Дата публикации: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_8
УДК 159.91+371

Publication date: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_8
UDC 159.91+371

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУДЕНТОВ

Ю.А. Карвунис[1], Ю.Г. Калинникова[1], Н.А. Карвунис[1], В.В. Шевченко[1], Л.В. Капилевич[1,2]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Изучены психофизиологические характеристики студентов при контроле результатов обучения в цифровой среде, в том числе с применением нейросетей. ***Методы.*** Обследовано 100 студентов первого курса, которым предлагалось выполнить три задания – на бумаге, онлайн и с использованием генеративного искусственного интеллекта. До и после выполнения каждого задания проводился комплекс физиологических и психофизиологических исследований. ***Результаты.*** Показано, что наибольшее влияние на психофизиологические характеристики оказывает работа онлайн, особенно с применением нейросети. В то же время показатели, характеризующие уровень стресса и вегетативный баланс в большей степени изменяются при традиционной форме сдачи зачета. ***Заключение.*** Полученные результаты позволяют предположить, что в процесс адаптации студентов к ситуации проверки знаний вовлекается два частично или полностью независимых механизма, причем в разных условиях осуществления контроля степень их вовлеченности меняется.
Ключевые слова: цифровое обучение, искусственный интеллект, студенты, психофизиология, электроэнцефалография.

THE IMPACT OF DIGITAL LEARNING TECHNOLOGIES ON STUDENTS' PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Yu.A. Karvunis[1], Yu.G. Kalinnikova[1], N.A. Karvunis[1], V.V. Shevchenko[1], L.V. Kapilevich[1,2]
[1]National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
[2]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The psychophysiological characteristics of students were studied during learning assessment in a digital environment, including the use of neural networks. ***Methods.*** One hundred first-year students were examined as they completed three tasks in turn: on paper, online, and using generative artificial intelligence. A series of physiological and psychophysiological measurements were conducted immediately before and after each task. ***Results.*** It has been revealed that online work has the greatest impact on psychophysiological characteristics, especially with the use of neural networks. At the same time, the indicators characterizing stress levels and autonomic balance change to a greater extent in the traditional form of taking the test. ***Conclusion.*** The results suggest that two partially or completely independent mechanisms are involved in students' adaptation to knowledge assessment, with the degree of their involvement varying under different assessment conditions.
Keywords: digital learning, artificial intelligence, students, psychophysiology, electroencephalography.

Введение. Результаты исследования образа жизни современных подростков свидетельствуют о том, что большинство молодых людей проводят значительное время перед экраном компьютера. При этом время физической активности значительно сокращается [1]. Показано, что рост времени, проводимого за компьютером, сопровождается повышением риска формирования депрессии и частоты случаев суицида [2]. Также растет вероятность формирования различных нарушений здоровья, метаболических расстройств и в итоге – снижения качества жизни [3].

Особенно эта проблема актуализируется при внедрении цифровых систем в учебный процесс. Цифровизация образования в последние годы прогрессировала экспоненциально, и сегодня она перешла на принципиально новый уровень [4].

Особенно массовым применение цифровых технологий в образовании стало в период коронавирусной пандемии [5], после ее завершения возврат в оффлайн-режим произошел лишь частично [6].

Все эти факторы приводят к функциональным расстройствам со стороны нервной системы учащихся, что проявляется в развитии утомления, психоэмоциональной неустойчивости [7]. Большинство авторов основным путем решения данной проблемы видят сокращение времени работы за компьютером [8]. Однако не все с этим согласны, в том числе указывая на многочисленные неудачи подобных попыток [9]. По всей видимости, ключевые проблемы при разработке технологий интерактивного цифрового обучения должны решаться в том числе на основе оценки особенностей психофизиологических реакций обучающихся на цифровую образовательную среду [10].

Цель исследования – изучить психофизиологические характеристики студентов при выполнении контрольных заданий в цифровой среде, в том числе с применением генеративного искусственного интеллекта (ИИ).

