

На первый взгляд может показаться, что помещаемый ниже обзор Г.А. Кураева, В.Б. Войнова и Ю.Н. Моргалев уместнее было бы опубликовать в биологическом выпуске нашего журнала. Но компьютеризация настолько глубоко и широко проникла во все сферы научной и учебной деятельности, в жизнь и быт очень многих слоев населения, что не говорить о возможных вредных последствиях при неумеренном и неконтролируемом использовании компьютерной техники уже нельзя. Причем мы уверены, что об этих возможных последствиях должны знать многие руководители учебного процесса и научной работы, чтобы правильно планировать работу своих сотрудников и студентов и, по меньшей мере, не вредить их здоровью. Думается, что этот обзор вызовет интерес у многих сотрудников ТГУ, профессионально использующих компьютеры в своей работе.

УДК 002; 612.766.1; 612.825.8

Г.А. Кураев, В.Б. Войнов, Ю.Н. Моргалев

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Дан обзор фундаментальных и прикладных экспериментальных научно-исследовательских работ в биологии и медицине по влиянию электромагнитных и магнитных полей и излучений антропогенного происхождения, в том числе генерируемых компьютерной техникой, на состояние различных систем организма и здоровье человека. Приводятся временные нормативы работы и комплекс упражнений, позволяющие минимизировать вредные последствия длительной работы с компьютером.

Как показали многие исследования [1–3], естественный электромагнитный фон Земли является необходимым, эволюционно сложившимся условием для нормальной жизнедеятельности биологических систем. Однако уровень электромагнитных полей (ЭМП) искусственного происхождения, напряженность которых уже превышает напряженность естественных ЭМП на несколько порядков и неуклонно повышается в ходе научно-технического прогресса, по мнению Н.Н. Василевского [4], выходит за пределы адаптационных способностей организма. Это вызвано интенсивным развитием средств радиосвязи и радиолокации, телевидения, применением приборов и технологий, излучающих ЭМП широкого диапазона частот.

В профессиональной деятельности, в обучении и в быту наибольшее распространение получили персональные компьютеры (ПК). По данным Национального института профессиональной безопасности и здоровья (NIOSH) [5], в 1990 г. в США около 19 миллионов человек использовали компьютеры в повседневной деятельности. Широкое применение компьютеров, являющихся потенциальными источниками мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного, видимого, радиочастотного, высоко- и низкочастотного электромагнитного излучения и постоянных электромагнитных полей [6], обусловило необходимость изучения влияния ЭМП на человека.

Электромагнитные излучения (ЭМИ), создаваемые видеодисплейными терминалами (ВДТ), ряд исследователей связывают с развитием функциональных расстройств и даже патологических состояний (головные боли, снижение способности к концентрации внимания, снижение артериального давления, функциональные нарушения зрения, развитие катаракты, кожные поражения) [7–10]. По данным М. Gomzi [11], 78 % операторов ВДТ предъявляют жалобы на повышенную утомляемость, 53 % – на головную боль, 48 % – на нарушения зрения. Особое внимание привлекают исследования, связанные с влиянием ЭМП компьютеров на репродуктивные функции. Отмечены нарушения в созревании половой сферы у девушек, зарегистрирована повышенная вероятность выкидышей и риска задержки внутриутробного развития плода у женщин-операторов [12]. В некоторых исследова-

ниях показана возможность ускорения развития индуцированных опухолей у экспериментальных животных при их экспозиции ЭМП, излучаемых видеодисплейными терминалами [13].

Дополнительными «факторами риска» для операторов ВДТ являются напряжение опорно-двигательной системы [14], стрессы, связанные с психосоциальными особенностями работы на ПК (высокая ответственность, низкая степень автономии, монотония, а также представления самих операторов об опасности их работы) [10].

Измерения, проведенные NIOSH, показали, что все виды излучений ВДТ ПК находятся ниже предельно допустимых уровней (ПДУ). Однако это не снимает необходимости проведения более долгосрочных исследований для выявления возможных хронических эффектов влияния излучения компьютеров, тем более что в последнее время в связи с исследованиями кумулятивных эффектов влияния ЭМП ставится вопрос о необходимости пересмотра существующих ПДУ.

Экспериментальные исследования свидетельствуют о высокой чувствительности живых систем, в том числе человека, к слабым электромагнитным воздействиям любого диапазона частот, сравнимым по напряженности с естественными полями. Так, напряженности ЭМП СВЧ порядка 10 мкВт/см² достаточно для получения выраженных эффектов со стороны центральной нервной системы (ЦНС), при этой же напряженности возникают и тепловые эффекты воздействия ЭМП [15]. Еще более значительные различия показаны между теоретически оцениваемой минимальной интенсивностью диапазона 30–300 МГц, необходимой для возникновения теплового эффекта в тканях тела человека (104 В/м) [16], и экспериментально установленной минимальной интенсивностью, при которой зарегистрирована реакция человеческого организма на излучения этого диапазона – формирование сосудистого условного рефлекса (104 В/м, т.е. в условиях этого опыта чувствительность человека не уступает чувствительности радиоприемника) (Плеханов, Ведюшкина, 1966, цит. по [2]).

