

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-2-197-208>



УДК 534.8+57.087.1

Исследование мозговой активности и концентрации внимания при выполнении интеллектуальных задач

Д. А. Кравчук¹✉, В. Л. Сахаров², И. А. Кириченко²

¹ Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета
ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», Ростовская область, г. Таганрог 347922, Российская Федерация

² Научно-медицинская фирма «Нейротех»
ул. Дзержинского, д. 119А, Ростовская область, г. Таганрог 347905, Российская Федерация

✉ e-mail: kravchukda@sfedu.ru

Резюме

Цель исследований – изучить особенности мозговой активности при выполнении интеллектуальных задач в условиях низкого (индивидуальное задание) и высокого (экзамен) уровня стресса на основе анализа спектральных характеристик электроэнцефалограммы.

Методы. В исследовании приняли участие 32 человека (18 женщин, 14 мужчин, средний возраст $19,4 \pm 1,2$ года). Регистрация электроэнцефалограммы проводилась с использованием портативного 4-канального нейроинтерфейса BrainBit (ООО НМФ «Нейротех», Россия) в положениях Fp1, Fp2, O1, O2. Проведено сравнения двух видов интеллектуальных задач: защита индивидуального задания и устный экзамен. Рассчитывалась относительная мощность тета-, альфа- и бета-ритмов. Статистический анализ проводился с применением критерия Вилкоксона для связанных выборок ($p < 0,05$).

Результаты. При переходе от индивидуального задания к экзамену выявлено достоверное снижение альфа-ритма (с $42,3$ до $36,5$ %; $Z = -4,12$, $p < 0,001$, $r = 0,73$) и значимый рост бета-ритма (с $28,5$ до $36,1$ %; $Z = -4,37$, $p < 0,001$, $r = 0,77$). Тета-ритм продемонстрировал умеренное снижение (с $29,2$ до $27,4$ %; $Z = -2,04$, $p = 0,041$, $r = 0,36$).

Заключение. Экзаменационная ситуация вызывает у участников переключение нейродинамики в сторону активационного профиля: снижается расслабленность (α), усиливается когнитивная активация и концентрация внимания (β). Полученные данные подтверждают возможность использования количественного анализа электроэнцефалограммы как объективного инструмента оценки функционального состояния обучающихся в реальных образовательных условиях.

Ключевые слова: нейроинтерфейс; электроэнцефалограмма; мозговая активность; интеллектуальные задачи.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Для цитирования: Кравчук Д. А., Сахаров В. Л., Кириченко И. А. Исследование мозговой активности и концентрации внимания при выполнении интеллектуальных задач // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2026. Т. 16, № 2 С. 197–208. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-2-197-208>.

Поступила в редакцию 16.04.2026

Подписана в печать 14.05.2026

Опубликована 30.06.2026

A study of students' brain activity and concentration while performing intellectual tasks

Denis A. Kravchuk¹ ✉, Vadim L. Sakharov², Igor A. Kirichenko²

¹ Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrument Engineering at the Southern Federal University
2/E Shevchenko Str., Rostov Region, Taganrog 347922, Russian Federation

² Neurotech Scientific and Medical Company
119A Dzerzhinskogo Str., Rostov Region, Taganrog 347905, Russian Federation

✉ e-mail: kravchukda@sfedu.ru

Abstract

The purpose of the research is to study the characteristics of students' brain activity while performing intellectual tasks under low (individual assignment) and high (exam) stress conditions based on the analysis of electroencephalogram spectral characteristics.

Methods. Thirty-two students (18 women, 14 men; average age $19,4 \pm 1,2$ years) participated in the study. Electroencephalogram recordings were conducted using a portable 4-channel BrainBit neural interface (Neurotech LLC, Russia) in the Fp1, Fp2, O1, and O2 positions. Two conditions were compared: completing an individual assignment and taking an oral exam. The relative power of theta, alpha and beta rhythms was calculated. Statistical analysis was performed using the Wilcoxon signed-rank test for related samples ($p < 0,05$).

