



Королева А.А., Янушанец О.И.

Физиолого-гигиеническая оценка функционального состояния старшеклассников при работе с мультимедийным образовательным контентом в различных видах учебной деятельности

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Современная цифровизация образования, несмотря на многие преимущества, обуславливает тенденции ухудшения здоровья школьников. Для обеспечения оптимальной когнитивной нагрузки и сохранения здоровья учащихся необходима разработка дифференцированных гигиенических требований к мультимедийному и интерактивному учебному контенту для старшеклассников с учётом специфики различных видов учебной деятельности и их влияния на функциональное состояние организма.

Материалы и методы. Проспективное исследование в рамках натурного эксперимента, в котором сравнивалось воздействие уроков с мультимедийным контентом и без него с учётом вида образовательной деятельности, проведено на базе школ Санкт-Петербурга и охватило 75 старшеклассников. Для оценки функционального состояния ЦНС и зрительного анализатора до и после занятий применяли методы измерения простой сенсомоторной реакции и критической частоты слияния световых мельканий.

Результаты. Исследование выявило двойственное влияние мультимедийного контента: с одной стороны, он способствовал улучшению показателей ЦНС (снижение времени сенсомоторной реакции), с другой — вызывал значительное зрительное утомление, особенно при работе с высокомультимедийными материалами. При этом влияние на когнитивные функции сильно зависело от педагогического сценария: наиболее выраженный негативный эффект наблюдался при постоянном переключении внимания между экраном и тетрадью.

Ограничения исследования. Ограничениями данного исследования были его сфокусированность на конкретной когорте из 75 условно здоровых старшеклассников Санкт-Петербурга, что не позволяет экстраполировать выводы на все подростковые популяции, а также учёт лишь определённых типов мультимедийного контента при сохранении общих гигиенических условий.

Заключение. Исследование демонстрирует амбивалентное влияние цифрового обучения: мультимедийный контент снижает когнитивную нагрузку, но увеличивает риск зрительного утомления в 1,6–3,4 раза. Ключевым фактором является не тип контента, а педагогический сценарий его использования, где хаотичное переключение взгляда между экраном и тетрадью особенно вредно. Оптимальный результат достигается при дозированном сочетании цифровых и традиционных форматов обучения.

Ключевые слова: мультимедийный; интерактивность; учебный контент; старшеклассники; гигиеническая оценка

Соблюдение этических стандартов. Исследование было проведено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.) и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (протокол № 9 от 12.10.2022 г.). Руководители образовательных организаций, все участники и их законные представители дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Королева А.А., Янушанец О.И. Физиолого-гигиеническая оценка функционального состояния старшеклассников при работе с мультимедийным образовательным контентом в различных видах учебной деятельности. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(2): 149–156. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-149-156> <https://elibrary.ru/oldauo>

Для корреспонденции: Королева Анастасия Алексеевна, e-mail: koroleva.gdip@gmail.com

Вклад авторов: Королева А.А. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста; Янушанец О.И. — концепция и дизайн исследования, редактирование. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 10.11.2025 / Принята к печати: 02.12.2025 / Опубликовано: 13.03.2026

Anastasiya A. Koroleva, Olga I. Yanushanets

Physiological and hygienic assessment of the functional state of high school students when working with multimedia educational content in various types of educational activities

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Modern digitalization of education, despite its advantages, is associated with alarming trends in the deterioration of the health in schoolchildren. To ensure optimal cognitive load and preserve the health in students, there is a need to develop differentiated hygienic requirements for multimedia and interactive educational content for high school students, taking into account the specifics of various types of educational activities and their impact on the functional state of the body.

Materials and methods. A prospective study conducted as part of a field experiment based on schools in St. Petersburg included seventy five senior high school students, which compared the impact of lessons with and without multimedia content, taking into account the type of educational activity. To assess the functional state of the central nervous system and the visual analyzer before and after classes, methods were used to measure a simple sensorimotor response and the critical frequency of fusion of light flashes.

Results. The study revealed a dual effect of multimedia content: on the one hand, it contributed to improving CNS performance (reducing sensorimotor response time), on the other, it caused significant visual fatigue, especially when working with high-media materials. At the same time, the effect on cognitive functions strongly depended on the pedagogical scenario — the most adverse effect was observed with constant switching of attention between the screen and the notebook.

Limitations. The limitation of this study is its focus on a specific cohort of 75 conditionally healthy St. Petersburg high school students, which does not allow extrapolating the conclusions to all adolescent populations, as well as taking into account only certain types of multimedia content while maintaining general hygienic conditions.

Conclusion. The study demonstrates the ambivalent effect of digital learning: multimedia content reduces cognitive load, but increases the risk of visual fatigue by 1.6–3.4 times. The key factor is not the type of content, but the pedagogical scenario of its use, where chaotic eye switching between the screen and the exercise-book is especially harmful. The optimal result is achieved with a dosed combination of digital and traditional learning formats.

Keywords: multimedia; interactivity; educational content; high school students; hygiene assessment

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the ethical standards set out in the Declaration of Helsinki and the Directives of the European Community (8/609EC). The study was approved by the local Ethics committee of the I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (minutes of meeting No. 9 dated 10/12/2022). Written informed consent was received from the management of educational institutions/organizations, parents of students and high school students themselves. All participants in the study expressed their full agreement to participate in it.

For citation: Koroleva A.A., Yanushanets O.I. Physiological and hygienic assessment of the functional state of high school students when working with multimedia educational content in various types of educational activities. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(2): 149–156. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-149-156> <https://elibrary.ru/oldauo> (In Russ.)