Методы и организация исследования. В исследовании участвовали 100 студентов первого курса Томского государственного университета (51 мужчина и 49 женщин, возраст – 18,5±0,4 лет). Поскольку выдаваемые задания были связаны с английским языком, студенты языковых специальностей к исследованию не привлекались. Также в исследование не включались студенты с заболеваниями нервной системы, иммунологическими и эндокринными расстройствами.

В ходе исследования испытуемым выдавался тест на английском языке с открытой формой. Тест состоял из предложений с пропусками, в которые необходимо было подставить любое слово, подходящее по контексту. Первый вариант студенты должны были выполнить оффлайн. Второе задание они должны были выполнить онлайн с автоматической проверкой. При проверке третьего задания использовался генеративный ИИ ChatGPT3,5. При использовании генеративных инструментов испытуемым предлагалось составить промпт, который предлагал бы несколько возможных вариантов ответов, выбор при этом оставался за студентом. Время на выполнение во всех трех случаях составляло 20 минут.

В исследование включались результаты измерений только в случае успешного выполнения задания студентом. Интервал между заданиями составлял неделю. Всем испытуемым дважды (непосредственно перед выполнением задания и сразу после) проводили следующие исследования: оценка психофизиологических показателей; регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и кардиоинтервалограммы; определение концентрации кортизола в слюне.

Оценка психофизиологических показателей проводилась на программно-аппаратном комплексе «Психотест» (Нейрософт, Россия). Использовались следующие методики: теппинг-тест, тест «Помехоустойчивость», цветовой тест Люшера, а также тесты «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), «Реакция на движущийся объект» (РДО).

Регистрация ЭЭГ выполнялась с использованием аппаратно-программного комплекса Нейрон-Спектр (ООО «Нейрософт», Россия) по программе «Нейрон-Спектр 4/П». Оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР) выполнялась на приборе «ВНС-спектр» (ООО «Нейрософт», Россия).

Содержание кортизола в слюне определялось иммуноферментным методом «КОРТИЗОЛ В СЛЮНЕ-ИФА» (ООО «ХЕМА», Россия).

Статистический анализ данных выполнялся в программе GraphPad Prism 9.3.1. Выборки перед статистическим анализом оценивались на нормальность по критерию Колмогорова-Смирнова с правкой Лиллиефорса. Данные представлены в виде Me [Q1; Q3]. Результаты спектрального анализа ЭЭГ представлены в виде среднего арифметического и ошибки среднего. Уровень значимости при проверке гипотезы принадлежности двух выборок к одной генеральной совокупности оценивался с использованием двустороннего дисперсионного анализа с критерием множественного сравнения Тьюки и поправкой Холма-Сидака.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты выполнения психофизиологических тестов представлены в таблице 1. Средняя частота движений в теппинг-тесте уменьшалась при выполнении всех трех заданий, тогда как величина отклонения кривой снижалась только при выполнении задания с использованием ИИ. Схожие результаты были получены в тесте «Помехоустойчивость». Коэффициент точности Уиппла был одинаковым во всех трех вариантах заданий, а число ошибок запаздывания было ниже при использовании ИИ.

В тесте ПЗРМ функциональный уровень и количество ошибок оставались неизменными, если задание выполнялось на бумаге или онлайн. В то же время при использовании ИИ достоверно возрастал показатель функционального уровня. Среднее время реакции возрастало при выполнении задания на бумаге и снижалось при использовании ИИ.

В тесте РДО увеличение числа точных реакций, а также снижение числа опережений отмечалось при выполнении заданий онлайн. При выполнении заданий с ИИ изменения в этом тесте были выражены в большей степени, однако число запаздываний не изменялось.

При проведении цветового теста Люшера после выполнения задания оффлайн возрастал показатель вегетативного баланса. Однако, когда задание выполнялось с применением ИИ, он, напротив, достоверно снижался. Показатель стресса был максимальным при выполнении задания оффлайн.

Полученные результаты свидетельствуют, что наибольшее влияние на психофизиологические характеристики оказывает работа онлайн, особенно с применением ИИ. В то же время показатели, характеризующие уровень стресса и вегетативный баланс, в большей степени изменяются при традиционной форме сдачи зачета.

