером менее 10 нм (3–7 нм) достигал 40–45%. Интересно отметить, что сдвиги ЛК-спектров сыворотки крови и ротоглоточных смывов были однонаправленными и совпадали по степени выраженности нарушений метаболизма у 80% обследованных детей. При этом во всех случаях несовпадения результатов спектроскопии биологических жидкостей более «неблагоприятные» по ЛК-спектрам сыворотки крови наблюдения попадали в более «благоприятные» по ЛК-спектрам ротоглоточных смывов, и ни в одном случае «благоприятные» по ЛКС сыворотки крови наблюдения не ассоциировались с «неблагоприятными» по

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа и значения Q1, Q3

Table 1

The results of the ANOVA Kruskal–Wallis H test and the values of Q1, Q3

Диаметр частиц / Particle diameter	H (2, N=73); p	Q25; Q75		
		ПЗ / PN	АНС / ANS	ЦАС / CAS
1.9	21.61; 0.0000	0.61; 1.19	0.0; 0.03	0; 0.56
2.56	9.06; 0.01	0.55; 0.99	0.0; 64	0.0; 1.1
3.45	7.66; 0.02	0.94; 1.51	1.2; 1.2	1.51; 1.73
4.64	10.67; 0.005	1.23; 1.95	0.0; 1.63	0.0; 1.75
6.25	7.94; 0.02	1.09; 1.69	0.0; 1.18	0.0; 1.64
8.42	1.27; 0.52	0.24; 0.77	0.0; 1.11	0.0; 1.99
11.34	6.41; 0.04	0.27; 1.03	0.0; 0.83	0.0; 0.99
15.28	5.74; 0.06	0.27; 0.65	0.0; 0.91	0.0; 1.41
20.58	0.71; 0.70	0.17; 0.65	0.0; 1.48	0.0; 1.84
27.72	1.63; 0.44	1.01; 1.74	0.0; 2.25	0.0; 2.94
37.34	12.08; 0.002	2.25; 2.97	0.0; 2.23	0.42; 4.01
50.3	26.56; 0.000	7.28; 8.74	0.0; 3.28	1.06; 8.5
67.75	35.44; 0.000	12.89; 16.02	0.0; 4.63	2.27; 8.14
91.26	32.44; 0.000	12.53; 16.63	0.0; 8.91	0.68; 7.61
122.92	30.02; 0.000	10.73; 14.85	0.0; 9.78	0.96; 5.94
165.57	9.23; 0.01	8.55; 10.88	0.5; 14.39	0.0; 8.22
223.03	7.47; 0.02	5.52; 9.43	1.58; 23.64	0.0; 10.42
300.41	2.30; 0.31	5.14; 7.92	0.0; 15.08	0.0; 10.04
404.65	0.21; 0.9	3.5; 5.63	0.0; 10.45	0.0; 11.07
545.06	1.21; 0.52	0.74; 2.54	0.0; 8.88	0.0; 9.52
734.2	0.65; 0.72	0.25; 1.71	0.0; 13.64	0.0; 7.63
988.96	0.99; 0.61	0.11; 1.2	0.0; 4.58	0.0; 7.06
1332.11	3.92; 0.14	0.13; 1.45	0.0; 0.87	0.0; 2.31
1794.35	12.06; 0.002	0.21; 0.9	0.0; 0.03	0.0; 1.38
2416.97	3.67; 0.16	0.0; 0.66	0.0; 0.14	0.0; 1.37
3255.63	2.64; 0.26	0.0; 0.31	0.0; 0.0	0.0; 1.07
4385.3	1.85; 0.39	0.0; 0.11	0.0; 0.76	0.0; 1.59
5906.96	8.85; 0.01	0.0; 0.0	0.0; 0.31	0.0; 1.81
7956.62	6.43; 0.04	0.0; 0.0	0.0; 0.88	0.0; 1.51
10717.49	6.21; 0.04	0.0; 0.0	0.0; 1.19	0.0; 0.85
14436.36	2.52; 0.28	0.0; 0.0	0.0; 0.13	0.0; 0.13
19445.64	1.87; 0.39	0.0; 0.0	0.0; 0.13	0.0; 0.09

Примечание: АНС — астеноневротический синдром; Н — статистика непараметрического дисперсионного анализа Краскела–Уоллиса; ПЗ — педагогическая запущенность; ЦАС — цереброастенический синдром. Жирным шрифтом отмечены статистически значимые отличия в дисперсионном комплексе.

