



УДК 159.91+371.7+004.81

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2602.10](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2602.10)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

## Специфика нейродинамических процессов и когнитивных функций в учебной деятельности: оценка на основе прогностической модели академической успеваемости подростков

Н. В. Немолочная<sup>1</sup>, А. В. Сапего<sup>2</sup>, Е. В. Мурышкина<sup>3</sup>, Л. А. Варич<sup>1</sup><sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия<sup>2</sup> Губернаторская женская гимназия-интернат, Кемерово, Россия<sup>3</sup> Губернаторский многопрофильный лицей-интернат, Кемерово, Россия

**Проблема и цель.** Роль нейродинамических процессов и когнитивных функций в учебной деятельности старших подростков в разных условиях обучения остается недостаточно изученной, а существующие данные не позволяют адекватно учесть различия между образовательными организациями и сформировать прогноз риска академической неуспеваемости. Цель исследования – выявить нейрокогнитивную основу прогностической модели академической успеваемости старших подростков в различных условиях обучения для определения вклада нейродинамических характеристик и когнитивных процессов в прогноз их академической успеваемости.

**Методология.** Методология исследования основана на комплексном анализе нейродинамических и когнитивных характеристик старших подростков посредством автоматизированного психофизиологического комплекса, позволяющего оценить следующие характеристики: простая зрительно-моторная реакция, уровень функциональной подвижности нервных процессов, работоспособность головного мозга, реакция на движущийся объект, кратковременная память, объем внимания, абстрактное мышление.

**Результаты.** Эмпирические данные указывают на то, что интернатный и неинтернатный типы обучения формируют устойчивые различия в когнитивных механизмах старших подростков, отражающие адаптивные стратегии обработки информации в рамках конкретной образовательной организации. Обучающиеся образовательных организаций неинтернатного типа демонстрируют развитые навыки быстрого сканирования и переработки визуальной информации в условиях гимназии, в то время как лицеисты – навыки глубокой аналитической обработки, способность к моделированию и предсказанию. Лицеисты из образовательного учреждения интернатного типа демонстрируют развитые навыки быстрого анализа и обработки визуальной информации, гимназистки же сосредотачиваются на деталях и обладают лучшей способностью к одновременной обработке информации.

**Библиографическая ссылка:** Немолочная Н. В., Сапего А. В., Мурышкина Е. В., Варич Л. А. Специфика нейродинамических процессов и когнитивных функций в учебной деятельности: оценка на основе прогностической модели академической успеваемости подростков // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 2. – С. 208–232. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2602.10>

✉ Автор для корреспонденции: Нина Владимировна Немолочная, [nina-nem@mail.ru](mailto:nina-nem@mail.ru)

© Н. В. Немолочная, А. В. Сапего, Е. В. Мурышкина, Л. А. Варич, 2026

Эти различия имеют важные последствия для разработки нейрокогнитивной прогностической модели академической успеваемости, поскольку они подчеркивают необходимость учитывать нейродинамические и когнитивные характеристики старших подростков.

**Заключение.** Таким образом, по результатам исследования выявлены общие (работоспособность головного мозга, мышление) и специфические (для гимназии – объем внимания, оперативная память; для многопрофильного лицея-интерната – объем внимания, кратковременная память; для женской гимназии-интерната – объем внимания, простая зрительно-моторная реакция) показатели, которые вошли в прогностическую модель. Полученные данные свидетельствуют о том, что образовательная среда формирует специфические когнитивные профили, которые в совокупности определяют успеваемость обучающихся и требуют адаптации педагогических стратегий и прогностических моделей под контекст учреждения.

**Ключевые слова:** старшие подростки; нейродинамические характеристики; когнитивные процессы; успеваемость обучающихся; образовательная организация; условия обучения; прогностическая модель.

### Постановка проблемы

Современное понимание когнитивных процессов базируется на представлении о динамической организации нервной деятельности, что обусловлено нейродинамическими механизмами мозга – комплексом временных и функциональных характеристик, обеспечивающих адаптивное восприятие, обработку и интеграцию информации. Исследования последних лет [1; 2] подтверждают, что когнитивные функции представляют собой результат взаимодействия различных нейросетей, активность которых изменяется во времени в соответствии с задачами, уровнем внимания и состоянием организма [3–5].

Важно отметить, что когнитивные процессы не могут существовать без нейродинамических процессов, поскольку они являются их фундаментальной основой. Когнитивные функции, такие как восприятие, память, внимание и мышление, выступают реальными психологическими проявлениями деятельности нейронных сетей, активность которых

определяется динамическими взаимодействиями и изменениями в нейронных связях. Нейродинамическая активность способна обеспечить передачу сигнала, его обработку и интеграцию, что критически важно для реализации когнитивных функций<sup>1</sup>.

Несмотря на высокую представленность данных о роли нейродинамических и когнитивных характеристик успешной учебной деятельности старших подростков, данный аспект в контексте прогностических моделей академической успеваемости остается недостаточно исследованным. Существующие подходы чаще моделируют успеваемость без учета контекстуальных факторов обучения, что ограничивает точность предсказаний и практическую применимость для персонализированного обучения<sup>2</sup> [6; 7]. Различия между образовательными средами (гуманитарная гимназия, естественно-научный лицей, многопрофильный лицей-интернат, женская гимназия-интернат) предполагают различную

<sup>1</sup> Чуприкова Н. И., Ратанова Т. А., Локалова Н. П., Борисова А. А. Психология высших когнитивных процессов: учебное пособие. – М.: Пер Сэ, 2012. – 304 с.

<sup>2</sup> Головина Ю. Н. Темперамент и его влияние на успеваемость подростков // Студенческая наука и XXI век. – 2020. – Т. 17, № 2-2. – С. 182-184. URL: <https://elibrary.ru/qbhhmd>

нагрузку на рабочую память, внимание, абстрактное мышление и нейродинамические характеристики, но данные взаимосвязи требуют систематического анализа в рамках единой модели<sup>3</sup> [8].

Современные образовательные учреждения, особенно гимназии, лицеи и школы-интернаты с углубленным изучением отдельных предметов, предъявляют к подросткам более высокие требования. Высокие информационные нагрузки, недостаток времени для отдыха и досуга, гиподинамия, повышенные требования со стороны педагогов и, что немаловажно, постоянная угроза отчисления за снижение успеваемости – все это создает мощный стресс-фактор, существенно усугубляющий психическое состояние обучающегося [9; 10].

В Кемеровской области, как и во многих регионах России, значительную популярность приобрели школы-интернаты закрытого типа, предлагающие полное погружение в учебный процесс и организацию досуга в рамках одного учреждения. Модель обучения в школе-интернате предполагает, что подросток проводит в стенах образовательной организации практически все свое время, за исключением, возможно, краткосрочных визитов домой, регламентированных правилами заведения. Необходимо понимать, что дети, лишённые привычной семейной поддержки и возможности регулярного общения с близкими, более подвержены риску развития депрессии, тревожных расстройств и проблем с самооценкой. Поэтому подростки, поступающие в такие учреждения, должны иметь не только высокий уровень когнитивного развития, но и

хорошую стрессоустойчивость и достаточные резервные возможности организма для успешного обучения.

Высокая академическая успеваемость, в свою очередь, играет важную роль в формировании уверенности в себе у обучающихся. Когда обучающиеся достигают успехов в учебе, у них развивается позитивная самооценка, что в дальнейшем может положительно сказаться на их личной жизни и профессиональной деятельности<sup>4</sup> [11].

Исследование Т. Н. Тихомировой и ее коллег показало взаимосвязь между когнитивными процессами и успеваемостью школьников, выявив устойчивую структуру, сохраняющуюся на протяжении всего школьного обучения. Эта структура включает в себя несколько когнитивных характеристик, тесно взаимосвязанных с академической успешностью. Среди них скорость переработки информации, рабочая память, чувство числа (или числовой интеллект, определяющий способность к пониманию и манипулированию числовой информацией) и невербальный интеллект (способность к решению задач, не требующих вербальных навыков, например пространственное мышление или распознавание образов). Такая взаимосвязь сохраняется на протяжении всех лет обучения, что говорит о фундаментальной роли этих когнитивных функций в образовательном процессе [12].

Другие работы показывают, что скорость переработки информации оказывает независимое и значимое влияние на успеваемость [13; 14], в то время как другие исследования обнаруживают лишь опосредованное

<sup>3</sup> Пирумова И. В., Суботялов М. А., Айзман Р. И. Нейродинамические и психофизиологические показатели школьников в условиях традиционного и разделённого обучения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 62-67.

