

© ГРИГОРЬЕВ О.А., 2022

Читать
онлайн
Read
online

Григорьев О.А.

Гигиенические проблемы использования детьми устройств информационно-компьютерных технологий

Автономная некоммерческая организация «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий», 109028, Москва, Россия

Проведён анализ информационно-компьютерных технологий (ИКТ), являющихся основными гигиенически значимыми источниками неионизирующих электромагнитных излучений для детей и подростков. Рассмотрены ранние прогнозы (до 2008 г.) неблагоприятного влияния электромагнитного поля ИКТ на здоровье детей и подростков, фундаментальные научные основания прогнозов и их реализация к настоящему времени. Если судить по данным государственной статистики, по-видимому, сбываются прогнозы роста заболеваемости, обусловленной облучением электромагнитными полями (ЭМП) детей и подростков. За период 1995–2019 гг. в группе детей 15–17 лет выделен устойчивый тренд роста злокачественных новообразований головного мозга, болезней нервной системы, болезней крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм. Количество учтённых злокачественных новообразований головного мозга у подростков позволяет провести анализ «случай – контроль». Неопределённости в оценке влияния неионизирующих электромагнитных излучений ИКТ на рост заболеваемости детей связаны с трудностями определения персональных доз. Ранее разработанные временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых абонентским терминалом у головы пользователя, устарели и требуют корректировки ввиду изменения самих устройств, характеристик комплекса условий воздействия неионизирующих электромагнитных излучений ИКТ. Необходимо подтвердить надёжность коэффициента гигиенического запаса предельно допустимых уровней (ПДУ) ЭМП применительно к детским контингентам в условиях современных и перспективных информационно-компьютерных технологий, в том числе с учётом возможной синергии при действии ЭМП радиочастот, оптического излучения экрана, звуковых эффектов и функциональной нагрузки. Очевидно, что требуется комплексный подход к обеспечению здоровья детей – «гигиене в цифровой окружающей среде». Показано, что зарубежные стандарты в ряде случаев влияют на формирование информационно-коммуникационных технологий образовательной среды в Российской Федерации, что может являться одной из существенных предпосылок ухудшения здоровья детей.

Ключевые слова: электромагнитное поле; здоровье; дети; подростки; заболеваемость; статистика; новообразования; нервная система; обусловленность; информационно-коммуникационные технологии; сотовая связь; неионизирующие излучения; гигиена

Для цитирования: Григорьев О.А. Гигиенические проблемы использования детьми устройств информационно-компьютерных технологий. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1214–1222. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1214-1222> <https://elibrary.ru/oyvlf>

Для корреспонденции: Григорьев Олег Александрович, доктор биол. наук, директор по исследованиям и развитию (R&D), Автономная некоммерческая организация «Национальный научно-исследовательский центр безопасности новых технологий», 109028, Москва. E-mail: oa.grigoriev@yandex.ru

Благодарность. Автор благодарен за участие в обсуждении материалов, лежащих в основе статьи, чл.-корр. РАН Кучме В.Р., чл.-корр. РАН Зубареву Ю.Б., доктору мед. наук Никитиной В.Н. и учёному секретарю Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений Алексеевой В.А.

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 26.08.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликовано: 23.10.2022

Oleg A. Grigoriev

Hygienic problems of using information and computer technology devices by children

National Research Center for the Safety of New Technologies, Moscow, 109028, Russian Federation

There was carried out the analysis of information and computer technologies (ICT), which are the main hygienically significant sources of non-ionizing electromagnetic radiation for children and adolescents. Early forecasts (before 2008) about the adverse impact of the ICT electromagnetic field on the health of children and adolescents, the fundamental scientific basis for forecasts and data on their feasibility to date are considered. According to state statistics, forecasts of an increase in morbidity due to EMF exposure to children and adolescents are likely to come true. For the period 1995–2019, 15–17 years children, a steady trend was identified for the gain in cerebral malignant neoplasms, diseases of the nervous system, blood, hematopoietic organs, and individual disorders involving the immune mechanism. The number of recorded malignant neoplasms of the brain in the adolescent contingent allows performing for the first time “case-control” analysis. Uncertainties in assessing the conditionality of the increase in the incidence in children under the influence of non-ionizing ICT electromagnetic radiation are associated with difficulties in determining personal doses. The limits of EMF exposure of the user’s head by a mobile device, which were developed in 1994, are now outdated and it is necessary to change the limits, as the devices and parameters of exposure to non-ionizing electromagnetic radiation of ICT have changed. It is necessary to confirm the reliability of the hygienic safety factor of EMF remote control in relation to children’s contingents in the conditions of modern and promising information and computer technologies, including taking into account possible synergy under the action of radio frequency EMF, optical screen radiation, sound effects and functional load. Obviously, today what is required is an integrated approach to ensuring the health of children “hygiene in the digital environment”. The article substantiates the foreign standards to affect the design and equipment for information and communication technologies of the educational environment in the Russian Federation, which is one of the important reasons for the deterioration of children’s health.

Keywords: electromagnetic field; health; children; morbidity; statistics; neoplasms; nervous system; conditioning; information and communication technologies; cellular communications; non-ionizing radiation; hygiene

For citation: Grigoriev O.A. Hygienic problems of using information and computer technology devices by children. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1214–1222. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1214-1222> <https://elibrary.ru/oyvlf> (In Russian)

For correspondence: Oleg A. Grigoriev, MD, PhD, DSci., Director for Research and Development (R&D), National Research Center for the Safety of New Technologies, Moscow, 109028, Russian Federation. E-mail: oa.grigoriev@yandex.ru

Information about the author: Grigoriev O.A., <https://orcid.org/0000-0003-3712-2637>

Gratitude. The author is grateful for participating in the discussion of the materials underlying the article, corresponding member RAS V.R. Kuchma, corresponding member RAS Yu.B. Zubarev, Doctor of Medical Sciences V.N. Nikitina and Scientific Secretary of the Russian National Committee for Protection against Non-Ionizing Radiation V.A. Alekseeva.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

В современной классификации Всемирной организации здравоохранения к неионизирующим излучениям электромагнитной природы, которые могут оказывать влияние на здоровье и функциональное состояние человека, относятся электромагнитное поле от 0 Гц до 300 ГГц, излучения оптического диапазона, УФ- и ИК-излучения. Массовые продукты информационно-коммуникационных технологий являются основным источником неионизирующих электромагнитных излучений в последние десятилетия.

По мнению Комитета по правам ребёнка ООН, цифровая среда, в которую погружены дети, «постоянно развивается и расширяется, охватывая информационно-коммуникационные технологии, в том числе цифровые сети <...>, подключённые устройства и среды, виртуальную и дополненную реальность, искусственный интеллект <...>, биометрию и технологию имплантации». Права детей в связи с цифровой средой ООН относит к фундаментальным, поскольку «цифровые технологии имеют жизненно важное значение для их нынешней жизни и для их будущего» [1].

Дети являются особой социальной группой, поскольку состояние их здоровья и качество интеллектуального развития определяют перспективы развития общества на поколения вперёд. В Российской Федерации контингент детей и подростков в возрасте от 3 до 18 лет включительно составляет около 27,3 млн человек [2]. Вышеприведённые положения указывают на чрезвычайно важное, стратегическое значение корректной и достоверной оценки влияния на здоровье, функциональное состояние и поведение детей и подростков воздействия неионизирующих электромагнитных излучений ИКТ.