Note: ANS — asthenoneurotic syndrome; H — test statistic Kruskal–Wallis ANOVA; PN — pedagogical neglect; CAS — cerebroasthenic syndrome. Statistically significant differences in the dispersion complex are marked in bold.

Таблица составлена авторами по собственным данным / The table is prepared by the authors using their own data

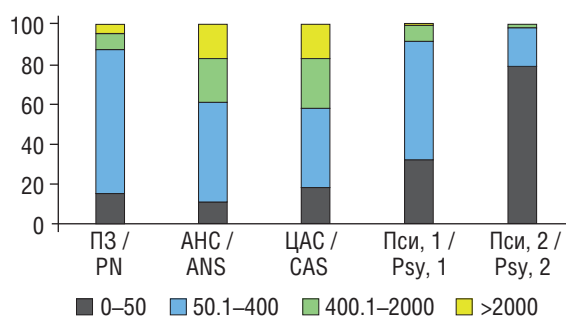


Рис. 3. Направленность сдвигов динамического светорассеяния в образцах сыворотки крови детей из коррекционных классов (с педагогической запущенностью, ПЗ; астеноневротическим синдромом, АНС; цереброастеническим синдромом; ЦАС) и детей с психиатрическими диагнозами (Пси, 1 — легкая степень нарушения гомеостаза; Пси, 2 — выраженные нарушения гомеостаза). Цветом обозначены диапазоны размеров частиц, вносящих вклад в светорассеяние (по результатам обработки программы ЛК-спектроскопа, в нм); по оси ординат — вклад частиц этих диапазонов в светорассеяние (в %) (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 3. Direction of shifts in dynamic light scattering in blood serum samples of children from correctional classes (with pedagogical neglect, PN; asthenoneurotic syndrome, ANS; cerebroasthenic syndrome, CAS) and children with psychiatric diagnoses (Psi, 1 — mild homeostasis disorder; Psi, 2 — severe homeostasis disorder). The color indicates the ranges of particle sizes contributing to light scattering (according to the results of processing the LC spectroscopy program, in nm); the ordinate axis shows the contribution of particles of these ranges to light scattering (in %) (the figure is prepared by the authors using their own data)

ЛКС РГС. Можно предположить, что степень неблагоприятия, устанавливаемая по ЛКС сыворотки крови, детектируется на более ранних стадиях, когда предполагаемая картина липоидоза еще не выражена.

Низкомолекулярная фракция в ротоглоточных смывах (менее 10 нм) соответствует уровню секреции свободных фосфолипидов, повышенная секреция которых является признаком выраженных метаболических нарушений в сторону нарастания предсклеротических изменений в сосудах, в том числе в сосудах головного мозга [23]. Выявленные сдвиги в ЛК-спектрах можно рассматривать как потенциальный биомаркер развития функциональных нарушений ЦНС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагнозы психических расстройств зависят исключительно от симптоматической информации из-за отсутствия объективных биомаркеров.

