Обзорная статья

УДК 159.922.7+159.925

DOI: 10.15293/2312-1580.2504.03

Нейропсихологические основы исследования мышления подростков с парциальной несформированностью высших психических функций: теоретический обзор

Машаров Григорий Владимирович[1], **Кожемякина Ольга Александровна**[2]

[1]*Средняя общеобразовательная школа № 143, г. Новосибирск, Россия*
[2]*Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия*

Аннотация. В статье анализируются нейропсихологические аспекты исследования мышления подростков с парциальной несформированностью высших психических функций. Особое внимание уделено обзору отечественных и зарубежных исследований. В работе систематизированы теоретические основы изучения мышления в онтогенезе, выявлены нейрофизиологические и нейрохимические особенности, влияющие на развитие когнитивных процессов. Автор приходит к выводу, что полученные данные о роли особенностей функционирования различных областей мозга позволяют оптимизировать индивидуальные подходы к обучению, применять адаптированные методики диагностики и коррекции, а также внедрять персонализированные тренинги, направленные на развитие абстрактно-логического мышления и исполнительных функций.

Ключевые слова: подростковый возраст; мышление; когнитивные процессы; парциальная несформированность высших психических функций; психологическая диагностика высших психических функций.

Для цитирования: Машаров Г. В., Кожемякина О. А. Нейропсихологические основы исследования мышления подростков с парциальной несформированностью высших психических функций: теоретический обзор // СМАЛЬТА. 2025. № 4. С. 34–48. DOI: https://doi.org/10.15293/2312-1580.2504.03

Review Article

Neuropsychological Foundations Research of the Study of Thinking in Adolescents with Partial Underdevelopment of Higher Mental Functions: a Theoretical Review

Grigoriy V. Masharov[1], **Olga A. Kozhemyakina**[2]

[1]*Secondary School No. 143, Novosibirsk, Russia*
[2]*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

Abstract. The article analyzes the neuropsychological aspects of studying the thinking of adolescents with partial underdevelopment of higher mental functions. Special attention is paid to the review of domestic and foreign research. Within the framework of the study, the theoretical foundations of studying thinking in ontogeny are systematized, and neurophysiological and neurochemical features affecting the development of cognitive processes are identified. The author concludes that the obtained data on the role of the functioning features of different brain regions allow optimizing individual approaches to learning, applying adapted diagnostic and corrective methods, as well as implementing personalized training aimed at developing abstract-logical thinking and executive functions.

Keywords: adolescence; thinking; cognitive processes; partial underdevelopment of higher mental functions; psychological diagnostics of higher mental functions.

For Citation: Masharov G. V., Kozhemyakina O. A. Neuropsychological Foundations Research of the Study of Thinking in Adolescents with Partial Underdevelopment of Higher Mental Functions: a Theoretical Review. *SMALTA*, 2025, no. 4, pp. 00–00. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15293/2312-1580.2504.03

Рост числа учащихся с парциальной несформированностью высших психических функций, обучающихся по адаптированным общеобразовательным программам для детей с задержкой психического развития, недостаточная эффективность традиционных методов коррекции мышления, а также потенциал нейросетевых технологий для персонализированного подхода к развитию высших психических функций – все это определяет актуальность данного исследования на нескольких уровнях.

Для государства и общества проблема коррекции мышления подростков с парциальной несформированностью высших психических функций (ВПФ) связана с необходимостью обеспечения равных образовательных возможностей и снижения социально-экономических рисков. Успешная социализация таких учащихся способствует сокращению затрат на поддержку лиц с когнитивными нарушениями в будущем, а также формированию инклюзивного общества, где каждый гражданин важен и может реализовать свой потенциал.

Для системы образования разработка инновационных методов на основе нейросетевых технологий отвечает задачам цифровой трансформации, заявленным в национальных проектах. Внедрение адаптивных алгоритмов позволяет не только повысить качество коррекционной работы, но и создать прецедент для масштабирования подобных практик в других образовательных учреждениях.

Для учащихся с парциальной несформированностью ВПФ исследование имеет ключевое значение, так как направлено на преодоление барьеров в освоении учебных программ и формировании жизненно важных навыков. Персонализация коррекции через нейросети обеспечивает учет индивидуальных нейрокогнитивных профилей, что повышает мотивацию и снижает риски школьной дезадаптации.

Таким образом, исследование объединяет социальный запрос на инклюзию, технологические возможности искусственного интеллекта и практические потребности специальной педагогики, делая его значимым как для науки, так и для общества в целом.

Согласно данным, до 40 % подростков с парциальной несформированностью ВПФ сталкиваются с трудностями в освоении абстрактно-логических операций, что негативно влияет на их академическую успеваемость и социальную адаптацию [8]. Традиционные методы коррекции, как отмечает Н. К. Корсакова с соавторами [8], нередко не учитывают нейрокогнитивную гетерогенность данной категории учащихся, что ограничивает их эффективность.

Внедрение нейросетевых технологий, таких как адаптивные тренажеры и системы искусственного интеллекта, открывает новые возможности для персонализации обучения. Развитие цифровых технологий активно изменяет традиционные когнитивные процессы человека [2]. Однако, как подчеркивает В. А. Терехов [18], их применение в специальной педагогике требует методологического обоснования, учитывающего специфику российского образовательного контекста.

На сегодняшний день существует противоречие между потребностью в современных методах коррекции мышления у подростков с парциальной несформированностью ВПФ и недостаточной изученностью мышления подростков этой категории с опорой на нейробиологические исследования.

Проблема исследования: какие нейропсихологические особенности мышления у подростков с парциальной несформированностью ВПФ влияют на результаты коррекционной работы.

В связи с обозначенной проблемой сформулирована цель статьи – обзор отечественных и зарубежных источников по проблеме нейропсихологических особенностей мышления подростков с парциальной несформированностью ВПФ.

