

Кучма В.Р.^{1,2}, Барсукова Н.К.¹, Саньков С.В.²

Комплексный подход к гигиеническому нормированию использования детьми электронных средств обучения

¹ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия;

²ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), 119991, Москва, Россия

Введение. Реализация федерального проекта «Цифровая школа» предусматривает создание безопасной цифровой образовательной среды. Необходимы гигиенические нормативы использования электронных средств обучения в школах.

Цель исследования — обоснование подходов, методов и показателей гигиенического нормирования электронных средств обучения детей и подростков.

Материал и методы. Выполнено нерандомизированное контролируемое исследование методом естественного гигиенического эксперимента. Материалы анализа — результаты опросов детей, данные о физических параметрах условий обучения, шрифтовое оформление электронных учебников, психофизиологическое состояние подростков при чтении текстов с экранов электронных средств обучения.

Результаты. Поведение старшеклассников в цифровой школе сопряжено с комплексом факторов риска здоровью, в значительной степени изменяющих образ жизни подростков. Выявлены особенности влияния шрифтового оформления учебных электронных изданий на функциональное состояние, когнитивные функции и самочувствие обучающихся в зависимости от уровня образования и вида электронного устройства. Признаки утомления обучающихся 5–9-х классов наблюдались при чтении текстов объемом 400 знаков одновременного прочтения, набранных шрифтом в 12 пунктов, текстов объемом 200 знаков, набранных шрифтом в 10 пунктов, и всех текстов объемом 600 знаков; у старшеклассников — при чтении текста объемом 600 знаков, набранного шрифтом в 10 пунктов. Установлено, что экран планшета обеспечивает более благоприятные условия для зрительной работы обучающихся в сравнении с экраном ноутбука. Обоснованы гигиенические требования к шрифтовому оформлению электронных учебников для 5–11-х классов.

Заключение. Гигиеническое нормирование использования электронных средств обучения должно осуществляться на основе комплексного подхода, включающего оценку поведенческих факторов риска здоровью детей в условиях цифровизации их жизнедеятельности и распространенности электронных средств обучения, экспертизу воздействия электромагнитных излучений в цифровой среде, применение показателей шрифтового оформления текстов, а также показателей психофункционального состояния обучающихся при работе с электронными средствами обучения.

Ключевые слова: гигиена; здоровье; безопасность; цифровая школа; электронные средства обучения; шрифтовое оформление текста; утомление; гигиенические нормы; риски здоровью; профилактика.

Для цитирования: Кучма В.Р., Барсукова Н.К., Саньков С.В. Комплексный подход к гигиеническому нормированию использования детьми электронных средств обучения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2020; 64(3):139-149.

DOI: <http://dx.doi.org/10.46563/0044-197X-2020-64-3-139-149>

Для корреспонденции: Кучма Владислав Ремирович, докт. мед. наук, проф., член-корр. РАН, зам. директора по науке ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, зав. каф. гигиены детей и подростков ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 119991, Москва. E-mail: vrkuchma@mail.ru

Участие авторов:

Кучма В.Р., Барсукова Н.К. — концепция и дизайн исследования;

Барсукова Н.К., Саньков С.В. — сбор и обработка материала;

Кучма В.Р., Барсукова Н.К., Саньков С.В. — анализ материала;

Барсукова Н.К., Саньков С.В. — написание текста;

Кучма В.Р. — редактирование.

Утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи — все авторы.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 12.05.2020

Принята в печать: 27.05.2020

Опубликована: 30.06.2020

Vladislav R. Kuchma^{1,2}, Natalia K. Barsukova¹, Sergey V. Sankov²

Comprehensive approach to the hygienic rating of the use of electronic means for education in children

¹National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russia;

²I.M. Sechenov First Moscow State University, Moscow, 119991, Russia

Introduction. The implementation of the federal project "Digital School" provides for the creation of a secure digital educational environment. There are needed hygienic standards for the use of electronic educational facilities in schools.

The purpose of the study: Justification of approaches, methods, and indices of the hygienic rating of electronic means for education for children and adolescents.

Material and methods. A nonrandomized controlled study was performed using a natural hygienic experiment. Analyzed materials included the results of surveys of children, data on the physical parameters of the educational environment, the font design of electronic textbooks, the psychophysiological state of adolescents when reading texts from screens of electronic educational tools.

Results. The behavior of high school students in a digital school is associated with a whole complex of health risk factors, which significantly change the lifestyle of adolescents. Peculiarities of the impact of the font design on the functional state, cognitive functions, and well-being of students depending on the level of education and the type of electronic device are revealed. Signs of fatigue for students in grades 5–9 were observed when reading at a time texts in 12-point font with a volume of 400 characters, at 10 points in a volume of 200 characters and all texts with a capacity of 600 characters; in high school students - when reading text in a font of 10 points with a volume of 600 characters. A more favorable effect of the visual work of students on a tablet compared to a laptop has been established. The hygienic requirements for the font design of electronic textbooks for grades 5–11 are justified.

Conclusion. Hygienic regulation of the use of electronic educational tools should be based on an integrated approach, including the assessment of behavioral risk factors for children's health in the context of digitalization of their livelihoods and the prevalence of electronic teaching aids, the examination of the effects of electromagnetic radiation in a digital environment, the use of font typography, as well as indicators of psycho-functional state Learning when working with electronic learning tools.

Keywords: hygiene; health; safety; digital school; electronic teaching aids; text design; fatigue; hygiene standards; health risks; prevention.