К массовым «цифровым» информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), являющимся источниками гигиенически значимых физических факторов неионизирующей электромагнитной природы, относятся электро- и вычислительная техника (персональные компьютеры и средства визуального отображения информации), системы беспроводной подвижной связи (сотовая, космическая, транкинговая и другие виды подвижной связи), системы беспроводной передачи данных (сети Wi-Fi, устройства Bluetooth, сети 4/5G и др.), системы «интернета вещей» (IoT, в том числе интеллектуальные системы дистанционного мониторинга физиологического состояния на основе IoT-устройств, включая «умные» импланты с биологической обратной связью). Массовым продуктом, который одновременно является источником электромагнитного поля, стали электро- и автономный транспорт, роботизированная техника, «умные» дома и «умные» системы контроля потребления. Справедливо будет сказать, что практически всё, что относится к понятию «постиндустриальная цифровая экономика», что входит в планы научно-технического развития на перспективу ближайших десятилетий, связано с технологическим использованием неионизирующих электромагнитных излучений.

Дети и подростки являются активными пользователями «цифровых» технологических новинок, поэтому уже с начала роста массового рынка ИКТ в 2000-х они стали целевой группой как для технологического бизнеса, так и для «цифрового» маркетинга [3]. За счёт развития ИКТ неионизирующие электромагнитные излучения являются единственным гигиенически значимым фактором, с которым контактирует всё население Российской Федерации: численность абонентов сотовой связи ещё в 2007 г. превысила численность населения, а в настоящее время охват составляет около 180% [4].

Данные Росстата показывают исключительно высокую степень вовлечённости детей в использование ИКТ начиная с трёх лет. Навыки практической работы на компьютере имеют 90,1% детей в возрасте до 15 лет (от общей численности), при этом 71% детей в возрасте 3–6 лет уже имеют навык работы с компьютером. Не менее 80% детей используют сеть Интернет, в том числе пользователи 3–6 лет составляют 52% от общей численности возрастной группы. По оценке Росстата, не менее 70% детей используют Интернет ежедневно, из них 65% – 3–6-летние. Дети используют Интернет в основном для подготовки к урокам (78,74%), развлечений (78%), общения (54%).

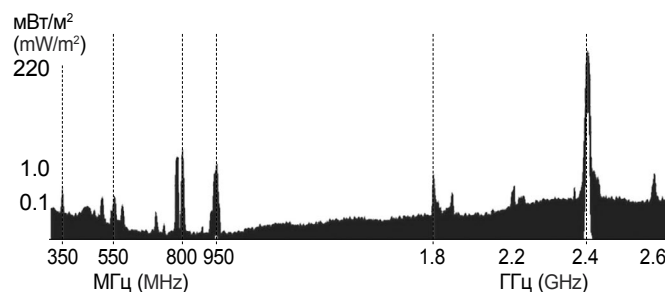


Рис. 1. Спектральный состав ЭМП радиочастот на типичном рабочем месте ИКТ [7].

Fig. 1. Spectral composition of Radio Frequency (RF) electromagnetic field (EMF) at a typical informational and computer technology (ICT) workplace [7].

По последним опубликованным данным Росстата (2020), около 60% населения используют сотовый телефон (смартфон) для выхода в Интернет [5]. Этот показатель можно принять в качестве консервативной оценки для детской группы пользователей беспроводных средств связи с доступом в Интернет, однако, по данным профессора МГУ Солдатовой Г.У., дошкольники (до 6 лет) предпочитают устройства беспроводного доступа, в том числе 20% – смартфон, 80% – планшет [6].

Для характеристики условий воздействия неионизирующих электромагнитных излучений ИКТ предложена следующая классификация источников по отношению к пользователю в частотном диапазоне от 300 МГц до 6 ГГц, являющемся основным в настоящее время.

1. Носимые персональные источники (устройства в руке или на теле). Включают абонентские терминалы беспроводной связи (сотовые телефоны, смартфоны), планшетные компьютеры, ручные радиостанции, системы физиологического мониторинга, «умные импланты» – «интернет вещей». Эти источники характеризуют расстояние менее 0,3 см от тела, локальное облучение, ЭМП несформированной волны (ближняя зона антенны), невозможность (или технические трудности) при проведении прямых измерений ППЭ.

2. Настольные персональные источники. Компьютеры, ноутбуки/нетбуки, персональные станции беспроводного доступа (Wi-Fi, Bluetooth). Эти источники характеризуют расстояние от 0,3 до 1 м от тела, локальное облучение в общем случае, тотальное облучение для детей до 6 лет; ЭМП несформированной или сформированной волны (переходная и дальняя зона антенн). Прямые измерения ППЭ, как правило, возможны.

3. Внешние источники. Оборудование сетей беспроводного доступа (базовые станции подвижной связи – наземные, космические; Wi-Fi и т. п.), «интернет вещей» – интеллектуальные датчики. Расстояние до источника в этом случае составляет более 1 м, создают тотальное облучение тела и ЭМП сформированной волны (дальняя зона антенны). Прямые измерения ППЭ возможны.

Смартфоны (с 2007 г.), планшетные компьютеры (с 2010 г.) радикально изменили характер использования ИКТ и абонентских терминалов, стимулировали массовое развитие беспроводных сетей доступа, в том числе сетей LTE. Очевидно, что в современных условиях пользователь ИКТ подвергается воздействию ЭМП радиочастот от всей совокупности вышеперечисленных источников, тогда как до 2010 г. было справедливо оценивать биологическое действие абонентских терминалов (сотовых телефонов, смартфонов) как уединённого источника ЭМП.

Условия воздействия ЭМП ИКТ характеризуются меняющейся по времени амплитудой, многочастотным составом, интермиттирующим импульсным облучением, что показано на примерах записи спектрального состава ЭМП радиочастот на рабочем месте пользователя, динамической записи значений ППЭ в школьном классе при просмотре потокового видео, записи изменений значения ППЭ абонентского терминала в условиях работы в сети (рис. 1–3).

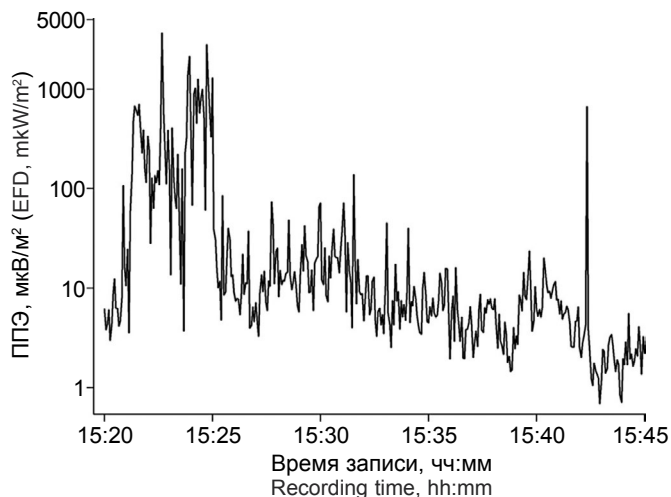


Рис. 2. Динамическая запись значений ППЭ в школьном классе [8].

Fig. 2. Dynamic recording of energy flow density (EFD) values in a school class [8].

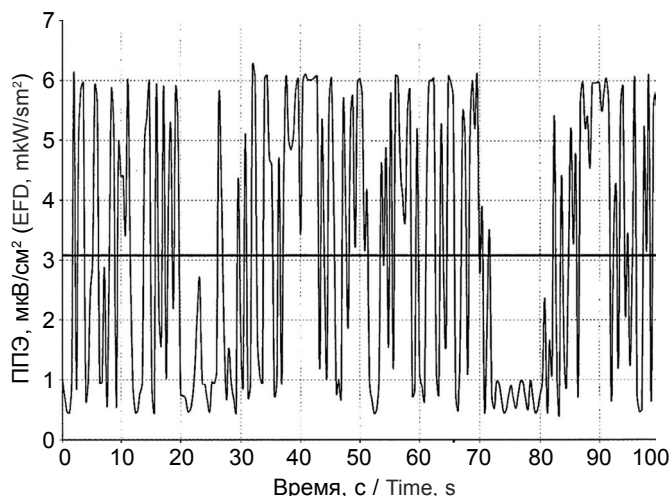


Рис. 3. Динамическая запись ППЭ абонентского терминала GSM (лабораторный стенд, собственные данные).