Results. When transitioning from the individual assignment to the exam, a significant decrease in the alpha rhythm (from 42,3 to 36,5 %; $Z = -4,12$, $p < 0,001$, $r = 0,73$) and a significant increase in the beta rhythm (from 28,5 to 36,1 %; $Z = -4,37$, $p < 0,001$, $r = 0,77$) were observed. The theta rhythm demonstrated a moderate decrease (from 29,2 to 27,4 %; $Z = -2,04$, $p = 0,041$, $r = 0,36$).

Conclusion. The exam situation causes students' neurodynamics to shift toward an activation profile: relaxation (α) decreases, while cognitive activation and concentration (β) increase. The obtained data confirm the feasibility of using quantitative electroencephalogram analysis as an objective tool for assessing the functional state of students in real-world educational settings.

Keywords: neurointerface; electroencephalogram; brain activity; intellectual tasks.

Conflict of interest: The authors declares no conflict of interest related to the publication of this article.

For citation: Kravchuk D.A., Sakharov V.L., Kirichenko I.A. A study of students' brain activity and concentration while performing intellectual tasks. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2026;16(2):197–208. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-2-197-208>.

Received 16.04.2026

Accepted 14.05.2026

Published 30.06.2026

Введение

Современная образовательная среда характеризуется высокой интенсивностью когнитивных нагрузок, особенно в периоды промежуточной и итоговой аттестации. В этих условиях особую значимость приобретает объективная оценка функционального состояния студентов, основанная не только на поведенческих, но и на нейрофизиологи-

вой аттестации. В этих условиях особую значимость приобретает объективная оценка функционального состояния студентов, основанная не только на поведенческих, но и на нейрофизиологи-

ческих показателях. Электроэнцефалография (ЭЭГ) позволяет в реальном времени регистрировать динамику мозговой активности через анализ спектральных характеристик ритмов: тета (θ), альфа (α) и бета (β), что делает её ценным инструментом для исследования механизмов внимания, стресса и когнитивной перегрузки [1].

Несмотря на широкое применение ЭЭГ в когнитивной нейронауке, остаётся недостаточно исследований, посвящённых сравнительному анализу нейродинамики в реальных учебных ситуациях, отличающихся по уровню эмоционального напряжения (например, при выполнении индивидуального задания и сдаче экзамена). Такие данные необходимы для разработки адаптивных образовательных технологий, профилактики когнитивного истощения и оптимизации экзаменационных процедур [2].

Особую актуальность приобретает проблема экзаменационного стресса, который у значительной части студентов сопровождается тревожностью, снижением продуктивности и нарушением саморегуляции [3]. Нейрофизиологические маркеры, такие как снижение α -ритма и усиление β -активности, могут служить объективными индикаторами перехода мозга в режим повышенной концентрации и напряжения [4]. При этом роль θ -ритма в контексте учебной деятельности остаётся дискуссионной: одни исследования связывают его с глубокой концентрацией [5], другие – с креативностью или даже когнитивным истощением [6].

Таким образом, комплексный анализ изменений спектрального профиля ЭЭГ у студентов в условиях различной когнитивной и эмоциональной нагрузки

представляет собой важное направление, способствующее интеграции нейронаук в педагогическую практику и повышению качества высшего образования [7].

Исследования последних лет подтверждают, что альфа-ритм (8–13 Гц) является ключевым маркером «идлинг-состояния» коры головного мозга. Его мощность снижается при включении внимания, рабочей памяти и обработке внешней информации – феномен, известный как альфа-десинхронизация [8]. У студентов это проявляется при решении задач любой сложности, особенно в условиях ограниченного времени [9].

В противоположность этому бета-ритм (13–30 Гц) отражает активацию префронтальных и теменных зон, ответственных за исполнительные функции, когнитивный контроль и принятие решений [10]. Его усиление достоверно коррелирует с уровнем когнитивной нагрузки и тревожности [11]. Например, исследования, проведенные в [12], показали, что у студентов-медиков в экзаменационный период мощность β -ритма возрастает на 6–9%, что связано с активацией систем стресс-реакции.