For citation: Kuchma V.R., Barsukova N.K., Sankov S.V. Comprehensive approach to the hygienic rating of the use of electronic means for education in children. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii (Health Care of the Russian Federation)*. 2020; 64 (3): 139-149. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.46563/0044-197X-2020-64-3-139-149>

For correspondence: Vladislav R. Kuchma, MD., Ph.D., DSci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Science at the National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russia; Head of the Department of Hygiene for Children and Adolescents of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, 119991, Russia. E-mail: vrkuchma@mail.ru

Information about the authors:

Kuchma V.R., <http://orcid.org/0000-0002-1410-5546>

Barsukova N.K., <https://orcid.org/0000-0001-8716-4806>

Sankov S.V., <https://orcid.org/0000-0003-4404-2213>

Contribution:

Kuchma V.R.— concept and design of the study, analysis of the material, editing.

Barsukova N.K. — concept and design of the study, collection and processing of material, analysis of the material, writing the text.

Sankov S.V. — collection and processing of material, analysis of the material, writing the text.

Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article — all authors.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

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

Received: May 12, 2020

Accepted: May 27, 2020

Published: June 30, 2020

Введение

Лонгитудинальные исследования свидетельствуют об ухудшении состояния здоровья, прежде всего зрения, детей и подростков в период школьного онтогенеза [1–3].

С 2018 г. в стране реализуется Федеральный проект «Цифровая школа», который предусматривает создание к 2024 г. безопасной цифровой образовательной среды¹.

Цифровизация обучения требует анализа поведенческих факторов риска обучающихся и обеспечения гигиенической безопасности [4–6], способствует широкомасштабному внедрению учебных электронных изданий (УЭИ) [7, 8], которые характеризуются различным шрифтовым оформлением и предъявляются обучающимся без учета специфики экрана электронного устройства и возрастных особенностей детей [9].

¹Распоряжение Правительства РФ № 1375-р. Об утверждении плана основных мероприятий до 2020 года, проводимых в рамках Десятилетия детства. М.; 2018.

Таблица 1. Объем и методы исследований
Table 1. Volume and method of investigations

Методы исследований Research methods	Объект исследований Research object	Объем Volume
Онлайн-опрос обучающихся о поведении в отношении здоровья Online survey of schoolchildren on health-related behavior	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	1186
	Учащиеся 10–11-х классов Schoolchildren in grades 10–11	2254
Гигиеническая оценка уровней ЭМИ Hygienic assessment of electromagnetic radiation levels	Общеобразовательные организации Educational institutions	3922
		495
Гигиеническая оценка освещенности Hygienic assessment of illumination	Демонстрационные версии УЭИ для 5–11-х классов Demoversions of educational electronic publications for grades 5–11	8100
		94
Гигиенический анализ шрифтового оформления УЭИ Hygienic analysis of the font design of educational electronic publications	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	94
		95
Анкетирование для выбора платформы УЭИ, определения удобочитаемости текстов, субъективного отношения к чтению с экрана ноутбука и планшета и самочувствия Questionnaires for choosing the educational electronic publications platform, determining the readability of texts, subjective attitude to reading from a laptop and tablet screen and well-being	Учащиеся 10–11-х классов Schoolchildren in grades 10–11	95
		22 560
Метод КЧСМ Critical flicker fusion frequency	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	22 560
		20 520
Метод реакции на движущийся объект The method of response to a moving object	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	1880
		1710
Метод оценки показателей внимания по таблицам Шульце Method for assessing attention indices according to Schulte tables	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	9400
		8550
Метод оценки показателей памяти по методике Е.И. Рогова Method for assessing memory indices according to the E.I. Rogov method	Учащиеся 5–9-х классов Schoolchildren in grades 5–9	1880
		1710

В соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ технические средства обучения, используемые в образовательных организациях, должны иметь заключение об их соответствии санитарно-эпидемиологическим требованиям. Отсутствие гигиенических требований к электронным средствам обучения обуславливает высокую актуальность проведения исследований по обоснованию подходов, методов и показателей гигиенического нормирования электронных средств обучения. Особое значение при этом имеет выбор оптимальной платформы предъявления учебной информации [10].

Целью исследования явилось обоснование подходов, методов и показателей гигиенического нормирования электронных средств обучения детей и подростков.

Задачи исследования:

1. Изучить особенности поведения обучающихся в цифровой школе в отношении здоровья.

2. Гигиенический анализ шрифтового оформления современных УЭИ в системе общего образования.

3. Оценить условия обучения в цифровой школе: уровни электромагнитного излучения (ЭМИ) и освещенности рабочих поверхностей.

4. Изучить влияние чтения текстов с различными параметрами шрифтового оформления на функциональное состояние и самочувствие обучающихся в зависимости от уровня образования и вида электронного устройства.

5. Установить гигиенические требования к параметрам шрифтового оформления текстов УЭИ и разработать методические рекомендации к шрифтовому оформлению УЭИ, предъявляемых на различных устройствах.

Материал и методы

Для изучения поведения школьников в отношении здоровья проведен онлайн-опрос, основанный на анкете «Поведение детей школьного возраста в отношении здо-

Таблица 2. Социальное окружение старшекласников (%)**Table 2. Social environment of high schoolchildren (%)**

Доля старшекласников, у которых отмечаются Percentage of high schoolchildren with	Школьники 10–11-х классов Schoolchildren in 10–11 grades	Девочки Girls	Мальчики Boys
<i>N</i>	2254	1477	777
Позитивное отношение к школе Positive attitude towards school	76.2 ± 0.9	76.7 ± 1.1	75.2 ± 1.6
Иногда возникающие трудности в учебе Sometimes difficult learning	69.8 ± 0.9	71.7 ± 1.2	66.3 ± 1.7*
Отсутствие трудностей в учебе Lack of learning difficulties	9.6 ± 0.6	7.0 ± 0.7	13.8 ± 1.2*
Утверждение, что их однокласники добрые и отзывчивые Statement, that their classmates are kind and helpful	69.7 ± 0.9	70.1 ± 1.2	69.1 ± 1.7
Мнение, что учащиеся принимают их такими, какие они есть The opinion that pupils accept them for who they are	74.0 ± 0.9	73.5 ± 1.2	75.1 ± 1.6
Представление, что одноклассникам нравится быть вместе The idea that classmates like to be together	51.3 ± 1.1	49.8 ± 1.3	54.2 ± 1.8*
Отсутствие драк за последний год Lack of fights over the past year	85.8 ± 0.7	86.1 ± 0.9	85.4 ± 1.3
Отсутствие участия в причинении обид Lack of involvement in grievances	84.6 ± 0.8	84.7 ± 0.9	84.2 ± 1.3
Отсутствие жалоб на буллинг со стороны одноклассников Lack of bullying complaints from classmates	81.5 ± 0.8	81.3 ± 1.1	82.0 ± 1.4

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с девочками.