For correspondence: Anastasiya. A. Koroleva, e-mail: koroleva.gdip@gmail.com

Contribution: Koroleva A.A. — the concept and design of the study, collection and processing of material, writing text; Yanushanets O.I. — study concept and design, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: November 10, 2025 / Accepted: December 2, 2025 / Published: March 13, 2026

Введение

Современный этап развития общества характеризуется стремительной цифровизацией всех сфер жизни, в том числе системы образования. Активное внедрение в образовательный процесс электронных платформ и цифровых инструментов трансформирует традиционные форматы обучения: изменяется структура урока и характер учебной деятельности. Вместе с тем на фоне роста внедрения цифровых инноваций в образовательный процесс сохраняются тревожные тенденции ухудшения здоровья школьников. Результаты научных исследований последних лет свидетельствуют о таких негативных последствиях нерегламентированного использования компьютерной техники, как накопление зрительного и общего утомления, увеличение статических нагрузок, усугубление гиподинамии [1–7].

Известно, что в формировании утомления учащихся при реализации обучения в цифровой среде ключевая роль принадлежит качеству контента, подаваемого на цифровые устройства [1, 2, 8]. В настоящее время проведены исследования, обосновывающие необходимость гигиенической оценки офтальмоэргономичности шрифтового, цветового, иллюстративного и слайдового оформления визуальных материалов, демонстрируемых на электронных средствах обучения при реализации образовательного процесса у младших школьников [9].

При создании образовательного контента для старшеклассников при освоении сложных предметов (математика, физика, химия) и подготовке к ЕГЭ необходимо учитывать при гигиенической оценке учебного материала такие его свойства, как мультимедийность (аудиовизуальный синтез) и интерактивность (управление — обратная связь). Освоение нового материала, упражнения для формирования практических навыков и контроль усвоенного материала различаются по типу когнитивной нагрузки (перцептивно-мнемическая, операционно-регуляторная, стрессорно-оценочная), что определяет использование различных паттернов и реакций центральной нервной системы (ЦНС) и зрительного анализатора [10], поэтому приобретает особое значение работа с мультимедийным учебным контентом. Например, допустимая продолжительность и требования к эргономике для напряжённой контрольной работы на цифровой платформе будут принципиально иными, чем

при просмотре обучающего видео, содержащего новый материал. Анализ научной литературы показал, что к настоящему времени недостаточно изучено влияние различных видов учебной деятельности (усвоение теории, выполнение упражнений, контроль знаний) с использованием мультимедийного контента на функциональное состояние организма и когнитивные функции старшеклассников. Таким образом, разработка дифференцированных гигиенических требований к образовательному контенту для разных видов деятельности — обязательное условие обеспечения оптимальной когнитивной нагрузки и сохранения здоровья обучающихся.

Материалы и методы

Проспективное когортное исследование в условиях натурального эксперимента проводилось в период с февраля 2023 г. по март 2025 г. на базе государственных бюджетных образовательных организаций Санкт-Петербурга. В исследование были включены 75 учащихся старших классов (15–17 лет), не имеющих патологий зрительного анализатора и относящихся к I и II группам здоровья. Каждый участник был протестирован по семи учебным дисциплинам различной трудности (русский язык, математика, физика, история, биология, обществознание, английский язык) с замерами физиологических показателей до и после урока с мультимедийным контентом (презентации, видео, интерактивные платформы) и без мультимедийного контента (учебник, доска, тетради).

На каждом уроке активность структурировалась по трём видам образовательной деятельности: теория (ознакомление с материалом), упражнения (отработка навыков) и контроль (тестирование). Уроки проводились в середине второй учебной четверти в дни высокого уровня работоспособности (вторник, среда, четверг), несдвоенным вторым или третьим уроком по расписанию, исключительно в первую смену. Занятия у всех участников проводились одними и теми же учителями. Электронное средство обучения (ЭСО) активировалось в середине урока и по продолжительности использования не превышало регламентируемых показателей. Во всех случаях используемая цифровая образовательная среда и мультимедийный контент соответствовали действующим гигиеническим требованиям и рекомендациям с учё-

Original article

том таких свойств цифрового контента, как мультимедийность (синтез аудио- и визуальных элементов) и интерактивность (степень обратной связи и управления)^{1,2,3,4,5}.

Уровень мультимедийности (УМ) контента количественно оценивался по наличию в интерактивных образовательных модулях (ИОМ) медиаэлементов: символической информации, статического реалистичного визуального ряда, динамического реалистичного и синтезированного визуального ряда (видео, анимация и звуковой ряд) [11].

Уровень интерактивности оценивался по следующим критериям:

- уровень I (минимальный) – условно пассивные формы взаимодействия, характеризующиеся односторонним воздействием учащегося;
- уровень II (умеренный) – активные формы взаимодействия, характеризующиеся простым взаимодействием учащихся с контентом на уровне элементарных воздействий и откликов;
- уровень III (максимальный) – деятельностные формы, характеризующиеся конструктивным взаимодействием учащихся с учебными объектами/процессами по заданному алгоритму.

В анализ были включены следующие формы взаимодействия:

- наличие письменного компонента (ввод текста, заполнение форм);
- управление аудиокомпонентом (регулировка громкости, отключение звука);
- управление видеокомпонентом (пауза, перемотка);
- наличие системы горячих кнопок для подсказок;
- возможность скачивания дополнительных учебных материалов;
- инструменты для синхронного или асинхронного взаимодействия с педагогом.

В исследовании учитывали длительность непрерывного взаимодействия учащихся с экраном, чередование цифровых и традиционных (неэкранных) форм активности.

¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов окружающей среды» (табл. 7.12).

² ИСО 9241–11:1998 «Эргономические требования к офисным работам с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 11. Руководство по пригодности использования».

³ ИСО 14915–1 «Эргономика программного обеспечения мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1. Принципы проектирования и структура».

⁴ ИСО 14915–2 «Эргономика программного обеспечения мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 2. Навигация и управление мультимедийными средствами».

⁵ ИСО 14915–3 «Эргономика программного обеспечения мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 3. Выбор и объединение форм представления информации».