Теоретико-методологическая основа: положение о формировании высших психических функций посредством интериоризации культурных инструментов (Л. С. Выготский [3]); концепция ведущей роли деятельности в развитии личности и сознания (А. Н. Леонтьев [11]); принцип единства сознания и деятельности, а также принцип детерминизма (С. Л. Рубинштейн [16]); нейропсихологическая модель трех функциональных блоков мозга (А. Р. Лурия [12]); современные нейробиологические представления о роли нейропластичности, нейромедиаторов и молекулярных механизмов памяти (BDNF, LTP, дофаминовая система) [26].

В данной работе использовался комплекс методов исследования:

– анализ научной литературы – проводился системный обзор современных отечественных и зарубежных источников по проблеме формирования мышления у подростков с парциальной несформированностью ВПФ [5; 6];

– сравнение и обобщение данных – осуществлялось сопоставление различных подходов к пониманию механизмов интериоризации, особенностей онтогенеза мышления и роли нейробиологических факторов в его формировании;

– критический анализ методологических оснований позволил выделить ключевые теоретико-методологические положения, составляющие основу для дальнейшей разработки модели коррекции мышления с использованием нейросетевых технологий.

Особенности формирования мышления в онтогенезе у детей с парциальной несформированностью ВПФ представляют особый исследовательский интерес. Такие дети отличаются неравномерным темпом развития отдельных сфер когнитивной деятельности, что создает дополнительные трудности в обучении и социализации [8]. А. И. Андриашина и Л. А. Тишина [1] указывают, что раннее детство характеризуется формированием базовых элементов мышления, таких как способность к восприятию окружающей действительности, предметным действиям и первым попыткам осознанного контроля поведения. Однако у детей с указанными расстройствами наблюдается отставание в инициации действий, трудности адаптации к новым условиям и недостаточное развитие механизмов концентрации внимания [7].

В дошкольном периоде важное значение приобретает символическая игра и активное воображение, служащие основой для последующего интеллектуального роста. Тем не менее малыши с дефицитом ВПФ чаще всего ограничены в разнообразии игровой деятельности, демонстрируют повторяемость поведенческих реакций и страдают от недостатка гибкости мышления [14].

Переход к школьному возрасту сопровождается значительным повышением нагрузки на исполнительные функции мозга, поскольку возрастает необходимость планировать действия, контролировать собственное поведение и усваивать учебный материал. Именно здесь становятся очевидны серьезные ограничения: низкая продуктивность интеллектуальной деятельности, недостаток стратегичности, слабые навыки самокоррекции [8].

Патогенез указанных нарушений связан с особенностями созревания церебральных структур, ответственными за регуляции ВПФ. Чаще всего страдает функционирование фронтальных отделов коры больших полушарий, обеспечивающих интеграцию информации, целеполагание и оперативную память.

Учащиеся 7–9 классов с парциальной несформированностью ВПФ характеризуются особым типом мышления, демонстрируют уникальный когнитивный профиль, где доминирование конкретно-образного мышления сочетается с дефицитом абстрактно-логических операций, что подтверждается исследованиями нейропсихологов, включая работы В. В. Лебединского [10] и Л.С. Цветковой [19]. У таких учащихся мыслительные операции нередко фрагментарны и поверхностны, преобладают конкретно-образные компоненты, часто встречаются трудности в построении умозаключений, установлении причинно-следственных связей, классификации объектов и понятий. Усвоение учебного материала осложняется низким уровнем автоматизации мыслительных операций, слабостью активного внимания и оперативной памяти [17].

Наблюдается слабость аналитико-синтетической деятельности, сложности в осуществлении сравнения, обобщения и выделения существенных признаков объектов. Умственная работоспособность отличается нестабильностью, быстрым утомлением и низкой эффективностью решения учебных задач. Им присущи ограниченный объем активной памяти, невысокая концентрация внимания, тенденция избегать интеллектуально напряженных видов деятельности.

В пубертатный период формируется «когнитивный разрыв»: механическое запоминание не компенсирует дефицит абстрактного мышления, что усугубляет учебные трудности [10]. В. Л. Ефимова [5] отмечает, что нейробиологические причины включают задержку миелинизации ассоциативных волокон и дисбаланс нейромедиаторов (ацетилхолин, ГАМК). По результатам исследования R. J. Barry, A. R. Clarke, S. J. Johnstone [20], атипичные паттерны ЭЭГ с преобладанием тета-ритма в лобных отведениях выявлены у 40 % подростков. При этом сохраняется потенциальная возможность развития, но требует специализированных педагогических воздействий и индивидуальных коррекционных мероприятий.

Парциальная несформированность ВПФ у учащихся 7–9 классов проявляется в неравномерном развитии компонентов психической деятельности, что приводит к специфическим особенностям мышления. Эти особенности характеризуются качественными отклонениями в когнитивных процессах по сравнению с нормотипичными сверстниками. Отмечается мозаичность развития ВПФ. У детей с парциальной несформированностью ВПФ наблюдается сочетание сохранных и дефицитарных когнитивных функций. Например, развитая память может сочетаться с нарушениями регуляторных процессов. Это ведет к фрагментарности мышления: при решении задачи учащиеся не способны интегрировать информацию из разных областей, что усложняет выполнение комплексных заданий [9].

Исследователи отмечают дефицит регуляторных функций [6]. Недостаток произвольного контроля и планирования проявляется в импульсивности и неспособности к самокоррекции. В мышлении это выражается в отсутствии последовательного анализа условий, переключения стратегий и оценки результатов. Ряд исследователей отмечают, что несформированность регуляторных компонентов ВПФ снижает критический анализ собственных действий у детей [7; 15].