Таблица 1

Результаты психофизиологических тестов при учебной деятельности в цифровом формате, Me [Q1; Q3]

Группа		До выполнения задания	Выполнение задание на бумаге	Выполнение задания онлайн	Выполнение задания с использованием ИИ
Теппинг тест	Средняя частота, Гц	6,2 [5,9; 6,4]	4,9 [4,7; 5,3]*	5,5 [5,2; 5,7]*	5,0 [4,8; 5,3]*
	Степень отклонения кривой работоспособности, %	-20,7 [19,5; 21,2]	-16,5 [15,9; 16,8]*	-17,2 [16,8; 17,6]*	-40,0 [37,3; 44,5]*@#
Помехоустойчивость	Число ошибок запаздывания	5,7 [5,4; 6,1]	4,7 [4,5; 5,0]*	4,7 [4,4; 4,9]*	4,0 [3,7; 4,2]*@#
	Коэффициент точности Уиппла	0,87 [0,83; 0,91]	0,89 [0,86; 0,93]	0,88 [0,85; 0,89]	0,9 [0,88; 0,93]
ПЗМР	Функциональный уровень системы	4,3 [4,1; 4,5]	4,3 [4,2; 4,6]	4,4 [4,2; 4,6]	4,9 [4,6; 5,2]*@#
	Среднее значение времени реакции, мс	245,1 [235,2; 267,8]	267,7 [258,4; 281,7]*	246,7 [224,4; 261,2]*	221,7 [212,5; 236,2]*@#
РДО	Число точных реакций	24,3 [22,1; 26,9]	25,0 [21,9; 29,3]	28,6 [26,4; 30,1]*	32,7 [30,1; 34,5]*@#
Тест Люшера	Вегетативный баланс	1,7 [1,3; 2,2]	3,2 [3,0; 3,4]*	1,6 [1,2; 2,1]@	0,5 [0,3; 0,7]*@#
	Показатель стресса	17,7 [15,9; 19,6]	25,9 [21,3; 28,9]*	19,7 [16,3; 22,5]@	18,3 [16,5; 20,7]@

Примечание: ИИ – искусственный интеллект; ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; РДО – реакция на движущийся объект; * – достоверность различий с показателем до выполнения задания ($p \leq 0,05$); @ – достоверность различий с показателями при выполнении задания на бумаге ($p \leq 0,05$); # – достоверность различий с показателями выполнения задания онлайн ($p \leq 0,05$).

Биоэлектрическая активность головного мозга различалась при разных условиях образовательной деятельности в цифровом пространстве. До выполнения когнитивных нагрузок максимальная амплитуда альфа-ритма в левом полушарии составила 94,2±7,5 мкВ (средняя – 26,5±5,3 мкВ), в правом – 98,4±7,5 мкВ (средняя – 26,3±4,8 мкВ). Доминирующая частота альфа-ритма – 10,5 Гц. Индекс альфа-ритма по спектру – 40,9±5,2%. Альфа-ритм преобладает в затылочных областях. При выполнении пробы с открыванием глаз индекс альфа-ритма уменьшился на 46,8±5,9%.

После выполнения первого задания на листе бумаги максимальная амплитуда альфа-ритма в левом полушарии возросла до 99,7±5,1 мкВ ($p \leq 0,05$) (средняя – до 27,2±4,6 мкВ). Максимальная амплитуда альфа-ритма в правом полушарии увеличилась до 106,5±7,2 мкВ ($p \leq 0,05$) (средняя – 27,4±5,1 мкВ). Индекс альфа-ритма по спектру увеличился на 54,7±8,1% ($p \leq 0,05$). При выполнении пробы с открыванием глаз индекс альфа-ритма уменьшился на 67,7±9,1% ($p \leq 0,05$).