Тета-ритм (4–7 Гц) демонстрирует более сложную динамику. С одной стороны, он ассоциируется с глубокой внутренней концентрацией, особенно у студентов технических специальностей [13], с другой – его рост может указывать на когнитивное истощение при длительной умственной работе [14]. Анализ существующих подходов [15] отмечают, что у успешных студентов θ -активность локализована в лобных отделах и связана с эффективной обработкой информации, тогда как у тре-

возможных – с эмоциональной дезорганизацией.

Ряд работ посвящён индивидуальным различиям в нейрофизиологическом ответе на нагрузку. Показано, что уровень академической успеваемости, тип нервной системы и базовая тревожность модулируют выраженность ЭЭГ-изменений [16]. Например, у студентов с высокой мотивацией наблюдается более выраженная β -активация без падения α -ритма, что свидетельствует о «эффективной» нейродинамике [17].

Особое внимание уделяется практическому применению ЭЭГ-мониторинга в образовании [18]. Предложены модели раннего выявления когнитивного перенапряжения [19], а также методы персонализации обучения на основе нейрофизиологического профиля [20]. Однако большинство исследований проводится в лабораторных условиях, что ограничивает их экологическую валидность.

Настоящее исследование восполняет этот пробел, анализируя ЭЭГ-показатели в естественных учебных условиях – при защите индивидуально-го задания и сдаче экзамена. Это позволяет получить данные, имеющие прямое прикладное значение для педагогики и психофизиологии труда студентов. Полученные результаты согласуются с современными представлениями о нейрофизиологических механизмах когнитивной активации и стресса.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 32 студента (18 женщин, 14 мужчин, средний возраст – $19,4 \pm 1,2$ года), обучающихся на 3-4 курсах технического вуза. Все участники дали письменное

информированное согласие на участие в исследовании. Критерии включения: отсутствие неврологических и психиатрических заболеваний, нормальное или скорректированное зрение, регулярное посещение занятий. Исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации.

Регистрация ЭЭГ осуществлялась с использованием портативного 4-канального нейроинтерфейса BrainBit (производитель: ООО НМФ «Нейротех», Россия). Система обеспечивает запись биоэлектрической активности мозга в диапазоне частот 0,5–45 Гц с частотой дискретизации 250 Гц. Электроды размещались в соответствии с международной системой «10–20» в положениях T3, T4, Fp2, O1, O2 (лобно-полюсные и затылочные области), что позволяет оценить как префронтальную (внимание, исполнительные функции), так и затылочную (зрительная обработка, альфа-активность) кортикальную активность [1].

Данные передавались по Bluetooth в ПО BrainBit Recorder, где проводилась фильтрация (полосовой фильтр 2–30 Гц), удаление артефактов движения и миганий с использованием адаптивного алгоритма на основе порогового детектирования амплитуды. Для каждого участника регистрировались два сеанса:

1. Индивидуальное задание – защита курсовой работы в спокойной обстановке (длительность – 10 минут);
2. Экзамен – устный ответ на билет (длительность – 10 минут).

Спектральный анализ выполнялся в программной среде Python 3.10 с использованием библиотек MNE, SciPy и NumPy. Для каждого канала рассчиты-

валась относительная мощность ритмов в стандартных диапазонах: тета: 4–7 Гц; альфа: 8–13 Гц; бета: 14–30 Гц.

Относительная мощность (%) определялась как отношение мощности в данном диапазоне к общей мощности сигнала (2–30 Гц), усреднённое по всем каналам и по времени записи. Полученные значения усреднялись по каждому участнику для каждого условия.

Статистическая обработка выполнена в SPSS Statistics 28. Для проверки нормальности распределения использовался тест Шапиро – Уилка. Поскольку распределение большинства переменных не соответствовало нормальному ($p < 0,05$), для сравнения двух зависимых выборок (индивидуальное задание vs. экзамен) применён непараметрический критерий Вилкоксона для связанных выборок. Уровень статистической значимости принят за $p < 0,05$.

Для оценки величины эффекта рассчитан коэффициент r по формуле

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}},$$

где Z – значение статистики Вилкоксона; N – количество наблюдений.