<sup>4</sup> Курапова Т. Ю. Психологические факторы успешности обучения школьников // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Педагогические науки. – 2011. – № 5. – С. 223-225. URL: <https://elibrary.ru/ookggt>

воздействие через более высокие когнитивные функции, такие как общий интеллект и креативность [15; 16]. Ю. А. Додоновой проведено исследование, где быстрый темп обработки информации коррелировал с успеваемостью в точных науках, но эта связь исчезала при статистическом контроле уровня интеллекта, что наводит на мысль о том, что скорость переработки информации может быть лишь одним из множества факторов, вносящих вклад в общее когнитивное функционирование, которое, в свою очередь, определяет академический успех [17].

В отличие от скорости переработки информации, рабочая память часто рассматривается как более надежный предиктор академической успеваемости. Рабочая память – это когнитивная система, ответственная за временное хранение и обработку информации, необходимой для выполнения текущей задачи. Ее высокая емкость и эффективность позволяют успешно справляться со сложными когнитивными операциями, что влияет на способность к обучению. Исследования Дж. Яна<sup>5</sup>, М. Ф. Монтойя [18], Т. Нгуена [19] показывают более сильную корреляцию между рабочей памятью и успеваемостью как в математике, так и в гуманитарных дисциплинах, чем корреляция между скоростью переработки информации и успеваемостью. Однако и здесь не все так однозначно. Влияние рабочей памяти может быть опосредовано другими исполнительными функциями, такими как тормозной контроль (ингибиторный контроль) и когнитивная гибкость (переключение внимания)<sup>6</sup> [18; 19].

Некоторые современные исследования [9; 20; 21; 22] активно направлены на создание

более комплексных и многофакторных моделей, которые могут прогнозировать академическую успеваемость подростков. Данные модели не ограничиваются лишь анализом когнитивных факторов, таких как уровень знаний и навыков, но также учитывают широкий спектр эмоционально-личностных характеристик обучающихся. Важным аспектом является понимание социального контекста, в котором происходит обучение, а также качество образовательной среды, в которой обучающиеся находятся.

В последние годы наблюдается тенденция к разработке новых методик оценки академической успеваемости. Эти методики фокусируются не только на количественных показателях, таких как оценки и баллы, но и акцентируют внимание на качественных характеристиках учебного процесса. Это может включать в себя анализ вовлеченности школьников, их мотивации, а также уровня удовлетворенности обучением [19; 23; 24; 25].

Кроме того, использование современных технологий в образовательном процессе значительно влияет на академическую успеваемость. Технологии позволяют адаптировать образовательный процесс под индивидуальные потребности каждого ученика, учитывая его уникальные особенности, темп усвоения материала и предпочтения в обучении. Персонализированный подход к образованию способствует более глубокому пониманию материала и повышению эффективности обучения [9; 26; 27].

Исходя из вышесказанного, была сформулирована цель исследования – выявить нейрокогнитивную основу прогностической модели академической успеваемости старших

<sup>5</sup> Yang J., Zhang H., Lim S. Sensory-memory interactions via modular structure explain errors in visual working memory // *ioRxiv preprint*. – 2024. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.95160.3>

<sup>6</sup> Yang J., Zhang H., Lim S. Sensory-memory interactions via modular structure explain errors in visual working memory // *ioRxiv preprint*. – 2024. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.95160.3>

подростков в различных условиях обучения для определения вклада нейродинамических характеристик и когнитивных процессов в прогноз их академической успеваемости.

### Методология исследования

Методологической основой исследования являются учение о высших психических функциях (Л. С. Выготский<sup>7</sup>) и их организации (А. Р. Лурия<sup>8</sup>) и научные труды, описывающие нейродинамические и когнитивные предикторы академической успеваемости (Т. Ю. Курапова<sup>9</sup>, А. Г. Сетко, А. И. Савенков<sup>10</sup>) [22].

Еще в конце 1930-х гг. психологические исследования определили основные предикторы академической успеваемости: психометрический интеллект и мотивацию. Данное утверждение до сих пор остается фундаментальным в научном сообществе, хотя постоянно уточняется и дополняется. Масштабные исследования, посвященные когнитивным предикторам успеваемости в школьном образовании, насчитывают тысячи научных работ. Выявлены общие закономерности, позволяющие прогнозировать успеваемость школьников на разных уровнях образования. Однако современная наука идет дальше, сосредоточившись на нюансах, специфичных для каждого этапа: от дошкольного до высшего. Детализация исследований позволяет выявить не только общие, но и специфические когнитивные факторы, влияющие на успеваемость на разных возрастных этапах. Например, на

начальной стадии обучения важным фактором становится развитие рабочей памяти и умение следовать инструкциям, в то время как на старших этапах все большее значение приобретают метакогнитивные навыки, способность к критическому мышлению и саморегуляции [28–31].

Базой проведенного исследования послужили четыре образовательные организации г. Кемерово: гуманитарная гимназия, естественно-научный лицей, многопрофильный лицей-интернат и женская гимназия-интернат. В исследовании приняли участие 656 обучающихся в возрасте от 14 до 16 лет.

Время проведения исследования выбрано с учетом периода наибольшей активности физических и психических функций, что соответствует первой половине дня с 9 до 13 часов. Родители всех школьников, принимавших участие в обследовании, дали письменное информированное согласие.

Оценка психофизиологических показателей проводилась посредством автоматизированного комплекса РФК<sup>11</sup>, позволяющего оценить нейродинамические и психодинамические характеристики. В рамках проводимого исследования нейродинамические показатели оценивались посредством осознанного восприятия стимулов:

– скорость простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР, мс) – это интегральный показатель скорости проведения возбуждения, на разных этапах рефлекторной дуги. В основе

<sup>7</sup> Выготский Л. С. Развитие высших психических функций. – М.: Изд-во АПН, 1960. – 499 с.

<sup>8</sup> Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека. – СПб.: Питер, 2021. – 768 с.

<sup>9</sup> Курапова Т. Ю. Психологические факторы успешности обучения школьников // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Педагогические науки. – 2011. – № 5. – С. 223–225. URL: <https://elibrary.ru/ookggt>

<sup>10</sup> Савенков А. И., Карпова С. И., Поставнев В. М. и др. Когнитивное и метакогнитивное развитие личности в

современной образовательной среде: коллективная монография. – М.: Издательство «Перо», 2024. – 187 с. URL: <https://elibrary.ru/bbkoak>

<sup>11</sup> Иванов В. И., Литвинова Н. А., Березина М. Г. Автоматизированный комплекс для оценки индивидуально-типологических свойств и функционального состояния организма человека «Статус ПФ» // Валеология. – 2004. – № 4. – С. 70–73. URL: <https://elibrary.ru/zcewix>

метода лежит проведение возбуждения по центральным образованиям, это позволяет рассмотреть время простой сенсомоторной реакции как критерий возбудимости центральной нервной системы;

– функциональная подвижность нервных процессов (УФП НП, с) – это показатель нейродинамической гибкости системы обработки информации, отражающий способность мозга мобилизовать и перераспределять нейронные ресурсы в ответ на когнитивные задачи;

– работоспособность головного мозга (РГМ, кол-во сигналов) – интегральный показатель устойчивости и эффективности функционирования мозговых систем при когнитивной нагрузке. Он отражает способность поддерживать активность и обработку информации на протяжении времени без значимого снижения эффективности;

– уравновешенность нервных процессов по реакции на движущийся объект (РДО) – этот показатель отображает скорость и точность реагирования на динамически изменяющийся визуальный стимул, т. е. эффективность динамического визуального восприятия в сочетании с исполнительной моторикой.

Для оценки когнитивных функций использовались тесты и пробы на запоминание и воспроизведение слов и чисел, узнавание образов, решение интеллектуальных задач и т. д. В исследовании оценивались следующие когнитивные показатели: кратковременная память, объем внимания, абстрактное мышление<sup>12</sup>.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Для каждого

изучаемого параметра вычислялись среднее значение ( $M$ ), ошибка репрезентативности средней ( $m$ ). Достоверность различия признаков ( $p$ ) в сравниваемых группах измерялась по критерию Манна – Уитни ( $U$ ). Вычислялись коэффициенты корреляции по критерию значимости Стьюдента, значимость множественного коэффициента корреляции – по критерию Фишера ( $F$ ).

### Результаты исследования

Сравнительный анализ средних значений нейродинамических и когнитивных показателей старших подростков в зависимости от условий обучения позволил выявить отличительные особенности психофизиологического статуса обучающихся (табл. 1). Когнитивные процессы подростков, обучающихся в лицее и гимназии неинтернатного типа, представляют собой интерес для исследования, демонстрируя влияние образовательной среды на развитие познавательных функций. Проведенные исследования показали различия в когнитивных характеристиках обучающихся этих двух учебных заведений. Анализ показателей оперативной памяти и объема внимания выявил статистически значимое превосходство гимназистов над лицеистами. Это может быть связано с методикой преподавания в гимназиях, которая часто фокусируется на запоминании большого объема информации, что стимулирует развитие вербальной памяти и внимания к деталям. В свою очередь, лицеисты, как правило, обучаются по естественно-научному профилю, требующему от них концентрации на сложных задачах, анализе данных и формированию абстрактных моделей.