После выполнения второго задания (онлайн по предоставленной ссылке) на фоновой записи максимальная амплитуда альфа-ритма над левым полушарием составила 99,7±6,1 мкВ ($p \leq 0,05$) (средняя – 28,5±5,3 мкВ), над правым – 105,8±7,2 мкВ ($p \leq 0,05$) (средняя – 28±4,9 мкВ). Индекс альфа-ритма по спектру составил 56,9±7,4% ($p \leq 0,05$). После выполнения пробы с открыванием глаз индекс альфа-ритма уменьшился на 64,8±7,2% ($p \leq 0,05$).

После выполнения третьего задания (с использованием при проверке ChatGPT3,5) максимальная амплитуда альфа-ритма возрастала наиболее значительно: над левым полушарием – до 112,5±10,2 мкВ (средняя – 32,5±5,7 мкВ) ($p \leq 0,05$), над правым – 114,7±10,8 мкВ (средняя – 32,5±5,5 мкВ) ($p \leq 0,05$). Индекс альфа-ритма по спектру составил 67,0±6,8% ($p \leq 0,05$). При выполнении пробы с открыванием глаз индекс альфа-ритма уменьшился на 78,5±5,7% ($p \leq 0,05$).

Сходный частотный диапазон (9-11 ГЦ), регистрируемый в области моторной коры, мы интерпретировали как мю-ритм. Максимальная амплитуда мю-ритма до выполнения заданий составила 25,2±3,1 мкВ (средняя – 8,4±0,8 мкВ). После выполнения первого задания она возросла до 37,5±3,5 мкВ (средняя – 12,7±1,5 мкВ) ($p \leq 0,05$). После выполнения второго задания составила 38,6±3,4 мкВ (средняя –11,5±1,3 мкВ) ($p \leq 0,05$). Наибольший прирост максимальной амплитуды мю-ритма – до 42,8±4,1 мкВ (средняя – 17,2±3,5 мкВ) ($p_1 < 0,05$) мы зарегистрировали после выполнения третьего задания.

Максимальная амплитуда низкочастотного (НЧ) бета-ритма (от 14 до 20 Гц) до выполнения нагрузок составила 42,7±4,2 мкВ (средняя – 9,1±0,8 мкВ). Индекс бета-НЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) составлял 3,9±0,4%, над правым – 4,4±0,5%. При выполнении задания оффлайн максимальная амплитуда бета-НЧ-ритма составила 41,5±3,7 мкВ (средняя – 9,1±1,0 мкВ). Индекс бета-НЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) составил 4,0±0,3%, над правым – 5,1±0,4%. Небольшой прирост максимальной амплитуды низкочастотного бета-ритма был зарегистрирован после выполнения третьего задания – до 47,5±4,1 мкВ (средняя – 12,3±1,2 мкВ) ($p \leq 0,05$). Индекс бета-НЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) – 4,2±0,6%, над правым – 5,0±0,5%. Максимальная амплитуда бета-НЧ-ритма возрастала до 57,2±5,1 мкВ (средняя – 12,5±1,8 мкВ) ($p \leq 0,05$) после выполнения третьего задания. Индекс бета-НЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) составил 5,7±0,4% ($p \leq 0,05$), над правым – 5,3±0,3% ($p_1 < 0,05$).

Максимальная амплитуда высокочастотного (ВЧ) бета-ритма (от 20 до 35 Гц) до выполнения заданий составляла 44,2±5,7 мкВ (средняя 9,2±1,7 мкВ). Индекс бета-ВЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) – 3,9±0,7%, над правым – 4,9±0,9%. После выполнения первого задания максимальная амплитуда высокочастотного бета-ритма составляла 42,8±4,2 мкВ (средняя – 9,1±0,8 мкВ). Индекс бета-ВЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) – 3,9±0,5%, над правым – 5,5±0,6%. Также не было отмечено изменений максимальной амплитуды высокочастотного бета-ВЧ-ритма после выполнения второго задания – она составила 45,6±5,1 мкВ (средняя – 9,3±0,8 мкВ). Индекс бета-ВЧ-ритма над левым

полушарием (по спектру) – 3,6±0,4%, над правым – 4,4±0,6%. После выполнения третьего задания максимальная амплитуда высокочастотного бета-ритма возросла до 60,6±4,1 мкВ (p≤0,05) (средняя – 9,2±1,3 мкВ). Индекс бета-ВЧ-ритма над левым полушарием (по спектру) – 4,8±0,6%, над правым – 4,9±0,5%.