Таким образом, желательно установить биомаркеры, зависящие от состояния и характерных симптомов, в образцах периферической крови, полученных от пациентов [24, 25]. Традиционно для этого используют метаболомный подход [26, 27]. Однако, учитывая, что психические расстройства весьма гетерогенны и многофункциональны, обнаружение единого биомаркера с высокой специфичностью и чувствительностью маловероятно. Перспективным представляется подход, основанный на мультиплексном иммуноферментном анализе, включающий одновременное измерение различных белковых и гормональных аналитов с использованием алгоритма математического анализа. Другой вариант — выявление и анализ ДНК и РНК различного происхождения, содержащихся в циркулирующих экзосомах и микровезикулах [28]. Кроме того, некоторые исследователи оценивают степень метилирования ДНК, функциональное состояние клеток крови и фибробластов. Все перечисленные методы достаточно трудоемки и затратны. Исходя из представленных данных и ранее полученных нами на пациентах с пограничным расстройством личности и крысах со стрессом раннего возраста сходных результатов ЛК-исследования сыворотки крови [29], можно полагать, что ЛКС может стать информативным дополнительным методом при диагностике и оценке эффективности проводимой терапии психоневрологических заболеваний.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. П.В. Мавренкова, Н.Н. Хлебникова, М.Ю. Карганов — концепция и дизайн исследования; О.И. Ковалева, Н.Н. Хлебникова — сбор материала; П.В. Мавренкова — техническая подготовка материала, подготовка иллюстративного материала к публикации, написание текста; Н.Н. Хлебникова, М.Ю. Карганов, Л.А. Харитонов — редактирование.

Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие

законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. P.V. Mavrenkova, N.N. Khlebnikova, M.Yu. Karganov — study concept and design; O.I. Kovaleva, N.N. Khlebnikova — collection of materials; P.V. Mavrenkova — technical preparation of materials, preparation of illustrative material for publication, writing of the text; N.N. Khlebnikova, M.Yu. Karganov, L.A. Kharitonova — editing.

All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

- Макарова Л.В., Параничева Т.М., Тюрина Е.В. Направления здоровьесберегающей деятельности в школе. В 5 ч. Ч. 2. М.: изд-во Института возрастной физиологии Российской академии образования; 2023. 16 с.
- Benitez Ojeda A.B., Carugno P. Special Education. In: Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2025.
- Grigorenko E.L., Compton D.L., Fuchs L.S., Wagner R.K., Willcutt E.G., Fletcher J.M. Understanding, educating, and supporting children with specific learning disabilities: 50 years of science and practice. *Am Psychol*. 2020;75(1):37–51. <https://doi.org/10.1037/amp0000452>.
- Крыжановский Г.Н., Носкин Л.А., Карганов М.Ю. Полисистемный саногенетический мониторинг: обеспечение функционального здоровья учащихся в ходе модернизации образования. *Вопросы современной педиатрии*. 2006;5(5 S1):54–58. EDN: QYUKCR.
- Mavrenkova P., Pankova N., Lebedeva M., Karganov M. Features of psychomotor coordination in adolescents with neuropsychiatric pathology enrolled in a standard educational. *Program Brain Sci*. 2022;12(2):245. <https://doi.org/10.3390/brainsci12020245>.
- Mavrenkova P.V., Pankova N.B., Lebedeva M.A., Karganov M.Yu. Heart rate variability peculiarities in adolescents with psychopathology in the educational environment. *Univers J Public Health*. 2021;9(6):445–453. <https://doi.org/10.13189/ujph.2021.090612>.
- Nguyen H.B., Park H., Lim J.E., Nguyen T.T., Kim H.H., Kim K. et al. Evaluation of dynamic light scattering as an effective quality control method for aggregates in radio-labeled antibodies. *N J Med Chem*. 2025;68(1):555–565. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.4c02344>.
- Te Nijenhuis L.H., Gangaram-Panday N.H., Specht P.A.C., Fine I., Elstein N., Mik E.G. et al. Detection of hemodynamic changes in a porcine lipopolysaccharide model of systemic inflammation using dynamic light scattering measurements of the microcirculation. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1522630. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1522630>.
- Бажора Ю.И., Носкин Л.А. Лазерная корреляционная спектроскопия в медицине. Одесса: Друк; 2002.
- Stetefeld J., McKenna S.A., Patel T.R. Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. *Biophys Rev*. 2016;8(4):409–427. <https://doi.org/10.1007/s12551-016-0218-6>.
- Minton A.P. Recent applications of light scattering measurement in the biological and biopharmaceutical sciences. *Anal Biochem*. 2016;501:4–22. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2016.02.007>.
- Румянцева Е.И., Ковалев И.Е., Ковалева О.И. Карганов М.Ю. Лазерная корреляционная спектроскопия макромолекулярных комплексов как эффективный метод выявления передозировки инсулина и коррекции инсулинотерапии при сахарном диабете у детей. *Доклады Академии наук*. 2005;402(3):405–408. EDN: HSFSPV.
- Weiss J.N., Levy S. Dynamic light scattering spectroscopy of the retina — a non-invasive quantitative technique to objectively document visual improvement following ocular stem cell treatment. *Stem Cell Investig*. 2019;6:8. <https://doi.org/10.21037/sci.2019.03.01>.
- Alchinova I., Arkhipova E., Sidnev D., Sanadze A., Dedae S., Karganov M. A Comparative analysis of the informative value of radioimmunoassay and laser correlation spectroscopy in myasthenia gravis. *ISRN Immunology*. 2014;718393:5. <https://doi.org/10.1155/2014/718393>.
- Ковалева О.И., Ковалева Л.Г., Горбунова Н.А., Карганов М.Ю. Новые возможности ранней диагностики заболеваний системы крови. *Гематология и трансфузиология*. 2004;49(4):7–13. EDN: MXUBOV.
- Usenko T., Miroshnikova V., Bezrukova A., Basharova K., Landa S., Korobova Z. et al. Fraction of plasma exomeres and low-density lipoprotein cholesterol as a predictor of fatal outcome of COVID-19. *PLoS ONE*. 2023;18(2):e0278083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278083>.
- Weiss J.N., Eber D. Earlier diagnosis of Alzheimer's disease by dynamic light scattering spectroscopy. *J Alzheimers Dis*. 2025;104(3):649–652. <https://doi.org/10.1177/1387287725131935>.
- Landa S., Verlov N., Fedorova N., Filatov M., Pantina R., Burdakov V. et al. Extracellular particles as carriers of cholesterol not associated with lipoproteins.