Интерпретация: $r = 0,1$ – малый эффект; $r = 0,3$ – средний; $r = 0,5$ – большой [2].

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты согласуются с современными представлениями о нейрофизиологических механизмах когнитивной активации. Снижение мощности альфа-ритма при переходе от спокойного выполнения индивидуального задания к экзаменационной ситуации подтверждает его роль как маркера «идлинг-состояния» мозга: при вклю-

чении внимания и рабочей памяти альфа-активность подавляется, что позволяет кортикальным сетям перейти в режим обработки внешней информации [1]. Это явление, известное как альфа-десинхронизация, является надёжным ЭЭГ-коррелятом когнитивной нагрузки.

Рассмотрим среднее распределение ритмов при сдаче индивидуального задания студентами всей группы (рис. 1).

Защита индивидуального задания

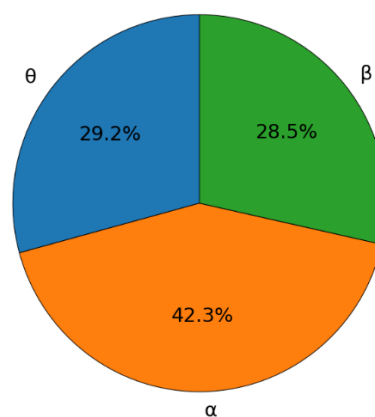


Рис. 1. Среднее распределение ритмов при сдаче индивидуального задания студентами всей группы

Fig. 1. Average distribution of rhythms when submitting an individual assignment

Одновременный рост бета-ритма на 7,6% указывает на активацию префронтальных и теменных кортикальных зон, ответственных за исполнительные функции, контроль внимания и принятие решений [2]. Увеличение бета-активности в условиях стресса (рис. 2) также связано с повышенным уровнем тревожности и внутреннего напряжения, что типично для экзаменационной среды [3]. Интересно, что тета-ритм, несмотря на его связь с глубокой концентрацией у студентов [4], в нашем исследовании продемонстрировал незначительное снижение. Это может

свидетельствовать о том, что в условиях оценочной тревоги доминирует не творческая или медитативная концентрация, а напряжённая, контролируемая активность, характеризующаяся преимущественно бета-доминантой.

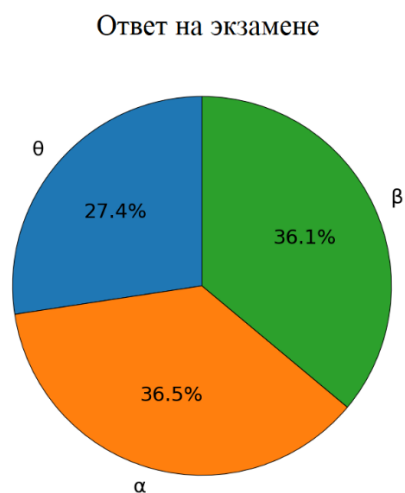


Рис. 2. Среднее распределение ритмов при сдаче экзамена студентами всей группы

Fig. 2. Average distribution of rhythms during the exam

Важно отметить, что наблюдаемые изменения носят функциональный и обратимый характер, что подчёркивает адаптивную природу нейрофизиологического ответа на учебную нагрузку. Однако хроническое повторение подобных состояний без достаточного восстановления может способствовать развитию когнитивного истощения и снижению учебной эффективности [5].

На экзамене по сравнению с индивидуальным заданием (см. рис. 1) наблюдается:

- значительный рост β -ритма (+7,6%) → усиление когнитивной активности, концентрации, напряжённости (табл. 1);

- снижение α -ритма (–5,8%) → потеря расслабленности, переход в режим «рабочего» состояния;

- незначительное снижение θ -ритма (–1,8%) → минимальное уменьшение «спокойного» фонового состояния.