Fig. 3. Dynamic recording of the EFD of a GSM mobile phone (laboratory, own data).

В прогнозах по возможному влиянию электромагнитного поля подвижной сотовой связи на здоровье важное место уделялось детям и подросткам. До начала массового развития рынка ИКТ с 2000 г. дети не рассматривались в качестве контингента, подверженного воздействию ЭМП абонентских терминалов (сотовых телефонов). Прогнозировалось, что дети как основное население будут защищены от вредного действия ЭМП базовых станций соблюдением предельно допустимого уровня (ПДУ) для радиотехнических объектов 10 мкВт/см² в диапазоне сотовой связи, действующего с 1984 г. по настоящее время.

Фундаментальные закономерности реакции организма человека на хроническое нетепловое электромагнитное поле по мере расширения контактов различных контингентов с источниками ЭМП радиочастот были изучены в экспериментальных и клинико-гигиенических исследованиях начиная с 30-х годов XX века [9, 10]. К концу 1970-х годов была ясна перспектива сближений условий производственного и внепроизводственного облучения, поэтому данные клинико-гигиенических исследований 1960–1980-х годов весьма значимы в прогнозе состояния здоровья населения при увеличении экспозиции облучения электромагнитным полем [11–13].

Принципиальное значение для прогноза имеют масштабные эпидемиологические работы по исследованию состояния здоровья детей на территориях, примыкающих к антенным полям радиостанций, с постоянным электромагнитным фоном ниже ПДУ, выполненные в 1974–1978 гг. под руководством академика М.Г. Шандалы [11]. В группах исследования ЭМП радиочастот был монофактором гигиенического значения, а контрольные группы детей находились практически в идеальных гигиенических условиях. В силу очевидных объективных причин, обусловленных распространением источников ЭМП радиочастот, воспроизвести эти исследования невозможно после 2000-х годов. Наблюдали в течение нескольких лет состояние здоровья 270 детей трёх возрастных групп: 5–6; 11–12 и 13–14 лет. Результаты исследований высшей нервной деятельности детей позволили говорить утвердительно о нарушении функционального состояния коры полушарий головного мозга. Изменения высшей нервной деятельности, в том числе снижение работоспособности и качества внимания, наблюдались у детей всех возрастных групп, находившихся в зоне действия ЭМП радиочастот. У детей всех возрастных групп были выявлены нарушения условно-рефлекторных реакций: достоверное снижение величин зрительно-моторных рефлексов, удлинение скрытого периода при облучении и др. Был сделан вывод о том, что длительное пребывание детей в условиях влияния ЭМП может привести к нарушению взаимоотношения нервных процессов, их подвижности и силы. Умственная работоспособность обследованных детей нарушается прежде всего в результате снижения качества внимания за счёт развития последовательного торможения и угнетения деятельности нервной системы. Полученные данные свидетельствовали также об определённых изменениях в деятельности сердечно-сосудистой системы детей, проживающих в зоне влияния ЭМП, в частности о неподготовленности сердечно-сосудистой системы к значительной физической нагрузке, быстрой утомляемости мышц сердца, необходимости более длительного периода для восстановления изменённой функции миокарда у детей опытных групп.

Впервые дети были явно отнесены к группе повышенного риска в связи с воздействием ЭМП подвижной сотовой связи в 2001 г. в связи с обобщением материалов конференций Международного электромагнитного проекта ВОЗ, проведённых в Москве в 1998 и 1999 гг., а также на основании итогов обсуждения проблемы Российским национальным комитетом по защите от неионизирующих излучений (РНКЗНИ) [14]. В прогноз вошло положение о том, что ЭМП абонентских терминалов сотовой связи – это промултер заболеваний неврологического характера, включая неврастению, психопатию, психостению, неврозы, клиника которых характеризуется астеническими, навязчивыми, истерическими расстройствами, а также снижением умственной и физической работоспособности, памяти, расстройствами сна, эпилепсией и эпилептическим синдромом, эпилептической предрасположенностью. Предупредительный подход к защите здоровья детей был реализован в СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи», в п. 6.9 которых было рекомендовано ограничить использование мобильных телефонов детям до 18 лет и беременным [15].

Дети и молодёжь были признаны группой риска по воздействию электромагнитного фактора в одобренных Научно-консультативным комитетом Международного электромагнитного проекта ВОЗ итоговых документах международной конференции «Сотовая связь и здоровье», проведённой ВОЗ и РНКЗНИ в Москве в 2004 г. [16]. Локальное облучение головного мозга ЭМП абонентского терминала принципиально отделяется от тотального хронического облучения (базовые станции и другие источники беспроводной передачи данных) или воздействия других неблагоприятных факторов внешней среды (ионизирующего излучения, инфразвука, химических веществ и др.).

Заболеемость в возрастной группе 15–17 лет по классам болезней, представленных в прогнозах до 2008 г. как «возможные при воздействии ЭМП сотовой связи»**Morbidity in 15–17 years children by classes of diseases presented in forecasts up to 2008 as "possible under the influence of EMF of cellular communications"**

Зарегистрировано заболеваний у пациентов с впервые в жизни установленным диагнозом, на 100 тыс. человек Registered diseases in patients with a diagnosis made for the first time in their life, per 100 thousand	Год / Year				Рост в 2000–2010 гг., раз Growth 2000–2010, fold	Рост в 2000–2019 гг., раз Growth 2000–2019, fold
	1995	2000	2010	2019		
Новообразования / Neoplasms	130	225.9	385.8	547.6	1.71	2.42
Болезни нервной системы / Diseases of the nervous system	–	2048.1	3832.1	3807.5	1.87	1.85
Эпилепсия, эпилептический статус Epilepsy, status epilepticus	29.6	52.1	71.2	Нет данных в отчётности Росстата No data in Rosstat reporting	1.37	–
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм Diseases of the blood, hematopoietic organs and certain disorders involving the immune mechanism	284.3	483	833.3	823.9	1.72	1.7
Абоненты, млн человек Mobile subscribers, million people	0.1	3	237	260.7	79	87

Итоговое обобщение прогнозов заболеваний было выполнено в 2008 г. на специальной сессии Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений [17]:

- для стажированных пользователей детско-подросткового возраста следует ожидать ослабления памяти, снижения внимания, снижения умственных и познавательных способностей, раздражительности, нарушений сна, склонности к стрессорным реакциям, повышения эпилептической готовности;
- возможные отдалённые последствия у взрослых: опухоли мозга, слухового и вестибулярных нервов (в возрасте 25–30 лет), болезнь Альцгеймера, приобретённое слабоумие (деменция), депрессивный синдром и другие проявления дегенерации нервных структур головного мозга (в возрасте 50–60 лет).

Именно эти группы заболеваний вошли в дальнейшем в повестку международного электромагнитного проекта ВОЗ в 2010 г. [18].

В 1996–1997 гг. были опубликованы результаты исследований, показавшие возможность стимулирования злокачественных опухолей электромагнитным полем сотовой связи [19]. Эта работа, а также некоторые метааналитические обзоры ввели тему «Онкология и сотовая связь» в повестку ВОЗ и ряда национальных электромагнитных программ, что привело к включению термина «онкология» в список прогнозов последствий вредного действия электромагнитного поля сотовой связи [20, 21].

Таким образом, болезни и состояния, имеющие учёт в государственной статистике, обоснованные в прогнозах до 2008 г. как возможно связанные с облучением пользователей электромагнитным полем абонентских терминалов подвижной сотовой связи, следующие: злокачественные новообразования (опухоль головного мозга, в том числе слухового нерва), болезни и функциональные расстройства нервной системы, включая провокацию эпилептической готовности, заболевания, связанные с нарушением иммунного статуса.

По нашему мнению, использование данных государственной статистики принципиально важно, поскольку практически стопроцентный охват населения электромагнитным фактором ИКТ отражает влияние технологии массового использования на население в целом и одновременно служит основой для принятия государственных управленческих решений.