- Membranes*. 2022;12:618. <https://doi.org/10.3390/membranes12060618>.
19. Ланда С.Б., Аль-Шукри С.Х., Горбачев М.И., Егоров В.В., Эмануэль Ю.В., Эмануэль В.Л. Патохимические особенности олигомерных форм белка Тамма–Хорсфалла при уролитиазе. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2016;61(6):335–341. <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2016-6-335-341>.
 20. Polysystemic approach to school, sport and environment medicine. M. Karganov, ed. OMICS Group Incorporation — eBooks; Foster City, CA, USA; 2014. 168 p. <https://doi.org/10.4172/978-1-63278-000-3-001>.
 21. Hergenhan S., Holtkamp S., Scheiermann C. Molecular interactions between components of the circadian clock and the immune system. *J Mol Biol*. 2020;432(12):3700–3713. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.12.044>.
 22. Karganov M., Alchinova I., Arkhipova E., Skalny A.V. Laser Correlation Spectroscopy: Nutritional, Ecological and Toxic Aspects. A.N. Misra, ed. In: *Biophysics*. Intech; 2012. P. 1–16. <https://doi.org/10.5772/35254>.
 23. Титов В.Н., Карганов М.Ю., Ротенко А.А., Дмитриев В.А., Алчинова И.Б., Архипова Е.Н. Биологические функции и биологические реакции. Лазерная корреляционная спектроскопия в оценке чистоты межклеточной среды — функции эндэкологии (Лекция). *Клиническая лабораторная диагностика*. 2009;(6):21–35. EDN: KUVGTD.
 24. Pedrinia M., Caob B., Nanid J.V.S., Cerqueiraa R.O., Mansurb R.B., Tasice L. et al. Advances and challenges in development of precision psychiatry through clinical metabolomics on mood and psychotic disorders. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2019;93:182–188. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2019.03.010>.
 25. Shih Pa. Metabolomics Biomarkers for Precision Psychiatry. In: *The Role of Bioactive Lipids in Cancer, Inflammation and Related Diseases*. K. Honn, D. Zeldin, eds. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 1161. Springer; Cham; 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21735-8_10.
 26. Predescu E., Vaidean T., Rapciuc A.-M., Sipos R. Metabolomic markers in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) among children and adolescents — A systematic review. *Int J Mol Sci*. 2024;25(8):4385. <https://doi.org/10.3390/ijms25084385>.
 27. Brydges C.R., Bhattacharyya S., Dehkordi S.M., Milaneschi Y., Penninx B., Jansen R. et al. Mood disorders precision medicine consortium. Metabolomic and inflammatory signatures of symptom dimensions in major depression. *Brain Behav Immun*. 2022;102:42–52. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2022.02.003>.
 28. Rhee S.J., Kim H., Lee Y. et al. The association between serum microbial DNA composition and symptoms of depression and anxiety in mood disorders. *Sci Rep*. 2021;11(1):13987. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93112-z>.
 29. Мавренкова П.В., Ковалева О.И., Алчинова И.Б., Карганов М.Ю. Лазерная корреляционная спектроскопия выявляет сходные изменения в сыворотке крови пациентов с пограничным расстройством личности и крыс с неонатальным стрессом. *Медицинская физика*, 2023;(2):72–73. EDN: BQHCIA.