В ряде экспериментов отмечается еще более высокая чувствительность человека к воздействию сверхслабых ЭМП. Изменения на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) че-

ловека удалось обнаружить при плотности потока мощности ЭМП, равной $0,000006 \text{ мкВт/см}^2$ [17].

Для объяснения этих фактов была выдвинута теория информационных воздействий ЭМП на биосистемы [1–3, 18–21]. Она основывается на представлении о принципиальной возможности нетепловых (информационных, или резонансных) взаимодействий ЭМП с живыми системами. С физической точки зрения ЭМИ обладают всеми существенными свойствами, необходимыми для передачи информации: значительной проникающей способностью, большой скоростью передачи информации, способностью к дистантной регуляции определенных процессов. Поэтому в наиболее общем виде представляются вероятными 3 вида биологической активности ЭМП:

1) влияние электромагнитных процессов, протекающих во внешней среде, на функционирование живых организмов;

2) участие в жизнедеятельности организмов электромагнитных процессов, происходящих в них самих;

3) электромагнитные взаимосвязи между организмами [1, 18, 22].

Соответственно, возможный механизм воздействия электромагнитных полей на биосистемы состоит в их взаимодействии и интерференции с эндогенными полями и/или изменении информационной значимости естественных сигналов из окружающей среды. Этот информационный подход объясняет высокую чувствительность организмов к ЭМП низкой интенсивности.

Эффект действия ЭМП на живые системы определяется набором биотропных параметров поля (частота, амплитуда, напряженность, фаза, поляризация, форма импульса, градиент, модуляция, ориентация объекта относительно поля и др.) [15, 23]. Зависимость биоэффектов ЭМП от их частоты подтверждается рядом примеров. Так, при исследовании реакций организма на ЭМП двух диапазонов частот (высоко-частотные – 48 МГц и низкочастотные – 7 кГц) выявлены достоверные отличия в сроках возникновения, степени выраженности, а в ряде случаев и в конкретных биологических механизмах возникновения нарушений [24]. Частота (длина волны) определяет такие важные свойства излучения, как затухание и глубина проникновения излучения в ткани. Наименьшим затуханием и наибольшей проникающей способностью характеризуются сверхнизкочастотные излучения в диапазоне от 0,1 до 100 Гц [25]. Указывается также, что в экспериментах с высокочастотными, ультравысокочастотными и сверхвысокочастотными полями при соответствующих величинах напряженности биологический эффект обратно пропорционален длине волны [26].

Отмечается также зависимость биоэффектов электромагнитных полей от параметров их экспозиции. Показано, в частности, что импульсные поля оказывают значительно больший эффект, чем непрерывные [26–27]. Еще одним важным биотропным параметром искусственных ЭМП является форма импульса: излучения с прямоугольной формой импульса более биологически активны, чем с синусоидальной [28].

Зависимость характера и силы реакций организмов на ЭМП от параметров последних проявляется также в

наличии так называемых «амплитудно-частотных окон», в пределах которых эффект воздействия поля выражен наиболее четко [18, 29–30]. Существование частотных окон иллюстрируется следующим примером: в опытах У.Р. Эйди по изучению влияния ЭМП на мозг щипляк было обнаружено, что поле с частотой 6 или 16 Гц заметно и статистически достоверно уменьшает выход ионов Ca^{2+} в раствор (что регулирует работу нейронов), а поля с большей (32 Гц) или меньшей (1 Гц) частотой такого эффекта не вызывают. Большое значение для исследования биологического действия ЭМП имеет, наряду с определенной частотой, и выбор напряженности: для поля каждой частоты существует некоторое оптимальное значение напряженности (амплитудные окна), при котором наблюдаемый физиологический сдвиг выражен наиболее четко [15]. Соответственно, в некоторых экспериментах отмечается возможность увеличения силы реакции при снижении интенсивности воздействующего излучения [16, 31], а иногда и возможность противоположных эффектов при использовании стимулов большой и малой интенсивности, например снижение и повышение частоты сердечных сокращений [18].

Наблюдаются также различия в величине биоэффектов волн в зависимости от характера их модуляции: немодулированные излучения микроволнового диапазона оказывают меньшее действие, чем модулированные волны той же интенсивности [26].

Многочисленные исследования показывают, что характер, выраженность и функциональное значение реакций организма на ЭМП определяется не только параметрами полей и длительностью воздействия, но и:

- фоновым уровнем функционального состояния индивида;
- этапом онтогенеза;
- психофизиологическими особенностями индивида;
- наличием хронических заболеваний.