Таблица 1 / Table 1

Показатели функционального состояния центральной нервной системы и зрительного анализатора старшеклассников при реализации теоретических образовательных модулей при различных формах обучения

Indices of the functional state of the central nervous system and visual analyzer in senior high school students during the implementation of theoretical educational modules in various forms of education

Форма обучения The form of education	Предмет Lesson	Форма контента The form of the content	Техническое средство обучения; уровень мультимедийности; уровень интерактивности Technical means of learning; multimedia level; level of interactivity	Центральная нервная система The central nervous system				Зрительный анализатор Visual Analyzer	
				Среднее латентное время, мс (M ± ДИ 95%) Mean latency, ms (M ± CI 95%)		Моторное время, мс (M ± ДИ 95%) Motor time, ms (M ± CI 95%)		КЧСМ (Гц), ДИ 95% KFLF (Hz), CI 95%	
				до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson
Урок с мультимедийным контентом Lesson with multimedia content	Обществознание Social Studies	Видеофильм The video	Интерактивная доска; I1 (максимальная); I1 (минимальная) Interactive Whiteboard; I1 (maximum); I1 (minimum)	359.80 ± 206.14 (291.75–427.85)	272.10 ± 86.46 (241.84–302.36)	134.60 ± 58.67 (114.59–154.61)	109.00 ± 32.60 (97.64–120.36)	49.51 ± 7.54 (46.88–52.14)	44.52 ± 10.38 (40.90–48.14)
				413.43 ± 88.79 (382.45–444.41)	395.92 ± 102.68 (360.09–431.75)	166.96 ± 98.27 (132.76–201.29)	144.92 ± 60.45 (123.83–166.01)	47.84 ± 10.51 (44.17–51.51)	47.29 ± 9.12 (44.11–50.47)
Урок без мультимедийного контента Lesson without multimedia content	Обществознание Social Studies	Учебник, доска для письма Textbook, writing board	Пишущие принадлежности Writing supplies	307.20 ± 103.90 (232.87–381.53)	256.10 ± 66.00 (208.89–303.31)	171.50 ± 98.20 (101.25–241.75)	120.30 ± 38.90 (92.47–148.13)	48.26 ± 8.29 (42.33–54.19)	46.61 ± 7.60 (41.17–52.05)
				367.39 ± 73.81 (345.15–389.63)	375.04 ± 71.02 (352.34–397.74)	171.92 ± 48.10 (155.46–188.38)	160.21 ± 48.61 (142.81–177.61)	52.68 ± 9.12 (49.08–56.28)	50.42 ± 8.24 (46.82–54.02)

Оценка влияния мультимедийного контента на функциональное состояние ЦНС

1. Простую сенсомоторную реакцию оценивали с помощью комплекса КПФК-99М «Психомат» – определяли среднее латентное время (СЛВ, мс) и моторное время (МВ, мс) реакции на звуковой стимул. Каждое исследование включало пять измерений. Увеличение латентного периода хотя бы одной реакции рассматривалось как нарушение равновесия между процессами возбуждения и торможения [12]. Вариабельность значений СЛВ свидетельствовала об устойчивости реакции ЦНС. При оценке индивидуальной реакции ЦНС учитывали нормативные значения для подростков 15–17 лет и величину σ [13–16].

2. Функциональное состояние зрительного анализатора определяли методом измерения уровня критической частоты слияния световых мельканий (КЧССМ) (бинокулярно) на красный стимул (Гц). Каждое исследование включало три измерения. Для данной возрастной группы нормативный диапазон КЧССМ при предъявлении импульсного света составляет примерно 37–42 Гц (появление мельканий) и 37–40 Гц (слияние мельканий) [8, 17, 18]. Значения ниже 30 Гц могут свидетельствовать о функциональных нарушениях или утомлении зрительного анализатора [19, 20].

Все процедуры соответствовали этическим стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.), Директивы ЕС 8/609ЕС. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (протокол № 9 от 12.10.2022 г.). Получено информированное согласие от участников и их законных представителей.

Данные анализировали с использованием стандартных методов описательной статистики (средние значения, стандартные отклонения). Для проверки значимости различий использовали критерий Уилкоксона и критерий согласия Пирсона.

Результаты

Анализ динамики функционального состояния центральной нервной системы и зрительного анализатора старшеклассников при реализации теоретических образовательных модулей на уроках обществознания и биологии представлен в **табл. 1**.

На уроке обществознания с использованием интерактивной доски демонстрировался видеофильм с максимальным уровнем мультимедийности (УМ = 11) и минимальным уровнем интерактивности (УИ I). Ученики просматривали материал, а учитель периодически ставил видео на паузу для записи терминов с экрана, что сопровождалось переключением взгляда с интерактивной доски на тетрадь. После урока установлено достоверное снижение среднего латентного времени (СЛВ) на 24,4% ($p = 0,001$) и моторного времени (МВ) на 19% ($p = 0,004$). При этом зафиксировано ухудшение функции зрительного анализатора: снижение КЧССМ на 10,1% (5 Гц; $p = 0,002$).

При изучении теоретического материала на уроке обществознания с использованием учебника, рабочей тетради и меловой доски зафиксировано достоверное улучшение показателей ЦНС: снижение СЛВ на 16,6% ($p \leq 0,004$) и МВ на 29,8% ($p = 0,002$). Показатели зрительного анализатора не изменились.

На уроке биологии использовалась презентация с минимальным уровнем мультимедийности (УМ = 3) с минимальным уровнем интерактивности (УИ I). Учащиеся одновременно воспринимали информацию со слайдов и вели конспектирование в тетрадях. При данном формате занятия были отмечены положительные изменения показателей ЦНС, не имеющие статистической значимости ($p > 0,05$). Состояние зрительного анализатора также осталось практически без изменений ($p > 0,05$), что свидетельствует об адекватной зрительной нагрузке.

На традиционном уроке биологии наблюдалась характерная для продуктивной учебной деятельности динамика

(закономерное утомление центральной нервной системы, выразившееся в незначительном ухудшении показателей ЦНС, при сохранении стабильной функции зрительного анализатора), свидетельствующая об адекватной реакции на образовательную нагрузку при использовании традиционных форматов обучения.

Анализ индивидуальных реакций ЦНС учащихся на учебную нагрузку выявил высокую вариабельность показателей СЛВ, что указывает на нестабильную работу нервной системы 84% учащихся независимо от формата обучения. Данный результат подтверждает, что тип подачи информации на уроке обществознания при изучении нового материала (мультимедийный или традиционный) не оказывает существенного влияния на стабильность реакций ЦНС.