Также наблюдаем нарушения пространственных и вербальных представлений [32]. Дефицит пространственного мышления затрудняет понимание геометрических задач и графических материалов. Вербально-логический компонент также нарушен: учащиеся испытывают трудности с построением умозаключений, абстрактными категориями и сложными речевыми конструкциями. Это замедляет переход к формально-логическому мышлению, типичному для подросткового возраста [10].

При этом наблюдаем особенности памяти и внимания. Снижение объема оперативной памяти и неустойчивость внимания приводят к потере промежуточных данных при решении многошаговых задач. Это снижает продуктивность мыслительного процесса [10; 33].

Теоретические позиции исследователей:

– Н. М. Пылаева и Т. В. Ахутина [15] связывают парциальную несформированность ВПФ с функциональной незрелостью лобных долей мозга, ответственных за регуляцию деятельности. Это объясняет, почему у таких детей «страдает организация действий, а не сам интеллект» [15];

– А. В. Садыкова [17] подчеркивает критичность дефицитов ВПФ в подростковом возрасте, когда требования к абстрактному мышлению и саморегуляции «возрастают экспоненциально» [17];

– К. С. Лебединский [10] акцентирует роль социальной среды: «Неравномерность развития ВПФ усугубляется в неадаптированной образовательной системе» [16].

П. Я Гальперин [4] и А. Н. Леонтьев [11] утверждали, что нейропсихологические исследования позволяют выявить структурные и функциональные основы когнитивных нарушений, что необходимо для разработки коррекционных программ.

У подростков с парциальной несформированностью ВПФ, как отмечает Н. Г. Манелис [13], наблюдается дисфункция префронтальной коры, что приводит к дефициту регуляторных функций: снижению способности к абстрактному мышлению и импульсивности.

У учащихся 7–9 классов с парциальной несформированностью ВПФ наблюдается задержка созревания коры, особенно в префронтальной области, уменьшение толщины коры на 0,2 мм в лобных долях (коррелирует с дефицитом абстрактного мышления). Отмечаются нарушения миелинизации в лобно-теменных путях, замедляющие передачу информации между полушариями. Как подчеркивает R. D. Fields [27], белое вещество играет ключевую роль в интеграции когнитивных процессов: «Дефицит миелинизации в лобно-теменных путях нарушает синхронизацию нейрональной активности, необходимую для решения сложных задач» [27, p. 359].

Также отмечаются нарушения в мозжечке, влияющие на автоматизацию навыков (например, замедленная обработка последовательностей объясняет трудности усвоения математических алгоритмов) [21; 26; 28; 29; 35].

У таких детей отмечают дефицит тета- (4–7 Гц) и бета-ритмов (13–30 Гц) в лобных отведениях, выявленный на ЭЭГ. Все это отражает нарушение внимания и рабочей памяти. Эти ритмы критичны для когнитивной нагрузки, так как синхронизируют активность нейронов при выполнении сложных задач [20].

Дофаминовая система также страдает. Снижение плотности D2-рецепторов в стриатуме на 15–20 % [31] нарушает мезокортикальный путь, ответственный за мотивацию и когнитивный контроль. Это подтверждается данными ПЭТ-исследований: дефицит дофаминовой передачи в мезокортикальном пути коррелирует с трудностями в регуляции поведения и решении задач, требующих планирования.

Ключевые данные, которые мы имеем по результатам N. D.Volkow с соавторами [37]: снижение уровня D2-рецепторов в стриатуме на 15–20 % по сравнению с нормой, нарушение функции префронтальной коры из-за недостаточной дофаминовой модуляции.

J. M. Fuster [28] указывает, что снижение способности нейронов к обучению и адаптации связано с дисфункцией синаптической пластичности, у детей с парциальной несформированностью ВПФ нарушены молекулярные механизмы, лежащие в основе LTP. Автор отмечает, что «дефицит NMDA-рецепторов в гиппокампе и коре приводит к замедленному формированию долговременных воспоминаний» [28, p. 2052].

Снижение способности нейронов к обучению и адаптации напрямую коррелирует с нарушениями синаптической пластичности – фундаментального свойства мозга, обеспечивающего изменение силы связей между нейронами в ответ на опыт [34]. Основой этого процесса является долговременная потенциация (LTP) – усиление синаптической передачи при повторяющейся стимуляции, которая лежит в основе формирования памяти и навыков. У детей с парциальной несформированностью ВПФ, таких как речь, логическое мышление или произвольное внимание, ключевой проблемой становится дисфункция молекулярных механизмов LTP [28]. Например, дефицит NMDA-рецепторов – особых белковых структур на мембране нейронов – нарушает процессы ионного обмена (в частности, поток кальция), необходимые для закрепления новых нейронных связей. Это подтверждается исследованиями гиппокампа – области мозга, критической для консолидации памяти: у таких детей даже после многократного повторения информации не формируются устойчивые нейронные ансамбли, что приводит к фрагментарному усвоению знаний [33].

Интересно, что NMDA-рецепторы действуют как «молекулярные переключатели»: их активация требует одновременного связывания глутамата (нейромедиатора) и деполяризации постсинаптической мембраны. Такая двойная система гарантирует, что LTP запускается только при значимой активности, например в процессе целенаправленного обучения или эмоционально окрашенного события [22; 36]. Однако при их недостатке даже интенсивная стимуляция не вызывает достаточного притока ионов кальция, которые активируют внутриклеточные каскады (например, протеинкиназы), ответственные за структурные изменения синапсов – рост новых дендритных шипиков или увеличение числа везикул с нейромедиаторами. В результате нейросети остаются ригидными, а обучение замедляется, что особенно заметно в когнитивно-насыщенных задачах, требующих абстрактного мышления.