Показаны, например, половые различия чувствительности к воздействию ЭМП. Следует отметить, однако, противоречивость литературных данных: некоторые эксперименты выявили относительно большую чувствительность женского организма [32], в то время как в других отмечалась большая подверженность влиянию электромагнитных полей мужского организма [15]. Видимо, эти различия связаны с возрастом испытуемых, в котором проводились исследования.

В ряде работ указывается также, что биосистемы, находящиеся в ослабленном состоянии (болезни, старение, действие дополнительных экстремальных условий и т.д.), более чувствительны к воздействию ЭМП, чем организмы в нормальном функциональном состоянии; работающие органы реагируют сильнее, чем покоящиеся [2, 15, 33–34].

Очень большое значение имеет возраст индивида: в период эмбрионального развития и в критические возрастные периоды организмы наиболее чувствительны к влиянию ЭМП. Это закономерно, так как любые нарушения регуляции биологических процессов под действием ЭМП, независимо от механизмов, обуславливающих эти нарушения, наиболее вероятно должны возникать именно на стадиях формирования организма, когда защитные механизмы или еще не развиты, или не достигли должного со-

вершенства [16]. Например, показано, что дети более чувствительны к низкочастотным излучениям, чем взрослые [15, 35], дети 5–6 лет более чувствительны к воздействию ЭМП радиочастотного диапазона по сравнению со школьниками 11–14 лет [36]. Можно считать доказанным факт, что наиболее сильно ЭМП влияют на детский организм, находящийся в стадии роста, развития, гормональной перестройки, и, следовательно, наиболее лабильный и восприимчивый к различного рода воздействиям [37–38].

Первичные процессы взаимодействия ЭМП с биобъектами приводят к изменениям на клеточном, системном и организменном уровнях. В большинстве источников отмечается, что нервная система как наиболее чувствительная практически к любому виду воздействий реагирует на воздействие ЭМП первой [39–40]. Интенсивная реакция на СВЧ ЭМП наблюдается в коре, гипоталамусе, неспецифических ядрах таламуса, гиппокампе и ретикулярной формации (по убывающей) [40–41]. N. Izmerov [26] отмечает, что депрессия функций неокортекса является самым характерным последствием пролонгированного воздействия микроволновых ЭМП нетермической интенсивности. При длительном воздействии отмечается также снижение активности гипоталамо-гипофизарной системы и регулируемых ею эндокринных желез [23].

При общем обследовании людей, работающих в условиях контакта с ЭМП, выявлены такие расстройства нервной системы, как астенический синдром, нейроциркуляторная дистония, дисэнцефальный гипоталамический синдром; нередко появляются жалобы на повышенную утомляемость, головную боль, головокружения, расстройства памяти, сна; имеют место раздражительность, иногда плаксивость, вялость, подавленность, тремор пальцев вытянутых рук, снижение аппетита и т.д. [32, 42].

Значительные изменения под влиянием ЭМП наблюдаются в биоэлектрической активности мозга. В ранних работах с пролонгированным воздействием ЭМП указывалось, что в тяжелых случаях наблюдается резкое уплощение ЭЭГ, отсутствие или извращение реакции на раздражители; в более легких случаях – ослабление реакции на раздражители, большое последствие и усиление вегетативных реакций [39]; возникновение десинхронизации с невозможностью выделить доминирующий ритм. В других экспериментах с длительным воздействием ЭМП в ЭЭГ испытуемых, напротив, было зарегистрировано усиление реакций на световые и звуковые раздражители [43].

У лиц, контактирующих с ЭМП микроволнового диапазона в течение длительного времени, наблюдали усиление медленной активности в ЭЭГ (появление пароксизмальных групп медленных волн, преимущественно тета-диапазона), появление острых волн и веретен, депрессию основного ритма [42]. Электроэнцефалографическое обследование лиц, работающих в условиях воздействия ЭМП СВЧ-диапазона в течение 2–20 лет, выявило у испытуемых со стажем работы от 2 до 14 лет наличие доминирующего высокоамплитудного альфа-ритма в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами; у некоторых наблюдалось нарушение фронто-окципитальной асимметрии и усиление альфа-ритма в лобных областях. У испытуемых со стажем работы 2–7

лет бета-ритм был представлен незначительно, в виде отдельных колебаний. С увеличением стажа до 7–14 лет при доминировании в ЭЭГ альфа-ритма бета-индекс возрастал. Кроме того, у испытуемых этих групп наблюдалось нарушение взаимосвязей активности лобных отделов полушарий. С дальнейшим увеличением длительности работы в условиях воздействия ЭМП СВЧ (стаж 14–20 лет) наблюдались серьезные сдвиги нейродинамических процессов. Отмечалось резкое снижение альфа-индекса (иногда почти до нуля), форма ЭЭГ стремилась к нитевидной [32]. Заметно возрастало представительство бета-активности, что свидетельствует об усилении активирующих влияний со стороны подкорковых структур, повышении реактивности и лабильности нервных процессов, нарушении их баланса. Нарастали частотные и амплитудные асимметрии в симметричных участках мозга. Отмечено также заметное снижение количества взаимосвязей между различными структурами коры, явления дезинтеграции структур мозга и нарушения его способности к образованию устойчивых функциональных констелляций [44]. Снижение межполушарного баланса в лобных отведениях с увеличением стажа работы в ЭМП показано и в работах Ю.А. Холодова [22, 39, 41, 45].