Для оценки сбываемости прогноза использованы фактические данные о состоянии заболеваемости из официальных публикаций Росстата, которые дополнены сведениями

из годовых отчётов учреждений Минздрава России и его главных внештатных специалистов. Контингент подростков 15–17 лет принят в качестве группы-индикатора. Как правило, это уже стажированные пользователи, поэтому статистические данные для данной возрастной группы приняты за основу анализа.

Впервые рост заболеваемости детей по диагнозам, отражённым в прогнозах как «возможные в связи с воздействием ЭМП сотовой связи», был зафиксирован в 2011 г. По сравнению со статистическими данными 2000 г. в 2010 г. на 85% выросло число заболеваний центральной нервной системы у подростков 15–17 лет, на 36% – количество диагнозов «эпилепсия, эпилептический статус», на 11% выросло число случаев диагностики «лёгкой умственной отсталости», на 82% выросло количество заболеваний крови и нарушений иммунного статуса. В детской группе до 14 лет рост числа заболеваний крови и нарушений иммунного статуса составляет 64%, а нервной системы – 58%. Число больных в возрасте 15–17 лет, которым оказывается консультативно-лечебная помощь в связи с болезнями центральной нервной системы, выросло на 72% [9].

В таблице приводятся обобщённые данные по классам болезней, представленных в прогнозах до 2008 г. как «возможные при воздействии ЭМП сотовой связи». Таблица составлена по данным по данным Росстата [22, 23] и Минцифры [4]. Данные по эпилепсии за 2019 г. не приводятся в связи с отсутствием их в форме отчёта Росстата.

Как следует из данных таблицы, за период 1995–2019 гг., согласно статистике Росстата по учёту болезней и состояний, растёт заболеваемость по классам болезней, представленных в прогнозах до 2008 г. как «возможные при воздействии ЭМП сотовой связи». Рост и выход на плато абонентской базы коррелируют с трендом данных динамики заболеваемости в группе-индикаторе по единицам статистического учёта Росстата как «болезни нервной системы», в том числе по единице учёта «эпилептический статус», а также по болезням крови и иммунной системы.

Принципиально отличается динамика числа новообразований. Данные по категории «новообразования» в возрастной группе 15–17 лет приведены на рис. 4 одновременно с данными роста абонентской базы, что предполагает увеличение суммарной экспозиции ЭМП ИКТ: примерно до 2010 г. экспозиция формируется за счёт абонентских терминалов, а после этого времени также и за счёт сетевой инфраструктуры ИКТ. По данным Росстата (2020 г.), в группе-индикаторе заболеваемость новообразованиями всех этиологий выросла к настоящему времени в 4,2 раза по сравнению с «домобиль-

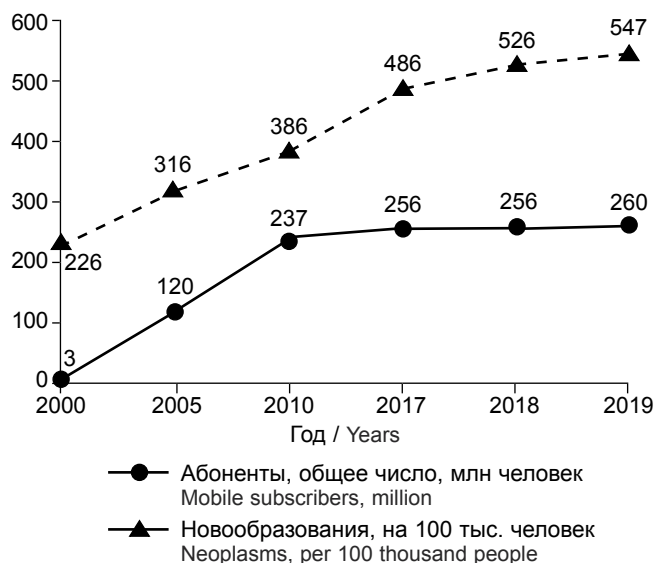


Рис. 4. Данные Росстата по категории «новообразования» в группе подростков 15–17 лет и данные Минцифры по числу абонентов подвижной сотовой связи по годам.

Fig. 4. Rosstat data on the category of “neoplasms” in the group of 15–17 years adolescents and the data of the Ministry of Digital Development on the number of mobile cellular subscribers by years.

ным» 1995 г. При этом за 20 последних лет наблюдается рост числа новообразований в 2,4 раза с ежегодным приростом. Согласно данным Минздрава (2020 г.), у детей преимущественная локализация солидных опухолей – злокачественные новообразования головного мозга и других отделов нервной системы, удельный вес которых составил в 2019 г. 15,5% (494 случая) всех новообразований и 28,4% солидных опухолей. Но итоговые данные Минздрава говорят о стабилизации числа злокачественных опухолей в детских контингентах в период 2009–2019 гг. после наблюдавшегося роста [24]. Специалисты Минздрава отмечают устойчивый рост в целом у населения частоты диагностируемых опухолей головного мозга, в том числе вторичных (метастазов). В возрастных группах до 40 лет в структуре смертности от злокачественных новообразований на втором месте находится смертность от новообразований головного мозга. Это соответствует тренду развитых европейских стран и, по мнению ряда ведущих экспертов, может быть вызвано высокой распространённостью использования беспроводных телефонов среди детей и подростков, поскольку латентный период развития опухоли оценивается в 10 лет экспозиции ЭМП [25].

Согласно отчёту МНИОИ им. П.А. Герцена (2020 г.), в целом у населения (из расчёта на 100 тыс.) рост злокачественных новообразований головного мозга с 2009 по 2019 г. составил 27% [24]. Однако согласно публикациям отдельных сотрудников этого учреждения, статистика несколько хуже: в России наиболее распространённая первичная опухоль головного мозга – глиома – возникает с частотой в 10–13 случаев на 100 тыс. населения в год [26]. При этом 4,8 случая на 100 тыс. населения в 2015 г. и 4,2 случая в 2010 г. составляют более чем двукратный рост за 10 лет, что соответствует данным Росстата о скорости прироста опухолей для контингента 15–17 лет.

Очевидно, что отчётные данные по индикативным показателям новообразований говорят о различных системах учёта в ведомствах, что затрудняет анализ заболеваемости.

Внимание к опухолям головного мозга (глиома, глиобластома) в контексте облучения детей ЭМП ИКТ определяется позицией ВОЗ и Международного агентства по исследованию рака (IARC). Классификация ЭМП радиочастот

как канцерогена класса 2B (2011 г.) основана на данных о возможной корреляции возникновения глиом и глиобластом, локализованных в головном мозге, с облучением ЭМП ближней зоны антенны абонентских терминалов беспроводной связи. В 2019 г. рабочая группа перспективного планирования IARC, проанализировав данные о 170 различных канцер-агентах, пришла к выводу, что имеется достаточно оснований для повторного рассмотрения карцер-классификации электромагнитного поля сотовой связи [27, 28]. При этом, согласно отчёту IARC, есть ясность в механизме возникновения злокачественных опухолей при воздействии радиочастот сотовой связи, однако вероятность развития злокачественных новообразований и условия их возникновения не ясны. Вместе с тем известны исторические примеры игнорирования раннего предупреждения о рисках рака с упущенным временем на профилактику. Это сажа (200 лет до признания канцерогеном), табакокурение (190 лет), асбест (78 лет), ДДТ, ионизирующая радиация и так далее [29]. Нельзя исключать, что канцерогенный эффект электромагнитного поля радиочастот стоит в этом же ряду длительного рассмотрения научной доказательной базы.