Максимальная амплитуда дельта-ритма (частотой от 1 до 4 Гц) до выполнения заданий составила 120,7±9,5 мкВ (средняя – 4,1±0,3 мкВ). После выполнения заданий она снижалась: после первого задания – до 106,5±7,2 мкВ (p≤0,05) (средняя – 4,3±0,2 мкВ), после второго задания – до 96,6±5,4 мкВ (p≤0,05) (средняя – 4,1±0,2 мкВ), после третьего – до 76,5±4,8 мкВ (средняя – 2,5±0,2 мкВ) (p≤0,05). Доминирующая частота дельта-ритма во всех случаях составляла 1,5 Гц.

Максимальная амплитуда тета-ритма (частотой от 4 до 8 Гц) до выполнения заданий составила 65,2±5,3 мкВ (средняя – 12,1±1,1 мкВ). Доминирующая частота тета-ритма – 6,6 Гц, индекс тета-ритма по спектру – 15,4±1,2%. После выполнения задания онлайн максимальная амплитуда тета-ритма возросла до 99,7±6,9 мкВ (средняя – 18,2±1,5 мкВ) (p≤0,05). Доминирующая частота тета-ритма составила 7,2 Гц, индекс тета-ритма по спектру – 17,2±1,4%. (p≤0,05). После выполнения второго задания максимальная амплитуда тета-ритма также составляла 98,5±6,7 мкВ (средняя – 18,3±1,4 мкВ) (p≤0,05). Доминирующая частота тета-ритма – 7,4 Гц, индекс тета-ритма по спектру – 15,9±1,1%. Существенный прирост всех показателей был зарегистрирован после выполнения третьего задания: максимальная амплитуда тета-ритма увеличилась до 123,5±7,4 мкВ (средняя – 27,8±2,5 мкВ) (p≤0,05), индекс тета-ритма по спектру – до 21,8±3,6% (p≤0,05).

Подводя итоги, можно отметить следующие закономерности. При выполнении задания оффлайн или онлайн имеет место возрастание амплитуды альфа-ритма и небольшой прирост амплитуды мю-ритма, некоторое усиление тета-ритма и угнетение дельта-ритма. Когда при выполнении задания применялся ИИ, изменения имели ту же направленность, но они выражены в большей степени. Кроме этого, наблюдается прирост амплитуды бета-ритма, особенно его низкочастотной компоненты.

Результаты исследования вариабельности сердечного ритма представлены в таблице 2. Можно отметить, что высокочастотная компонента сердечного ритма оказалась нечувствительной к выполнению заданий – она не изменялась во всех трех случаях. Обе низкочастотные компоненты существенно усиливались при выполнении заданий на бумаге либо онлайн. При выполнении задания с использованием ИИ ChatGPT3,5 прирост также фиксировался, но был выражен в меньшей степени. Вероятно, в этом случае возрастание симпатического тонуса также имеет место, но выражено слабее.

Таблица 2

Результаты вариационной пульсометрии при учебной деятельности в цифровом формате, Me [Q1; Q3]

Группа	VLF, мс^2/Гц	LF, мс^2/Гц	HF, мс^2/Гц
До выполнения задания	518,08 [363,82; 881,03]	976,31 [594,43; 1212,55]	2024,87 [1796,40; 2430,19]
Выполнение задание на бумаге	941,26 [694,48; 1269,99]*	1625,6 [1227,75; 2108,33]*	2137,98 [1641,40; 2515,15]
Выполнение задания онлайн	951,64 [665,37; 1103,94]*	1767,34 [1528,27; 1975,69]*	2004,51 [1757,17; 2362,38]
Выполнение задания с ИИ	651,64 [465,37; 903,94]@#	1197,34 [728,27; 1375,69]@#	2097,75 [1647,19; 2459,23]

Примечание: VLF – крайне низкочастотная компонента сердечного ритма; LF – низкочастотная компонента сердечного ритма; HF – высокочастотная компонента сердечного ритма; ИИ – искусственный интеллект; * – достоверность различий с показателем до выполнения задания (p≤0,05); @ – достоверность различий с показателями при выполнении задания на бумаге (p≤0,05); # – достоверность различий с показателями выполнения задания онлайн (p≤0,05).