<sup>12</sup> Березина М. Г., Прохорова А. М. Методы функциональной диагностики. – Кемерово: высш. шк., 2012. – 110 с.

Таблица 1

**Нейродинамические и когнитивные показатели старших подростков  
в зависимости от условий обучения**

Table 1

**Neurodynamic and cognitive indicators of older adolescents depending on learning conditions**

Параметры	Лицей-интернат	Гимназия-интернат	Естественно-научный лицей	Гуманитарная гимназия	p < 0,05
	1	2	3	4	
Память на числа, балл	6,06±0,12	5,93±0,09	5,83±0,30	6,68±0,08	1-4, 3-4
Память на слова, балл	7,15±0,16	6,38±0,14	8,2±0,36	7,01±0,08	1-3, 2-3, 3-4
Оперативная память, балл	8,59±0,17	9,06±0,08	6,43±0,25	8,76±0,06	1-3, 1-2, 3-4, 2-3
Объем внимания, балл	6,89±0,20	8,04±0,16	6,77±0,31	8,10±0,09	1-2, 1-4, 3-4
Абстрактное мышление, балл	14,90±0,21	14,02±0,16	15,66±0,35	15,11±0,12	3-4, 2-3
ПЗМР, мс	304,54±4,13	317,23±4,09	310,00±6,32	296,27±2,40	1-2, 2-4
УФП НП, с	66,41±0,85	68,64±0,57	65,03±0,77	64,19±0,35	1-2, 2-4
РГМ, количество сигналов	557,93±5,12	546,67±4,62	545,37±8,59	579,09±4,28	
Количество опережений	4,81±0,29	4,89±0,19	4,26±0,47	4,48±0,16	
Количество запаздываний	14,72±0,36	17,34±0,34	15,63±0,75	16,62±0,18	1-2, 1-4
Количество точных реакций	10,47±0,31	7,77±0,21	10,11±0,62	8,90±0,18	1-4, 1-2, 2-3, 3-4
Среднее время реакции, мс	28,70±1,43	29,34±1,23	29,40±1,67	30,82±0,83	
Суммарное время реакции опережения, мс	204,26±20,19	189,36±17,22	179,71±33,39	156,29±7,44	1-4
Суммарное время реакции запаздывания, мс	558,57±22,52	620,15±21,73	645,43±49,63	617,79±11,53	
Среднее время реакции опережения, мс	52,13±7,49	46,28±3,59	34,83±3,99	33,46±1,34	1-4
Среднее время реакции запаздывания, мс	36,96±0,94	44,14±1,29	41,03±2,89	40,18±0,93	1-2, 1-4

*Примечание:* ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция, СЗМР – сложная зрительно-моторная реакция, УФП НП – уровень функциональной подвижности нервных процессов, РГМ – работоспособность головного мозга.

1-2 – достоверность различий между подростками, обучающимися в лицее-интернате и гимназии-интернате; 1-3 – достоверность различий между подростками, обучающимися в лицее-интернате и лицее; 2-3 – достоверность различий между подростками, обучающимися в гимназии-интернате и лицее; 1-4 – достоверность различий между подростками, обучающимися в лицее-интернате и гимназии; 2-4 – достоверность различий между подростками, обучающимися в гимназии-интернате и гимназии; 3-4 – достоверность различий между подростками, обучающимися в лицее и гимназии.

*Note:* ПЗМР – simple visual-motor reaction, СЗМР – complex visual-motor reaction, УФП НП – level of functional mobility of nervous processes, РГМ – brain performance.

1-2 – reliability of differences between adolescents studying in a boarding lyceum and a boarding gymnasium; 1-3 – reliability of differences between adolescents studying in a boarding lyceum and a lyceum; 2-3 – reliability of differences between adolescents studying in a boarding gymnasium and a lyceum; 1-4 – reliability of differences between adolescents studying in a boarding lyceum and a gymnasium; 2-4 – reliability of differences between adolescents studying in a boarding gymnasium and a gymnasium; 3-4 – reliability of differences between adolescents studying in a lyceum and a gymnasium.

По показателю абстрактного мышления лицеисты демонстрируют статистически значимые высокие результаты. Это соответствует особенностям естественно-научного профиля, где абстрактное мышление является неотъемлемым инструментом понимания сложных физических и химических процессов, а также способностью к моделированию и предсказанию. Образование в гимназии, ориентированное на гуманитарные науки, часто направлено на истолкование текстов, анализ социальных явлений и развитие критического мышления в рамках уже существующих концепций. Полученные результаты согласуются с данными исследований, проведенных ранее Е. В. Васиной<sup>13</sup> и Т. А. Холоднюк<sup>14</sup>, которые также выявили подобные различия в когнитивных показателях школьников разных профилей.

Исследование, проведенное с использованием методик, оценивающих показатели ПЗМР, УФП НП, не выявило статистически значимых различий между гимназистами и лицеистами, однако гимназисты демонстрируют более высокую скорость восприятия сигналов.

Силу нервной системы характеризует показатель РГМ, который определяет выносливость нервной системы при воздействии сильных или длительных раздражителей. Низкий уровень РГМ может говорить об истощении нервных клеток и переходе центральной нервной системы (ЦНС) в стадию охранительного торможения. Высокие значения показателя РГМ указывают на большую силу нервной системы, что свидетельствует о высокой степени активации ЦНС [5]. Средние значения показателя РГМ указывают на то, что гимназисты обладают способностью к длительной

концентрации внимания без снижения эффективности. Они дольше удерживали активное внимание, не переходя в состояние утомления, что свидетельствует о более высокой устойчивости к когнитивной нагрузке. Это может быть связано как с индивидуальными особенностями, так и с различиями в учебных программах и профиле обучения.

По показателю РДО преобладали процессы запаздывания в обеих группах. Это объясняется тем, что реакция на стимул требует не только восприятия, но и быстрой оценки ситуации, принятия решения и выполнения моторного акта. При этом лицеисты продемонстрировали статистически более высокую точность реакции, что может быть связано с развитием более выраженных тормозных механизмов, позволяющих подавлять поспешные реакции и увеличивать точность ответа. Высокая точность часто сопряжена с более медленным временем реакции, что и объясняет преобладание запаздываний.

Показатели «среднего времени опережения» и «среднего времени запаздывания» оказались близкими по величине в обеих группах. Этот факт указывает на сложный, взаимозависимый характер процессов обработки информации. Эффективная обработка информации и ее удержание в кратковременной памяти регулируются балансом возбуждающих и тормозных нейронных процессов. Скоординированная работа этих механизмов обеспечивает эффективное восприятие, переработку и хранение информации.

Таким образом, обучающиеся образовательных организаций неинтернатного типа де-

<sup>13</sup> Васина Е. В., Кошко Н. Н. Адаптация подростков в процессе обучения по разным профильным программам // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – №1. – С. 33-41. URL: <https://elibrary.ru/rwmsnr>

<sup>14</sup> Холоднюк Т. А., Казин Э. М., Литвинова Н. А., Швачунова Л. М. Психофизиологическое сопровождение на этапе предпрофильного обучения // Валеология. – 2009. – № 1. – С. 59-63. URL: <https://elibrary.ru/ljngir>

монстрируют развитые навыки быстрого сканирования и переработки визуальной информации в условиях гимназии, в то время как лицеисты – навыки глубокой аналитической обработки, способность к моделированию и предсказанию.

Сравнительный анализ нейрокогнитивных процессов подростков, обучающихся в многопрофильном лицее-интернате и женской гимназии-интернате, позволил выявить статистически значимые различия гимназисток от лицеистов по показателям оперативной памяти и объема внимания (табл. 1). Такую особенность можно объяснить большей сосредоточенностью гимназисток на деталях и лучшей способностью к одновременной обработке информации, что непосредственно влияет на объем внимания и эффективность работы оперативной памяти. В данном случае высокие результаты могут свидетельствовать об эффективных стратегиях кодирования и извлечения информации из оперативной памяти.

В то же время лицеисты интернатного типа обучения продемонстрировали лучшие результаты в кратковременной памяти на слова, что может быть связано с особенностями обучения по естественно-научному профилю, где необходимо запоминать термины, формулы и сложные понятия. Постоянная работа с вербальной информацией способствует развитию именно этого аспекта кратковременной памяти.

Так, исследование А. Г. Сетко, О. М. Ждановой, П. В. Лукьянова показало, что школьники с интенсивным режимом обучения, обучающиеся в многопрофильном лицее-интернате, обладают высокой скоростью мыслительной деятельности и концентрацией произвольного внимания, формирующих

надежность когнитивной деятельности и поддерживающих нормальную умственную работоспособность учащихся, по сравнению со школьниками общеобразовательных учреждений [6; 8].