Обобщение больших массивов данных позволило более уверенно рассматривать ЭМП ИКТ как генетически значимый фактор. Так, анализ 711 исследований, выполненный в 2021 г. профессором Н. Lai в Вашингтонском университете, показал, что при интенсивности, аналогичных ЭМП ИКТ, имеется влияние на генотоксичность (например, повреждения ДНК, изменения конформации хроматина и т. д.) и экспрессию генов. Генетические эффекты ЭМП зависят от различных факторов, включая параметры и характеристики поля (частота, интенсивность, форма волны), тип клеток и продолжительность воздействия. Типы затронутых экспрессий генов (например, гены, участвующие в остановке клеточного цикла, апоптозе и реакции на стресс, белки теплового шока) согласуются с выводами о том, что ЭМП вызывает генетические повреждения. Однако механизмы, с помощью которых ЭМП вызывают эффекты, в основном неизвестны [30].

Трактовка данных о росте заболеваемости в возрастной группе 15–17 лет в 2000–2019 гг. в качестве реализации прогноза о последствиях воздействием ЭМП сотовой связи имеет определённые сложности.

В исследованиях влияния ЭМП на здоровье детей «домобильного» периода, выполненных под руководством академика М.Г. Шандалы, был сделан вывод о том, что установление чётких начальных проявлений патологических отклонений при облучении ЭМП радиочастот в подростковом возрасте крайне затруднительно, так как черты вегетативной лабильности являются элементами физиологических реакций, присущих этому периоду роста, а вегетативная дисфункция служит одним из наиболее ранних клинических признаков воздействия неионизирующих электромагнитных излучений на организм.

Вместе с тем существует обоснованное представление, что антропогенные загрязнения окружающей среды часто выступают как фактор риска, то есть такой компонент этиологии, который хотя и важен для развития заболевания, однако сам по себе при отсутствии других условий (например, генетической предрасположенности, изменённого статуса организма) не способен вызвать заболевание у конкретного человека [31].

При внедрении цифровой образовательной среды (ЦОС) учебные заведения стали одним из основных мест контакта детей с источниками электромагнитного неионизирующего излучения ИКТ [38].

Следует отметить, что современные исследования состояния здоровья детей, работающих с ИКТ в условиях ЦОС, отмечают в основном те же тренды, что и в вышеупомянутой работе по эпидемиологии детей под руководством М.Г. Шандалы [39–42]. Умственная работоспособность детей в условиях информатизации обучения снижается, увеличивается количество ошибок, фиксируются функцио-

нальные расстройства ЦНС, влияющие на поведение: рост тревожности, плохой сон, достоверное увеличение периодов раздражительности, рост числа случаев проявления жестокости. Состояние сердечно-сосудистой системы у детей на современном этапе характеризуется снижением адаптации к скоростно-силовым нагрузкам. В обследованных детских коллективах болезни нервной системы в школе с ЦОС встречаются чаще, чем в традиционной.

Болезни глаза, в основном миопия, стали занимать одно из лидирующих мест в структуре заболеваемости: за одиннадцатилетний период обучения в школе частота встречаемости функциональных нарушений зрения у школьников увеличилась вдвое, а хронических болезней — в 16 раз. Более 62% выпускников школы имели нарушения зрения. Возрастает распространённость среди старшеклассников функциональных отклонений со стороны психической сферы и нервной системы, сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем.

Очевидно, что вышеперечисленное укладывается и в общую тенденцию роста заболеваемости, отражённую в приведённых данных Росстата.

Важнейшим классическим этапом оценки риска заболеваемости является оценка фактической персональной «дозы» энергетической нагрузки — измеренное или рассчитанное количество воздействующего электромагнитного фактора, падающего или поглощаемого телом человека в целом или его критическими органами, за точно установленный период времени. Это качественные и количественные характеристики интенсивности, частоты, ритмичности, повторяемости, продолжительности и путей воздействия ЭМП. Определение персональной «дозы» энергетической нагрузки пользователя представляет очевидную сложность в связи с современным характером пользования абонентским терминалом, когда устная речь дополняется передачей данных, текстингом и т. д., что не предполагает расположения антенн возле головы, но сохраняет облучение ЭМП ближней зоны для других участков тела. Эти обстоятельства накладывают ограничения на установление точной причинно-следственной связи, обуславливающей связь облучения ЭМП и заболеваемости, что является предметом многолетней дискуссии в ВОЗ и IARC.

Проблемы интерпретации данных эпидемиологических исследований в целях оценки риска возникновения опухолей головного мозга, обусловленные отсутствием адекватной персональной дозиметрии, характерны для всех современных исследований, что способствует научным дискуссиям, но не прибавляет данных для надёжной оценки и управления рисками. Жёсткой критике по методологическим причинам, связанным с оценкой условий воздействия и подбором групп, подвергается европейское исследование по программе MOBI-Kids, посвящённое использованию беспроводных телефонов и риску возникновения опухолей головного мозга в детском и подростковом возрасте, в группе 10–24 лет, с диагнозом, установленным в период с 2010 по 2015 г. [32, 33].

В связи с ростом заболеваемости болезнями глаз у детей следует отметить, что есть основания рассматривать действие электромагнитного поля ИКТ в комплексе с действием излучения в оптическом диапазоне экрана средства визуального отображения информации на орган зрения. Как известно, экспериментально влияние электромагнитного поля на состояние органа зрения было многократно показано на добровольцах. С другой стороны, как указывают специалисты в области компьютерной безопасности, разработчики пользовательского программного обеспечения ИКТ специально проектируют интерфейс для стимулирования продолжительного экранного времени, используя результаты психофизических исследований, особенности восприятия информации детьми, комбинируя цвет, интенсивность света, звуковые эффекты и т. д. [34]. При этом растёт экспозиция физическими факторами неионизирующей природы. Необходимо учитывать и влияние ЭМП на восприятие органом зрения. Так, профессор С.В. Кравков ещё в 1948 г. определил, что

на световой чувствительности глаза сказывается ряд «раздражителей, действующих на наш организм, не вызывая заметных субъективных ощущений» [35]. Под раздражителями понималось прежде всего облучение ЭМП УВЧ- и СВЧ-диапазонов. Вывод С.В. Кравкова следовал из результатов экспериментов, проведённых в лабораториях академиков П.П. Лазарева и Л.А. Орбели. Облучение живота и спины электромагнитным полем частот 4–5 ГГц снижало световую чувствительность периферического зрения субъекта, а при повторных сеансах облучения в течение ряда дней наблюдалось ежедневное последовательное снижение световой чувствительности. При облучении области мозжечка ЭМП ультравысокой частоты наблюдали чрезвычайно значительные изменения уровня чувствительности периферического зрения, снижавшейся в 100–150 раз [36, 37].

Использованная в лаборатории академика Л.А. Орбели модель воздействия ЭМП УВЧ по параметрам (частота, интенсивность, локализация) вполне отвечает модели облучения ЭМП абонентского терминала, поэтому результаты (несмотря на давность их получения) должны приниматься во внимание при комплексном анализе эффектов излучения ИКТ.

О возможной модификации биоэффектов в сторону их утяжеления, способствующей более быстрому развитию заболеваемости, при сложномодулированном ЭМП нетепловой интенсивности и комбинации факторов неоднократно упоминалось в обобщающих трудах по радиобиологии и гигиене неионизирующих излучений [10, 43].

Обсуждение в 2021 г. Общественной палатой Российской Федерации гигиенических проблем использования детьми в ЦОС устройств, являющихся источниками неионизирующих электромагнитных излучений, позволило установить влияние ряда стран на формирование номенклатуры и компонентов технического обеспечения ЦОС, что формирует режим и характер воздействия излучений на детские контингенты и может приводить к долговременному влиянию на здоровье населения России [38].

В основе требований к обучающим технологиям в виде стандарта SCORM (ADL) лежит стандарт Министерства обороны США «Advanced Distributed Learning» с 1997 г. Стандарт SCORM продвигается как международная основа для разработчиков и пользователей систем обучения. Осуществляется это через участие в работе профессионального общества IEEE и Комитета по стандартизации обучающих технологий (Learning Technology Standard Committee, IEEE LTSC, P1484), разрабатывающих универсальные модели стандартов для решения задач образования. Финансирование IEEE LTSC официально осуществляется за счёт OpenStand Initiative, объединяющей крупнейших игроков IT-рынка. Стандарты IEEE LTSC продвигаются через ISO/IEC в рамках ТК «Информационные технологии для обучения, образования и тренинга» SC36 в качестве основы для международных стандартов, как это следует из данных ISO. Работа ISO/IEC регулируется международными соглашениями и относится к международному праву, поэтому принятием стандарта ISO/IEC делает его фактически обязательным стандартом для членов этих организаций, в том числе для России.