В работе J. Bielski [46] исследовались параметры ЭЭГ рабочих, подвергающихся воздействию ЭМП двух диапазонов: микроволнового и радиочастотного. В первом случае нарушения выявлялись на ЭЭГ 29 % обследованных – на фоне низкоамплитудного альфа-ритма отмечались периодические всплески тета-активности. У лиц, подвергавшихся воздействию ЭМП радиочастотного диапазона, изменения на ЭЭГ были зарегистрированы в 70 % случаев и заключались не только в наличии периодических всплесков тета-ритма (более частых, чем в первой группе), но и в появлении острых волн.

В работах с СНЧ ЭМП показана частотная специфичность эффектов ЭМИ на ЭЭГ испытуемых. При частоте поля 10 Гц его влияние на электрическую активность мозга было более выраженным, чем на частотах 1 – 5 Гц. Отмечается, что возрастных или половых различий в этом исследовании не наблюдалось [47]. Эксперименты с воздействием модулированных радиочастотных ЭМИ показали, что достоверные изменения биоэлектрической активности мозга при однократном воздействии достигаются лишь в том случае, если модулирующая частота приближается к частоте основных ритмов ЭЭГ (основные эффекты наблюдались на частотах модуляции от 6 до 16 Гц) [48].

Ranscht-Froemsdorff (1971, цит. по [25]) отмечает наличие частотной специфичности в реакциях на ЭМИ вегетативной нервной системы: парасимпатическая система более чувствительна к изменениям частоты и импульсным воздействиям, особенно в диапазоне от 1 до 100 Гц. Симпатическая нервная система, в свою очередь, более подвержена влиянию изменений амплитуды более широкого диапазона частот – 1–1000 кГц. По данным Ludwig и Mecke (1970, цит. по [25]), важное значение имеют также стабильность и доминирование отделов вегетативной нервной системы: в их экспериментах наиболее чувствительными к воздействию низкочастотных ЭМП оказались ваготоники. А.М. Вялов (1968, цит. по [39]) предполагал, что воздействие ЭМП вызывает в

структурах вегетативной нервной системы I стадию парабоза (изменение лабильности).

Исследования показали, что под влиянием искусственных электромагнитных полей происходят негативные изменения в процессах высшей нервной деятельности. Существует мнение, что нейроповеденческие феномены (внимание, память, способность к обучению и другие высшие функции) являются наиболее чувствительными показателями изменения функционального состояния организма при воздействии антропогенных ЭМП [37, 49]. Ю.А. Холодов [41] и Е.А. Загорская с соавторами [50] указывают на нарушение процессов памяти при воздействии низкочастотных ЭМП. У школьников, подвергающихся действию ЭМП, выявлено снижение качества внимания в результате ослабления процесса активного торможения [36].

Влияния ЭМП РЧ сказываются на реализации условно-рефлекторных реакций у детей различного возраста [36]. На основании полученных данных автор предполагает, что длительное влияние ЭМП ведет к нарушению взаимодействий нервных процессов, их подвижности и силы. Изменения условнорефлекторной деятельности при воздействии ЭМП этого диапазона (нарушение уже выработанных условных рефлексов и замедление выработки новых) были выявлены также в экспериментах на приматах [48]. Импульсные ЭМП промышленных частот также оказывали влияние на функциональное состояние нервной системы, что проявлялось в удлинении времени слухо-моторных и зрительно-моторных реакций [51].

Показана также высокая чувствительность к ЭМП сердечно-сосудистой системы [16]. Данные обследования промышленных рабочих, контактирующих с низкочастотными ЭМП, свидетельствуют о функциональных расстройствах сердечно-сосудистой системы, проявляющихся в замедлении внутрижелудочковой проводимости, гипотензивных явлениях, замедлении ритма сердца [16]. Частотно-амплитудной зависимости биоэффектов ЭМП в этом случае не выявлено; аналогичные эффекты (снижение артериального давления и частоты сердечных сокращений) отмечаются и при пролонгированном воздействии ЭМП сверхвысоких частот [23, 43, 52, 53]. По мнению А.С. Пресмана [16], в основе этих изменений, характерных для ваготонических эффектов нервной регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, лежит непосредственное воздействие ЭМП на поверхностные рецепторы и периферическую нервную систему.