Нельзя исключать и влияние гендерного фактора. Обучение исключительно девочек может способствовать развитию специфических когнитивных процессов. Некоторые исследования показывают отличия в работе мозга у мальчиков и девочек, которые могут влиять на когнитивные функции [21]. Более того, социальная среда в однополой школе может влиять на стиль обучения и стратегии запоминания<sup>15</sup>.

Исследование выявило различия в скорости обработки информации у подростков. Лицеисты продемонстрировали существенно более высокую скорость обработки визуальной информации, чем гимназистки. Это проявлялось в значительно меньшем времени ПЗМР – они быстрее реагировали на появление визуального сигнала. Более того, лицеисты продемонстрировали повышенную работоспособность головного мозга – способность к длительной концентрации внимания без значительного снижения эффективности. Данный показатель, оцениваемый по изменению времени реакции на протяжении серии стимулов, указывает на большую устойчивость к умственному утомлению у лицеистов. Низкие значения показателя УФП НП у лицеистов подтверждают более высокую устойчивость их нервной системы к длительному напряжению.

Хотя по показателю РДО преобладали процессы запаздывания в обеих группах, гимназистки продемонстрировали статистически

<sup>15</sup> Пирумова И. В., Суботялов М. А., Айзман Р. И. Нейродинамические и психофизиологические показатели школьников в условиях традиционного и раз-

дельного обучения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина. – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 62-67.

значимо более быстрое время реакции на движущийся объект, чем лицеисты. По показателям «среднее время реакции опережения» и «среднее время реакции запаздывания» было выявлено, что у лицеистов преобладало опережение, свидетельствующее о доминировании процессов возбуждения в нервной системе. Высокий показатель может свидетельствовать о гиперактивности нервной системы, повышенной возбудимости и импульсивности. Этот дисбаланс негативно влияет на кратковременную память, так как избыток возбуждения может приводить к «перегрузке» системы обработки информации. Вместо того чтобы эффективно кодировать и хранить данные, нервная система расходует ресурсы на неконтролируемые реакции и не способна адекватно обрабатывать входящую информацию. Вследствие этого объем информации, который может быть удержан в кратковременной памяти, снижается. В то же время у гимназисток статистически значимо преобладала реакция запаздывания, что может говорить о некоторых особенностях их индивидуального стиля обработки информации, возможно, более тщательной и вдумчивой.

Подводя итог, отметим, что лицеисты из образовательного учреждения интернатного типа демонстрируют развитые навыки быстрого анализа и обработки визуальной информации, что может быть связано с более интенсивной учебной программой лицея, требующей постоянной мобилизации когнитивных ресурсов и развития навыков концентрации. Гимназистки же сосредотачиваются на деталях и обладают лучшей способностью к одновременной обработке информации, что непосредственно влияет на объем внимания и эффективность работы оперативной памяти.

В современных условиях образовательной практики возрастает потребность учитывать не только содержательность учебных

программ, но и нейрокогнитивные механизмы учащихся в контексте конкретной образовательной среды. Гуманитарная гимназия, естественно-научный лицей, многопрофильный лицей-интернат и женская гимназия-интернат представляют разные режимы обучения и нагрузки на рабочую память, внимание и абстрактное мышление, что существенно влияет на динамику познавательных процессов и академическую успеваемость. В существующей литературе часто отсутствуют интегрированные модели, учитывающие влияние типа обучения на предикторы успеваемости; регрессионный подход, объединяющий нейродинамические и когнитивные показатели в контексте разных образовательных сред, позволяет получить более точные и практически применимые прогнозы.

Для того чтобы определить, какие именно индивидуальные особенности влияют на успешность освоения учебной программы, был применен статистический метод – регрессионный анализ, где учтены влияния нейродинамических и когнитивных показателей, включенных в данную модель. Прогнозирование в рамках модели представляет собой сложный процесс трансформации исходных данных, которые преобразуются в соответствии с определенными математическими алгоритмами и правилами, заложенными в модели. В результате этого преобразования получаются новые индикаторы, представляющие собой прогноз успеваемости.

*Прогностическая модель академической успеваемости старших подростков в гуманитарной гимназии.* Подробный анализ результатов регрессионного моделирования, представленных в таблице 2, выявил несколько ключевых факторов, оказывающих значительное влияние на успеваемость учащихся. Данное исследование показало, что среди множе-

ства изученных параметров наиболее весомыми предикторами успешности оказались

объем внимания, развитость абстрактного мышления, объем оперативной памяти и РГМ.

Таблица 2

**Результаты множественного корреляционного анализа зависимости академической успеваемости от психофизиологических показателей старших подростков (Y), обучающихся в гуманитарной гимназии**

Table 2

**The results of a multiple correlation analysis of the dependence of academic performance on the psychophysiological indicators of older adolescents (Y) studying in a humanitarian gymnasium**

Коррелирующие факторы с Y		Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированные коэффициенты	T	p
		B	Станд. ошибка	Бета ( $\beta$ )		
№ п/п	(Константа)	0,983	0,312		3,150	0,002
1	X <sub>1</sub> – Объем внимания	-0,110	0,019	-0,284	-5,907	0,000
2	X <sub>2</sub> – Абстрактное мышление	0,119	0,011	0,547	10,452	0,000
3	X <sub>3</sub> – Объем оперативной памяти	0,071	0,024	0,128	2,976	0,003
4	X <sub>4</sub> – РГМ	0,003	0,0004	0,342	7,437	0,000

*Примечание:* итоги регрессии  $R = 0,72$ ;  $p < 0,00001$ ; стандартная ошибка оценки: 0,42.

*Note:* regression results  $R = 0.72$ ;  $p < 0.00001$ ; standard error of estimation: 0.42.

Полученные коэффициенты регрессии свидетельствуют о наличии статистически значимой связи между этими когнитивными характеристиками и академической успеваемостью. Хорошо развитое абстрактное мышление позволяет устанавливать связи между различными понятиями и строить сложные логические цепочки. Кроме того, высокая оперативная память способствует лучшей концентрации внимания на длительное время, что, безусловно, является важнейшим фактором для успешного усвоения учебного материала.

Полученные данные могут быть частично обусловлены спецификой обучения в гимназии. Поскольку гимназия имеет гуманитарный профиль, предполагающий большую работу с текстом, анализом информации и развитием критического мышления, возможно,

именно этот профиль обучения способствует развитию и применению именно тех когнитивных навыков, которые выявились как значимые предикторы успеваемости в нашей модели. Другими словами, организация обучения может как способствовать развитию этих способностей, так и создавать условия, где они особенно важны для достижения высоких результатов.

Модель является адекватной по Фишеру ( $p < 0,00001$ ). Коэффициент множественной корреляции, который рассчитан в данном исследовании, составил 0,72. Этот показатель является важным элементом для оценки надежности нашего прогноза. Надежность прогноза, в свою очередь, определяется коэффициентом детерминации (Кд). Этот коэффициент представляет собой квадрат значения

коэффициента множественной корреляции ( $R^2$ ). В нашем случае для рассматриваемого уравнения коэффициент детерминации оказался равным 0,52. Это означает, что 52 % вариации в успешности учебной деятельности гимназистов может быть объяснено с помощью модели, основанной на линейной регрессии.

Модель демонстрирует достаточно высокий уровень объяснительной силы, позволяя

нам с определенной степенью уверенности делать выводы о факторах, влияющих на успех учебной деятельности. Для того чтобы произвести расчеты прогнозируемой успешности учебной деятельности гимназистов, можно использовать уравнение линейной регрессии, которое было составлено на основе решения данной задачи:

$$Y = 0,983 - 0,11 * X_1 + 0,119 * X_2 + 0,071 * X_3 + 0,003 * X_4,$$

где:  $Y$  – это прогнозируемая успеваемость подростков, обучающихся в гимназии,  $X_1$  – объем внимания,  $X_2$  – абстрактное мышление,  $X_3$  – объем оперативной памяти,  $X_4$  – работоспособность головного мозга.

where:  $Y$  is the predicted academic performance of teenagers studying at the gymnasium,  $X_1$  is the amount of attention,  $X_2$  is abstract thinking,  $X_3$  is the amount of RAM,  $X_4$  is the working capacity of the brain.

Регрессионное уравнение позволяет анализировать и предсказывать результаты, основываясь на имеющихся данных, что делает его полезным инструментом для образовательных учреждений, стремящихся улучшить результаты своих учеников.