Структурная схема последовательного продвижения технических стандартов ИКТ США в образовательную среду Российской Федерации представлена на рис. 5.

Технологические требования к оборудованию «умной школы» определены стандартами SCORM (ADL), IEEE LTSC, ISO/IEC SC36 и предъявляют требования к компонентам «железа», в номенклатуру которых включены цифровые дисплеи, интерактивные доски, умные проекторы различного типа, системы видеоконференций, а также системы передачи и обработки данных.

Как было показано выше, существует принципиальное различие в формальных принципах определения безвредности физических факторов неионизирующей природы, основанное на различии англосаксонской и отечественной систем гражданского права, что приводит к установлению различных допустимых уровней факторов воздействия

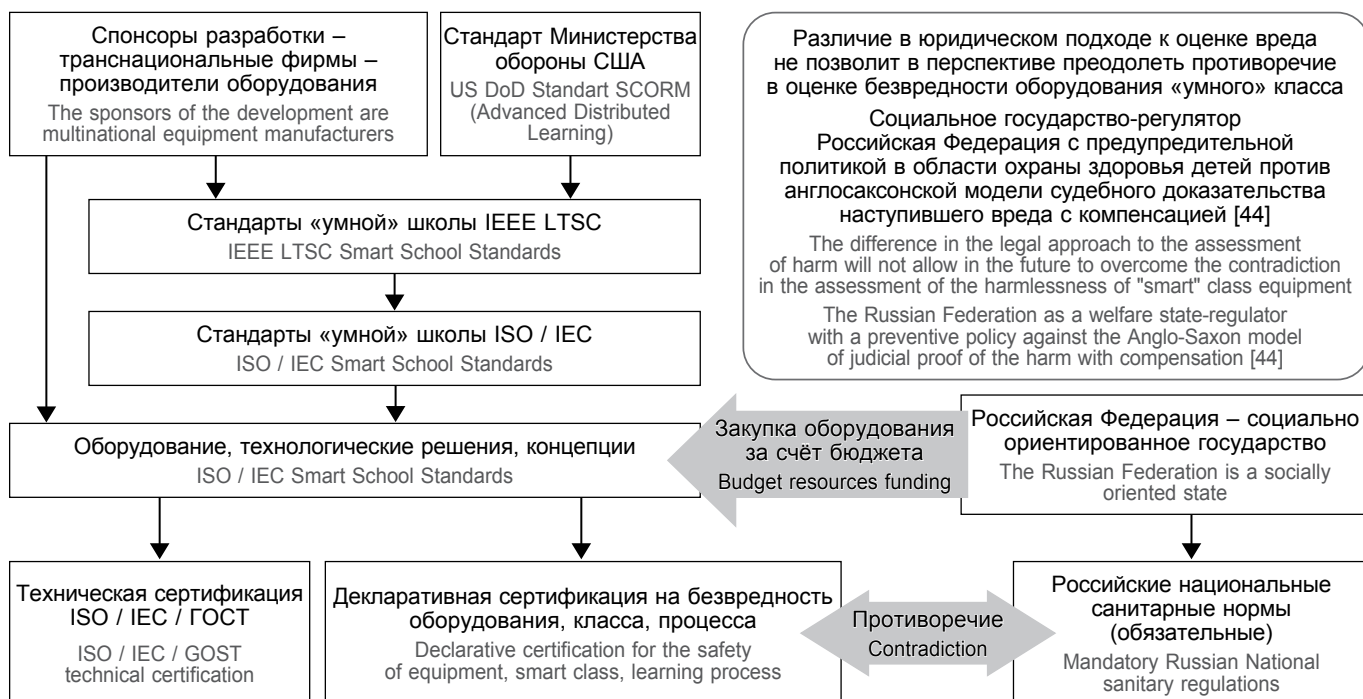


Рис. 5. Структурная схема экспорта технических стандартов ИКТ для образовательной среды в Российскую Федерацию и возникающие противоречия в принципах гигиенической оценки вредных факторов.

Fig. 5. Structural diagram of the export of ICT technical standards for the educational environment to the Russian Federation and emerging contradictions in the principles of hygienic assessment of harmful factors.

при наличии сходных научных данных, а также к различию в процедуре контроля и ответственности за нанесение вреда [44]. Известно, что излучающее оборудование ИКТ для «умного класса» при соответствии декларативным критериям безопасности производителя может не соответствовать предельно допустимым уровням, действующим на территориях Российской Федерации и Евразийского экономического союза.

Для оценки вредности ввозимого в Россию зарубежного оборудования применяются Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) Евразийской экономической комиссии. Всё оборудование для электронной школы – импортное или имеющее импортные компоненты. Согласно действующему законодательству, такое оборудование, ввозимое в Российскую Федерацию, должно сертифицироваться по нормам ЕЭК «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору». В раздел 3 (требования безопасности к товарам детского ассортимента) не включены изделия и оборудование, которые используются в «Электронной школе». Также не включены и в целом все изделия персональной коммуникации, к которым дети имеют свободный доступ, хотя упомянутый раздел включает в себя «продукцию, предназначенную для детей и подростков». Изделия ИКТ, которыми комплектуется ЦОС, внесены в раздел 7 «Требования к продукции машиностроения, приборостроения и электротехники». Пункт 5.19 в приложении 7.1 к разделу 7 главы II «Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции, подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору» прямо указывает, что нормативы не распространяются на детей до 18 лет как применительно к сотовым телефонам, так и к «другим мобильным средствам связи», которые по принятой классификации включают планшеты, ноутбуки и другие устройства, работающие с беспроводной ЭМ-связью.

В условиях сложного воздействия и большой нагрузки (тяжесть и напряженность труда) необходимо ставить вопрос о выведении детей из категории общих требований к населению. Формально место школьника является рабочим местом, то есть требует аттестации условий труда.

Заключение

Если судить по данным государственной статистики, по-видимому, сбываются прогнозы роста заболеваемости, обусловленной облучением ЭМП детей и подростков. В группе детей 15–17 лет существует многолетний тренд на рост статистических показателей заболеваемости болезнями нервной системы, включая эпилепсию и эпилептический статус, а также болезнями крови, кроветворных органов и нарушений, вовлекающих иммунный механизм. Имеется устойчивый рост показателей заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в головном мозге. Отсутствие адекватной персональной дозиметрии не позволяет установить обусловленность роста заболеваемости в прогнозных группах действием ЭМП ИКТ, в частности абонентских терминалов. Но нельзя доказать и обратное, то есть отсутствие влияния облучения на рост прогнозной заболеваемости, поэтому вопрос требует дополнительного углубленного исследования.

Международным агентством по исследованию рака (IARC) опухоли головного мозга (глиома, глиобластома) выделены как основа для канцер-классификации ЭМП радиочастот беспроводной связи. В 2019 г. IARC отнёс ЭМП радиочастот к приоритетным факторам, несущим потенциально высокий дополнительный риск злокачественных новообразований.

Необходимо исследовать обусловленность роста заболеваемости именно экспозицией ЭМП оборудования сотовой связи. Требуется провести оценку фактической экспозиции, решить проблему кейс-контроля в случаях развития злокачественных новообразований головного мозга. Известное

количество учтённых опухолей в детском контингенте позволяет провести полноценный анализ «случай – контроль», который до настоящего времени не проводился в нашей стране.