Для детей с парциальной несформированностью ВПФ это создает порочный круг: дефицит синаптической пластичности ограничивает усвоение культурных инструментов (языка, математических символов), которые, по Л. С. Выготскому [3], должны интериоризироваться через социальное взаимодействие.

Например, ребенок, неспособный быстро формировать ассоциации между словом «число» и абстрактным понятием количества, будет испытывать трудности в переходе от манипуляций с предметами к мысленным вычислениям. Это согласуется с данными нейровизуализации: у таких детей в коре и гиппокампе наблюдается снижение метаболизма в зонах, связанных с рабочей памятью и семантической обработкой [29].

Важно отметить, что дисфункция LTP не является изолированной – она часто сочетается с нарушениями – долговременной депрессии (LTD), механизма ослабления невостребованных синапсов. В норме LTD «очищает» нейросети от избыточных связей, повышая эффективность обработки информации [24]. Однако при дисбалансе LTP/LTD мозг либо теряет способность к адаптации (избыток LTD), либо «перегружается» шумовыми связями (избыток LTP). У детей с нарушениями ВПФ это может проявляться как в трудностях концентрации (неспособность отфильтровать отвлекающие стимулы), так и в персеверациях – навязчивом повторении неэффективных действий [23].

Клинические последствия этих процессов затрагивают все уровни: от клеточного до поведенческого. Например, дефицит BDNF (нейротрофического фактора мозга), который регулирует выживаемость нейронов и синаптическую пластичность, усугубляет нарушения LTP. Это объясняет, почему у части детей с задержкой развития отмечается положительная динамика при терапии, стимулирующей синтез BDNF, например, при когнитивно-поведенческих тренингах в сочетании с физической активностью [25]. Кроме того, эпигенетические факторы (стресс, дефицит сна) могут подавлять экспрессию генов, связанных с NMDA-рецепторами, что указывает на необходимость комплексного подхода к коррекции.

Интересно, что аналогичные механизмы наблюдаются при нейродегенеративных заболеваниях (например, болезни Альцгеймера), где амилоидные бляшки нарушают работу NMDA-рецепторов [30]. Однако у детей с парциальной несформированностью ВПФ нарушения чаще носят функциональный, а не структурный характер, что оставляет пространство для нейропластичности. Современные методы, такие как транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) или биоуправление, направлены на усиление LTP-подобной пластичности через неинвазивную активацию специфических нейронных цепей.

Также существуют некоторые научные данные, свидетельствующие о возможных различиях в строении и функциях поясной извилины у людей с парциальной несформированностью ВПФ. Эти различия проявляются как на структурном, так и функциональном уровнях и могут влиять на когнитивные процессы, восприятие эмоций и поведенческие особенности [19].

Различия в строении и функциях поясной извилины (ПИ) у людей с парциальной несформированностью ВПФ являются критическим фактором, влияющим на интеграцию когнитивных и эмоциональных процессов. Поясная извилина, входящая в состав лимбической системы, подразделяется на переднюю (участвующую в эмоциональной регуляции, мониторинге конфликтов и принятии решений) и заднюю (связанную с когнитивным контролем и пространственной памятью) части. Исследования демонстрируют, что у детей с атипичным развитием ВПФ наблюдаются структурные аномалии в этих областях: уменьшение толщины коры, снижение объема серого вещества или атипичная гирификация (рисунок извилин). Например, у части детей выявляется истончение коры в передней ПИ, что коррелирует с трудностями в подавлении импульсивных реакций и эмоциональной лабильностью [23].

На функциональном уровне МРТ-исследования показывают сниженную активацию ПИ при выполнении задач, требующих разрешения когнитивных конфликтов (например, в тесте Струпа). Это свидетельствует о дефиците в работе anteriorcingulatecortex (ACC) – ключевой зоны, отвечающей за обнаружение ошибок и адаптацию поведения. У таких детей даже незначительные когнитивные нагрузки могут вызывать перегрузку нейронных сетей, что проявляется в быстрой утомляемости при решении логических задач. Кроме того, нарушение функциональной связности между ПИ и префронтальной корой (ПФК) приводит к дезорганизации исполнительных функций: планирования, переключения внимания и рабочей памяти [19].

Интересно, что эти изменения могут иметь нейрохимическую основу. Например, дисбаланс в дофаминергической и серотонинергической системах, модулирующих активность ПИ, способствует ригидности мышления и трудностям в адаптации к новым условиям. У детей с парциальной несформированностью ВПФ часто наблюдается снижение плотности 5-HT2A-рецепторов в ПИ, что связывают с нарушением обработки эмоциональных стимулов и склонностью к персеверациям (навязчивому повторению действий).

Эмоциональный аспект дисфункции ПИ проявляется в неадекватных реакциях на социальные сигналы. Передняя ПИ, интегрирующая аффективную и когнитивную информацию, у таких детей может гиперреагировать на нейтральные стимулы, интерпретируя их как угрожающие, что ведет к тревожности или агрессии. Это подтверждается исследованиями, где у пациентов с задержкой развития выявлена повышенная активация ПИ при просмотре эмоционально-нейтральных лиц, в отличие от типично развивающихся сверстников [20].

Структурные особенности ПИ также связаны с сенсорной интеграцией. Задняя часть ПИ взаимодействует с теменной корой, участвуя в обработке проприоцептивной информации. Ее недоразвитие может объяснять трудности в координации движений или пространственной ориентации, часто встречающиеся у детей с парциальной несформированностью ВПФ.

Например, ребенок может путать «право» и «лево» даже в школьном возрасте, что отражает дефицит нейронных сетей, связывающих ПИ с сенсорными областями.

Важно отметить, что нарушения в ПИ не являются изолированными – они часто сочетаются с аномалиями в смежных структурах, таких как миндалевидное тело и гиппокамп. Это создает «эффект домино»: дисфункция лимбической системы нарушает консолидацию эмоционального опыта, что, в свою очередь, затрудняет формирование абстрактных понятий (например, усвоение моральных норм или причинно-следственных связей).