Note. * – differences are significant comparing subgroups depending on gender, $p < 0.05$.

ровья», 3440 учащихся общеобразовательных организаций г. Москвы. Анкета состояла из следующих разделов: социальное окружение детей, поведение школьников в отношении электронных устройств, формы поведения, способствующие здоровью, оценка школьниками собственного здоровья и самочувствия [4, 5].

Уровни ЭМИ и освещенности в образовательных организациях измеряли общепринятыми методами в соответствии с требованиями СанПиН².

Гигиенический анализ шрифтового оформления текстов УЭИ проведен по методике определения их удобочитаемости [11] на основе случайной выборки 10 характерных страниц из каждого исследуемого учебника. Анализ параметров выполнялся в компьютерной программе Microsoft Word 2010 с помощью текстового редактора и на выведенных на бумажный носитель текстах в масштабе 1:1.

На основании добровольного информированного согласия обследованы 189 обучающихся без патологии органов зрения на базе Предуниверсария Сеченовского Университета. Самочувствие, удобочитаемость текстов и субъективное отношение обучающихся к чтению с экрана ноутбука и планшета оценивали на основании анкеты

«Электронные учебники и здоровье школьников», разработанной на кафедре гигиены детей и подростков Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана. Оценка влияния чтения экспериментальных текстов с экрана ноутбука и планшета на состояние ЦНС и зрительного анализатора осуществлялась с использованием комплекса «НС-Психотест» на основе общепринятых методов и показателей: критическая частота слияния мельканий (КЧСМ), реакция на движущийся

объект, внимания (таблицы Шульте), памяти (методика Рогова Е.И.). Объем выполненных исследований представлен в **табл. 1**.

Исследование соответствовало этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и одобрено локальным независимым этическим комитетом НМИЦ здоровья детей Минздрава России.

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2010 для Windows. Достоверность различий количественных переменных анализировали с помощью критерия Стьюдента, качественных — критерия Пирсона χ^2 и точного критерия Фишера. Результаты рассматривали как статистически значимые при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Основные результаты анкетирования детей по вопросам социального окружения старшекласников на основе анкеты «Поведение детей школьного возраста в отношении здоровья» представлены в **табл. 2**.

Оценка обучающимися собственного здоровья и самочувствия на основе анкеты представлена в **табл. 3**.

Для большинства (76,2 ± 0,9%) старшекласников характерно позитивное отношение к школе и наличие доброжелательной атмосферы в классах. Ведущими, наиболее часто встречающимися факторами у старшекласников являются возросшая учебная нагрузка (90,5 ± 0,6%) и чрезмерное увлечение электронными устройствами (92,0 ± 0,6%), которые значительно повышают суточную зрительную нагрузку подростков и служат причиной ухудшения их зрения у 49,9 ± 1,1% опрошенных.

Частые головные боли наблюдались у 56,2 ± 1,1% опрошенных, боли в спине — у 43,5 ± 1,0%. Большин-

² СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. М.; 2016.

Таблица 3. Оценка обучающимися собственного здоровья и самочувствия (%)

Table 3. Evaluations by schoolchildren of their own health and well-being (%)

Процент школьников, у которых отмечается Percentage of schoolchildren with	Школьники основного общего образования Pupils of basic general education	Школьники среднего общего образования Pupils of secondary education
<i>N</i>	1186	2254
Ухудшение зрения в течение последнего года Visual impairment over the past year	40.0 ± 1.4	49.9 ± 1.1*
Головная боль каждую неделю и чаще Headache every week and more often	47.4 ± 1.5	56.2 ± 1.1*
Боль в спине каждую неделю и чаще Back pain every week and more often	36.1 ± 1.4	43.5 ± 1.0*
Частые колебания настроения Frequent mood swings	70.2 ± 1.3	71.8 ± 0.9
Боли в животе каждую неделю и чаще Abdominal pain every week and more	27.2 ± 1.3	32.0 ± 0.9*
Частые острые респираторные инфекции Frequent acute respiratory infections	9.3 ± 0.8	10.4 ± 0.6
Слабость и утомляемость после школы чаще, чем раз в неделю Weakness and fatigue after school more than once a week	66.3 ± 1.4	69.6 ± 1.0*
Оценка своего здоровья как плохое и удовлетворительное Assessment of your health as poor and satisfactory	38.2 ± 1.4	45.3 ± 1.1*
Показатель удовлетворенности жизнью Life satisfaction indicator	6.69 ± 0.14	6.64 ± 0.09

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению со школьниками основного общего образования.

Note. * – differences are significant when comparing subgroups, $p < 0.05$.

Таблица 4. Технические характеристики ноутбука и планшета

Table 4. Specifications of the laptop and tablet

Технические характеристики Specifications	Ноутбук Laptop	Планшет Tablet
Размер дисплея, не менее Display size, not less	15.6"	10.5"
Тип дисплея Display type	IPS	IPS
Разрешение дисплея, не менее Display resolution, not less	1920 × 1080	1920 × 1200
Физические размеры, мм Physical sizes, mm	358.8 × 243.5 × 17.95	260 × 161.1 × 8
Вес, г, не более Weight, gram, no more	1950	529
Встроенная память (ГБ), не менее Built-in memory, GB, not less	512	32
Оперативная память (ГБ), не менее Random access memory, GB, not less	8	3
Процессор, МГц Processor, MHZ	1600	1800

ство респондентов отметили перепады настроения (71,8 ± 0,9%) и слабость после школы (69,6 ± 1,0%). Почти половина подростков (45,3 ± 1,1%) оценила свое здоровье как удовлетворительное или плохое.