Системные и местные изменения кровообращения являются компонентами общей реакции организма на действие ЭМП, получившей название «магнитной болезни» (при этом возможно развитие таких синдромов, как периферический ангиодистонический, астеновегетативный, неврастенический синдромы, вегетативно-сенситивный полиневрит, различные вегетативные дисфункции).

Предполагают, что циркуляторные изменения, наблюдаемые при воздействии ЭМП, обусловлены в значительной степени их влиянием на функциональное состояние центральных регуляторных аппаратов, в частности гипоталамуса [44]. Вместе с тем такие расстройства, как боли в области сердца, перебои и

учащенное сердцебиение, возможно, являются следствием эффектов прямого воздействия импульсов ЭМП на тканевые структуры работающего сердца.

Сравнительное изучение состояния здоровья и функционального состояния детей в районах с высокими уровнями воздействия ЭМП СВЧ [38] выявило, что отклонения в функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы встречались у детей в районах с воздействием ЭМП в 2–3 раза чаще, чем в контрольных районах.

Отмечают также эффекты воздействия ЭМП на физико-химические свойства крови (изменения структуры мембран эритроцитов, вызывающие снижение их функционального состояния и ускорение их распада; снижение вязкости крови), активность ферментов, систему свертывания крови [31, 54, 55].

Длительное профессиональное облучение у большинства операторов, работающих на ЭВМ, вызывает функциональные нарушения деятельности органов пищеварения, что проявляется гипер- или гипосекретцией желудочного сока, дискинезией желудка и кишечника.

Клиницисты отмечают, что длительная ежедневная работа на компьютерах коррелирует с функциональными нарушениями работы щитовидной и поджелудочной желез и др.

Достаточно известно влияние ЭМП на генеративные функции женского организма. Эти влияния сказываются нарушениями созревания и цикличности функционирования женской половой сферы.

Переход от начальных ступеней реакции организма на ЭМП к последующим сопровождается постепенной утратой специфичности ответа, который приобретает формы активации или стресса и угнетения функции [31, 56]. Исследования показали, что многократное повторение облучения, так же как и длительное непрерывное воздействие, вызывает стойкие функциональные сдвиги, свидетельствующие о кумуляции биологических эффектов ЭМП [16, 18, 42, 44].

S. Michaelson (1974, цит. по [36]) считает возможной физиологическую адаптацию к условиям воздействия ЭМП. Однако в других работах [52] показано, что полноценной адаптации к воздействию ЭМП не происходит. В частности, при длительном пребывании организма в экспериментальных условиях некоторые показатели восстанавливались на уровне, зарегистрированном до начала воздействия, что позволяет, по мнению авторов, говорить о возможностях адаптации некоторых функциональных систем к действию магнитных полей (МП). Однако при этом полной адаптации не происходило, о чем свидетельствовали длительно сохранявшиеся признаки состояния напряжения. В период последствия выявлялось истощение функций даже со стороны тех систем, функционирование которых нормализовалось во время воздействия МП [52].

И.Г. Акоев [53] и Ю.П. Пальцев [40] предлагают выделять 5 типов реакций организма на ЭМП: восприятия, адаптации, компенсации, репаративно-регенерационные и патологические. Каждый из этих типов реакции имеет свои пороговые значения интенсивности ЭМИ, свои пределы развития, и в случае срыва одной реакции возникает следующая, более сложная.

По мнению многих исследователей [16, 18, 57], и на адекватные информационные воздействия ЭМП, и на

«электромагнитные помехи» реакции неспецифичны – такие же реакции могут возникать и при действии других внешних факторов. Неспецифичными должны быть и вызываемые электромагнитными помехами нарушения физиологических процессов – изменения их интенсивности, направленности и т.д. Таким образом, реакции организмов на воздействие ЭМП следует рассматривать с позиций общей теории адаптации как ответ, формирующийся по механизму неспецифической адаптации [28, 31]. В зависимости от силы и длительности воздействующего фактора, а также от функционального состояния организма следствием этих процессов могут быть реакции различного уровня: физиологического (реакция тренировки и реакция активации, стимулирующие неспецифическую резистентность организма) и стресс-ответ, который при продолжении действия фактора может привести к развитию патологического процесса [31].

Существует и другая точка зрения, согласно которой наиболее общим эффектом длительного действия на организм человека ЭМИ малых уровней является дизадаптация – нарушение функций механизмов адаптации, регулирующих приспособительные реакции организма к изменениям условий внешней среды и другим нагрузкам [58]. Это подтверждается данными о значительном усилении в присутствии искусственных ЭМП негативных эффектов других экологических факторов (результат совместного воздействия факторов при этом значительно выше суммы их эффектов при одиночном воздействии). Например, Y. Omura et al. [34] при одновременном действии ЭМП и попадании в организм тяжелых металлов отмечают обострение биохимических изменений и значительное увеличение времени, необходимого для восстановления нормального функционирования.