Перспективы коррекции связаны с нейропластичностью ПИ. Тренинги, направленные на эмоциональную регуляцию (например, когнитивно-поведенческая терапия) или сенсомоторную интеграцию (арт-терапия, упражнения на баланс), способствуют укреплению связей между ПИ и другими областями мозга. Технологии нейрофидбека позволяют тренировать активность ПИ в реальном времени, улучшая когнитивный контроль. Таким образом, углубленное изучение роли ПИ открывает пути для персонализированных вмешательств, компенсирующих специфические дефициты при парциальной несформированности ВПФ.

В контексте образования эти данные подчеркивают важность индивидуализации обучения: детям с дисфункцией синаптической пластичности требуется больше повторений, мультимодальная подача информации (визуальная, тактильная, вербальная) и эмоционально-положительный контекст, усиливающий выброс дофамина – нейромедиатора, косвенно влияющего на LTP через модуляцию NMDA-рецепторов. Таким образом, понимание молекулярных основ обучения позволяет не только объяснить трудности, но и разрабатывать адресные педагогические стратегии, превращая биологическую уязвимость в управляемый фактор развития. Одной из таких стратегий является использование компьютерных нейросетей в коррекции мышления подростков с парциальной несформированностью ВПФ.

Мышление, рассматриваемое через призму современных теоретических подходов, предстает как сложный динамический процесс, интегрирующий социальные, деятельностные и нейробиологические компоненты. Его формирование обусловлено взаимодействием с окружающей средой, развитием символических систем и активным преобразованием действительности, что подтверждается единством взглядов ведущих психологических школ. Нейропсихологические исследования дополняют эту картину, выделяя функциональные блоки мозга, ответственные за обработку информации и регуляцию деятельности, что подчеркивает необходимость синтеза междисциплинарных знаний – от педагогики до нейронаук.

Эволюция мышления в онтогенезе проходит закономерный путь от конкретно-действенных форм к абстрактно-логическим через механизм интериоризации. Однако у подростков с парциальной несформированностью ВПФ этот процесс приобретает дисгармоничный характер. Задержка перехода внешних действий во внутренний план связана не только с дефицитом культурных инструментов, но и с нейробиологическими особенностями: снижением уровня дофамина и нейротрофического фактора BDNF, замедленной миелинизацией проводящих путей. Эти факторы формируют специфический когнитивный профиль – преобладание конкретно-образного мышления, фрагментарность анализа, трудности установления причинно-следственных связей.

Качественные отклонения мышления имеют четкие нейрофизиологические корреляты. Структурные изменения префронтальной коры, нарушения миелинизации лобно-теменных трактов, дефицит тета- и бета-ритмов ЭЭГ, дисфункция дофаминовой системы – все это создает биологическую основу для ограничения когнитивной пластичности. Подобные нарушения не сводятся к количественному отставанию, а формируют качественно иной режим работы мышления, требующий адаптированных образовательных стратегий.

В образовательной организации коррекционная работа строится на основе рекомендаций ПМПК и начинается с диагностического обследования. Рекомендуем использовать следующие методы и методики диагностики:

1) метод наблюдения используется для анализа поведенческих проявлений учащихся 7–9 классов при выполнении учебных заданий, включая особенности внимания, мотивации и регуляции деятельности;

2) метод тестирования применяются стандартизованные методики для оценки уровня развития мышления и когнитивных функций:

– методика Семаго «Классификация», «Исключение лишнего», «Аналогии» – диагностика уровня абстрактно-логического мышления, способности к обобщению, сравнению и установлению аналогий;

– тест «Сортировка карточек» (Wisconsin Card Sorting Test) – оценка когнитивной гибкости, способности переключаться между стратегиями и удерживать правила [14];

3) методы нейропсихологической диагностики направлены на выявление специфики нарушений теменно-префронтальных взаимодействий, управляющих функций и пространственно-временных представлений [13].

Перспективы коррекции лежат в плоскости интеграции нейротехнологий и педагогических методов. Транскраниальная стимуляция, нейробиоуправление, алгоритмы машинного обучения могут стать инструментами компенсации биологических дефицитов, тогда как визуальные опоры, метапредметные стратегии и индивидуализированные учебные маршруты – основой для педагогического сопровождения. Ключевым условием успеха остается междисциплинарный подход, объединяющий нейробиологов, психологов и педагогов.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты расширяют научные представления о механизмах формирования мышления у подростков с парциальной несформированностью ВПФ и обосновывают возможность его коррекции с использованием нейросетевых технологий.

В рамках исследования систематизированы теоретико-методологические основы изучения мышления в онтогенезе, выявлены нейрофизиологические и нейрохимические особенности, влияющие на развитие когнитивных процессов.

Полученные данные о роли дофаминовой системы, BDNF и нейропластичности позволяют оптимизировать индивидуальные подходы к обучению, применять адаптированные методики диагностики и коррекции, а также внедрять персонализированные тренинги, направленные на развитие абстрактно-логического мышления и исполнительных функций.

Результаты теоретического исследования могут быть использованы при разработке образовательных программ, технологий дистанционной поддержки и цифровых инструментов сопровождения детей с ограниченными возможностями здоровья в условиях инклюзивного образования.

Важнейшими задачами дальнейших исследований становятся:

– разработка системной модели нарушений, связывающей нейрохимические, анатомо-функциональные и поведенческие уровни;

– создание диагностических протоколов на стыке нейровизуализации и психометрики;

– проектирование коррекционных программ, стимулирующих нейропластичность через сочетание аппаратных методов и когнитивных тренингов.