Таблица 1. Изменение ритмов, интерпретация результатов, %

Table 1. Change of rhythms, interpretation of results, %

Ритм	Индивид. задание	Экзамен	Изменение	Интерпретация
θ (тета)	29,2	27,4	**–1,8**	Незначительное снижение – возможное уменьшение расслабленного / снарядного состояния
α (альфа)	42,3	36,5	**–5,8**	Заметное снижение – снижение спокойствия, расслабленности, внутреннего покоя
β (бета)	28,5	36,1	**+7,6**	Существенное увеличение – рост активности, концентрации, напряжения, тревожности

Экзаменационная ситуация вызывает у студентов значительное повышение мозговой активности (β -ритм), сопровождающееся снижением расслабленности (α -ритм). Это соответ-

ствует психофизиологическим закономерностям: при стрессе и когнитивной нагрузке мозг переключается в режим высокой концентрации и активации.

Сравнительный анализ спектральных характеристик ЭЭГ выявил достоверные различия между условиями

«индивидуальное задание» и «экзамен» по всем трём ритмам (табл. 2).

Таблица 2. Результаты обработки ритмов, оценка отклонений

Table 2. Results of rhythm processing, assessment of deviations

Ритм	Условие	Среднее (M)	Стандартное отклонение (SD)	Медиана	Интерквартильный размах
θ (%)	Индивидуальное задание	29,2	6,8	28,9	[24,1–33,7]
	Экзамен	27,4	7,1	26,8	[22,3–31,5]
α (%)	Индивидуальное задание	42,3	8,4	41,7	[36,2–47,9]
	Экзамен	36,5	9,2	35,8	[29,4–42,1]
β (%)	Индивидуальное задание	28,5	7,9	27,6	[22,8–33,4]
	Экзамен	36,1	8,6	35,9	[29,7–41,2]

Описательная статистика относительной мощности ритмов ЭЭГ (%; $M \pm \pm SD$; медиана [25–75 %]).

Такое представление информации позволяет выявить статистические различия:

1. По альфа-ритму – снижение на 5,8 % при переходе к экзамену. Критерий Вилкоксона: $Z = -4,12$, $p < 0,001$, величина эффекта $r = 0,73$ (большой эффект).

2. По бета-ритму – увеличение на 7,6 %. Критерий Вилкоксона: $Z = -4,37$, $p < 0,001$, $r = 0,77$ (большой эффект).

3. По тета-ритму – снижение на 1,8 %. Критерий Вилкоксона: $Z = -2,04$, $p = 0,041$, $r = 0,36$ (средний эффект).

Таким образом, наиболее выраженные изменения наблюдаются в альфа- и бета-диапазонах, что указывает на значимый сдвиг в сторону активационного профиля мозговой активности в условиях экзаменационного стресса.

Выводы

Настоящее исследование имеет ограничения: анализ проводился на основе усреднённых данных по группе, без учёта индивидуальных различий в нейрофизиологическом профиле (например, базового уровня тревожности или типа нервной системы). Тем не менее выявленные тенденции открывают перспективы для использования ЭЭГ-мониторинга в образовательной практике (например, для объективной оценки уровня стресса во время онлайн-экзаменов или для персонализации темпа обучения).

При переходе от выполнения индивидуального задания к сдаче экзамена у студентов наблюдается достоверное изменение спектрального профиля ЭЭГ: снижение альфа-ритма на 5,8 % и увеличение бета-ритма на 7,6 %.

Эти изменения отражают переключение мозга в режим повышенной ко-

гнитивной активации, концентрации внимания и исполнительного контроля, что является адаптивной реакцией на экзаменационный стресс.

Полученные данные подтверждают возможность использования количественного анализа ЭЭГ-ритмов как объективного инструмента оценки функ-

ционального состояния студентов в условиях интеллектуальной нагрузки.

Результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по оптимизации экзаменационных процедур, снижению учебного стресса и повышению качества образовательного процесса на основе нейрофизиологических данных.