*Прогностическая модель академической успеваемости старших подростков в лицее.* Основные результаты регрессионного анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты множественного корреляционного анализа зависимости академической успеваемости от психофизиологических показателей старших подростков ( $Y$ ), обучающихся в естественно-научном лицее**

Table 3

**The results of a multiple correlation analysis of the dependence of academic performance on the psychophysiological indicators of older adolescents ( $Y$ ) studying in a natural science lyceum**

Коррелирующие факторы с $Y$		Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированные коэффициенты	Т	Значимость
		В	Станд. ошибка			
№ п/п	(Константа)	1,749	0,500		3,499	0,001
1	$X_1$ – Абстрактное мышление	0,072	0,019	0,53	3,731	0,000
2	$X_2$ – РГМ	0,002	0,001	0,30	2,080	0,047

Примечание: итоги регрессии  $R = 0,73$ ;  $p < 0,00001$ ; стандартная ошибка оценки: 0,30.

Note: regression results  $R = 0.73$ ;  $p < 0.00001$ ; standard error of estimation: 0.30.

На основании данных регрессионного анализа в качестве наиболее значимых факторов были выделены абстрактное мышление и РГМ. Анализ показал прямую зависимость: чем лучше развиты абстрактное мышление и способность к концентрации, тем выше успеваемость учащихся. Более того, исследование указывает на синергетический эффект – хорошая концентрация внимания не только сама по себе способствует лучшим результатам, но и усиливает эффективность абстрактного мышления.

Результаты регрессионного анализа подтверждают соответствие естественно-научного профиля обучения в лицее когнитивным особенностям учеников. Программа обучения эффективно использует и развивает сильные стороны учащихся, что и приводит к высоким академическим достижениям.

$$Y = 1,749 + 0,072 * X_1 + 0,002 * X_2,$$

где: Y – это прогнозируемая успеваемость подростков, обучающихся в лицее, X<sub>1</sub> – абстрактное мышление, X<sub>2</sub> – работоспособность головного мозга.

where: Y is the predicted academic performance of teenagers studying at the lyceum, X<sub>1</sub> is abstract thinking, X<sub>2</sub> is the working capacity of the brain.

*Прогностическая модель академической успеваемости старших подростков в многопрофильном лицее-интернате.* Результаты регрессионного анализа, представленные в таблице 4, указывают на наличие статистически значимых корреляций между когнитивными функциями и успеваемостью учащихся лицее-интерната. Анализ выявил четыре ключевых предиктора успешности: объем внимания, развитие абстрактного мышления, объем кратковременной памяти на слова и показатель РГМ.

Полученные коэффициенты регрессии позволили установить направление и силу влияния каждого из этих факторов на успева-

емость. Модель является адекватной по Фишеру ( $p < 0,00001$ ). Коэффициент множественной корреляции составил 0,73, коэффициент детерминации – 0,53. Это означает, что 53 % вариации в успешности учебной деятельности лицеистов может быть объяснено с помощью модели, основанной на линейной регрессии.

Модель демонстрирует достаточно высокий уровень объяснительной силы, позволяя нам с определенной степенью уверенности делать выводы о факторах, влияющих на успех учебной деятельности. Для того чтобы произвести расчеты прогнозируемой успешности учебной деятельности лицеистов, можно использовать уравнение линейной регрессии, которое было составлено на основе решения данной задачи:

емость. Чем выше размер объема кратковременной памяти, чем эффективнее работает головной мозг, и чем лучше развито абстрактное мышление, тем выше, согласно модели, будет успеваемость учащихся. Более того, хорошая память и абстрактное мышление являются фундаментом для более успешного освоения учебного материала и формирования более сложных когнитивных навыков. Успеваемость в лицее-интернате определяется не только сенсорно-перцептивными процессами, но и сложным взаимодействием когнитивных процессов и спецификой образовательной среды.

Таблица 4

**Результаты множественного корреляционного анализа зависимости академической успеваемости от психофизиологических показателей старших подростков (Y), обучающихся в многопрофильном лицее-интернате**

Table 4

**The results of a multiple correlation analysis of the dependence of academic performance on the psychophysiological indicators of older adolescents (Y) studying at a multidisciplinary boarding school**

Коррелирующие факторы с Y		Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированные коэффициенты	T	Значимость
		B	Станд. ошибка	Бета (β)		
№ п/п	(Константа)	0,060	0,001		4,70	0,000
1	X <sub>1</sub> – объем кратковременной памяти на слова	0,095	0,045	0,182	2,08	0,042
2	X <sub>2</sub> – Объем внимания	0,082	0,035	0,237	2,34	0,023
3	X <sub>3</sub> – Абстрактное мышление	0,166	0,030	0,616	5,49	0,000
4	X <sub>4</sub> – РГМ	0,004	0,001	0,365	2,99	0,004

*Примечание:* итоги регрессии R = 0,79; p < 0,00001; стандартная ошибка оценки: 0,33.

*Note:* regression results R = 0.79; p < 0.00001; standard error of estimation: 0.33.

Модель является адекватной по Фишеру (p < 0,00001). Коэффициент множественной корреляции составил 0,79, коэффициент детерминации – 0,62. Это означает, что 62 % вариации в успешности учебной деятельности подростков может быть объяснено с помощью модели, основанной на линейной регрессии.

Модель демонстрирует достаточно высокий уровень объяснительной силы, позволяя

нам с определенной степенью уверенности делать выводы о факторах, влияющих на успех учебной деятельности. Для того чтобы произвести расчеты прогнозируемой успешности учебной деятельности подростков, можно использовать уравнение линейной регрессии, которое было составлено на основе решения данной задачи:

$$Y = 0,06 + 0,095 * X_1 + 0,082 * X_2 + 0,166 * X_3 + 0,004 * X_4,$$

где: Y – это прогнозируемая успеваемость подростков, обучающихся в многопрофильном лицее-интернате, X<sub>1</sub> – объем кратковременной памяти на слова, X<sub>2</sub> – объем внимания, X<sub>3</sub> – абстрактное мышление, X<sub>4</sub> – работоспособность головного мозга.

where: Y is the predicted academic performance of adolescents studying at a multidisciplinary boarding school, X<sub>1</sub> is the volume of short-term memory for words, X<sub>2</sub> is the amount of attention, X<sub>3</sub> is abstract thinking, X<sub>4</sub> is the working capacity of the brain.

Прогностическая модель академической успеваемости старших подростков в женской гимназии-интернате. Основные результаты регрессионного анализа представлены в

таблице 5. На основании данных регрессионного анализа в качестве наиболее значимых факторов были выделены объем внимания, абстрактное мышление.

Таблица 5

**Результаты множественного корреляционного анализа зависимости академической успеваемости от психофизиологических показателей старших подростков (Y), обучающихся в женской гимназии-интернате**

Table 5

**The results of a multiple correlation analysis of the dependence of academic performance on the psychophysiological indicators of older adolescents (Y) studying at a boarding school for girls**

Коррелирующие факторы с Y		Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированные коэффициенты	T	Значимость
		B	Станд. ошибка	Бета (β)		
№ п/п	(Константа)	4,002	0,318		12,58	0,000
1	X <sub>1</sub> – Объем внимания	0,048	0,016	0,229	3,05	0,003
2	X <sub>2</sub> – Абстрактное мышление	0,105	0,013	0,608	7,91	0,000
3	X <sub>3</sub> – ПЗМР	-0,003	0,001	0,349	-4,92	0,000
4	X <sub>4</sub> – РГМ	0,004	0,001	0,358	2,69	0,003

Примечание: итоги регрессии R = 0,72; p < 0,00001; стандартная ошибка оценки: 0,28.

Note: regression results R = 0.72; p < 0.00001; standard error of estimation: 0.28.

Результаты регрессионного анализа позволили установить направление и силу влияния каждого фактора, включенного в данную модель, на успеваемость. Чем выше объем внимания, лучше развито абстрактное мышление, а также выше скорость восприятия информации, тем выше, согласно модели, будет успеваемость учащихся. Более того, лучшему развитию абстрактного мышления также способствует высокая скорость восприятия сигнала. Высокая успеваемость в гимназии-интернате определяется взаимодействием когнитивных процессов и спецификой образовательной среды. Другими словами, разные учебные заведения и их образовательная программа могут не только стимулировать развитие определенных когнитивных функций, но и

создавать учебную среду, в которой эти функции становятся особенно важными для достижения успеха.

Модель является адекватной по Фишеру (p < 0,00001). Коэффициент множественной корреляции составил 0,72, коэффициент детерминации – 0,52. Это означает, что 52 % вариации в успешности учебной деятельности подростков может быть объяснено с помощью модели, основанной на линейной регрессии.