Таблица 3

Концентрация кортизола в слюне при учебной деятельности в цифровом формате, Me [Q1; Q3]

Группа	Концентрация, нг/мл
До выполнения задания	0,25 [0,22; 0,28]
Выполнение задание на бумаге	0,35 [0,31; 0,4]*
Выполнение задания онлайн	0,32 [0,31; 0,39]*
Выполнение задания с ИИ	0,29 [0,26; 0,32]*@#

Примечание: ИИ – искусственный интеллект; * – достоверность различий с показателем до выполнения задания ($p \leq 0,05$); @ – достоверность различий с показателями при выполнении задания на бумаге ($p \leq 0,05$); # – достоверность различий с показателями выполнения задания онлайн ($p \leq 0,05$).

Из результатов, представленных в таблице 3, видно, что максимальная концентрация кортизола в слюне отмечалась в случаях, когда задания выполнялись на бумаге или онлайн. При использовании ИИ прирост концентрации данного гормона был незначительным.

Полученные результаты позволяют предположить, что в процесс адаптации студентов к ситуации проверки знаний вовлекается два частично или полностью независимых механизма, причем в разных условиях осуществления контроля степень их вовлеченности меняется. Первый механизм связан с изменением вегетативного баланса и повышением уровня стресса. Он вовлекается преимущественно при сдаче зачета оффлайн, а также несколько в меньшей степени при онлайн-тестировании. Данный механизм сопряжен с усилением доли низкочастотных компонентов кардиоинтервалограммы, а также с максимальным приростом концентрации кортизола в слюне. Также с ним связаны изменения показателей психофизиологических тестов, характеризующие уровень стресса и вегетативный баланс – в частности, в тесте Люшера показатели стресса и вегетативного баланса изменялись в наибольшей степени при выполнении первого задания (на бумаге).

Второй механизм адаптации студентов к ситуации проверки знаний связан с активацией процессов в коре головного мозга, что находит свое проявление в изменении характера биоэлектрической активности. Если задание выполнялось на бумаге или онлайн, отмечались прирост альфа-ритма и небольшое усиление мю-ритма, некоторое усиление тета-ритма и угнетение дельта-ритма. При выполнении задания с использованием ИИ изменения имеют ту же направленность, но выражены в большей степени. Кроме этого, при использовании ИИ наблюдается прирост амплитуды бета-ритма, особенно его низкочастотной компоненты. Большинство психофизиологических характеристик изменяется при выполнении заданий онлайн и в большей степени с использованием ИИ.

Наибольший интерес вызывает тот факт, что максимальные перестройки в биоэлектрической активности коры, сопровождающиеся выраженной активацией психофизиологических показателей, имеют место в ситуации наименьшего стресса. Очевидно, что при выполнении когнитивных заданий перестройка биоэлектрической активности зависит от характера задания и не связана напрямую со стрессорными воздействиями. Можно предположить, что при выполнении задания на бумаге стресс в сочетании с низкой мотивацией способствуют активации миндалины, что через ингибирование гиппокампа (чему также способствует усиление продукции кортизола) угнетает активность префронтальной коры. В случае выполнения задания с использованием ИИ за счет эмоциональной вовлеченности и снижения фактора стресса (данная среда является для молодых людей привычной и не вызывает тревоги) усиливается активность гиппокампа и стимулируется активность префронтальной коры. Эти различия в механизмах ответа центральной нервной системы и находят отражения в описанных паттернах биоэлектрической активности коры.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что наибольшее влияние на психофизиологические характеристики