Сравнение динамики показателей после демонстрации мультимедийного контента при реализации теоретических образовательных модулей различного уровня мультимедийности показывает, что риск формирования нестабильного функционирования нервной системы возрастает в 7,2 раза ($RR = 7,2$; 95%-й ДИ 1,78–29,15; $p = 0,002$). Одновременно установлено, что вероятность возникновения зрительного утомления при работе с высокомультимедийным контентом возрастает в 3,4 раза ($OR = 3,4$; 95%-й ДИ 1,2–9,8; $p = 0,021$) по сравнению с низкомультимедийными аналогами. Полученные данные подтверждают комплексное негативное влияние высокой мультимедийной нагрузки, показывают связь повышенной когнитивной напряженности и нестабильности работы ЦНС со зрительным утомлением, обусловленным высокой мультимедийностью и необходимостью частого переключения взгляда с ИД на тетрадь.

Сравнительный анализ воздействия мультимедийного и традиционного форматов обучения выявил неодинаковое влияние на функциональное состояние учащихся. В показателях ЦНС значимых различий не обнаружено ($RR = 1,14$; $p = 0,77$), однако для зрительного анализатора выявлен статистически значимый эффект: риск развития зрительного утомления при использовании высокомультимедийного контента повышается в 1,22 раза ($\chi^2 = 0,98$; $p = 0,32$), что подтверждает его существенное негативное воздействие именно на зрительную систему.

В **табл. 2** представлен анализ динамики показателей функционального состояния учащихся при выполнении упражнений с мультимедийным контентом, демонстрирующей комплексное воздействие различных образовательных форматов на центральную нервную систему и зрительный анализатор.

На уроке истории демонстрировался контент с минимальным уровнем мультимедийности (УМ = 3) и интерактивности (УИ I), учащиеся выполняли самостоятельную работу: вопросы были представлены в виде презентации, ответы записывались в тетрадь с последующим обсуждением. Показатели функционального состояния ЦНС демонстрировали снижение СЛВ на 27,8% ($p < 0,001$) и МВ на 13% ($p = 0,004$). В то же время установлено достоверное ухудшение функции зрительного анализатора: снижение КЧССМ на 16,5% ($p = 0,002$) свидетельствовало о развитии зрительного утомления. На уроке истории традиционный формат обучения демонстрирует положительное влияние на состояние ЦНС учащихся. Зафиксировано достоверное улучшение физиологических показателей: снижение СЛВ на 5,6–31% и нормализация МВ на 2,5–30,9% ($p < 0,001$), что свидетельствует об оптимальности психофизиологической нагрузки при использовании классических методов обучения. Критическая частота слияния мельканий также была стабильной.

Особого внимания заслуживает распределение показателей вариабельности СЛВ: при использовании мультимедийного контента нестабильность работы нервной системы наблюдалась у 68% ($p > 0,05$) учащихся, тогда как при традиционном формате этот показатель достигал 89% ($p > 0,05$), что свидетельствовало о большей напряженности ЦНС при выполнении упражнений в традиционном формате обучения.

Таблица 2 / Table 2

Показатели функционального состояния центральной нервной системы и зрительного анализатора старшеклассников при выполнении упражнений при различных формах обучения
Indices of the functional state of the central nervous system and visual analyzer in senior high school students when performing exercises in various forms of education

Форма обучения The form of education	Предмет Lesson	Форма контента The form of the content	Техническое средство обучения; уровень мультимедийности; уровень интерактивности Technical means of learning; multimedia level; level of interactivity	Центральная нервная система The central nervous system			Зрительный анализатор Visual Analyzer		
				Среднее латентное время, мс (M ± DI 95%) Motor time, ms (M ± CI 95%)		Среднее латентное время, мс (M ± DI 95%) Motor time, ms (M ± CI 95%)		КЧСМ (Гц), ДИ 95% KFLF (Hz), CI 95%	
				до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson
Урок с мультимедийным контентом Lesson with multimedia content	История History	Презентация Presentation	Мультимедийный проектор; 3 (минимальная); I (минимальный) Multimedia projector; 3 (minimum); I (minimum)	356.78 ± 194.00	257.44 ± 78.62	118.67 ± 61.70	103.22 ± 33.30	51.08 ± 8.67	42.65 ± 12.15
				(305.54–408.02)	(234.74–280.14)	(103.83–133.51)	(93.71–112.73)	(49.13–53.03)	(39.54–45.76)
Английский язык English language	Английский язык English language	Видеофильм The video	Мультимедийный проектор; 10 (близко к максимальной); I (минимальный) Multimedia projector; 10 (close to maximum); I (minimum)	292.14 ± 47.17	264.57 ± 66.08	153.00 ± 32.00	145.29 ± 31.90	36.46 ± 8.95	37.08 ± 10.80
				(280.51–303.77)	(246.05–283.09)	(145.27–160.73)	(136.78–153.80)	(34.48–38.44)	(34.35–39.81)
Математика Mathematics	Математика Mathematics	Презентация Presentation	Интерактивная доска; 3 (минимальная); I (минимальный) Interactive whiteboard; 3 (minimum); I (minimum)	307.92 ± 74.67	267.38 ± 77.12	178.08 ± 50.23	164.69 ± 40.12	41.00 ± 7.67	38.38 ± 5.34
				(287.11–328.73)	(245.73–289.03)	(164.92–191.24)	(153.05–176.33)	(39.12–42.88)	(37.20–39.56)
Урок без мультимедийного контента Lesson without multimedia content	История History	Учебник, доска для письма Textbook, writing board	Пишущие принадлежности Writing supplies	266.00 ± 87.60	251.00 ± 75.10	123.00 ± 70.20	119.90 ± 47.10	45.01 ± 12.24	44.96 ± 12.70
				(198.67–333.33)	(193.31–308.69)	(69.05–176.95)	(83.73–156.07)	(35.60–54.42)	(35.20–54.72)
Английский язык English language	Английский язык English language	Учебник, доска для письма Textbook, writing board	Пишущие принадлежности Writing supplies	257.20 ± 63.10	166.60 ± 42.40	156.80 ± 34.90	155.40 ± 55.50	35.61 ± 5.10	44.40 ± 5.27
				(198.90–315.50)	(127.40–205.80)	(124.30–189.30)	(103.70–207.10)	(30.89–40.33)	(39.52–49.28)
Математика Mathematics	Математика Mathematics	Учебник, доска для письма Textbook, writing board	Пишущие принадлежности Writing supplies	241.77 ± 62.23	166.62 ± 45.12	156.77 ± 34.12	155.38 ± 60.45	36.72 ± 5.64	44.52 ± 5.74
				(204.07–279.47)	(139.41–193.83)	(136.18–177.36)	(118.91–191.85)	(33.31–40.13)	(41.05–47.99)