REFERENCES

1. Makarova L.V., Paranicheva T.M., Tyurina E.V. Directions of health-preserving activities at school. In 5 parts. Part 2. Moscow: Publishing House of the Institute of Age Physiology of the Russian Academy of Education; 2023. 16 p. (In Russ.).
2. Benitez Ojeda A.B., Carugno P. Special Education. In: *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. 2025.
3. Grigorenko E.L., Compton D.L., Fuchs L.S., Wagner R.K., Willcutt E.G., Fletcher J.M. Understanding, educating, and supporting children with specific learning disabilities: 50 years of science and practice. *Am Psychol*. 2020;75(1):37–51. <https://doi.org/10.1037/amp0000452>.
4. Kryzhanovsky G.N., Noskin L.A., Karganov M.Yu. Polysystemic sanogenetic monitoring: ensuring the functional health of students during the modernization of education. *Current Pediatrics (Moscow)*. 2006;5(5 S1):54–58. (In Russ.). EDN: QYUKCR.
5. Mavrenkova P., Pankova N., Lebedeva M.; Karganov M. Features of psychomotor coordination in adolescents with neuropsychiatric pathology enrolled in a standard educational Program *Brain Sci*. 2022;12(2):245. <https://doi.org/10.3390/brainsci12020245>.
6. Mavrenkova P.V., Pankova N.B., Lebedeva M.A., Karganov M.Yu. Heart rate variability peculiarities in adolescents with psychopathology in the educational environment. *Univers J Public Health*. 2021;9(6):445–453. <https://doi.org/10.13189/ujph.2021.090612>.
7. Nguyen H.B., Park H., Lim J.E., Nguyen T.T., Kim H.H., Kim K. et al. Evaluation of dynamic light scattering as an effective quality control method for aggregates in radio-labeled antibodies. *N J Med Chem*. 2025;68(1):555–565. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.4c02344>.
8. Te Nijenhuis L.H., Gangaram-Panday N.H., Specht P.A.C., Fine I., Elstein N., Mik E.G. et al. Detection of hemodynamic changes in a porcine lipopolysaccharide model of systemic inflammation using dynamic light scattering measurements of the microcirculation. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1522630. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1522630>.
9. Bazhora Yu.I., Noskin L.A. Laser correlation spectroscopy in medicine. Odessa: Druk; 2002. (In Russ.).
10. Stetefeld J., McKenna S.A., Patel T.R. Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. *Biophys Rev*. 2016;8(4):409–427. <https://doi.org/10.1007/s12551-016-0218-6>.
11. Minton A.P. Recent applications of light scattering measurement in the biological and biopharmaceutical