При оценке поведенческих факторов риска установлено, что нерациональное использование электронных средств в учебном процессе и на досуге у 55,7 ± 1,1% опрошенных сокращает время их пребывания на свежем воздухе, у 76,8 ± 0,9% — продолжительность их ночного сна и у 87,4 ± 0,7% — двигательную активность. У большинства обучающихся неблагоприятным фактором является нарушение питания, характеризующееся отсутствием сбалансированности и регулярностью.

По данным анкетирования, большинство обучающихся как основного (75,5%), так и среднего (82,1%) общего образования с одобрением относятся к использованию УЭИ.

В качестве мобильной платформы для УЭИ большая часть опрошенных обучающихся как основного (83,0%), так и среднего (88,5%) общего образования предпочитают использовать планшет и ноутбук.

Технические параметры наиболее распространенных моделей мобильных электронных устройств — ноутбука и планшета, которые оснащены IPS дисплеем, создающим наиболее комфортные условия для зрительной работы пользователей, представлены в **табл. 4**.

Таблица 5. Показатели ЭМИ в общеобразовательных организациях
Table 5. Indices of electromagnetic radiation in educational organizations

Места замеров Measuring places	Плотность магнитного потока (B, нТл), диапазон частот* Density of magnetic flux B (nT); frequency range*			Напряженность электрического поля (E, В/м), диапазон частот* Electric field strength E (V/m), frequency range*		
	I	50	II	I	50	II
Коридоры Corridors	157.0 ± 5.8	102.0 ± 2.9	<5.0	19.3 ± 0.8	<5.0	0.5
Лестницы Stairs	169.0 ± 6.6	53.0 ± 1.5	<5.0	14.7 ± 0.5	<5.0	0.5
Холлы Halls	169.0 ± 6.7	53.0 ± 2.3	<5.0	14.7 ± 0.6	<5.0	0.5
Столовые Canteens	250.0 ± 9.5	198.0 ± 7.8	<5.0	7.1 ± 2.3	<5.0	0.5
Конференц-залы, 2 шт. Meeting rooms, 2 pcs	209.0 ± 5.4	85.0 ± 2.8	<5.0	14.0 ± 0.5	<5.0	0.5
Учебные аудитории, 18 шт. Classrooms, 18 pcs	135.0 ± 4.5	92.0 ± 3.3	<5.0	10.1 ± 0.3	<5.0	0.5
Кабинеты информатики, рабочие места, 10 шт. Computer cabinets, workplaces, 10 pcs	241.0 ± 7.1	81.0 ± 2.8	<5.0	<5.0	8.0 ± 0.3	0.5
Кабинеты дистанционного обучения, рабочие места, 10 шт. Distance learning rooms, workplaces, 10 pcs	248.0 ± 8.9	131.0 ± 4.1	<5.0	19.7 ± 0.8	6.3 ± 0.3	0.5
Предельно допустимы уровень Maximum permissible level	<250	<5000	<25	<25	<500	<2.5

Примечание. I — на частотах от 5 Гц до 2 кГц; II — на частотах от 2 до 400 кГц; 50 — на частотах от 45 до 55 Гц.

Note. *Frequency range: I — at frequencies from 5 Hz to 2 kHz; II — at frequencies from 2 to 400 kHz; 50 — at frequencies from 45 to 55 Hz.

Применение различных электронных устройств в образовательном процессе существенно изменяет условия обучения и прежде всего в части ЭМИ неионизирующего диапазона. Результаты исследований ЭМП в образовательных организациях представлены в **табл. 5**.

Основными источниками ЭМИ в современных образовательных организациях являются корпуса системных блоков, малые серверы, мониторы, телевизоры, ноутбуки, розетки и удлинители. В конференц-залах, рекреациях, столовых, учебных аудиториях и на рабочих местах в кабинетах информатики общеобразовательных организаций значения ЭМИ находились в допустимых пределах. Значения ЭМИ сверхвысоких частот в общеобразовательной организации находились в пределах допустимого уровня.

Уровни освещенности в общеобразовательных организациях соответствовали гигиеническим нормам.

В УЭИ для средней школы встречается группа мало-контрастных шрифтов (50%) и шрифтов с засечками (50%). Начертание шрифта широкое (50%) или нормальное (50%), светлое и прямое (100%). Кегль шрифта колебался от 9 до 11 пунктов. Объем текста единовременного прочтения составлял в среднем $210,07 \pm 140,93$ знака (при колебаниях от 53 до 607 знаков). Анализ длины строки показал, что минимальное ее значение колебалось от 7 до 149 мм (в среднем $54,2 \pm 25,2$ мм); максимальное значение — 26–159 мм (в среднем $126,1 \pm 23,3$ мм).

Гигиеническая оценка показала, что в УЭИ старшей школы встречается группа шрифтов с засечками (100%) шрифтов. Начертание шрифта нормальное (100%), светлое и прямое (100%). Кегль шрифта колебался от 9 до 10 пунктов. Объем текста единовременного прочтения составлял

в среднем $276,14 \pm 153,18$ знака (размах значений от 75 до 652 знаков). Анализ длины строки показал, что минимальное ее значение колебалось от 31 до 135 мм (в среднем $81,5 \pm 32,4$ мм), максимальное — от 50 до 159 мм (в среднем $137,3 \pm 22,9$ мм).