Обсуждение механизмов влияния ЭМП на системы организма человека требует, прежде всего, определения условий проникновения электромагнитных излучений в организм, определения структур-мишеней электромагнитных воздействий.

Учитывая природу данного вида полей и электрофизиологические механизмы формирования активности мембран возбудимых тканей организма, можно предположить, что местом приложения электромагнитных влияний являются мембраны клеток, синаптические окончания. В связи с этим становится понятным, почему при воздействии электромагнитных полей в первую очередь страдают регуляторные процессы, центральная нервная, эндокринная и сердечно-сосудистая системы организма.

Следует отметить, что возбудимые ткани организма имеют различную лабильность. Как известно, наиболее лабильны структуры центральной нервной системы. В то же время они и наиболее ранимы при действии электромагнитных полей.

С лабильностью систем организма связаны кумулятивные влияния электромагнитных воздействий. Известно, что лабильность определяет также прохождение системами организма фаз парабоза; чем лабильнее система, тем чаще возникают парабозические процессы. Одна из фаз парабоза – парадоксальная – является фазой, в течение которой слабые электромагнитные воздействия становятся «проникающими» к мишеням

своего возможного влияния – мембранам, синапсам и т.д. возбудимых клеток.

В связи с тем, что кумулятивный эффект влияния ЭМП усиливается при длительном общении с компьютером, целесообразно ограничить время такого общения. Для этого были разработаны определенные временные нормативы работы с компьютерами (СанПиН 2.2.2. 542–96). В соответствии с этими нормативами учащиеся первых классов могут работать на компьютере до 10 мин один раз в неделю, II–V классов – 15 мин, VI–VII классов – 20 мин, VIII–IX классов – 25 мин, X–XI классов – до 30 мин. Студенты младших курсов вузов могут работать на компьютерах до двух академических часов, старших курсов – до трех академических часов в сутки. Работа на компьютерах после 20 ч. не рекомендуется. Перерыв между академическими часами работы должен быть не менее 15 мин.

В качестве профилактической меры может быть предложен следующий комплекс упражнений, направленный на восстановление функциональных резервов и снятие напряжения в зрительной и опорно-двигательной системах. Принцип построения комплекса заключается в последовательном улучшении условий кровоснабжения зрительного анализатора: снятии мышечного блока верхнего плечевого пояса и улучшении условий гемодинамики – оксигенации на этой основе тканей головы – проведении массажа и активации глазодвигательных мышц на фоне повышенного кровоснабжения – обеспечении активного оттока крови из венозных сосудов головы. Все упражнения выполняются сидя, в пол-оборота к краю стола.

1. Расправить спину, потянуться плечами назад.
2. Вращение плечами вперед – 5 раз, назад – 5 раз.
3. Вращение головой по кругу влево – 3 раза, вправо – 3 раза.
4. Сделать глубокий вдох, задержать дыхание, услышать биение сердца (или пульсацию крови). Опуститься грудью на колени, чтобы голова свесилась ниже уровня сердца, задержаться на 5 ударов сердца, затем медленно с выдохом подняться. Повторить 3 раза.
5. Закрыв глаза, расслабиться и круговыми движениями пальцев помассировать глазные яблоки (10 с).
6. Из положения: глядя вперед вдаль (ни в коем случае не на экран), на вдохе повернуть глаза максимально влево, задержаться на 3 с, на выдохе вернуться в исходное положение. То же вправо. Выполнить попеременно 3 раза.
7. Посмотреть вдаль, через 5 с перевести и зафиксировать на 5 с взгляд на кончике носа. Повторить 5 раз.
8. Расслабиться, закрыть глаза и медленно вращать глазные яблоки по кругу по часовой (5 оборотов) и против часовой (5 оборотов) стрелке.
9. Повторить упражнение 4.
10. Повторить упражнение 3.
11. Повторить упражнение 2.