Модель демонстрирует достаточно высокий уровень объяснительной силы, позволяя нам с определенной степенью уверенности делать выводы о факторах, влияющих на успех учебной деятельности. Для того чтобы произвести расчеты прогнозируемой успешности

учебной деятельности подростков, можно использовать уравнение линейной регрессии,

которое было составлено на основе решения данной задачи:

$$Y = 4,002 + 0,048 * X_1 + 0,105 * X_2 - 0,003 * X_3 + 0,004 * X_4,$$

где:  $Y$  – это прогнозируемая успеваемость подростков, обучающихся в женской гимназии-интернате,  $X_1$  – объем внимания,  $X_2$  – абстрактное мышление,  $X_3$  – простая зрительно-моторная реакция,  $X_4$  – работоспособность головного мозга.  
where:  $Y$  is the predicted academic performance of teenagers studying at a boarding school for girls,  $X_1$  is the amount of attention,  $X_2$  is abstract thinking,  $X_3$  is a simple visual-motor reaction,  $X_4$  is the brain's working capacity.

Образовательная среда не просто пассивно воздействует на развитие когнитивных функций, она структурирует стратегию обработки информации. В гимназиях внимание и рабочая память развиваются в рамках обработки объемной вербальной информации и требований к точности, тогда как естественно-научные профили стимулируют абстрактное мышление и моделирование, необходимые для формулирования и проверки гипотез. Интернатные программы, сочетающие элементы обоих типов обучения, создают уникальные сочетания факторов, где ключевыми предикторами становятся объем внимания, абстрактное мышление, кратковременная память и работоспособность головного мозга, что подчеркивает необходимость нейрокогнитивной прогностической модели.

Можно рекомендовать развивать персонализированные подходы к обучению, акцентируя внимание на развитии тех когнитивных функций, которые наиболее релевантны в конкретной образовательной среде: для гимназий – усиление внимания и рабочей памяти при обработке большого объема информации; для лицей – развитие абстрактного мышления и моделирования; для интернатных учреждений – сочетать стимулы на внимание, память и устойчивость когнитивной активности под нагрузкой.

### Заключение

Результаты исследования позволили построить прогностическую модель академической успеваемости старших подростков в разных условиях обучения на основе нейрокогнитивных характеристик.

Общими особенностями прогностической модели академической успеваемости старших подростков является уровень развития мыслительных процессов и работоспособности головного мозга.

Выявлены отличительные особенности нейрокогнитивных процессов старших подростков, позволяющие прогнозировать успешность обучения в условиях разных образовательных организаций:

- у гимназистов высокая успеваемость обусловлена хорошо развитыми показателями оперативной памяти и объема внимания;
- для обучающихся в естественно-научном лицее характерны общие особенности прогностической модели, предполагающие учет показателей мышления и работоспособности головного мозга;
- у обучающихся многопрофильного лицей-интерната успешность обучения достигается за счет высоких показателей объема внимания и кратковременной памяти;
- успешность обучения подростков женской гимназии-интерната обусловлена высокой скоростью обработки информации на фоне увеличения объема внимания.

Таким образом, формирование целостного представления об академическом потенциале ребенка должно учитывать множество взаимосвязанных факторов и позволять своевременно выявлять риски и принимать эффективные меры по улучшению его успеваемости.

Разработка подобных моделей является важным шагом в индивидуализации подхода к обучению и предотвращении возможных проблем в школьной жизни подростков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bressler S. L., Menon V. Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2010. – Vol. 14 (6). – P. 277-290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.04.004>
2. Емельянова Е. П., Сельский А. О., Журавлёв М. О., Руннова А. Е., Саматова К. С. Идентификация индивидуальных особенностей активности головного мозга при когнитивной нагрузке с помощью рекуррентного анализа данных электроэнцефалографии // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 148-152. URL: <https://www.elibrary.ru/FFAHQQ> DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367676522010112>
3. Sukenik N., Vinogradov O., Weinreb E., Segal M., Levina A., Moses E. Neuronal circuits overcome imbalance in excitation and inhibition by adjusting connection numbers // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2021. – Vol. 118 (12). – P. e2018459118. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2018459118>
4. Bassett D. S., Sporns O. Network neuroscience // *Nature Neuroscience*. – 2017. – Vol. 20 (3). – P. 353364. – DOI: <https://doi.org/10.1038/nn.4502>
5. Deco G., Jirsa V. K., McIntosh A. R. Emerging concepts for the dynamical organization of resting-state activity in the brain // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2011. – Vol. 12 (1). – P. 43-56. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn2961>
6. Долгова В. И., Кондратьева О. А., Зайкина Т. Е. Влияние свойств внимания на успеваемость субъектов цифровой образовательной среды // *Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета*. – 2023. – № 2. – С. 278-300. URL: <https://www.elibrary.ru/MSRIJC> DOI: <https://doi.org/10.25588/CSPU.2023.174.2.016>
7. Hartley C. A., Somerville L. H. The neuroscience of adolescent decision-making // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. – 2015. – Vol. 5. – P. 108-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.09.004>
8. Немолочная Н. В. Нейрокогнитивные предикторы академической успеваемости в образовательном учреждении интернатного типа // *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки*. – 2024. – Т. 8, № 4. – С. 437-444. URL: <https://www.elibrary.ru/YFHZJC> DOI: <https://doi.org/10.21603/2542-1840-2024-8-4-437-444>
9. Сетко А. Г., Жданова О. М., Лукьянов П. В. Особенности физиологических реакций на учебную нагрузку организма учеников с различными умственными способностями // *Гигиена и санитария*. – 2022. – Т. 101, № 2. – С. 211-217. URL: <https://www.elibrary.ru/ULWUHB> DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-211-217>
10. Варич Л. А., Федоров А. И., Немолочная Н. В., Блинова Н. Г. Взаимосвязь психофизиологических показателей и уровня кортизола подростков, обучающихся в условиях лицея-интерната // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2018. –



- T. 8, № 5. – С. 230-244. URL: <https://www.elibrary.ru/YNVLCH> DOI: <https://doi.org/10.15293/2226-3365.1805.14>
11. Falikman M. There and back again: A (reversed) Vygotskian perspective on digital socialization // *Frontiers in Psychology*. – 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.501233>
  12. Tikhomirova T., Malykh A., Malykh S. Predicting academic achievement with cognitive abilities: Cross-sectional study across school education // *Behavioral Sciences*. – 2020. – Vol. 10 (10). – P. 158. DOI: <https://doi.org/10.3390/bs10100158>
  13. Kelly S. P., O’Connell R. G. Internal and External Influences on the Rate of Sensory Evidence Accumulation in the Human Brain // *Journal of Neuroscience* – 2013. – Vol. 33 (50). – P. 19434-19441. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3355-13.2013>
  14. Krumm S., Ziegler M., Buehner M. Reasoning and working memory as predictors of school grades // *Learning and Individual Differences*. – 2008. – Vol. 18 (2). – P. 248-257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.08.002>
  15. Purpura D. J., Schmitt S. A. Cross-domain development of early academic and cognitive skills // *Early Childhood Research Quarterly*. – 2018. – Vol. 46. – P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.10.009>
  16. Rindermann H., Neubauer A. C. Processing speed, intelligence, creativity, and school performance: Testing of causal hypotheses using structural equation models // *Intelligence*. – 2004. – Vol. 32(6). – P. 573-589. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2004.06.005>
  17. Dodonova Y. A., Dodonov Y. S. Processing speed and intelligence as predictors of school achievement: Mediation or unique contribution? // *Intelligence*. – 2012. – Vol. 40 (2). – P. 163-171. <https://www.elibrary.ru/PDLSLB> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2012.01.003>
  18. Montoya M. F., Susperreguy M. I., Dinarte L., Morrison F. J., San Martín E., Rojas-Barahona C. A., Förster C. E. Executive function in Chilean preschool children: Do short-term memory, working memory, and response inhibition contribute differentially to early academic skills? // *Early Childhood Research Quarterly*. – 2019. – Vol. 46. – P. 187-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.02.009>
  19. Nguyen T., Duncan G. J. Kindergarten components of executive function and third grade achievement: A national study // *Early Childhood Research Quarterly*. – 2019. – Vol. 46. – P. 501233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.05.006>
  20. Mao J., Stocker A. A. Sensory perception is a holistic inference process // *Psychological Review*. – 2024. – Vol. 131 (4). – P. 858-890. DOI: <https://doi.org/10.1037/rev0000457>
  21. Корнеев А. А., Захарова М. Н., Курганский А. В., Ломакин Д. И., Мачинская Р. И. Прогностическое значение электроэнцефалографических и нейропсихологических показателей состояния регуляторных функций мозга для оценки вероятности отклонений поведения у подростков // *Экспериментальная психология*. – 2021. – № 1. – С. 135-150. URL: <https://www.elibrary.ru/ZVHVXX> DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140106>
  22. Сетко А. Г., Жданова О. М., Лукьянов П. В. Физиолого-гигиеническая характеристика когнитивных функций, определяющих успешность обучения школьников в условиях различной напряженности образовательного процесса // *Здоровье населения и среда обитания - ЗНИСО*. – 2021. – Т. 29, № 11. – С. 45-52. URL: <https://www.elibrary.ru/JEEPAU> DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-45-52>
  23. Magosso E., Ursino M. The Sensory-Cognitive Interplay: Insights into Neural Mechanisms and Circuits // *Journal of Integrative Neuroscience*. – 2023. – Vol. 32 (1). – P. 3. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.jin2201003>