Таблица 3 / Table 3

Показатели функционального состояния центральной нервной системы и зрительного анализатора старшеклассников при выполнении контрольной работы
Indices of the functional state of the central nervous system and visual analyzer in senior high school students during the control work

Предмет Lesson	Форма обучения The form of education	Техническое средство обучения; уровень мультимедийности; уровень интерактивности Technical means of learning; multimedia level; level of interactivity	Центральная нервная система The central nervous system			Зрительный анализатор Visual Analyzer		
			Среднее латентное время, мс (M ± DI 95%) Motor time, ms (M ± CI 95%)		Среднее латентное время, мс (M ± DI 95%) Motor time, ms (M ± CI 95%)		КЧСМ (Гц), ДИ 95% KFLF (Hz), CI 95%	
			до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson	до урока before the lesson	после урока after the lesson
Русский язык Russian language	Онлайн-платформа Online platform	Персональный компьютер; 3 (минимальная); III (максимальный) Personal computer; 3 (minimum); III (maximum)	483.75 ± 223.00	322.13 ± 87.60	275.00 ± 154.65	178.13 ± 94.82	50.19 ± 8.14	42.60 ± 10.02
			(397.28–570.22)	(288.16–356.10)	(215.03–334.97)	(141.36–214.90)	(47.03–53.35)	(38.71–46.49)
Традиционная доска, тетради) (textbook, blackboard, notebooks)	Традиционная доска, тетради) (textbook, blackboard, notebooks)	Пишущие принадлежности Writing supplies	305.40 ± 98.50	318.20 ± 104.30	168.30 ± 72.80	182.50 ± 79.60	48.90 ± 7.20	46.30 ± 8.10
			(265.32–345.48)	(275.64–360.76)	(141.24–195.36)	(151.96–213.04)	(46.44–51.36)	(43.56–49.04)

На уроке английского языка демонстрировался учебный материал с высоким уровнем мультимедийности ($УМ = 10$) при минимальной интерактивности ($УИ I$). Видеокomпонент содержал звуковое сопровождение, не относящееся к теме урока. На занятии отмечалась неформальная атмосфера, форма общения учащихся с педагогом была свободной. Демонстрация видеofильма прерывалась паузами для фиксации ответов в тетрадах. У учащихся наблюдалось умеренное улучшение показателей ЦНС: снижение СЛВ на 9,4% и МВ на 5% ($p > 0,05$). При этом состояние зрительного анализатора осталось стабильным, что может быть связано с эффектом периодических длительных зрительных пауз во время остановок видео.

Динамика показателей ЦНС, демонстрирующая отсутствие статистически значимых изменений, позволяет предположить, что данная нагрузка не оказала тренирующего воздействия на когнитивные функции учащихся, а свободная атмосфера занятия при позитивном влиянии на эмоциональное состояние не компенсировала отсутствия структурированной учебной деятельности, что в совокупности свидетельствует о недостаточной эффективности использования высокомультимедийного контента без его чёткого соотнесения учебным целям.

На уроках английского языка применение традиционного формата обучения показало значительное улучшение ЦНС и функционального состояния зрительного анализатора. Зафиксировано увеличение критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) на 19–25% ($p < 0,001$), что свидетельствовало об отсутствии зрительного утомления в процессе занятий.

Анализ индивидуальных реакций ЦНС учащихся на уроке английского языка позволил установить значительные различия ($p = 0,005$; $RR = 0,29$) воздействия мультимедийного и традиционного форматов обучения на стабильность функционирования ЦНС учащихся. При использовании мультимедийного контента высокая вариабельность показателей СЛВ, свидетельствующая о нестабильной работе нервной системы, наблюдалась лишь у 29% учащихся, а традиционный формат обучения сопровождался высокой вариабельностью СЛВ у 100% учащихся.

На уроке математики использовался контент с минимальной мультимедийностью ($УМ = 3$) и интерактивностью ($УИ I$) в виде презентации с примерами решения тригонометрических задач у доски и в тетрадах. Установлено достоверное улучшение показателей ЦНС: снижение СЛВ на 13,2% ($p = 0,003$) и тенденция к улучшению МВ на 7,5% ($p > 0,05$). Отмечено незначительное ухудшение функции зрительного анализатора – снижение КЧСМ на 6,4% ($p > 0,05$), не достигшее уровня статистической значимости.

На уроках математики применение традиционного формата обучения показало комплексное положительное воздействие на функциональное состояние учащихся. Зафиксировано достоверное улучшение показателей центральной нервной системы на фоне увеличения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) на 19–25% ($p < 0,001$). Полученные данные свидетельствуют об оптимальной психофизиологической нагрузке при решении математических задач с использованием традиционных средств обучения (учебника, тетради и меловой доски), что обеспечивает одновременное улучшение как когнитивных функций, так и зрительной работоспособности учащихся.

На уроках математики сравнительный анализ вариабельности показателей СЛВ выявил различия воздействия на функциональное состояние ЦНС учащихся в зависимости от используемого формата обучения. При использовании мультимедийного контента высокая вариабельность СЛВ, свидетельствующая о нестабильной работе нервной системы, наблюдалась у 46% учащихся. В традиционном формате обучения данный показатель был значительно выше: 69% учащихся демонстрировали высокую вариабельность СЛВ ($p > 0,05$).