- sciences. *Anal Biochem.* 2016;501:4–22. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2016.02.007>.
12. Rumyantseva E.I., Kovalev I.E., Kovaleva O.I., Karganov M.Yu. Laser correlation spectroscopy of macromolecular complexes in blood serum is an efficient method for detecting insulin overdose and correction of the insulin therapy for diabetes mellitus in children. *Doklady Akademii Nauk.* 2005;402(3):405–408. (In Russ.). EDN: HSFSPV.
 13. Weiss J.N., Levy S. Dynamic light scattering spectroscopy of the retina — a non-invasive quantitative technique to objectively document visual improvement following ocular stem cell treatment. *Stem Cell Investig.* 2019;6:8. <https://doi.org/10.21037/sci.2019.03.01>.
 14. Alchinova I., Arkhipova E., Sidnev D., Sanadze A., Dedae S., Karganov M. A Comparative analysis of the informative value of radioimmunoassay and laser correlation spectroscopy in myasthenia gravis. *ISRN Immunology.* 2014;718393:5. <https://doi.org/10.1155/2014/718393>.
 15. Kovaleva O.I., Kovaleva L.G., Gorbunova N.A., Karganov M.Yu. New modalities for early diagnosis of blood diseases. *Russian Journal of Hematology and Transfusiology.* 2004;49(4):7–13. (In Russ.). EDN: MXUBOV.
 16. Usenko T., Miroshnikova V., Bezrukova A., Basharova K., Landa S., Korobova Z. et al. Fraction of plasma exomeres and low-density lipoprotein cholesterol as a predictor of fatal outcome of COVID-19. *PLoS ONE.* 2023;18(2):e0278083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278083>.
 17. Weiss J.N., Eber D. Earlier diagnosis of Alzheimer's disease by dynamic light scattering spectroscopy. *J Alzheimers Dis.* 2025;104(3):649–652. <https://doi.org/10.1177/1387287725131935>.
 18. Landa S., Verlov N., Fedorova N., Filatov M., Pantina R., Burdakov V. et al. Extracellular particles as carriers of cholesterol not associated with lipoproteins. *Membranes.* 2022;12:618. <https://doi.org/10.3390/membranes12060618>.
 19. Landa S.B., Al-Shukri S.H., Gorbachev M.I., Egorov V.V., Emanuel Yu.V., Emanuel V.L. The pathochemical characteristics of oligomeric forms of tamm-horsfall protein under urolithiasis. *Clinical Laboratory Diagnostics.* 2016;61(6):335–341. (In Russ.). <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2016-6-335-341>.
 20. Polysystemic approach to school, sport and environment medicine. M. Karganov, ed. OMICS Group Incorporation — eBooks; Foster City, CA, USA; 2014. 168 p. <https://doi.org/10.4172/978-1-63278-000-3-001>.
 21. Hergenhan S., Holtkamp S., Scheiermann C. Molecular interactions between components of the circadian clock and the immune system. *J Mol Biol.* 2020;432(12):3700–3713. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.12.044>.
 22. Karganov M., Alchinova I., Arkhipova E., Skalny A.V. Laser Correlation Spectroscopy: Nutritional, Ecological and Toxic Aspects. A.N. Misra, ed. In: Biophysics. In-Tech; 2012. P. 1–16. <https://doi.org/10.5772/35254>.
 23. Titov V.N., Karganov M.Yu., Rotenko A.A., Dmitriev V.A., Alchinova I.B., Arkhipova E.N. Biological functions and biological reactions. laser correlation spectroscopy in the evaluation of intercellular medium purity. *Clinical Laboratory Diagnostics.* 2009;(6):21–35. (In Russ.). EDN: KUVGTD.
 24. Pedrinia M., Caob B., Nanid J.V.S., Cerqueira R.O., Mansurb R.B., Tasice L. et al. Advances and challenges in development of precision psychiatry through clinical metabolomics on mood and psychotic disorders. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2019;93:182–188. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2019.03.010>.
 25. Shih Pa. Metabolomics Biomarkers for Precision Psychiatry. In: The Role of Bioactive Lipids in Cancer, Inflammation and Related Diseases. K. Honn, D. Zeldin, eds. Advances in Experimental Medicine and Biology. 1161. Springer; Cham; 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21735-8_10.
 26. Predescu E., Vaidean T., Rapciuc A.-M., Sipos R. Metabolomic markers in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) among children and adolescents — A systematic review. *Int J Mol Sci.* 2024;25(8):4385. <https://doi.org/10.3390/ijms25084385>.
 27. Brydges C.R., Bhattacharyya S., Dehkordi S.M., Milaneschi Y., Penninx B., Jansen R. et al. Mood disorders precision medicine consortium. Metabolomic and inflammatory signatures of symptom dimensions in major depression. *Brain Behav Immun.* 2022;102:42–52. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2022.02.003>.
 28. Rhee S.J., Kim H., Lee Y. et al. The association between serum microbial DNA composition and symptoms of depression and anxiety in mood disorders. *Sci Rep.* 2021;11(1):13987. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93112-z>.
 29. Mavrenkova P.V., Kovaleva O.I., Alchinova I.B., Karganov M.Yu. Laser correlation spectroscopy reveals similar changes in the blood serum of patients with borderline personality disorders and rats with neonatal stress. *Medicinskaya fizika.* 2023;(2):72–73. (In Russ.). EDN: BQHCIA.