24. Потанина А. М., Моросанова В. И. Психологические ресурсы успеваемости подростков: дифференциальные аспекты // Психолого-педагогические исследования. – 2023. – № 15. – С. 6-22. URL: <https://www.elibrary.ru/BYEUYF> DOI: <https://doi.org/10.17759/psy-edu.2023150301>
25. Уланова А. Ю. Соотношение эмоционального интеллекта и когнитивной регуляции эмоций в старшем подростковом возрасте // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. – 2021. – № 1. – С. 97-107. URL: <https://elibrary.ru/svssbz> DOI: <https://doi.org/10.17072/2078-7898/2021-1-97-107>
26. Гут Ю. Н., Кабардов М. К., Кошелева Ю. П., Москвитина О. А. Когнитивные функции и личностные особенности школьников в разных образовательных средах // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 5. – С. 323-333. URL: <https://www.elibrary.ru/BMJXCN> DOI: <https://doi.org/10.32744/pse.2021.5.22>
27. Cirino P. T., Farrell A. E., Barnes M. A., Roberts G. J. An Evaluation of the Structure of Attention in Adolescence // Developmental Neuropsychology. – 2023. – Vol. 48 (4). – P. 162-185. DOI: <https://doi.org/10.1080/87565641.2023.2213789>
28. Newell F. N., McKenna E., Seveso M. A., Devine I., Alahmad F., Hirst R. J., O'Dowd A. Multi-sensory perception constrains the formation of object categories: a review of evidence from sensory-driven and predictive processes on categorical decisions // Philosophical Transactions of the Royal Society B. – 2023. – Vol. 378. – P. 20220342. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0342>
29. Двойнин А. М., Троцкая Е. С. Когнитивные предикторы академической успешности: как общие закономерности «работают» на ранних этапах образования? // Психологическая наука и образование. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 42-52. URL: <https://www.elibrary.ru/BCHNZF> DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270204>
30. Манцулич В. В. История становления когнитивной психологии и развития взглядов на проблему когнитивных и метакогнитивных способностей личности // Вестник МПГУ. Серия: Педагогика и психология. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 90-102. URL: <https://www.elibrary.ru/EZCDHM> DOI: <https://doi.org/10.25688/2076-9121.2022.16.4.05>
31. Swann J. Cognitive Interactions within Sensory // Information in Perception. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.6082/uchicago.4241>

Поступила: 09 сентября 2025

Принята: 11 марта 2026

Опубликована: 30 апреля 2026

**Заявленный вклад авторов:**

Немолочная Н. В.: сбор эмпирического материала, выполнение статистических процедур, оформление текста статьи.

Сапего А. В.: сбор материалов, литературный обзор.

Мурышкина Е. В.: сбор материалов, литературный обзор.

Варич Л. А.: организация исследования, концепция и дизайн исследования, интерпретация результатов и общее руководство.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.



### Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

### Информация об авторах

#### Немолочная Нина Владимировна

старший преподаватель,  
кафедра генетики и фундаментальной медицины,  
Кемеровский государственный университет,  
ул. Красная, д. 6, г. Кемерово, Россия.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2843-4233>  
SPIN-код: 7353-6367  
E-mail: [nina-nem@mail.ru](mailto:nina-nem@mail.ru)

#### Сапего Анна Викторовна

кандидат наук, директор,  
Губернаторская женская гимназия-интернат,  
ул. Боровая, 99Г, Кемеровская область-Кузбасс, с. Елыкаево, Россия.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-1043-1595>  
SPIN-код: 8742-5230  
E-mail: [anna.sapego@mail.ru](mailto:anna.sapego@mail.ru)

#### Мурьшкина Елена Вадимовна

директор,  
Губернаторский многопрофильный лицей-интернат,  
ул. Терешковой, д. 37а, г. Кемерово, Россия.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-3724-6918>  
E-mail: [kemerovogmli@yandex.ru](mailto:kemerovogmli@yandex.ru)

#### Варич Лидия Александровна

кандидат наук, доцент,  
кафедра генетики и фундаментальной медицины,  
Кемеровский государственный университет,  
ул. Красная, д. 6, г. Кемерово, Россия.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0855-6671>  
SPIN-код: 9490-0055  
E-mail: [varich2002@mail.ru](mailto:varich2002@mail.ru)



## The specifics of neurodynamic processes and cognitive functions in learning: Assessment based on a predictive model of adolescents' academic performance

Nina V. Nemolochnaya  <sup>1</sup>, Anna V. Sapego<sup>2</sup>, Elena V. Muryshkina<sup>3</sup>, Lidiya A. Varich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

<sup>2</sup> Governor's Women's Boarding School, Kemerovo, Russian Federation

<sup>3</sup> Governor's Multidisciplinary Boarding Lyceum, Kemerovo

### Abstract



**Introduction.** *The role of neurodynamic processes and cognitive functions in learning activities of older adolescents in different educational environments remains insufficiently studied. Existing data are inadequate for proper evaluating the differences between educational institutions and for predicting risks of academic underachievement. The study aims to identify the neurocognitive basis for a predictive model of academic performance in older adolescents across different learning environments (i.e., to determine the contribution of neurodynamic characteristics and cognitive processes to predicting the academic performance of older adolescents).*

**Materials and Methods.** *The research methodology is based on a comprehensive analysis of neurodynamic and cognitive characteristics of older adolescents, using an automated psychophysiological complex. This complex assesses the following characteristics: simple visual-motor reaction (SVMR), level of functional mobility of nervous processes (FMLNP), brain work capacity (BWC), reaction to a moving object (RMO), short-term memory, attention span, and abstract thinking.*

**Results.** *Empirical data indicate that boarding and non-boarding types of education foster stable differences in the cognitive mechanisms of older adolescents, reflecting adaptive information processing strategies within a specific educational institution. Students from non-boarding schools demonstrate developed skills for rapid scanning and processing of visual information in a gymnasium environment, whereas lyceum students exhibit skills for deep analytical processing, modeling, and prediction. Students from a boarding lyceum show advanced skills for rapid analysis and processing of visual information, while students from a boarding gymnasium focus more on details and possess a better ability for simultaneous information processing. These differences have important implications for developing a neurocognitive predictive model of academic performance, as they emphasize the necessity of considering the neurodynamic and cognitive characteristics of older adolescents.*

### For citation

Nemolochnaya N. V., Sapego A. V., Muryshkina E. V., Varich L. A. The specifics of neurodynamic processes and cognitive functions in learning: Assessment based on a predictive model of adolescents' academic performance. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (2), pp. 208–232. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2602.10>

  Corresponding Author: Nina V. Nemolochnaya, [nina-nem@mail.ru](mailto:nina-nem@mail.ru)

© Nina V. Nemolochnaya, Anna V. Sapego, Elena V. Muryshkina, Lidiya A. Varich, 2026

**Conclusions.** Thus, the study identified general predictors (brain work capacity, thinking) and specific ones (for the gymnasium – attention span, working memory; for the multidisciplinary boarding lyceum – attention span, short-term memory; for the girls' boarding gymnasium – attention span, simple visual-motor reaction) that were included in the predictive model. The obtained data suggest that the educational environment shapes specific cognitive profiles, which collectively determine student performance and require the adjustment of teaching strategies and predictive models to the institutional context.

**Keywords**

Older adolescents; Neurodynamic characteristics; Cognitive processes; Academic performance; Educational institution; Learning conditions; Predictive model.