В УЭИ встречается курсивное начертание шрифта, в том числе при оформлении основного текста, что не допускается в изданиях для детей. В УЭИ для 5–9-х классов встречался шрифт широкого начертания, который ухудшает удобочитаемость текстов. Во всех УЭИ наряду с короткими фрагментами текста присутствуют абзацы с объемом единовременного прочтения более 300 знаков, что обуславливает более длительный процесс чтения.

Гигиенический анализ УЭИ позволил разработать алогичные тексты, лексически соответствующие уровню образования и содержащие одинаковое количество бит информации, которые были набраны «школьной» гарнитурой. Для основного общего образования было составлено 10 текстов, набранных шрифтом 16, 14, 12 и 10 пунктов объемом 200, 400 и 600 знаков. Для старшеклассников было составлено 9 текстов, набранных шрифтом 14, 12, 10 пунктов объемом 200, 400 и 600 знаков.

Физиолого-гигиенические исследования влияния чтения экспериментальных текстов с различными параметрами шрифтового оформления на обучающихся 5–9-х классов (основное общее образование) свидетельствуют, что чтение с экрана ноутбука текстов, набранных шрифтом 16 и 14 пунктов, объемом 200 и 400 знаков и набранных шрифтом 12 пунктов объемом в 200 знаков не вызывало достоверных изменений КЧСМ. Применение планшета

Таблица 6. КЧСМ обучающихся основного общего образования до и после зрительной нагрузки на ноутбуке и планшете
Table 6. Critical flicker fusion frequency (CFFF) basic general education schoolchildren before and after visual load on a laptop and tablet

Размер шрифта, пункты Font size, points	Объем текста, количество знаков Text volume, number of signs	КЧСМ, Гц Critical flicker fusion frequency (CFFF), Hz			
		исходный уровень baseline		после нагрузки after visual load	
		ноутбук laptop	планшет tablet	ноутбук laptop	планшет tablet
16	200	34.45 ± 0.56	34.47 ± 0.61	↑35.27 ± 0.61	↑36.45 ± 0.56*
16	400	34.58 ± 0.59	34.65 ± 0.58	↑36.65 ± 0.68	↑36.71 ± 0.67*
16	600	34.51 ± 0.64	34.61 ± 0.59	↓33.02 ± 0.69*	↓33.83 ± 0.66
14	200	34.47 ± 0.61	34.65 ± 0.59	↑35.57 ± 0.63	↑36.43 ± 0.61*
14	400	34.36 ± 0.59	34.52 ± 0.55	34.31 ± 0.63	↑35.24 ± 0.56
14	600	34.31 ± 0.61	34.35 ± 0.61	↓32.41 ± 0.74*	↓33.03 ± 0.71*
12	200	34.26 ± 0.61	34.11 ± 0.59	34.34 ± 0.63	34.24 ± 0.67
12	400	34.13 ± 0.56	34.42 ± 0.56	↓32.61 ± 0.65*	↓33.28 ± 0.65
12	600	34.25 ± 0.61	34.33 ± 0.66	↓31.98 ± 0.59*	↓32.61 ± 0.59*
10	200	34.16 ± 0.63	34.31 ± 0.61	↓32.33 ± 0.61*	↓32.85 ± 0.58*

Примечание. Здесь и в табл. 7, 8: * $p < 0,05$ по сравнению с исходным уровнем; ↓/↑ — тенденция к снижению/увеличению.

Note. * — differences are significant in comparison with the background, $p < 0.05$; ↓; ↑ — tendency to decrease/increase in comparison with the background

способствовало более выраженному подъему КЧСМ при этой зрительной нагрузке (табл. 6).

Достоверное снижение КЧСМ отмечалось при предъявлении с экрана ноутбука текстов, набранных шрифтом 16 и 14 пунктов объемом 600 знаков, 12 пунктов объемом 400 и 600 знаков и 10 пунктов объемом 200 знаков. При использовании планшета достоверные признаки зрительного утомления наблюдались только при чтении текстов, набранных шрифтом 12 пунктов объемом 600 знаков и 10 пунктов объемом 200 знаков.

Чтение с ноутбука текстов, набранных шрифтом 12 пунктов объемом 400 знаков, 10 пунктов объемом 200 знаков и всех текстов объемом 600 знаков приводило к повышению количества реакций запаздывания при исследовании реакции на движущийся объект. Чтение текстов объемом 600 знаков также сопровождалось достоверным уменьшением количества точных реакций, что свидетельствует о развивающемся утомлении. При использовании планшета количество реакций запаздывания повышалось только при чтении текстов объемом 600 знаков.

Концентрированность (эффективность работы) и устойчивость внимания — способность длительно удерживать сосредоточенность при работе — определялись по таблице Шульте и представлены в табл. 7.

Чтение с экрана ноутбука текстов объемом 200 и 400 знаков не оказывало существенного влияния на внимание обучающихся.

Применение планшета в большей степени способствовало концентрации внимания и сокращению времени, потраченному обучающимися на работу (табл. 8).

Чтение с ноутбука текстов, набранных шрифтами 16 и 14 пунктов, объемом 600 знаков приводило только к снижению устойчивости внимания, что не наблюдалось при использовании планшета. Чтение с ноутбука текста,

набранного шрифтом 12 пунктов, объемом 600 знаков сопровождалось снижением как устойчивости, так и концентрации внимания. Предъявление этого текста с планшета вызывало снижение только устойчивости внимания.

Увеличение размера шрифта представленных к запоминанию слов как с экрана ноутбука, так и с экрана планшета с 10 до 16 пунктов (методика И.Е. Рогова) сопровождалось улучшением усвоения информации. При чтении слов с экрана планшета обучающиеся основной общей школы достоверно лучше запоминали и воспроизводили прочитанную информацию. При использовании ноутбука для предъявления информации снижение усвоения и воспроизведения слов наблюдалось после чтения текстов объемом 600 знаков, тогда как при работе с планшетом достоверное снижение количества запоминаемых слов отмечалось только после чтения текста, набранного шрифтом 12 пунктов объемом 600 знаков.