оказывает работа онлайн, особенно с применением ИИ. В то же время показатели, характеризующие уровень стресса и вегетативный баланс, в большей степени изменяются при традиционной форме сдачи зачета. Можно предположить, что в процесс адаптации студентов к ситуации проверки знаний вовлекается два частично или полностью независимых механизма, причем в разных условиях осуществления контроля степень их вовлеченности меняется.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тишкова, А.С. Особенности цифровой социализации современной молодежи: теоретический экскурс / А.С. Тишкова // Человеческий капитал. – 2023. – № 12-1(180). – С. 212-218.
2. Physiologic responses and energy expenditure of Kinect active video game play in schoolchildren / S.R. Smallwood, M.M. Morris, S.J. Fallows, J.P. Buckley // Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine. – 2012. – Vol. 166. – No. 11. – P.1005-1009.
3. Digital learning. smartphone usage, and digital culture in Indonesia education / A.I. San, N. Suryani, D. Rochsantiningsih, S. Suharno // Integration of Education. – 2020. – Vol. 24. – No. 1. – P. 20-31. DOI: 10.15507/1991-9468.098.024.202001.020-031.
4. Грязнова, Е.В. Противоречия цифрового высшего образования в информационной культуре современного общества / Е.В. Грязнова // Вестник Минского университета. – 2023. – Т. 11. – № 1. – С. 12-20. DOI: 10.26795/2307-1281-2023-11-1-12.
5. Digital readiness and its effects on higher education students' socio-emotional perceptions in the context of the COVID-19 pandemic / M. Händel, M. Stephan, M. Gläser-Zikuda [et al.] // Journal of Research on Technology in Education. – 2020. – Vol. 54. – No. 2. – P. 267-280. DOI: 10.1080/15391523.2020.1846147.
6. Спартакян, Н.С. Психолого-педагогические характеристики цифрового образовательного пространства / С.Н. Спартакян, М.Г. Синякова // Педагогическое образование в России. – 2022. – № 1. – С. 145-156.
7. Лангуев, К.А. Влияние цифровой образовательной среды на психофизиологическое состояние старшеклассников / К.А. Лангуев, Е.С. Богомолова // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2023) : сборник статей IV Международной научно-практической конференции. – Москва : Издательство ФГБОУ ВО МГППУ, 2023. – С. 115-124.
8. Stomaiuolo, A. Contexts of Digital Socialization: Studying Adolescents Interactions on Social Network Sites / A. Stomaiuolo // Human Development. – 2017. – Vol. 60. – No. 5. – P. 233-238. DOI: 10.1159/000480341.
9. Ермаков, П.Н. Психофизиологические маркеры поведения личности в цифровой среде / П.Н. Ермаков, И.С. Лучинкина // Мир науки. Педагогика и психология. – 2024. – Т. 12. – № 6. – URL: https://mir-nauki.com/PDF/128PSMN624.pdf (дата обращения: 25.06.2026)
10. Влияние технологий цифрового обучения на функциональные и психофизиологические ответы организма: анализ литературы / Д.З. Шибкова, Б.П. Айгужин, А.Д. Герасев, Р.И. Айзман // Science for Education Today. – 2021. – № 3. – С. 125-141. DOI: 10.15293/2658-6762.2103.07.

REFERENCES

1. Tishkova A.S. Features of digital socialization of modern youth: theoretical excursion. *Human capital*, 2023, no. 12-1(180), pp. 212-218. (in Russ.)
2. Smallwood S.R., Morris M.M., Fallows S.J., Buckley J.P. Physiologic responses and energy expenditure of kinect active video game play in schoolchildren. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 2012, vol. 166, no. 11, pp. 1005-1009.
3. San A.I. Digital learning. smartphone usage, and digital culture in Indonesian education. *Integration of Education*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 20-31. DOI: 10.15507/1991-9468.098.024.202001.020-031.
4. Gryaznova E.V. Contradictions of digital higher education in the information culture of modern society. *Vestnik of Minsk University*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 42-48. DOI: 10.26795/2307-1281-2023-11-1-12. (in Russ.)
5. Händel M. Digital readiness and its effects on higher education students' socio-emotional perceptions in the context of the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*, 2020, vol. 54, no. 2, pp. 267-280. DOI: 10.1080/15391523.2020.1846147.
6. Spartakyan N.S., Sinyakova M.G. Psychological and pedagogical characteristics of the digital educational space. *Pedagogical Education in Russia*, 2022, no. 1, pp. 145-156. (in Russ.)