На основании анализа данных табл. 2 выявлена чёткая зависимость между характером организации учебной

деятельности, риском развития утомления зрительного анализатора и нестабильности функционирования ЦНС у старшеклассников. Установлено, что высокая вариабельность показателей СЛВ, отражающая нестабильность работы нервной системы, была меньшей при использовании высокомультимедийного контента по сравнению с низкомультимедийными материалами. Хронометраж показал, что на уроке истории постоянное переключение взгляда между проектором и тетрадь создавало не только интенсивную зрительную нагрузку, но и когнитивную напряжённость, тогда как на уроке математики однократное списывание примера с ИД минимизировало как визуальный контакт с экраном, так и когнитивную нагрузку. Полученные данные свидетельствуют о приоритетном влиянии типа педагогического сценария и связанного с ним характера учебной деятельности учащихся на развитие утомления, поэтому изолированная оценка отрицательного влияния высокомультимедийного контента без учёта организационного контекста не имеет практического смысла.

В группе с мультимедийным контентом улучшение показателей среднего латентного времени составило 15,6% ($p < 0,001$), в то время как в традиционной группе улучшения было более выраженным – 23,4% ($p < 0,001$). Различия в динамике моторного времени между группами были менее значительными, но также в пользу традиционного формата выполнения упражнений. Проведённый сравнительный анализ выполнения упражнений с использованием мультимедийного контента и в традиционном формате выявил статистически значимые различия в воздействии на функциональное состояние учащихся. В группе с мультимедийным контентом ухудшение показателей критической частоты слияния мельканий было зафиксировано у 68,3% учащихся, а в группе традиционного выполнения упражнений этот показатель составил 38% ($\chi^2 = 9,84$; $p = 0,002$), что свидетельствует о существенном влиянии формата выполнения упражнений на развитие зрительного утомления. Использование мультимедийного контента при выполнении упражнений повышает вероятность развития зрительного утомления в 1,8 раза (95%-й ДИ: 1,32–2,45) по сравнению с традиционным форматом из-за частого перевода взгляда с интерактивной доски на тетрадь.

В табл. 3 представлены показатели функционального состояния ЦНС и зрительного анализатора учащихся при выполнении контрольной работы по русскому языку на онлайн-платформе. Формат заданий представлял собой тест с выбором готовых ответов без необходимости их вписывания. Перед началом работы педагог проводил инструктаж по использованию платформы. Интерфейс платформы не содержал интерактивных подсказок (горячих кнопок). Тест не был ограничен по времени, учащиеся имели возможность возвращаться к предыдущим вопросам для изменения ответов. Контент был представлен в текстовом формате; аудио- и видеокomпоненты, а также рекламные интеграции отсутствовали.

По показателям центральной нервной системы наблюдается статистически достоверное снижение СЛВ на 33,4% ($p < 0,001$), что свидетельствовало о значительном снижении когнитивного напряжения и улучшении скорости обработки информации после выполнения контрольной работы. К концу урока установлено снижение МВ на 35,2% ($p < 0,001$), отражающее повышение эффективности моторных реакций.

По показателям зрительного анализатора зафиксировано достоверное ухудшение функционального состояния. Критическая частота слияния мельканий снизилась на 15,1% ($p = 0,001$), что объективно подтверждает развитие выраженного зрительного утомления в процессе работы с онлайн-платформой при контроле знаний.

Анализ динамики физиологических показателей при выполнении контрольной работы на уроке русского языка с применением традиционных обучающих технологий не выявил статистически достоверных изменений функционального состояния учащихся, СЛВ увеличилось на 14,2%

Original article

($p > 0,05$), МВ – на 8,45% ($p > 0,05$), а критическая частота слияния мельканий снизилась на 5,32% ($p > 0,05$). Полученные данные свидетельствуют о сохранении стабильного функционального состояния ЦНС и зрительного анализатора в рамках физиологической нормы, что подтверждает адекватность учебной нагрузки при традиционном формате проведения контрольных работ.

Установлено, что на уроке русского языка при традиционном формате обучения у всех учащихся наблюдается стабильная работа ЦНС, тогда как использование мультимедийного контента сопровождается высокой вариабельностью СЛВ у 75% учащихся ($p = 0,003$).

Результаты статистического анализа демонстрируют значимые различия воздействия цифрового и традиционного форматов контроля на функциональное состояние зрительного анализатора учащихся ($\chi^2 = 8,93$; $p = 0,0028$). Оценка относительного риска показала, что использование онлайн-платформы повышает вероятность развития зрительного утомления в 2,09 раза ($RR = 2,09$; 95%-й ДИ: 1,32–3,28) по сравнению с традиционным форматом. Данный результат свидетельствует, несмотря на лучшие показатели состояния ЦНС учащихся, о существенном негативном воздействии цифрового формата на зрительную систему.

Обсуждение

Изучение динамики функционального состояния центральной нервной системы и зрительного анализатора старшеклассников при работе с мультимедийным образовательным контентом при различных видах учебной деятельности позволило установить высокий риск развития утомления зрительного анализатора. Это обусловлено комплексом факторов: необходимостью постоянной перефокусировки зрительного анализатора при восприятии динамического контента, повышенной световой нагрузкой и длительной фиксацией на экране. Важно, что интерактивная составляющая урока (запись материалов, работа с тетрадью) выполняет компенсаторную функцию, обеспечивая необходимые зрительные паузы и снижая кумулятивную нагрузку на аккомодационный аппарат глаза.

Для теоретических занятий оправдан высокий уровень мультимедийности, обеспечивающий лучшее усвоение ма-

териала. Для практических упражнений предпочтительны традиционные форматы или умеренный уровень интерактивности. При организации контрольных мероприятий в цифровом формате необходима оптимизация временных параметров для снижения зрительной нагрузки. Полученные данные подчёркивают важность сбалансированного сочетания цифровых и традиционных технологий в образовательном процессе для минимизации психофизиологической нагрузки на учащихся.