Субъективно обучающиеся основного общего образования труднее всего читали все тесты объемом 600 знаков с экрана ноутбука (табл. 9).

Уменьшение размера шрифта в этих тестах сопровождалось увеличением доли опрошенных, предъявляющих жалобы зрительного дискомфорта, с 5,3% до 24,5%. Подавляющее большинство (78,7%) опрошенных сочли для себя более комфортным чтение с экрана планшета, 21,3% — с ноутбука.

Результаты исследования позволили установить гигиенические требования к параметрам шрифтового оформления УЭИ для обучающихся основного и среднего общего образования (табл. 10).

Ноутбуки и планшеты, используемые для предъявления учебной информации, должны обеспечивать наиболее комфортные условия для зрительной работы пользователей, углы обзора до 178°, высокую контрастность и

Таблица 7. Показатели внимания обучающихся основного общего образования при чтении электронных текстов различного шрифтового оформления с экрана ноутбука**Table 7. Attention indices of basic general education schoolchildren when reading electronic texts of various font parameters from a laptop screen**

Исходный уровень Baseline		Параметры шрифта Font parameters		После нагрузки After visual load	
эффективность работы, с work capacity, sec	устойчивость внимания attention sustainability	размер шрифта, пункты font size, points	объем текста, количество знаков text volume, number of signs	эффективность работы, с work capacity, sec	устойчивость внимания attention sustainability
43.46 ± 1.63	0.985 ± 0.004	16	200	↓41.44 ± 1.61	0.989 ± 0.005
43.73 ± 1.58	1.002 ± 0.004	16	400	↓41.36 ± 1.62	0.996 ± 0.004
43.39 ± 1.43	0.991 ± 0.004	16	600	↑45.92 ± 1.52	↑1.029 ± 0.006*
43.52 ± 1.49	1.005 ± 0.004	14	200	↓41.81 ± 1.59	1.011 ± 0.004
43.39 ± 1.64	1.001 ± 0.003	14	400	43.59 ± 1.68	1.005 ± 0.004
43.49 ± 1.44	0.994 ± 0.006	14	600	↑46.32 ± 1.47	↑1.036 ± 0.006*
43.73 ± 1.51	1.005 ± 0.003	12	200	43.82 ± 1.35	1.006 ± 0.003
43.73 ± 1.47	1.006 ± 0.004	12	400	↑45.44 ± 1.59	1.004 ± 0.005
43.67 ± 1.54	1.001 ± 0.006	12	600	↑48.51 ± 1.63*	↑1.032 ± 0.004*
42.25 ± 1.35	1.007 ± 0.004	10	200	↑44.25 ± 1.43	1.004 ± 0.004

Таблица 8. Показатели внимания учащихся основного общего образования при чтении электронных текстов различного шрифтового оформления с экрана планшета**Table 8. Attention indices of basic general education in schoolchildren when reading electronic texts of various font parameters from a tablet screen**

Исходный уровень Baseline		Параметры шрифта Font parameters		После нагрузки After visual load	
эффективность работы, с work capacity, sec	устойчивость внимания attention sustainability	размер шрифта, пункты font size, points	объем текста, количество знаков text volume, number of signs	эффективность работы, с work capacity, sec	устойчивость внимания attention sustainability
43.71 ± 1.47	1.003 ± 0.004	16	200	↓38.32 ± 1.39*	↓0.987 ± 0.009*
43.49 ± 1.58	1.005 ± 0.004	16	400	↓37.93 ± 1.31*	↓0.991 ± 0.006*
43.51 ± 1.40	1.003 ± 0.004	16	600	↑45.22 ± 1.49	1.009 ± 0.004
43.97 ± 1.55	1.004 ± 0.004	14	200	↓40.04 ± 1.55*	↓0.991 ± 0.005
43.95 ± 1.3	1.005 ± 0.004	14	400	↓41.72 ± 1.54	1.003 ± 0.004
44.04 ± 1.47	1.002 ± 0.005	14	600	↑46.06 ± 1.23	1.008 ± 0.006
43.77 ± 1.71	1.008 ± 0.004	12	200	↓42.03 ± 1.51	1.006 ± 0.004
43.47 ± 1.55	1.004 ± 0.004	12	400	43.44 ± 1.49	1.006 ± 0.003
43.57 ± 1.6	1.002 ± 0.005	12	600	↑46.37 ± 1.21	↑1.030 ± 0.012*
43.46 ± 1.67	1.006 ± 0.004	10	200	43.19 ± 1.51	1.007 ± 0.003

яркость, стабильное качество изображения. Планшеты должны быть оснащены небьющимся дисплеем. Экраны ноутбука и планшета должны иметь антибликовое и (или) не отражающее покрытие.

Заключение

Поведение старшеклассников в цифровой школе сопряжено с целым комплексом факторов риска здоровью, в значительной степени изменяющих образ жизни подростков: сокращаются продолжительность прогулок на свежем воздухе и ночного сна, двигательная активность детей, все более нездоровым становится питание подростков, что оказывает выраженное влияние на состояние здоровья и самооценку старшеклассников. Ведущими, наиболее часто встречающимися факторами являются возросшая учебная нагрузка (90,5 ± 0,6%) и чрезмерное увлечение

электронными устройствами (92,0 ± 0,6%), которые значительно повышают суточную зрительную нагрузку подростков и служат причиной ухудшения их зрения у 49,9 ± 1,1% опрошенных. Частые головные боли наблюдались у 56,2 ± 1,1% опрошенных, боли в спине — у 43,5 ± 1,0%. Большинство респондентов отметили перепады настроения (71,8 ± 0,9%) и слабость после школы (69,6 ± 1,0%). Почти половина подростков (45,3 ± 1,1%) оценила свое здоровье как удовлетворительное или плохое.