В связи с развитием стандартов связи 4-го, 5-го, 6-го поколений необходимо в программах замещения импорта предусмотреть выпуск отечественных селективных средств измерения ЭМП радиочастот, без которых невозможно идентифицировать источник излучения в условиях сложной электромагнитной обстановки, а также отечественных средств измерения величин ЭМП в ближней зоне излучения абонентских терминалов. Требуется национальное программное обеспечение расчётного прогнозирования падающей и поглощённой электромагнитной энергии, в том числе необходим национальный цифровой фантом (детский и взрослый).

Разработанные ранее временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых абонентским терминалом, у головы пользователя устарели и требуют корректировки ввиду

изменения самих устройств, характеристик комплекса условий воздействия неионизирующих электромагнитных излучений ИКТ.

Необходимо экспериментально подтвердить надёжность коэффициента гигиенического запаса ПДУ ЭМП применительно к детскому контингенту в условиях современных и перспективных информационно-компьютерных технологий, в том числе с учётом возможной синергии при действии ЭМП радиочастот, оптического излучения экрана, звуковых эффектов и функциональной нагрузки.

По нашему мнению, необходим более широкий подход к обеспечению здоровья детей и в настоящее время, и в ближайшем будущем под условным названием «гигиена в цифровой окружающей среде». Целесообразно учесть влияние в ряде случаев зарубежных стандартов на формирование информационно-коммуникационных технологий образовательной среды в Российской Федерации, что может являться одной из существенных предпосылок ухудшения здоровья детей.

Литература

(п.п. 8, 18–21, 25, 27–30, 32, 33 см. References)

1. Организация Объединённых Наций. Конвенция о правах ребенка. Замечание общего порядка № 25 (2021) о правах детей в связи с цифровой средой. Комитет по правам ребенка. CRC/C/GC/25.2. Доступно: <https://www.refworld.org.ru/docid/60acef0d4.html>
2. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту. Статистический бюллетень. М.: Росстат; 2021.
3. ВОЗ. Решение проблемы маркетинга пищевых продуктов, направленного на детей в цифровом мире: трансдисциплинарный подход; 2016.
4. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Доступно: <https://digital.gov.ru/ru/activity/statistic/statistika-otrasli>
5. Информационное общество в Российской Федерации – 2020: статистический сборник. М.; 2020.
6. Цифровая трансформация школы. Галина Солдатова. Именно дети и подростки идут в фарватере процесса цифровой трансформации общества. Доступно: <https://rffi.lsept.ru/article/283>
7. Комаров Д.Б., Прокофьева А.С., Григорьев О.А. Электромагнитная безопасность на рабочем месте в цифровой образовательной среде – гигиеническая характеристика типичных условий. В кн.: *Актуальные вопросы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений: Сборник докладов всероссийской научной конференции.* М.; 2019.
8. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. *Сотовая связь и здоровье: электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности.* М.: Экономика; 2016.
9. Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Дубровская Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНСО.* 2020; (10): 28–33. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33>
10. Сердюк А.М. *Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды.* Киев: Наукова думка; 1977.
11. Шандала М.Г. Задачи гигиенических исследований по изучению физических факторов окружающей среды в свете решений XXVI съезда КПСС. *Гигиена и санитария.* 1981; 60(8): 4–7.
12. Шандала М.Г. Методологические вопросы гигиенического нормирования неионизирующих электромагнитных излучений для населения. В кн.: *Сборник научных трудов «Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования».* Пушино; 1986: 135–50.
13. *Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2002 год: Сборник трудов.* М.: РУДН; 2003: 190–1.
14. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.; 2003.
15. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Основные научные итоги международной конференции «Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты». В кн.: *Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004–2005: Сборник трудов.* М.: АЛАН; 2006: 66–9.
16. *Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2008 год: Сборник трудов.* М.: АЛАН; 2008: 117–8.
17. *Дети в России – 2009: Статистический сборник.* М.: Статистика России; 2009.
18. *Российский статистический ежегодник – 2020: Статистический сборник.* М.: Росстат; 2020.
19. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. *Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность).* М.; 2020.
20. РБК. В Минздраве раскрыли актуальные данные о заболеваемости раком мозга. Available at: <https://www.rbc.ru/society/20/09/2019/5d83695f9a79473eff457082>
21. Рахманин Ю.А., Синицина О.О., Новиков С.М. *Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска.* М.; 2017.
22. Ашманов И.С., Касперская Н.И. *Цифровая гигиена.* СПб: Питер; 2021.
23. Кравков С.В. *Взаимодействие органов чувств.* М.–Ленинград; 1948.
24. Лившиц Н.Н. Темновая адаптация глаз при воздействии поля УВЧ на затылочную область. В кн.: *Труды Физиологического института им. Павлова. Том 2.* М.–Ленинград; 1947: 51–63.
25. Шейвехман С.Е. Влияние воздействия полем УВЧ на слуховую чувствительность при приложении электродов в области проекции слуховой зоны коры. В кн.: *Проблемы физиологической акустики.* М.–Ленинград; 1949: 122–7.
26. Григорьев О.А. Цифровая образовательная среда в школе: стандарты, безопасность и здоровье. Доклад в Общественной Палате Российской Федерации; 2021.
27. Ткачук Е.А. *Гигиеническая оценка информатизации обучения и воспитания детей дошкольного и младшего школьного возраста:* Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. Иркутск; 2014.
28. Кучма В.Р., Степанова М.И., Поленова М.А., Григорьев О.А., Капцов В.А., Кондаков А.М. О программе многоцентровых исследований по обеспечению безопасных для здоровья детей цифровых образовательных технологий. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья.* 2019; (2): 4–13.
29. 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.
30. Степанова М.И. Гигиеническая безопасность цифровой образовательной среды для детей и подростков. *Педагогика.* 2018; (12): 38–46.
31. Лукьянова С.Н. *Электромагнитное поле СВЧ диапазона нетепловой интенсивности как раздражитель для центральной нервной системы.* М.; 2015.
32. Григорьев О.А., Гошин М.Е., Прокофьева А.В., Алексеева В.А. Особенности национальной политики, определяющей подходы к гигиеническому нормированию электромагнитного поля радиочастот в различных странах. *Гигиена и санитария.* 2019; 98(11): 1184–90. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1184-1190>