Интегральный анализ позволяет сделать вывод о необходимости дифференцированного подхода к использованию мультимедийного контента.

Полученные данные подтвердили, что традиционные формы организации учебного процесса обеспечивают более физиологичные условия обучения, характеризующиеся меньшим уровнем стрессового реагирования и большей стабильностью функционального состояния учащихся. Результаты исследования подчёркивают необходимость рационального дозирования и чередования цифровых и традиционных форматов работы в образовательном процессе для минимизации психофизиологической нагрузки на организм учащихся.

Заключение

Один из основных результатов проведённого исследования – выявление разнонаправленного физиологического воздействия мультимедийного образовательного контента на функциональное состояние старшеклассников: выраженная положительная динамика показателей центральной нервной системы сопровождается значительным напряжением зрительного анализатора. Установлено, что риск развития зрительного утомления определяется не только уровнем мультимедийности, но и характером организации учебной деятельности, в том числе частотой переключения взора между экраном и тетрадью. Полученные данные обосновывают необходимость физиологически регламентированного использования цифровых образовательных технологий с учётом выявленных гигиенических закономерностей для достижения образовательных результатов и сохранения здоровья учащихся, особенно в период подготовки к государственной итоговой аттестации.

Литература

1. Бронский А.К., Магсумова Н.А., Седина Н.С. Влияние информационных технологий на когнитивные функции студентов ПГМУ имени академика Е.А. Вагнера. *Молодой ученый*. 2021; (3): 40–2. <https://elibrary.ru/хоооој>
2. Галимуллина Э.З., Хузеева Ф.Ф. Цифровая образовательная среда обучения программированию детей младшего школьного возраста. *Современные проблемы науки и образования*. 2021; (3): 86. <https://doi.org/10.17513/spno.30931> <https://elibrary.ru/ibjncq>
3. Каркашадзе Г.А., Намазова-Баранова Л.С., Вишнева Е.А., Сергеева Н.Е., Гогберашвили Т.Ю., Улькина Н.А. и др. Цифровые устройства и когнитивные функции у детей. *Вопросы современной педиатрии*. 2021; 20(6): 506–20. <https://doi.org/10.15690/vsp.v20i6.2357> <https://elibrary.ru/acwkur>
4. Солдатова Г.У., Никонова Е.Ю., Кошечкина А.Г., Трифонова А.В. Медиагозадачность: от когнитивных функций к цифровой повседневности. *Современная зарубежная психология*. 2020; 9(4): 8–21. <https://doi.org/10.17759/jmfr.2020090401> <https://elibrary.ru/zohxvt>
5. Хентонен А.Г. Цифровая образовательная среда как фактор повышения качества образования: сборник трудов конференции. В кн.: *Цифровизация в системе образования: передовой опыт и практика внедрения: V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием*. Чебоксары: Среда; 2024: 82–5.
6. Янченко Е.В. Цифровизация как детерминанта достойного качества жизни. *Креативная экономика*. 2024; 18(5): 1007–30.
7. Esfandiari M., Sciacca B., Feijó S., Laffan D.A., Milosevic T., O'Toole C., et al. Trends in digital technologies to address children's online safety education: A systematic scoping review. *Int. J. Educ. Res. Open*. 2025; 9: 100462. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100462>
8. *Возрастные и рефракционные особенности временной контрастной чувствительности у подростков*. СПб.; 2024.
9. Янушанец О.И., Петрова Н.А. Влияние качества визуальных материалов, подаваемых на электронных средства обучения, на риск формирования нарушений функционального состояния организма. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2022; 18(3): 516–21. <https://elibrary.ru/cmstkh>
10. Каменская В.Г., Томанов Л.В. Цифровые технологии и их влияние на социальные и психологические характеристики детей и подростков. *Экспериментальная психология*. 2022; 15(1): 139–59. <https://doi.org/10.17759/ehpspy.2022150109> <https://elibrary.ru/wnlvuz>
11. Единые требования к электронным образовательным ресурсам. М.; 2011 г. Доступно: <https://kpfu.ru/docs/F939875832/et.pdf>
12. Мануева Р.С. *Гигиена учебных занятий в школе*. Иркутск; 2010.
13. Мыльникова И.В., Ефимова Н.В., Дьякович О.А. Психофизиологические характеристики центральной нервной системы детей сельской местности различных этнических групп Сибири. *Экология человека*. 2018; (7): 17–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-17-23> <https://elibrary.ru/utoquk>
14. Панкова Н.Б., Алчинова И.Б., Ковалёва О.И., Лебедева М.А., Карганов М.Ю. Высокие величины индекса массы тела не ухудшают показатели сенсомоторной реактивности у подростков 15–17 лет. *Патогенез*. 2017; 15(2): 83–8. <https://doi.org/10.25557/GM.2017.2.7307> <https://elibrary.ru/zhezot>
15. Хватова М.В., Ноздрачев А.Д. Лабильность нервной системы подростков и ее психологические и физиологические корреляты. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология*. 2007; (3): 54–64. <https://elibrary.ru/rtswnf>
16. Петрушкина Н.А., Пономарев В.А., Шичавин И.В. Особенности функционального состояния нервной системы хоккеистов пубертатного возраста. *European Researcher*. 2012; 24(6–2): 983–5.
17. Аливердиева М.А., Иомдина Е.Н., Ивашенко Ж.Н., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А., Голубцов К.В. и др. Особенности временной контрастной чувствительности к хроматическим стимулам у детей и лиц молодого возраста с различной клинической рефракцией. *Глаз*. 2011; (2): 2–6. <https://elibrary.ru/nxsvmr>
18. Детское зрение. Что такое критическая частота слияния мельканий и зачем её измерять? Доступно: <https://detskoezrenie.ru/roditelyam/article/chto-takoe-kriticheskaya-chastota-slianiya-melkanij-i-zachem-ee-izmeryat/>
19. Егорова Т.С., Голубцов К.В. КЧСМ в определении зрительной работоспособности слабовидящих школьников. *Информационные процессы*. 2002; 2(1): 106–10. <https://elibrary.ru/hrmncb>
20. СМ-Клиника. Функциональное исследование сетчатки КЧСМ: Методические рекомендации. М.; 2023.