Об авторах

Полина Вячеславовна Мавренкова — аспирант, лаборатория физико-химической и экологической патофизиологии. E-mail: mavrenkova-p@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6987-0096>; SPIN: 7764-6422

Authors' info

Polina V. Mavrenkova — Postgraduate Student, laboratory of physical, chemical and environmental pathophysiology. E-mail: mavrenkova-p@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6987-0096>; SPIN: 7764-6422

Об авторах

Надежда Николаевна Хлебникова — д.б.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория общей патологии нервной системы.

E-mail: nanikh@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-0245-305X>; SPIN: 7666-0206

Ольга Виуленовна Папышева — д.м.н., доцент, доцент кафедры педиатрии с инфекционными болезнями у детей, Институт непрерывного образования и профессионального развития.

E-mail: viulen@mail.ru

Ольга Игоревна Ковалева — к.м.н., ведущий научный сотрудник, научно-аналитический отдел.

E-mail: oikx@yandex.ru; SPIN: 6798-7873

✉ **Михаил Юрьевич Карганов** — д.б.н., профессор, главный научный сотрудник, лаборатория физико-химической и экологической патофизиологии.

E-mail: mkarganov@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>; SPIN: 9149-6257

Любовь Алексеевна Харитоновна — д.м.н., профессор, заведующая кафедрой педиатрии с инфекционными болезнями у детей, Институт непрерывного образования и профессионального развития.

E-mail: luba2k@mail.ru; SPIN: 1136-3380

Authors' info

Nadezhda N. Khlebnikova — Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of General Pathology of the Nervous System. E-mail: nanikh@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-0245-305X>;

SPIN: 7666-0206

Olga V. Papysheva — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pediatrics with Infectious Diseases in Children, Institute of Continuous Education and Professional Development.

E-mail: viulen@mail.ru

Olga I. Kovaleva — Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Scientific and Analytical Department.

E-mail: oikx@yandex.ru; SPIN: 6798-7873

✉ **Mikhail Yu. Karganov** — Dr. Sci. (Biol.), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Physicochemical and Environmental Pathophysiology.

E-mail: mkarganov@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>; SPIN: 9149-6257

Lyubov A. Kharitonova — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Pediatrics with Infectious Diseases in Children, Institute of Continuous Education and Professional Development.

E-mail: luba2k@mail.ru; SPIN: 1136-3380