Список литературы

1. Говорухина А. А., Левчук А. А. Факторы, влияющие на умственную работоспособность студентов (обзор литературы) // Современные вопросы биомедицины. 2024. Т. 8, № 1. URL: <https://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/2024-1/govorukhina2024> (дата обращения: 04.03.2026). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_6.
2. Различия ЭЭГ при восприятии своего и чужого лица: применение комплексного подхода к анализу данных ЭЭГ / Г. В. Портнова, Л. Б. Окнина, Е. Л. Машеров, А. А. Слезкин, В. В. Подлепич // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2022. Т. 72, № 4. С. 576–586. <https://doi.org/10.31857/S0044467722030091>.
3. Биоэлектрическая активность головного мозга и церебральная гемодинамика у спортсменов при сочетании когнитивной и физической нагрузки / Л. В. Капилевич, Г. С. Ежова, А. Н. Захарова, А. В. Кабачкова, С. Г. Кривошеков // Физиология человека. 2019. Т. 45, № 2. С. 58–69. <https://doi.org/10.1134/S0131164619010089>.
4. Гуляев С. А. Электроэнцефалография и исследования функциональной активности головного мозга // Русский журнал детской неврологии. 2021. Т. 16, № 4. С. 59–68. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2021-16-4-59-68>.
5. Влияние тревожности, связанной с экзаменационным стрессом, на смещение зрительного внимания и электрическую активность фронтальных зон мозга / А. П. Астащенко, Н. П. Горбатенко, Е. В. Дорохов, С. И. Варварова, П. В. Зяблова // Ульяновский медико-биологический журнал. 2020. № 2. С. 100–111. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2020-2-100-111>.
6. Биоэлектрическая активность мозга студентов при когнитивной деятельности в условиях ограничения времени / Н. В. Звягина, А. И. Талеева, К. В. Новоселова, А. С. Черкасова, Т. Ч. Чанг, Н. В. Попов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2025. Т. 17, № 6-1. С. 51–75. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1317>.
7. Леонтьева А. Д., Зубарев А. С. Тревожность и нейрофизиологические маркеры: анализ с использованием мобильной ЭЭГ // Национальный психологический журнал. 2025. Т. 20, № 1. С. 75–85. <https://doi.org/10.11621/npj.2025.0107>.
8. Кижеватова Е. А., Караханян К. С., Болдырева М. А. Особенности электроэнцефалограммы у студентов с разным уровнем личностной и ситуативной тревожности в

условиях экзаменационного стресса // *Universum: медицина и фармакология*. 2026. № 4 (133). С. 29–38.

9. Максимова М. В., Этуев Х. Х. Опыт применения ЭЭГ в образовании: анализ зарубежных исследований // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2023. Т. 1, № 2 (91). С. 169–185. <https://doi.org/10.24412/2224-0772-2023-91-169-185>. EDN HKLMWP.

10. Костромина С. Н., Гнедых Д. С. Нейронаука в системе профессионального образования // *Профессиональное образование и рынок труда*. 2021. № 4 (47). С. 8–29.

11. Рустамова Т. В. Влияние экзаменационного стресса на амплитуду волн ЭЭГ в теменной доле головного мозга у студентов факультета биологии-химии с различными индивидуально-типологическими особенностями // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2020. Т. 12, № 5. С. 97–112. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-97-112>.

12. Рустамова Т. В. Изменение ЭЭГ в лобной доле коры головного мозга под влиянием экзаменационного процесса у 18-летних студентов флегматического типа // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 7 (121). С. 87–90. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.054>.

13. Рустамова Т. В. Сравнительный анализ влияния экзаменационного стресса на уровень ситуативной и личностной тревожности студентов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 1. С. 222–236. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-222-236>.

14. Попова М. А., Чеберяк М. И. Методологические аспекты исследования нейрофизиологических характеристик когнитивных нагрузок студентов в процессе обучения (обзор литературы) // *Современные вопросы биомедицины*. 2024. Т. 8, № 4 (30). С. 1–10. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_04_10.

15. Шляхов И. С., Горбунов И. А., Тихонова К. А. Спектральная динамика электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении: анализ этапов теста Рея // *Психология и Психотехника*. 2025. № 2. С. 15–28. <https://doi.org/10.7256/2454-0722.2025.2.74313>.

16. Дик О. Е., Ноздрачев А. Д. Динамика паттернов электрической активности мозга при нарушениях его функционального состояния // *Успехи физиологических наук*. 2020. Т. 51, № 2. С. 68–87. <https://doi.org/10.31857/S0301179820020046>.