Только через синтез знаний о биологических механизмах и социально-педагогических условиях можно обеспечить полноценную интеграцию таких подростков в образовательное пространство, открывая пути для их профессиональной реализации и повышения качества жизни.

Список источников

1. *Андриашина А. И., Тишина Л. А.* Общие и специфические проблемы формирования интеллектуальных операций у младших школьников с трудностями в обучении // Клиническая и специальная психология. 2024. Т. 13, № 4. С. 135–148. DOI: https://doi.org/10.17759/cpse.2024130407

2. *Баксанский О. Е., Сорокина С. Г.* Цифровые технологии как фактор когнитивного расширения // Общество: социология, психология, педагогика. 2024. № 11 (127). С. 53–62. DOI: https://doi.org/10.17759/cpse.2024130407 10.24158/spp.2024.11.7

3. *Выготский Л. С.* Собрание сочинений: в 6 т. Т. 3. М.: Педагогика, 1983. 368 с.

4. *Гальперин П. Я.* Введение в психологию. М.: Либроком, 2010. 336 с.

5. *Ефимова В. Л.* Влияние нейротрофического фактора головного мозга (BDNF) на развитие мозга ребенка (обзор зарубежных источников) // Клиническая и экспериментальная медицина детского возраста. 2022. Т. 4, № 1. С. 54–60. DOI: https://doi.org/10.33910/2687-0223-2022-4-1-54-60

6. *Ефимова В. Л.* Психофизиологический подход к анализу механизмов возникновения трудностей в обучении у детей (обзор зарубежных источников) // Психология образования в поликультурном пространстве. 2020. № 2 (50). С. 28–39.

7. *Зинченко В. П., Савинова Е. Ю., Колоскова А. В.* Когнитивные риски эпохи цифровых технологий: психология внимания и нейропсихология познания. М.: Институт психологии РАН, 2023. 320 с.

8. *Корсакова Н. К., Микадзе Ю. В., Балашова Е. Ю.* Неуспевающие дети: нейропсихологическая диагностика младших школьников: учебное пособие. 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2021. 288 с.

9. *Лангуев К. А.* Влияние нового формата обучения на когнитивные способности учащихся // Цифровая среда: возможности и риски: сборник материалов по итогам межрегиональной научно-практической конференции с международным участием (г. Нижний Новгород, 12 октября 2022 г.) / сост. К. А. Лангуев. Нижний Новгород: Сормовский ресурсный культурно-просветительский центр им. прп. С. Радонежского, 2022. С. 38–42.

10. *Лебединский В. В.* Нарушения психического развития в детском и подростковом возрасте: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1985. 144 с.

11. *Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Смысл: Академия, 2004. 352 с.

12. *Лурия А. Р.* Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. 374 с.

13. *Манелис Н. Г.* Сравнительный нейропсихологический анализ формирования высших психических функций у здоровых детей и у детей с аутистическими расстройствами: дис. … канд. психол. наук. М., 2000. 124 с.

14. *Николаева Е. И., Ефимова В. Л., Вергунов Е. Г., Королева И. В.* Возрастные особенности развития мозговых процессов у детей и подростков с нарушениями речи, письма, чтения и внимания [Электронный ресурс] // Мир науки. Педагогика и психология. 2025. Т. 13, № 2. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82645480 (дата обращения: 30.08.2025).

15. *Пылаева Н. М., Ахутина Т. В.* Нейропсихология и школа // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2012. № 2. С. 116–123.

16. *Рубинштейн С. Л.* Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2002. 720 с.

17. *Садыкова А. В.* Развитие вариативного мышления учащихся 7–9 классов при решении геометрических задач [Электронный ресурс]. URL: http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/18215/2/2023Sadykova.pdf (дата обращения: 26.05.2025).

18. *Терехов В. А., Тюкин И. Ю., Ефимов Д. Б.* Нейросетевые системы управления: учебное пособие. М.: Высшая школа, 2002. 183 с.

19. *Цветкова Л. С.* Восприятие и мышление в свете современных нейропсихологических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1996. 236 с.

20. *Barry R. J., Clarke A. R., Johnstone S. J.* EEG coherence in attention-deficit/hyperactivity disorder // Clinical Neurophysiology. 2003. Vol. 114. Pp. 1722–1733.

21. *Bush G., Luu P., Posner M. I.* Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex // Trends in Cognitive Sciences. 2000. Vol. 4, Issue 6. Pp. 215–222. DOI: https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01483-2

22. *Bradley M. M., Lang P. J.* Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential // Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry. 1994. Vol. 25, Issue 1. Pp. 49–59. DOI: https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9

23. *Courchesne E., Karns C. M., Davis H. R*. Unusual brain growth patterns in early life in patients with autistic disorder: An MRI study // The New England Journal of Medicine. 2001. Vol. 345, Issue 21. Pp. 1388–1395. DOI: https://doi.org/10.1212/wnl.57.2.245

24. *Chao M. V.* Neurotrophins and their receptors: a convergence point for many signaling pathways // Nature Reviews Neuroscience. 2003. Vol. 4, Issue 4. Pp. 299–309. DOI: https://doi.org/10.1038/nrn1078

25. *Diamond A.* Executive functions // Annual Review of Psychology. 2013. Vol. 64. Pp. 135–168. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

26. *Draganski B., Gaser* C.*, Busch V.* et al. Neuroplasticity: Change singrey matterin duced by training // Nature. 2004. Vol. 427. Pp. 311–312. DOI: https://doi.org/10.1038/427311a

27. *Fields R. D.* White matterinlearning, cognitionand psychiatricdisorders // Trendsin Neurosciences. 2008. Vol. 31. Pp. 361–370. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.04.001

28. *Fuster J. M.* Cortex and memory: emergence of a new paradigm // Journal of Cognitive Neuroscience. 2009. Vol. 21, Issue 11. Pp. 2047–2072. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.04.001