По данным анкетирования, большинство обучающихся как основного (75,5%), так и среднего (82,1%) общего образования с одобрением относится к использованию УЭИ. В качестве мобильной платформы для УЭИ большая часть опрошенных основного (83,0%) и среднего (88,5%) общего образования предпочитают использовать планшет и ноутбук.

Таблица 9. Субъективная оценка обучающимися основного общего образования ($n = 94$) удобочитаемости текстов с различными параметрами шрифтового оформления

Table 9. Subjective readability assessment of the σ -texts with various font parameters by the basic general education schoolchildren

Размер шрифта, пункты Font size, points	Объем текста, количество знаков Text volume, number of signs	Доля школьников, которые отметили хорошую удобочитаемость текста, % Percentage of schoolchildren who noted good readability of the text, %	
		ноутбук Laptop	планшет Tablet
	Платформа Platform		
16	200	100.0 ± 0	100.0 ± 0
16	400	100.0 ± 0	100.0 ± 0
16	600	8	15.9 ± 3.8*
14	200	100.0 ± 0	100.0 ± 0
14	400	71.3 ± 4.7	81.9 ± 3.9*
14	600	4.3 ± 2.1	9.6 ± 3.0*
12	200	45.8 ± 5.1	57.5 ± 5.1*
12	400	19.2 ± 4.1	30.9 ± 4.8*
12	600	0	3.2 ± 1.8
10	200	5.3 ± 2.3	12.8 ± 3.5*

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с ноутбуком.

Note. * – the differences are significant comparing a laptop and a tablet, $p < 0.05$.

Таблица 10. Гигиенические требования к шрифтовому оформлению УЭИ

Table 10. Hygienic requirements for the font design of electronic textbooks

Классы Grades	Объем текста единовременного прочтения, количество знаков One-time reading text volume, number of signs	Кегль шрифта (пункты), не менее Font size, points, not less	Длина строки (мм), не менее Line length, mm, not less	Группа шрифта Font group
5–9	<200	12	Не регламентирована Not regulated	Все группы All groups
	<400	14	50	Все группы All groups
	>400	16	80	Рубленные Chopped
10–11	<200	10	Не регламентирована Not regulated	Рубленные Chopped
	<400	12	50	Все группы All groups
	>400	14	80	Все группы All groups

Формирование здорового образа жизни обучающихся в современных условиях должно осуществляться с учетом поведенческих факторов риска здоровью: высокой распространенности и продолжительности использования детьми и подростками различных гаджетов в условиях цифровой школы и дома; нерационального режима дня, двигательной активности и организации питания; девиантных форм поведения детей в интернете. Необходима постоянная подготовка по этим вопросам родителей, педагогических и медицинских работников.

Гигиеническая оценка уровней ЭМИ различного спектра, магнитной индукции, напряженности электрических полей тока от электронных устройств свидетельствует об их соответствии гигиеническим нормативам.

В УЭИ встречается недопустимое курсивное начертание шрифта. В учебных материалах для всех возрастных категорий кегль шрифта основного текста колебался от 9 до 11 пунктов. В УЭИ для 5–9-х классов встречался

шрифт широкого начертания, который ухудшает удобочитаемость текстов. Во всех УЭИ наряду с короткими фрагментами текста присутствуют абзацы с объемом единовременного прочтения более 300 знаков, что обуславливает длительный процесс чтения.

Особенности шрифтового оформления УЭИ влияют на функциональное состояние и самочувствие обучающихся. Это влияние определяется уровнем образования (возрастом обучающихся) и видом используемого электронного устройства. Признаки утомления обучающихся основного общего образования наблюдались при чтении текстов, набранных шрифтом 12 пунктов объемом 400 знаков единовременного прочтения, 10 пунктов объемом 200 знаков и всех текстов объемом 600 знаков; у старшеклассников — при чтении текста, набранного шрифтом 10 пунктов объемом 600 знаков единовременного прочтения.

Функциональное состояние обучающихся, их когнитивные показатели, а также субъективная оценка исполь-

зования различных шрифтов УЭИ являются основой для обоснования гигиенических требований к шрифтовому оформлению учебников, предъявляемых на различных электронных устройствах.

Использование планшета как электронного носителя учебных текстов создает более благоприятные условия для зрительной работы обучающихся в сравнении с ноутбуком и повышает устойчивость к развитию зрительного утомления.

Результаты исследования позволили разработать гигиенически оптимальные параметры шрифтового оформления учебных УЭИ для основного и среднего общего образования, предъявляемых на экранах ноутбука и планшета. Однако гигиеническое нормирование использования УЭИ — динамический процесс, зависящий от этапа развития цифровой школы (используемых средств, технологий обучения и технологий доставки информации обучающимся), возможностей оценки предъявляемых учебных нагрузок и оценки их влияния на различные органы и системы (органы-мишени) с использованием современных физиолого-гигиенических и нейрофизиологических методов исследований. Это обусловлено постоянным развитием и совершенствованием УЭИ в различных электронных устройствах. Необходимо также обоснование современных гигиенических нормативов воздействия ЭМИ на детей и подростков.

Дальнейшие физиолого-гигиенические исследования влияния УЭИ и средств их предъявления обучающимся будут содействовать охране здоровья детей и подростков, развитию цифровизации обучения и подготовке выпускников к работе в цифровой экономике страны.

Выводы

1. Социальное окружение детей, формы поведения, способствующие здоровью и сопряженные с риском для здоровья, являются значимыми факторами риска здоровья подростков и влияют на их самочувствие и формирование здорового образа жизни. Система формирования здорового образа жизни подрастающего поколения нуждается в коренной перестройке, т.к. она не учитывает современные управляемые поведенческие факторы риска здоровью обучающихся. Коррекция факторов риска здоровью детей должна быть положена в основу организации обучения здоровью детей и подростков в течение всего периода обучения с привлечением медиков, психологов, использованием различных форм и технологий обучения, в том числе электронных.