17. Пушкин А. А., Сухов А. Г. Особенности влияния фазозависимой экзогенной афферентации на мощность фоновых ритмов ЭЭГ человека // *Физиология человека*. 2020. Т. 46, № 1. С. 46–53. <https://doi.org/10.31857/S0131164619060109>.

18. Исследование нейрофизиологических показателей и смещения внимания как процесса, влияющего на формирование психоэмоционального поведения / А. П. Астащенко, О. В. Комиссарова, Е. В. Дорохов, С. А. Комиссаров, С. И. Никоненко, С. И. Варварова // *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2020. Т. 56, № 7. С. 534. <https://doi.org/10.31857/S0044452920070128>.

19. Кравчук Д. А., Котенко А. С. Анализ методов обработки и исследования речевого сигнала для установления психоэмоционального состояния человека // *Известия*

Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2026. Т. 16, № 1. С. 93–106. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-1-93-106>.

20. Кравчук Д. А., Переселков С. А., Грачев В. И. Идентификация эмоционального состояния по амплитудно-частотным характеристикам речевого сигнала // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2026. Т. 18, № 1. С. 61–70. <https://doi.org/10.17725/rensit.2026.18.061>. EDN CECQOF.

References

1. Govorukhina A.A., Levchuk A.A. Factors influencing the mental performance of students (literature review). *Sovremennye voprosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine*. 2024;8(1). (In Russ.) Available at: <https://svbskfmiba.ru/arkhiv-nomerov/2024-1/govorukhina2024> (accessed 04.03.2026). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_6.

2. Portnova G.V., Oknina L.B., Masherov E.L., Slezkin A.A., Podlepich V.V. EEG differences in the perception of one's own and another's face: application of an integrated approach to the analysis of EEG data. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I. P. Pavlova = Journal of Higher Nervous Activity named after I.P. Pavlova*. 2022;72(4):576-586. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0044467722030091>.

3. Kapilevich L.V., Ezhova G.S., Zakharova A.N., Kabachkova A.V., Krivoshekov S.G. Bioelectrical activity of the brain and cerebral hemodynamics in athletes with a combination of cognitive and physical activity. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2019;45(2):58-69. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0131164619010089>.

4. Gulyaev S.A. Electroencephalography and studies of functional activity of the brain. *Russkii zhurnal detskoi nevrologii = Russian Journal of Child Neurology*. 2021;16(4):59-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2021-16-4-59-68>.

5. Astashchenko A.P., Gorbatenko N.P., Dorokhov E.V., Varvarova S.I., Zyblov P.V. The influence of anxiety associated with exam stress on the shift of visual attention and electrical activity of the frontal zones of the brain. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal = Ulyanovsk Medical and Biological Journal*. 2020;(2):100-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2020-2-100-111>.

6. Zvyagina N.V., Taleeva A.I., Novoselova K.V., Cherkasova A.S., Chang T.Ch., Popov N.V. Bioelectrical activity of the brain of students during cognitive activity under time constraints. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2025;17(6-1):51-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-1-1317>.

7. Leontyeva A.D., Zubarev A.S. Anxiety and neurophysiological markers: analysis using mobile EEG. *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal = National Psychological Journal*. 2025;20(1):75-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.11621/npj.2025.0107>.

8. Kizhevatoeva E.A., Karakhanyan K.S., Boldyreva M.A. Features of the electroencephalogram in students with different levels of personal and situational anxiety under examina-

tion stress. *Universum: meditsina i farmakologiya = Universum: Medicine and Pharmacology*. 2026;(4):29-38. (In Russ.)

9. Maksimova M.V., Etuev Kh. Kh. Experience of using EEG in education: analysis of foreign studies. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika = Domestic and Foreign Pedagogy*. 2023;1(2):169-185. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2224-0772-2023-91-169-185>. EDN HKLMWP.

10. Kostromina S.N., Gnedykh D.S. Neuroscience in the system of vocational education. *Professional'noe obrazovanie i rynek truda = Vocational Education and Labor Market*. 2021;(4):8–29. (In Russ.)