29. *Fuster J. M.* The prefrontal cortex: an update. Time is of the essence // Brain Research Reviews. 2001. Vol. 35, Issue 2. Pp. 195–215. DOI: https://doi.org/10.1016/s0896-6273(01)00285-9

30. *Nicolson R. I., Fawcett A. J., Dean P.* Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis // Trends in Neurosciences. 2001. Vol. 24. Pp. 508–511. DOI: https://doi.org/10.1016/s0166-2236(00)01896-8

31. *Papanastasiou G., Drigas A., Skianis C., Lytras M.* Brain Computer Interface Based Applications for Training and Rehabilitation of Students with Neurodevelopmental Disorders. A Literature Review // Heliyon. 2020. Vol. 6, Issue 9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04250

32. *Petrides M., Pandya D. N.* Neural circuitry underlying language // Trends in Cognitive Sciences. 2002. Vol. 6, Issue 8. Pp. 375–382. DOI: https://doi.org/10.1016/s0093-934x(02)00033-0

33. *Reiss A. L., Abrams M. T., Singer H. S.* Neuroanatomy of mental retardation // European Journal of Paediatric Neurology. 2004. Vol. 8, Issue 3. Pp. 121–132. DOI: https://doi.org/10.1093/brain/119.5.1763

34. *Shaw P., Greenstein D., Lerch J.* et al. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents // Nature. 2007. Vol. 440. Pp. 676–679. DOI: https://doi.org/10.1038/nature04513

35. *Smith E. E., Jonides J.* Storage and executive processes in the frontal lobes // Science. 1999. Vol. 283. Pp. 1657–1661. DOI: https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657

36. *Vuilleumier P.* How brains beware: neural mechanisms of emotional attention // Trends in Cognitive Sciences. 2005. Vol. 9, Issue 12. Pp. 585–594. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.011

37. *Volkow N. D., Wang G. J., Fowler J. S.* et al. Evaluating dopamine reward pathway in ADHD // JAMA. 2009. Vol. 302. Pp. 1084–1091. DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2009.1308

References

1. Andriashina A. I., Tishina L. A. General and Specific Problems in the Formation of Intellectual Operations in Younger Schoolchildren with Learning Difficulties. *Clinical and Special Psychology,* 2024, vol. 13, no. 4, pp. 135–148. (In Russian) DOI: https://doi.org/10.17759/cpse.2024130407

2. Baksansky O. E., Sorokina S. G. Digital Technologies as a Factor in Cognitive Expansion. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogy,* 2024, no. 11 (127), pp. 53–62. (In Russian) DOI: https://doi.org/10.24158/spp.2024.11.7

3. Vygotsky L. S. *Collected Works:* in 6 vols. Vol. 3. Moscow: Pedagogika Publ., 1983, 368 p. (In Russian)

4. Galperin P. Ya. *Introduction to Psychology.* Moscow: Librokom Publ., 2010, 336 p. (In Russian)

5. Efimova V. L. The Influence of the Brain Neurotrophic factor (BDNF) on Child Brain Development (Review of Foreign Sources). *Clinical and Experimental Medicine of Children of age,* 2022, vol. 4, no. 1, pp. 54–60. (In Russian) DOI: https://doi.org/10.33910/2687-0223-2022-4-1-54-60

6. Efimova V. L. Psychophysiological Approach to Analyzing the Mechanisms of Learning Difficulties in Children (Review of Foreign Sources). *Psychology of Education in a Multicultural Space,* 2020, no. 2 (50), pp. 28–39. (In Russian)

7. Zinchenko V. P., Savinova E. Y., Koloskova A. V. *Cognitive Risks of the Digital age: Psychology of Attention and Neuropsychology of Cognition.* Moscow: Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences Publ., 2023, 320 p. (In Russian)

8. Korsakova N. K., Mikadze Y. V., Balashova E. Y. *Underachieving Children: Neuropsychological Diagnostics of Primary School Students:* Textbook. 3rd ed., revised and expanded. Moscow: Yurayt Publ., 2021, 288 p. (In Russian)

9. Languev K. A. The Impact of the New Learning Format on Students' Cognitive Abilities. *Digital Environment: Opportunities and Risks:* Collection of Materials Following Interregional of the Scientific-Practical Conference with International Participation (Nizhny Novgorod, October 12, 2022). Compiled by K. A. Languyev. Nizhny Novgorod: Sormovsky Resource Cultural and Educational Center named after St. S. of Radonezh, 2022, pp. 38–42. (In Russian)

10. Lebedinsky V. V. *Disorders of Mental Development in Childhood and Adolescence:* Textbook. Moscow: MSU Publishing House, 1985, 144 p. (In Russian)

11. Leontiev A. N. *Activity. Consciousness. Personality.* Moscow: Smysl; Academy Publ., 2004, 352 p. (In Russian)

12. Luria A. R. *Fundamentals of Neuropsychology.* Moscow: MSU Publishing House, 1973, 374 p. (In Russian)

13. Manelis N. G. *Comparative Neuropsychological Analysis of the Development of Higher Mental Functions in Healthy Children and Children with Autistic Disorders:* Dissertation for the Degree of Candidate of Psychological Sciences. Moscow, 2000, 124 p. (In Russian)

14. Nikolaeva E. I., Yefimova V. L., Vergunov E. G., Koroleva I. V. Age-Related Characteristics of the Development of Brain Processes in Children and Adolescents with Speech, Writing, Reading, and Attention Disorders [Electronic resource]. *World of Science. Pedagogy and Psychology,* 2025, vol. 13, no. 2. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82645480 (date of access: 30.08.2025). (In Russian)

15. Pylaeva N. M., Akhutina T. V. Neuropsychology and School. *Bulletin of Moscow University. Series 14. Psychology,* 2012, no. 2, pp. 116–123. (In Russian)