2. Функциональное состояние ЦНС, зрительного анализатора обучающихся в процессе обучения зависят от шрифтового оформления текстов (кегель и емкость шрифта, длина строки, группа шрифта, объем текста единовременного прочтения), ступени обучения и используемых электронных средств. Применение планшета для чтения текстов позволяет улучшить динамику показателей психофизиологического состояния обучающихся основного и среднего образования.

3. Гигиеническое нормирование показателей шрифтового оформления текстов, определяющих их удобочитаемость, должно осуществляться на основе динамики пси-

хофизиологического состояния обучающихся при работе с УЭИ в зависимости от электронного устройства.

4. Гигиеническое нормирование использования электронных средств обучения должно осуществляться на основе комплексного подхода, включающего оценку поведенческих факторов риска здоровью детей в условиях цифровизации их жизнедеятельности и распространенности электронных средств обучения, экспертизу воздействия ЭМИ в цифровой среде, применение показателей шрифтового оформления текстов, а также данных о психофизиологическом состоянии обучающихся при работе с электронными средствами обучения.

5. Использование современных информационно-коммуникационных технологий и УЭИ должно сопровождаться постоянным гигиеническим анализом уровней воздействия на обучающихся различного спектра ЭМИ (неионизирующих частот) и исследованием их проявлений на организменном уровне, а также отдельных систем и органов детей и подростков. Постоянное их воздействие на детей в условиях цифровой школы и дома, а также особенности гигиенического нормирования ЭМИ требуют обоснования современных гигиенических нормативов воздействия неионизирующих излучений на детей и подростков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К. Значение здоровья детей формировании их гармоничного развития. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(6): 58-62.
2. Рапопорт И.К., Сухарева Л.М. Одинадцатилетнее лонгитудинальное наблюдение: распространенность и течение функциональных отклонений и хронических болезней у московских школьников. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2019; (1): 19-27.
3. Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Поленова М.А. Заболеваемость и умственная работоспособность московских школьников. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(3): 64-7.
4. Кучма В.Р., Соколова С.Б. *Поведенческие риски, опасные для здоровья школьников XXI века. Монография*. М.; 2017.
5. Кучма В.Р., Соколова С.Б. Основные тренды поведенческих рисков, опасных для здоровья. *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 4-13. DOI: <http://doi.org/10/21668/health.risk/2019/2/01>
6. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Степанова М.И., Храмов П.И., Александрова И.Э., Соколова С.Б. Научные основы и технологии обеспечения гигиенической безопасности детей в «Цифровой школе». *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1385-91. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1385-1391>
7. Кондаков А.М., Вавилова А.А., Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Дронов В.П., Кондакова М.Л. и др. Концепция совершенствования (модернизации) единой информационной образовательной среды, обеспечивающей реализацию национальных стратегий развития Российской Федерации. *Педагогика*. 2018; (4): 98-125.
8. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Барсукова Н.К., Степанова М.И., Поленова М.А., Дадонова А.Я. и др. Гигиеническая характеристика электронных образовательных ресурсов для обучающихся 1-9-х классов («Мобильная электронная школа»). *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2018; (2): 21-5.
9. Петренко А.О. Гигиеническая оценка эффективности использования школьниками ридеров. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; (8): 38-42.
10. Текшева Л.М., Курганский А.М., Петренко А.О. Гигиеническое обоснование использования ридеров в старшей школе. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2015; (1): 40-3.

11. Текшева Л.М., Дадонова А.Я., Элькснина Е.В. Особенности гигиенической оценки издательской продукции. *Гигиена и санитария*. 2009; 88(2): 39-42.

REFERENCES

1. Baranov A.A., Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K. The value of the health of adolescents in shaping their harmonious development. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(6): 58-62. (in Russian)
2. Rapoport I.K., Sukhareva L.M. Eleven-year longitudinal observation: the prevalence and course of functional disorders and chronic disease among Moscow schoolchildren. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2019; (1): 19-27. (in Russian)
3. Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Polenova M.A. Morbidity rate and mental capacity of Moscow schoolchildren (longitudinal study). *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(3): 64-7. (in Russian)
4. Kuchma V.R., Sokolova S.B. *Behavioral Risks that are Dangerous for the Health of 21st Century Pupils. Monograph [Povedencheskie riski, opasnye dlya zdorov'ya shkol'nikov XXI veka. Monografiya]*. Moscow; 2017. (in Russian)
5. Kuchma V.R., Sokolova S.B. Basic trends in behavioral health risks. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (2): 4-13. DOI: <http://doi.org/10.21668/health.risk/2019/2/01> (in Russian)
6. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Stepanova M.I., Khramtsov P.I., Aleksandrova I.E., Sokolova S.B. Scientific bases and technologies of security hygienic safety of children in the «Digital School». *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(12): 1385-91. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1385-1391> (in Russian)
7. Kondakov A.M., Vavilova A.A., Grigor'ev S.G., Grinshkun V.V., Dronov V.P., Kondakova M.L., et al. The concept of improvement (modernization) of a unified information educational environment that ensures the implementation of national development strategies of the Russian Federation. *Pedagogika*. 2018; (4): 98-125. (in Russian)
8. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Barsukova N.K., Stepanova M.I., Polenova M.A., Dadonova A.Ya., et al. Hygienic characteristics of electronic educational resources for training 1-9 classes ("Mobile electronic school"). *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2018; (2): 21-5. (in Russian)
9. Petrenko A.O. Hygienic assessment of the effectiveness of using readers by school children. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; (8): 38-42. (in Russian)
10. Teksheva L.M., Kurganskiy A.M., Petrenko A.O. Hygienic substantiation of e-readers in high school. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2015; (1): 40-3. (in Russian)
11. Teksheva L.M., Dadonova A.Ya., El'ksnina E.V. The specific features of hygienic assessment of printing products. *Gigiena i sanitariya*. 2009; 88(2): 39-42. (in Russian)