References

- Convention on the Rights of the Child. General comment No. 25 (2021) on children's rights in relation to the digital environment. Available at: CRC/C/GC/25, <https://www.refworld.org.ru/docid/60acef0d4.html> (in Russian)
- Population of the Russian Federation by Sex and Age. Statistical Bulletin [Chislennost' naseleniya Rossiyskoy Federatsii po polu i vozrastu. Statisticheskiy byulleten']. Moscow: Rosstat; 2021. (in Russian)
- WHO Solving the problem of food marketing aimed at children in a digital world: a transdisciplinary approach; 2016. (in Russian)
- Ministry of Digital Development, Telecommunications and Mass Media of the Russian Federation. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/statistic/statistika-otrasli> (in Russian)
- Information Society in the Russian Federation – 2020: Statistical Collection [Informatsionnoe obshchestvo v Rossiyskoy Federatsii – 2020: statisticheskiy sbornik]. Moscow; 2020.
- Digital transformation of the school. Galina Soldatova. It is children and teenagers who are in the wake of the process of digital transformation of society. Available at: <https://rffi.1sept.ru/article/283> (in Russian)
- Komarov D.B., Prokof'eva A.S., Grigor'ev O.A. Electromagnetic safety at the workplace in a digital educational environment – a hygienic characteristic of typical conditions. In: *Topical Issues of Radiobiology and Hygiene of Non-Ionizing Radiation: Collection of Reports of the All-Russian Scientific Conference [Aktual'nye voprosy radiobiologii i gigieny neioniziruyushchikh izlucheniy: Sbornik dokladov vserossiyskoy nauchnoy konferentsii]*. Moscow; 2019. (in Russian)
- Hedendahl L.K., Carlberg M., Koppel T., Hardell L. Measurements of radio frequency radiation with a body-borne exposimeter in Swedish schools with Wi-Fi. *Front. Public Health*. 2017; (5): 279. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00279>
- Grigoriev Yu.G., Grigoriev O.A. *Cellular Communication and Health: Electromagnetic Environment, Radiobiological and Hygienic Problems, Hazard Forecast [Sotovaya svyaz' i zdorov'e: elektromagnitnaya obstanovka, radiobiologicheskie i gigienicheskie problemy, prognoz opasnosti]*. Moscow: Ekonomika; 2016. (in Russian)
- Grigor'ev O.A., Nikitina V.N., Nosov V.N., Pekin A.V., Alekseeva V.A., Dubrovskaya E.N. Electromagnetic radiation safety: Russian national and international regulatory frameworks for radiofrequency electromagnetic fields. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (10): 28–33. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33> (in Russian)
- Serdyuk A.M. *Interaction of an Organism with Electromagnetic Fields as with an Environmental Factor [Vzaimodeystvie organizma s elektromagnitnymi polyami kak s faktorom okruzhayushchey sredy]*. Kiev: Naukova dumka; 1977. (in Russian)
- Shandala M.G. Tasks of hygienic research on the study of physical factors of the environment in the light of the decisions of the XXVI Congress of the CPSU. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1981; 60(8): 4–7. (in Russian)
- Shandala M.G. Methodological issues of hygienic regulation of non-ionizing electromagnetic radiation for the population. In: *Collection of Scientific Papers «Biological Effects of Electromagnetic Fields. Issues of their Use and Rationing» [Sbornik nauchnykh trudov «Biologicheskie efekty elektromagnitnykh poly. Voprosy ikh ispol'zovaniya i normirovaniya»]*. Pushchino; 1986: 135–50. (in Russian)
- Annual of the Russian National Committee Non-Ionizing Radiation Protection for 2002 [Ezhegodnik Rossiyskogo natsional'nogo komiteta po zashchite ot neioniziruyushchikh izlucheniy za 2002 god: Sbornik trudov]. Moscow: RUDN; 2003: 190–1. (in Russian)
- SanPiN 2.1.8/2.2.4.1190–03. Hygienic requirements for the placement and operation of land mobile radio communications. Sanitary and epidemiological rules and regulations. Moscow; 2003. (in Russian)
- Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev O.A. Main scientific results of the international conference «Cellular communications and health: biomedical and social aspects». In: *Yearbook of the Russian National Committee for Protection from Non-ionizing Radiation for 2004–2005: Proceedings [Ezhegodnik Rossiyskogo natsional'nogo komiteta po zashchite ot neioniziruyushchikh izlucheniya za 2004–2005: Sbornik trudov]*. Moscow: ALANA; 2006: 66–9. (in Russian)
- Annual of the Russian National Committee Non-Ionizing Radiation Protection for 2008: Proceedings. Moscow: ALANA; 2008: 117–8. (in Russian)
- WHO. EMF research agenda. Geneva; 2010.
- Repacholi M.H., Basten A., GebSKI V., Noonan D., Finnie J., Harris A.W. Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat. Res*. 1997; 147(5): 631–40.
- WHO. Agenda for EMF Research. Report WHO/EHG/98.13. Geneva; 1998.
- WHO. Research Agenda for Radio Frequency Fields. Geneva; 2006.
- Children in Russia – 2009: Statistical collection [Deti v Rossii – 2009: Statisticheskiy sbornik]*. Moscow: Statistika Rossii; 2009. (in Russian)
- Russian Statistical Yearbook – 2020: Statistical Collection [Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik – 2020: Statisticheskiy sbornik]*. Moscow; 2020 (in Russian)
- Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O., eds. *Malignant Neoplasms in Russia in 2019 (Morbidity and Mortality) [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2019 godu (zabolevaemost' i smertnost')]*. Moscow; 2020. (in Russian)
- Carlberg, M., Hardell, L., 2017. Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford hill viewpoints from 1965 on association or causation. *BioMed Res. Int*. 2017; 2017: 9218486. <https://doi.org/10.1155/2017/9218486> PMID: 28401165
- RBC. The Ministry of Health disclosed current data on the incidence of brain cancer. Available at: <https://www.rbc.ru/society/20/09/2019/5d83695f9a79473eff457082> (in Russian)
- IARC Monographs Priorities Group. Advisory Group recommendations on priorities for the IARC Monographs. *Lancet Oncol*. 2019; 20(6): 763–4. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(19\)30246-3](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(19)30246-3)
- IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020–2024. IARC; 2019.
- Hardell L., Carlberg M. Lost opportunities for cancer prevention: historical evidence on early warnings with emphasis on radiofrequency radiation. *Rev. Environ. Health*. 2021; 36(4): 585–97. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0168>
- Lai H. Genetic effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Electromagn. Biol. Med*. 2021; 40(2): 264–73. <https://doi.org/10.1080/15368378.2021.1881866>
- Rakhmanin Yu.A., Sinitsina O.O., Novikov S.M. *Guidelines for Comprehensive Prevention of Environmentally Conditioned Diseases Based on Risk Assessment [Rukovodstvo po kompleksnoy profilaktike ekologicheskoi obuslovlennyykh zabolevaniy na osnove otsenki riska]*. Moscow; 2017. (in Russian)
- Hardell L., Moskowitz J.M. A critical analysis of the MOBI-Kids study of wireless phone use in childhood and adolescence and brain tumor risk. *Rev. Environ. Health*. 2022. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0040>
- Moskowitz J.M. RE: Cellular telephone use and the risk of brain tumors: Update of the UK million women study. *J. Natl Cancer Inst*. 2022; djac109. <https://doi.org/10.1093/jnci/djac109>
- Ashmanov I.S., Kasperskaya N.I. *Digital Hygiene [Tsifrovaya gigiena]*. St. Petersburg: Piter; 2021. (in Russian)
- Kravkov S.V. *Interaction of the Sense Organs [Vzaimodeystvie organov chuvstv]*. Moscow–Leningrad; 1948. (in Russian)
- Livshits N.N. Dark adaptation of the eyes under the influence of the UHF field on the occipital region. In: *Proceedings of the Pavlov Physiological Institute. Volume 2 [Trudy Fiziologicheskogo instituta im. Pavlova. Tom 2]*. Moscow–Leningrad; 1947: 51–63. (in Russian)
- Sheyvekhan S.E. Influence of exposure to UHF field on auditory sensitivity when electrodes are applied in the projection area of the auditory cortex. In: *Problems of Physiological Acoustics [Problemy fiziologicheskoy akustiki]*. Moscow–Leningrad; 1949: 122–7.4k5 (in Russian)
- Grigor'ev O.A. Digital educational environment at school: standards, safety and health. Report in the Civic Chamber of the Russian Federation; 2021. (in Russian)
- Tkachuk E.A. *Hygienic assessment of informatization of education and upbringing of children of preschool and primary school age*: Diss. Irkutsk; 2014. (in Russian)
- Kuchma V.R., Stepanova M.I., Polenova M.A., Grigor'ev O.A., Kaptsov V.A., Kondakov A.M. About the multicenter research program to ensure safe for children's health digital educational technology. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2019; (2): 4–13. (in Russian)
- 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)
- Stepanova M.I. Hygienic safety of digital educational environment for children and adolescents. *Pedagogika*. 2018; (12): 38–46. (in Russian)
- Luk'yanova S.N. *Electromagnetic Field of the Microwave Range of Non-Thermal Intensity as an Irritant for the Central Nervous System [Elektromagnitnoe pole SVCh diapazona neteplovoy intensivnosti kak razdrzhitel' dlya tsentral'noy nervnoy sistemy]*. Moscow; 2015. (in Russian).
- Grigor'ev O.A., Goshin M.E., Prokof'eva A.V., Alekseeva V.A. Features of national policy in approaches to electromagnetic field safety of radio frequencies radiation in different countries. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(11): 1184–90. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1184-1190> (in Russian)