11. Rustamova T.V. The influence of examination stress on the amplitude of EEG waves in the parietal lobe of the brain in students of the Faculty of Biology and Chemistry with various individual typological characteristics. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2020;12(5):97-112. (In Russ.) <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2020-12-5-97-112>.

12. Rustamova T.V. Changes in EEG in the frontal lobe of the cerebral cortex under the influence of the examination process in 18-year-old students of the phlegmatic type. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*. 2022;(7)87-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.054>.

13. Rustamova T.V. Comparative analysis of the impact of examination stress on the level of situational and personal anxiety of students. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;13(1):222-236. (In Russ.) <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-222-236>.

14. Popova M.A., Cheberyak M.I. Methodological aspects of the study of neurophysiological characteristics of students' cognitive loads during the learning process (literature review). *Sovremennye voprosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine*. 2024;8(4):1-10. (In Russ.) https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_04_10.

15. Shlyakhov I.S., Gorbunov I.A., Tikhonova K.A. Spectral dynamics of electroencephalographic rhythms during verbal learning: analysis of the stages of the Rey test. *Psikhologiya i Psikhotekhnika = Psychology and Psychotechnics*. 2025;(2):15-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.7256/2454-0722.2025.2.74313>.

16. Dik O.E., Nozdrachev A.D. Dynamics of patterns of electrical activity of the brain in violations of its functional state. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk = Advances in Physiological Sciences*. 2020;51(2):68-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0301179820020046>.

17. Pushkin A.A., Sukhov A.G. Features of the influence of phase-dependent exogenous afferentation on the power of background rhythms of the human EEG. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2020;46(1):46-53. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0131164619060109>.

18. Astashchenko A.P., Komissarova O.V., Dorokhov E.V., Komissarov S.A., Nikonenko S.I., Varvarova S.I. Study of neurophysiological indicators and attention shift as a process influencing the formation of psychoemotional behavior. *Zhurnal evolyutsionnoi biokhimii i*

fiziologii = *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. 2020;56(7):534. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0044452920070128>.

19. Kravchuk D.A., Kotenko A.S. Analysis of methods of processing and studying a speech signal to establish a person's psychoemotional state. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2026;16(1):93-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2026-16-1-93-106>.

20. Kravchuk D.A., Pereselkov S.A., Grachev V.I. Identification of emotional state by amplitude-frequency characteristics of speech signal. *Radioelektronika. Nanosistemy. Informatsionnye tekhnologii* = *Radioelectronics. Nanosystems. Information Technologies*. 2026;18(1):61-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.17725/rensit.2026.18.061>. EDN CECQOF.

Информация об авторах / Information about the Authors

Кравчук Денис Александрович, доктор технических наук, профессор, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета, Ростовская область, г. Таганрог, Российская Федерация, e-mail: kravchukda@sfedu.ru, ORCID: 0000-0002-4220-3928

Denis A. Kravchuk, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Institute of Nanotechnology, Electronics and Instrument Engineering at the Southern Federal University, Rostov Region, Taganrog, Russian Federation, e-mail: kravchukda@sfedu.ru, ORCID: 0000-0002-4220-3928

Сахаров Вадим Леонидович, кандидат технических наук, доцент, директор, Научно-медицинская фирма «Нейротех», Ростовская область, г. Таганрог, Российская Федерация, e-mail: vadim@neurotech.ru

Vadim L. Sakharov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Director, Neurotech Scientific and Medical Company of Neurotech, Rostov Region, Taganrog, Russian Federation, e-mail: vadim@neurotech.ru

Кириченко Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ведущий специалист по верификации и валидации оборудования, Научно-медицинская фирма «Нейротех», Ростовская область, г. Таганрог, Российская Федерация, e-mail: kirichenko@neurotech.ru, ORCID: 0000-0002-0607-3441

Igor A. Kirichenko, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Leading Specialist in Equipment Verification and Validation, Neurotech Scientific and Medical Company, Rostov Region, Taganrog, Russian Federation, e-mail: kirichenko@neurotech.ru, ORCID: 0000-0002-0607-3441