Выполнение комплекса занимает 5–6 мин. В настоящее время разрабатывается программа для оснащения компьютеров, активизирующая выполнение данного комплекса после каждого получаса работы на компьютере. В ближайшее время программа будет внедрена в ряде дисплейных классов ТГУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск: Наука, 1985. 182 с.
2. Темурыяну Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев: Наукова думка, 1988. 188 с.
3. Frey A.H. Electromagnetic field interactions with biological systems // *FASEB Journal*. 1993. V. 7, № 2. P. 272–281.
4. Василевский Н.Н. Экологическая физиология мозга. Л.: Медицина, 1979. 200 с.
5. NIOSH Publications on Video Display Terminals. US Dept. of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, 1991.
6. Сызыныс Б.И., Ильин А.В. Биологическая опасность и нормирование электромагнитных излучений персональных компьютеров. М.: Русполиграф, 1997. 64 с.
7. Olivetti G., Modiano A., Fantini A., Belisario A. Work with video display terminals: evaluation of psychosomatic aspects in a group of VDT operators. *G Ital Med Lav* 1985 Sep; 7(5–6). P. 245–248.
8. Borodulin-Nadzieja L., Salomon E., Janocha A. The influence of computer work on reaction time and accuracy in VDT operators. *Med Pr* 1997; 48(2). P. 139–144.
9. Eriksson N., Hoog J., Mild K.H., Sandstrom M., Stenberg B. The psychosocial work environment and skin symptoms among visual display terminal workers: a case referent study. *Int J Epidemiol* 1997 Dec; 26(6). P. 1250–1257.
10. Smith M.J. Psychosocial aspects of working with video display terminals (VDTs) and employee physical and mental health. *Ergonomics* 1997 Oct; 40(10). P. 1002–1015.
11. Gomzi M. Work environment and health in VDT use. An ergonomic approach. *Arh Hig Rada Toksikol* 1994 Dec; 45(4). P. 327–334.
12. Windham G.C., Fenster L., Swan S.H., Neutra R.R. Use of video display terminals during pregnancy and the risk of spontaneous abortion, low birthweight, or intrauterine growth retardation. *Am. J. Ind. Med.* 1990; 18(6). P. 675–688.
13. Муратов Е.И., Забедзинский М.А., Попович И.Г., Анисимов В.Н. Влияние излучения видеотерминалов персональных компьютеров на развитие спонтанных и индуцированных опухолей у мышей // *Вопросы онкологии*. 1997. Т. 43, № 2. С. 192–197.
14. Marcus M., Gerr F. Upper extremity musculoskeletal symptoms among female office workers: associations with video display terminal use and occupational psychosocial stressors // *Am. J. Ind. Med.* 1996 Feb; 29(2). P. 161–170.
15. Эйди У.Р., Дельгадо Х., Холодов Ю.А. Электромагнитное загрязнение планеты и здоровье // *Наука и человечество: Международный ежегодник*. М., 1989. С.10–18.
16. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968. 288 с.
17. Bise W. Lower power radio-frequency and microwave effects on human electroencephalogram and behaviour // *Physiol. Chem. and Physics*. 1978. V. 10. P. 387–398.
18. Пресман А.С. Электромагнитные поля в биосфере. Сер. Знание. 1971. 64 с.
19. Пресман А.С. Организация биосферы и ее космические связи. М.: Гео-СИНТЕГ, 1997. 240 с.
20. Григорьев Ю.Г. Реакция организма в ослабленном геомагнитном поле (эффекты магнитной депривации) // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 1995. Т. 35, вып. 1. С. 3–18.
21. Акоев И.Г., Алексеев С.И., Тяжело В.В. и др. Первичные механизмы действия радиочастотных излучений // *Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования*. Пушино, 1986. С. 4–14.
22. Холодов Ю.А. Магнитные поля биологических объектов. М.: Наука, 1987. 147 с.
23. Красногорская Н.В. Вводная статья // *Электромагнитные поля в биосфере*. Т. 1: Электромагнитные поля в атмосфере Земли и их биологическое значение. М.: Наука, 1984. 376 с.
24. Колодуб Ф.А., Евтушенко Г.И. Особенности обмена веществ в скелетных мышцах крыс под влиянием ИМП низкой частоты // *Укр. биохим. журн.* 1973. Т. 45, № 3. С. 37–41.
25. Persinger M.F., Ludwig H.W., Ossenkopp K.-P. Psychophysiological effects of extremely low frequency electromagnetic fields: A review // *Perceptual and Motor Skills*. 1973. V. 36 (3, Pt. 2). June. P. 1131–1159.
26. Izmerov N.F. Current problems of nonionizing radiation // *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1985. V. 11, №3. P. 223–227.
27. Медведев С.В., Лысков Е.Б., Алексанян З.А. и др. Динамика биоэлектрической активности мозга и времени реакции после экспозиции переменного магнитного поля // *Физиология человека*. 1992. Т. 18, № 5. С. 41–47.
28. Беркутов А.М., Глобин В.И., Виноградов А.Л. и др. Общее магнитное воздействие и его применение в лечебных и восстановительных целях / Под ред. А.М. Беркутова. Рязань: Радиотехническая акад., 1996. 110 с.
29. Adey W.R. Tissue interaction with nonionizing electromagnetic fields // *Physiol. Rev.* 1981. V. 61. P. 435–514.
30. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему. Киев: Наукова думка, 1986. 160 с.
31. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1990. 224 с.
32. Малышев В.М., Колесник Ф.А. Электромагнитные волны сверхвысоких частот и их воздействие на человека. М.: Медицина, 1968.
33. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. 188 с.
34. Otura Y. et al. Хронические или трудноизлечимые медицинские последствия длительного воздействия электрических, магнитных или электромагнитных полей во время сна и на рабочем месте и обострение этих последствий при попадании в организм вредных легких и тяжелых металлов из бытовых источников // *Acupuncture and Elec.-Ther. Res*. 1991. V. 16, № 34. P. 143–177 (yi.).
35. Persinger M.A. ELF Electric and magnetic field effects: the patterns and the problems / ELF and VLF electromagnetic field effects // Ed. M.A. Persinger. 1975. P. 275–311.
36. Сердюк А.М. Взаимодействие организма с ЭМП как фактором окружающей среды. Киев: Наукова думка, 1977. 228 с.
37. Стоян Е.Ф. Психофизиологические исследования при изучении действия физических факторов окружающей среды на здоровье населения / Гигиена населенных мест (Киев). 1989. № 28. С. 21–24.
38. Польша Н.С. Состояние здоровья детей дошкольного и школьного возраста – критерий гигиенической оценки воздействия физических факторов в окружающей среде // *Гигиена детей и подростков – важнейшее звено профилактической медицины: Тез. докл. Всес. научно-практ. конф.*, Москва, 17–18 окт., 1989. Ч. 2. М., 1989. С. 93–95.
39. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на ЭМП. М.: Наука, 1975. 207 с.
40. Пальцев Ю.П., Чекумарев О.М. Критерии оценки риска воздействия электромагнитных полей на здоровье человека // *Электромагнитные поля и здоровье человека*. М., 1999, С. 34–35.
41. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. М.: Наука, 1982. 123 с.
42. Гордон З.В. Вопросы гигиены труда и биологического действия электромагнитных полей СВЧ. М.: Медицина, 1966. 178 с.
43. Суббота А.Г. Изменения функций различных систем организма под влиянием СВЧ // *Влияние СВЧ-излучений на организм человека и животных*. Л.: Наука, 1970. С. 70–105.
44. Суворов Н.Б., Василевский Н.Н., Никитина В.Н. и др. Системный анализ состояния человека при длительном радиоволновом облучении // *Гигиена и санитария*. 1990. № 4. С. 18–21.
45. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на неионизирующие излучения // *Радиобиол. съезд*, 20–25 сент. 1993 г. Тез. докл. Т.3. Пушино, 1993. С. 10–21.
46. Bielski J. Bioelectrical brain activity in workers exposed to electromagnetic fields // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1994. 6 June. P. 435–437.
47. Bell G.B., Marino A.A., Chesson A.L. Frequency-specific responses in the human brain caused by electromagnetic fields // *Journal of the Neurological Sciences*. 1994. V. 123. P. 26–32.