7. Languyev K.A., Bogomolova E.S. The Impact of the Digital Educational Environment on the Psychophysiological State of High School Students. Digital Humanities and Technologies in Education (DHTE 2023): collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference. Moscow: Publishing House of the Moscow State Psychological and Pedagogical University, 2023. pp. 115-124. (in Russ.)
8. Stomaiuolo A. Contexts of Digital Socialization: Studying Adolescents Interactions on Social Network Sites. *Human Development*, 2017, no. 60, pp. 233-238. DOI: 10.1159/000480341.
9. Ermakov P.N., Luchinkina I.S. Psychophysiological markers of personality behavior in the digital environment. *World of Science. Pedagogy and Psychology*, 2024, vol. 12, no. 6. Available at: https://mir-nauki.com/PDF/128PSMN624.pdf (accessed 25.06.2026) (in Russ.)
10. Shibkova D.Z., Aiguzhin B.P., Gerasev A.D., Aizman R.I. The impact of digital learning technologies on functional and psychophysiological responses of the organism: an analytical literature review. *Science for Education Today*, 2021, no. 3, pp. 125-141. DOI: 10.15293/2658-6762.2103.07. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Юлия Алексеевна Карвунис – старший преподаватель кафедры спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, Томский государственный университет, e-mail: juliakarvounis@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2744-0300.
Юлия Геннадьевна Калинникова – кандидат медицинских наук, доцент кафедры спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, Томский государственный университет, e-mail: Kalina3341@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5410-1147.
Николетта Александровна Карвунис – магистрант факультета физической культуры, Томский государственный университет, e-mail: juliakarvounis@gmail.com; ORCID: 0009-0001-2875-8097.
Виктория Витальевна Шевченко – аспирант факультета физической культуры, Томский государственный университет, e-mail: fomchenko1993@gmail.com; ORCID: 0009-0000-1152-0763.
Леонид Владимирович Капилевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры, Томский государственный университет; профессор отделения физической культуры, Томский политехнический университет, e-mail: kapil@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-2316-576X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Yulia A. Karvunis – Senior Lecturer of the Department of Sports and Recreative Tourism, Sports Physiology and Medicine, Faculty of Physical Culture, Tomsk State University, e-mail: juliakarvounis@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2744-0300.
Yulia G. Kalinnikova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Sports and Recreative Tourism, Sports Physiology and Medicine, Faculty of Physical Culture, Tomsk State University, e-mail: Kalina3341@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5410-1147.
Nikoletta A. Karvunis – Master's Student of the Faculty of Physical Culture, Tomsk State University, e-mail: juliakarvounis@gmail.com, ORCID: 0009-0001-2875-8097.
Viktoria V. Shevchenko – Postgraduate Student of the Faculty of Physical Culture, Tomsk State University, e-mail: fomchenko1993@gmail.com, ORCID: 0009-0000-1152-0763.
Leonid V. Kapilevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Sports and Recreative Tourism, Sports Physiology and Medicine, Faculty of Physical Culture, Tomsk State University; Professor of the Department of Physical Culture, Tomsk Polytechnic University, e-mail: kapil@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2316-576X.

Для цитирования: Влияние технологий цифрового обучения на психофизиологические характеристики студентов / Ю.А. Карвунис, Ю.Г. Калинникова, Н.А. Карвунис [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_8

For citation: Karvunis Yu.A., Kalinnikova Yu.G., Karvunis N.A., Shevchenko V.V., Kapilevich L.V. The impact of digital learning technologies on students' psychophysiological characteristics. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_8