**REFERENCES**

1. Bressler S. L., Menon V. Large-scale brain networks in cognition: Emerging methods and principles. *Trends in Cognitive Sciences*, 2010, vol. 14 (6), pp. 277-290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.04.004>
2. Yemelyanova E. P., Selsky A. O., Zhuravlyov M. O., Runnova A. E., Samatova K. S. Identifying features of brain activity under a cognitive load via recurrence analysis of EEG data. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya*, 2022, vol. 86 (1), pp. 148-152. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/FFAHQQ> DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367676522010112>
3. Sukenik N., Vinogradov O., Weinreb E., Segal M., Levina A., Moses E. Neuronal circuits overcome imbalance in excitation and inhibition by adjusting connection numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, vol. 118 (12), pp. e2018459118. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2018459118>
4. Bassett D. S., Sporns O. Network neuroscience. *Nature Neuroscience*, 2017, vol. 20 (3), pp. 353-364. DOI: <https://doi.org/10.1038/nn.4502>
5. Deco G., Jirsa V. K., McIntosh A. R. Emerging concepts for the dynamical organization of resting-state activity in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 2011, vol. 12 (1), pp. 43-56. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn2961>
6. Dolgova V. I., Kondratieva O. A., Zaykina T. Ye. The influence of attention properties on the performance of subjects of the digital educational environment. *Bulletin of the South Ural State Humanitarian and Pedagogical University*, 2023, no. 2, pp. 278-300. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/MSRIJC> DOI: <https://doi.org/10.25588/CSPU.2023.174.2.016>
7. Hartley C. A., Somerville L. H. The neuroscience of adolescent decision-making. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 2015, vol. 5, pp. 108-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.09.004>
8. Nemolochnaya N. V. Neurocognitive predictors of academic performance in a residential educational institution. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Humanities and Social Sciences*, 2024, vol. 8 (4), pp. 437-444. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/YFHZJC074> DOI: <https://doi.org/10.21603/2542-1840-2024-8-4-437-444>
9. Setko A. G., Zhdanova O. M., Lukyanov P. V. Features of physiological reactions to the learning load on students with different mental abilities. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation)*, 2022, vol. 101 (2), pp. 211-217. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/ULWUHB260> DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-2-211-217>



10. Varich L. A., Fedorov A. I., Nemolochnaya N. V., Blinova N. G. Correlation between psychophysiological characteristics and a cortizole level in boarding school adolescents. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2018, vol. 8 (5), pp. 230-244. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/YNVLCH> DOI: <https://doi.org/10.15293/2226-3365.1805.14>
11. Falikman M. There and back again: A (reversed) Vygotskian perspective on digital socialization. *Frontiers in Psychology*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.501233>
12. Tikhomirova T., Malykh A., Malykh S. Predicting Academic Achievement with Cognitive Abilities: Cross-Sectional Study across School Education. *Behavioral Sciences*, 2020, vol. 10 (10), pp. 158. DOI: <https://doi.org/10.3390/bs10100158>
13. Kelly S. P., O'Connell R. G. Internal and external influences on the rate of sensory evidence accumulation in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 2013, vol. 33 (50), pp. 19434-19441. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3355-13.2013>
14. Krumm S., Ziegler M., Buehner M. Reasoning and working memory as predictors of school grades. *Learning and Individual Differences*, 2008, vol. 18 (2), pp. 248-257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.08.002>
15. Purpura D. J., Schmitt S. A. Cross-domain development of early academic and cognitive skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 2018, vol. 46, pp. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.10.009>
16. Rindermann H., Neubauer A. C. Processing speed, intelligence, creativity, and school performance: Testing of causal hypotheses using structural equation models. *Intelligence*, 2004, vol. 32 (6), pp. 573-589. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2004.06.005>
17. Dodonova Y. A., Dodonov Y. S. Processing speed and intelligence as predictors of school achievement: Mediation or unique contribution? *Intelligence*, 2012, vol. 40 (2), pp. 163-171. <https://www.elibrary.ru/PDLSLB> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2012.01.003>
18. Montoya M. F., Susperreguy M. I., Dinarte L., Morrison F. J., San Martín E., Rojas-Barahona C. A., Förster C. E. Executive function in Chilean preschool children: Do short-term memory, working memory, and response inhibition contribute differentially to early academic skills? *Early Childhood Research Quarterly*, 2019, vol. 46, pp. 187-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.02.009>
19. Nguyen T., Duncan G. J. Kindergarten components of executive function and third grade achievement: A national study. *Early Childhood Research Quarterly*, 2019, vol. 46, pp. 501-523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.05.006>
20. Mao J., Stocker A. A. Sensory perception is a holistic inference process. *Psychological Review*, (2024), vol. 131 (4), pp. 858-890. DOI: <https://doi.org/10.1037/rev0000457>
21. Korneev A. A., Zakharova M. N., Kurgansky A. V., Lomakin D. I., Machinskaya R. I. Prognostic value of electroencephalographic and neuropsychological indicators of the state of regulatory functions of the brain to assess the likelihood of behavioral abnormalities in adolescents. *Experimental Psychology*, 2021, no. 1, pp. 135-150. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/ZVHVXX174> DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140106>
22. Setko A. G., Zhdanova O. M., Lukyanov P. V. Physiological and hygienic characteristics of cognitive functions determining successful student learning under conditions of different schooling intensity. *Health and Environment*, 2021, vol. 29 (11), pp. 45-52. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/JEPAU> DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-11-45-52>



23. Magosso E., Ursino M. The sensory-cognitive interplay: Insights into neural mechanisms and circuits. *Journal of Integrative Neuroscience*, 2023, vol. 32 (1), pp. 3. DOI: <https://doi.org/10.31083/j.jin2201003>
24. Potanina A. M., Morosanova V. I. Psychological resources of adolescents' achievement: differential aspects. *Psychological-Educational Studies*, 2023, no. 15, pp. 6-22. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/BYEUYF> DOI: <https://doi.org/10.17759/psyedu.2023150301>
25. Ulanova A. Y. Interrelation of emotional intelligence and cognitive regulation of emotions in late adolescence. *Bulletin of Perm University. Philosophy. Psychology. Sociology*, 2021, no. 1, pp. 97-107. URL: <https://elibrary.ru/svssbz> DOI: <https://doi.org/10.17072/2078-7898/2021-1-97-107>
26. Gut Yu. N., Kabardov M. K., Kosheleva Yu. P., Moskvitina O. A. Cognitive functions and personality traits of students in different educational environments. *Perspectives of Science and Education*, 2021, no. 5, pp. 323-333. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/BMJXCN> DOI: <https://doi.org/10.32744/pse.2021.5.22>
27. Cirino P. T., Farrell A. E., Barnes M. A., Roberts, G. J. An Evaluation of the Structure of Attention in Adolescence. *Developmental Neuropsychology*, 2023, vol. 48 (4), pp. 162-185. DOI: <https://doi.org/10.1080/87565641.2023.2213789>
28. Newell F. N., McKenna E., Seveso M. A., Devine I., Alahmad F., Hirst R. J., O'Dowd A. Multisensory perception constrains the formation of object categories: a review of evidence from sensory-driven and predictive processes on categorical decisions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2023, vol. 378, pp. 1886. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0342>
29. Dvoinin A. M., Trotskaya E. S. Cognitive predictors of academic success: How do the general patterns work in the early stages of education? *Psychological Science and Education*, 2022, vol. 27 (2), pp. 42–52. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/BCHNZF> DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270204>
30. Mantsulich V. V. The history of the cognitive psychology formation and the development of views on the problem of a person's cognitive and metacognitive abilities. *Moscow State Pedagogical University Bulletin. Series: Pedagogy and Psychology*, 2022, vol. 16 (4), pp. 90–102. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/EZCDHM> DOI: <https://doi.org/10.25688/2076-9121.2022.16.4.05>
31. Swann J. Cognitive interactions within sensory. *Information in Perception*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6082/uchicago.4241>

Submitted: 09 September 2025

Accepted: 10 March 2026

Published: 30 April 2026



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

### The authors' stated contribution:

Nina V. Nemolochnaya

Contribution of the co-author: concept and design of the study, interpretation of the results and general guidance of the study

Anna V. Sapego

Contribution of the co-author: collection of materials, literary review.





Elena V. Muryshkina

Contribution of the co-author: collection of materials, literary review.

Lidiya A. Varich

Contribution of the co-author: organization of the study, concept and design of the study, interpretation of the results and general guidance of the study.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

### Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

### Information about the Authors

#### Nina Vladimirovna Nemolochnaya

Senior Lecturer, Department of Genetics and Fundamental Medicine,  
Kemerovo State University (KemSU),

Krasnaya St., 6, Kemerovo, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2843-4233>

E-mail: [nina-nem@mail.ru](mailto:nina-nem@mail.ru)

#### Anna Viktorovna Sapego

PhD, Director

Governor's Women's Boarding School, Kemerovo Region-Kuzbass,  
Yelykaevo Village, Borovaya St., 99G, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-1043-1595>

E-mail: [anna.sapego@mail.ru](mailto:anna.sapego@mail.ru)

#### Elena Vadimovna Muryshkina

Director

Governor's Multidisciplinary Boarding Lyceum,  
Tereshkova St., 37a, Kemerovo, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-3724-6918>

E-mail: [kemerovogmli@yandex.ru](mailto:kemerovogmli@yandex.ru)

#### Lidiya Aleksandrovna Varich

PhD, Associate Professor,

Department of Genetics and Fundamental Medicine,  
Kemerovo State University (KemSU),

Krasnaya St., 6, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0855-6671>

E-mail: [varich2002@mail.ru](mailto:varich2002@mail.ru)