48. *Mickaelson S.M.* Interaction of nonmodulated radiofrequency fields with living matter: experimental results // *CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*. 1986. P. 340–423.
49. *Медведев С.В., Лысков Е.Б., Александян З.А.* Нейрофизиологические подходы к изучению чувствительности человека к действию слабых ЭМП // Тезисы I Междунар. конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб., 1997. № 182.
50. *Загорская Е.А., Климовицкий В.Я., Мельниченко В.П., Родина Г.П., Семенов С.И.* Влияние низкочастотных ЭМП на отдельные функциональные системы организма // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1990. Т. 24, № 3. С. 371.
51. *Savitz D.A.* Health effects of low-frequency electric and magnetic fields // *Environ. Sci. Technol.* 1993. V. 27, № 1. P. 52–54.
52. *Нахильницкая З.Н., Галактионова Г.В., Климовская Л.Д.* Особенности реакции различных физиологических систем на воздействие сильных магнитных полей и возможности адаптации // *Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии: Сборник науч. трудов / Под ред. И.Г. Акоева. Пушкино, 1983. С. 102.*
53. *Акоев И.Г.* Некоторые итоги и очередные задачи электромагнитобиологии // *Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии: Сб. науч. трудов / Под ред. И.Г. Акоева. Пушкино, 1983. С. 3–34.*
54. *Чернов В.Н., Новиков В.В., Водоплазкин Д.И. и др.* Выделение и частичная характеристика веществ, опосредующих биологические эффекты импульсных магнитных полей // *Изв. СКНЦ ВШ. Ест. науки*. 1989. № 3 (67). С. 127–130.
55. *Lightwood R.* The remedial electromagnetic field (review) // *Journal of Biomedical Engineering*. 1989. V. 11, № 5. P. 429–436.
56. *Толгская М.С., Гордон З.В.* Морфофизиологические изменения при действии ЭМВ РЧ. М.: Медицина, 1971. 136 с.
57. *Минин Б.А.* СВЧ и безопасность человека. М.: Сов. радио, 1974. 352 с.
58. *Самойлов В.О., Суббота А.Г.* Роль радиоволн в экологической адаптации организма // *Вестник С.-Петербург. ун-та. Сер. 4*. 1994. С. 83–84.

Статья представлена Центром валеологии Томского государственного университета, поступила в научную редакционную группу «Проблемы компьютеризации» 20 декабря 1999 г.