16. Rubinstein S. L. *Fundamentals of General Psychology.* Saint Petersburg: Piter Publ., 2002, 720 p. (In Russian)

17. Sadykova A. V. *Development of Variable Thinking in Students of Grades 7–9* [Electronic resource]. URL: http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/18215/2/2023Sadykova.pdf (date of access: 26.05.2025). (In Russian)

18. Terekhov V. A., Tyukin I. Y., Efimov D. B. *Neural Network Control Systems:* Textbook. Moscow: Higher School, 2002, 183 p. (In Russian)

19. Tsvetkova L. S. *Perception and Thinking in the Light of Modern Neuropsychological Research.* Moscow: Moscow State University Publishing House, 1996, 236 p. (In Russian)

20. Barry R. J., Clarke A. R., Johnstone S. J. EEG Coherence in Attention-Deficit/hyperactivity Disorder. *Clinical Neurophysiology,* 2003, vol. 114. pp. 1722–1733.

21. Bush G., Luu P., Posner M. I. Cognitive and Emotional Influences in the Anterior Cingulate Cortex. *Trends in Cognitive Sciences,* 2000, vol. 4, issue 6, pp. 215–222. DOI: https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01483-2

22. Bradley M. M., Lang P. J. Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry,* 1994, vol. 25, no. 1. pp. 49–59. DOI: https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9

23. Courchesne E., Karns C. M., Davis H. R. Unusual Brain Growth Patterns in Early Life in Patients with Autistic Disorder: An MRI Study. *The New England Journal of Medicine,* 2001, vol. 345, issue 21, pp. 1388–1395. DOI: https://doi.org/10.1212/wnl.57.2.245

24. Chao M. V. Neurotrophins and Their Receptors: a Convergence Point for Many Signaling Pathways. *Nature Reviews Neuroscience,* 2003, vol. 4, issue 4, pp. 299–309. DOI: https://doi.org/10.1038/nrn1078

25. Diamond A. Executive Functions. *Annual Review of Psychology,* 2013, vol. 64, pp. 135–168. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

26. Draganski B., Gaser C., Busch V. et al. Neuroplasticity: Changes in Gray Matter Induced by Training. *Nature,* 2004, vol. 427, pp. 311–312. DOI: https://doi.org/10.1038/427311a

27. Fields R. D. White Matter in Learning, Cognition, and Psychiatric Disorders. *Trends in Neurosciences,* 2008, vol. 31, pp. 361–370. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.04.001

28. Fuster J. M. Cortex and Memory: Emergence of a New Paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 2009, vol. 21, no. 11. pp. 2047–2072. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.04.001

29. Fuster J. M. The Prefrontal Cortex: an Update. Time is of the Essence. *Brain Research Review,* 2001, vol. 35, issue 2. pp. 195–215. DOI: https://doi.org/10.1016/s0896-6273(01)00285-9

30. Nicolson R. I., Fawcett A. J., Dean P. Developmental Dyslexia: the Cerebellar Deficit Hypothesis. *Trends in Neurosciences,* 2001, vol. 24, pp. 508–511. DOI: https://doi.org/10.1016/s016 6-2236(00)01896-8

31. Papanastasiou G., Drigas A., Skianis C., Lytras M. Brain-Computer Interface Based Applications for Training and Rehabilitation of Students with Neurodevelopmental Disorders. A Literature Review. *Heliyon,* 2020, vol. 6, issue 9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04250

32. Petrides M., Pandya D. N. Neural Circuitry Underlying Language. *Trends in Cognitive Sciences,* 2002, vol. 6, issue 8, pp. 375–382. DOI: https://doi.org/10.1016/s0093-934x(02)00033-0

33. Reiss A. L., Abrams M. T., Singer H. S. Neuroanatomy of Mental Retardation. *European Journal of Paediatric Neurology,* 2004, vol. 8, issue 3, pp. 121–132. DOI: https://doi.org/10.1093/brain/119.5.1763

34. Shaw P., Greenstein D., Lerch J. et al. Intellectual Ability and Cortical Development in Children and Adolescents. *Nature,* 2007, vol. 440, pp. 676–679. DOI: https://doi.org/10.1038/nature04513

35. Smith E. E., Jonides J. Storage and Executive Processes in the Frontal Lobes. *Science,* 1999, vol. 283, pp. 1657–1661. DOI: https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657

36. Vuilleumier P. How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in Cognitive Sciences,* 2005, vol. 9, issue 12. pp. 585–594. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.011

37. Volkow N. D., Wang G. J., Fowler J. S. et al. Evaluating the Dopamine Reward Pathway in ADHD. *JAMA,* 2009, vol. 302. pp. 1084–1091. DOI: https://doi.org/10.1001/jama.2009.1308

Информация об авторах

Машаров Григорий Владимирович – педагог-психолог I категории, Средняя общеобразовательная школа № 143, г. Новосибирск, Россия, aladdin9999@yandex.ru

Кожемякина Ольга Александровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры практической и специальной психологии, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия, https://orcid.org/0000-0003-1895-1026, olgaleko@mail.ru

Information about the Authors

Grigoriy V. Masharov – Teacher-Psychologist of the First Category, Secondary School No. 143, Novosibirsk, Russia, aladdin9999@yandex.ru

Olga A. Kozhemyakina – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Practical and Special Psychology, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, https://orcid.org/0000-0003-1895-1026, olgaleko@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи к публикации.

Authors' contribution: Authors have all made an equivalent contribution to preparing the article for publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила: 10.10.2025
Одобрена после рецензирования: 12.11.2025
Принята к публикации: 25.11.2025

Received: 10.10.2025
Approved after peer review: 12.11.2025
Accepted for publication: 25.11.2025