References

1. Bronskikh A.K., Magsumova N.A., Sedina N.S. The influence of information technologies on the cognitive functions of students of the Academician E.A. Wagner Perm State Medical University. *Molodoi uchenyi*. 2021; (3): 40–2. <https://elibrary.ru/xooorj> (in Russian)
2. Galimullina E.Z., Khuzeeva F.F. Digital educational environment for the programming of young school children. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2021; (3): 86. <https://doi.org/10.17513/spno.30931> <https://elibrary.ru/ibjqnc> (in Russian)
3. Karkashadze G.A., Namazova-Baranova L.S., Vishneva E.A., Sergeeva N.E., Gogberashvili T.Yu., Ulkina N.A., et al. Digital devices and cognitive functions in children. *Voprosy sovremennoi pediatrii*. 2021; 20(6): 506–20. <https://doi.org/10.15690/vsp.v20i6.2357> <https://elibrary.ru/acwkur> (in Russian)
4. Soldatova G.U., Nikonova E.Yu., Koshevaya A.G., Trifonova A.V. Media multitasking: from cognitive functions to digital. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya*. 2020; 9(4): 8–21. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2020090401> <https://elibrary.ru/zohxvt> (in Russian)
5. Khtononen AG. Digital educational environment as a factor in improving the quality of education. In: *Digitalization in the Education System: Best Practices and Implementation Practices: V All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Tsifrovizatsiya v sisteme obrazovaniya: peredovoi opyt i praktika vnedreniya: V Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem]*. Cheboksary: Sreda; 2024: 82–5. (in Russian)
6. Yanchenko E.V. Digitalization as a determinant of a decent quality of life. *Kreativnaya ekonomika*. 2024; 18(5): 1007–30. (in Russian)
7. Esfandiari M., Sciacca B., Feijóo S., Laffan D.A., Milosevic T., O'Toole C., et al. Trends in digital technologies to address children's online safety education: A systematic scoping review. *Int. J. Educ. Res. Open*. 2025; 9: 100462. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100462>
8. *Age and Refractive Features of Temporal Contrast Sensitivity in Adolescents [Vozrastnye i refraktsionnye osobennosti vremennoi kontrastnoi chuvstvitel'nosti u podrostkov]*. Moscow; 2024. (in Russian)
9. Yanushanets O.I., Petrova N.A. The impact of quality of visual materials inputted in electronic teaching tools on the risk of violations of functional state of the organism. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*. 2022; 18(3): 516–21. <https://elibrary.ru/cm0th> (in Russian)
10. Kamenskaya V.G., Tomanov L.V. Digital technologies and their impact on the social and psychological characteristics of adolescents. *Ekspertim'naya psikhologiya*. 2022; 15(1): 139–59. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150109> <https://elibrary.ru/wnlvuz> (in Russian)
11. Uniform requirements for electronic educational resources. Moscow; 2011. Available at: <http://kpfu.ru/docs/F939875832/et.pdf> (in Russian)
12. Manueva R.S. *Hygiene of School Classes [Gigiena uchebnykh zanyatii v shkole]*. Irkutsk; 2010. (in Russian)
13. Mylnikova I.V., Efimova N.V., Diakovich O.A. Psychophysiological characteristics of the central nervous system of rural children of various ethnic groups of Siberia. *Ekologiya cheloveka*. 2018; (7): 17–23. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-17-23> <https://elibrary.ru/utoqok> (in Russian)
14. Pankova N.B., Alchinova I.B., Kovaleva O.I., Lebedeva M.A., Karganov M.Yu. High values of body mass index do not worsen the parameters of sensorimotor reactivity in adolescents 15–17 years. *Patogenez*. 2017; 15(2): 83–8. <https://doi.org/10.25557/GM.2017.2.7307> <https://elibrary.ru/zhezot> (in Russian)
15. Khatova M.V., Nozdrachev A.D. The lability of nervous system of adolescents and its psychological and physiological correlation. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 3. Biologiya*. 2007; (3): 54–64. <https://elibrary.ru/rtswnf> (in Russian)
16. Petrushkina N.A., Ponomarev V.A., Shichavin I.V. Functional state of puberty aged hockey players' nervous system. *European Researcher*. 2012; 24(6–2): 983–5. (in Russian)
17. Aliverdieva M.A., Iomdina E.N., Ivashchenko Zh.N., Tarasova N.A., Markosian G.A., Golubtsov K.V., et al. Distinctions of temporal contrast sensitivity to chromatic stimuli in children and young adults with different clinical refraction. *Glaz*. 2011; (2): 2–6. <https://elibrary.ru/nxsvmr> (in Russian)
18. Detskoe zrenie. What is the critical flicker fusion frequency and why measure it? Available at: <https://detskoezrenie.ru/roditelyam/article/chto-takoe-kriticheskaya-chastota-sliyaniya-melkanij-i-zachem-ee-izmeryat/> (in Russian)
19. Egorova T.S., Golubtsov K.V. CFFF in determining the visual performance of visually impaired schoolchildren. *Informatsionnye protsessy*. 2002; 2(1): 106–10. <https://elibrary.ru/hrnch> (in Russian)
20. SM-Klinika. Functional study of the retina CFFF: Methodological recommendations. Moscow; 2023. (in Russian)

Сведения об авторах

Королева Анастасия Алексеевна, ассистент каф. гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: koroleva.gdip@gmail.com

Янушанец Ольга Ивановна, доктор мед. наук, ст. науч. сотр., профессор каф. гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: olgayan@yandex.ru

About the authors

Anastasiya A. Koroleva, assistant professor, Department of hygiene of conditions of upbringing, education, labor and radiation hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0008-0452-9071> E-mail: koroleva.gdip@gmail.com

Olga I. Yanushanets, DSc (Medicine), senior researcher, professor of the Department of hygiene of conditions of upbringing, education, labor and radiation hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9831-6323> E-mail: olgayan@yandex.ru