

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКСПРЕССНОЙ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ В МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ВРЕДНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Дано теоретическое обоснование базовых понятий электромагнитной экологии и на этой основе представлены разработанные методические подходы по экспрессной эколого-гигиенической диагностике, первые результаты апробации в условиях Оренбургского государственного университета.

Развитие современной системы образования неразрывно связано с внедрением информационных технологий, что сопровождается стремительным ростом числа персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ), задействованных в учебном процессе, деятельности структурных подразделений и служб университета и, как следствие, ростом электромагнитного загрязнения окружающей среды. В современных условиях в развитых странах основным инструментом при решении задач охраны здоровья является оценка риска.

Оценка риска вредного влияния факторов окружающей среды на здоровье человека – междисциплинарное научное направление, бурно развивающееся во всем мире.

Между тем, традиционная методология оценки риска, базирующаяся на определении риска, как ожидаемой частоты нежелательных эффектов, возникающих от заданного воздействия загрязнителя (рекомендации ВОЗ, 1978) и принципиально различающаяся для канцерогенов и неканцерогенных, токсических веществ (именуемых веществами с системной токсичностью), к сожалению абсолютно неприемлема для оценки риска электромагнитного воздействия (ЭВМ) на индивидуальном, групповом и популяционном уровне.

Непригодным оказалось и программное обеспечение, как реализованное на линейаризованной многоступенчатой модели, в качестве основы унифицированного подхода к экстраполяции с высоких доз на низкие, так и на основе концепции пороговости действия, признающей возможным установить так называемую «референтную дозу» или «референтную концентрацию», не содержащую риск развития каких-либо

уловимых вредных эффектов в течение всего периода жизни (переносимое поступление в организм).

Представляется очевидным, что одной из основных причин этого является не только принципиально иной характер биологического ответа организма на электромагнитное воздействие, но и прежде всего особенности формирования биологически активной дозы в различных частотных диапазонах излучений. В отличие от «привычных» загрязнителей, электромагнитное загрязнение обладает коварным свойством: оно не обладает ни цветом, ни запахом, ни вкусом и не воспринимается обычным человеком как опасность, риск здоровью. Вместе с тем, технический прогресс с неизбежностью будет сопровождаться ростом электромагнитного загрязнения и никакими запретительными мерами проблему не решить. Именно поэтому в современных условиях особое значение приобретает разработка методических подходов к экспрессной эколого-гигиенической диагностике с целью минимизации вредного электромагнитного воздействия на здоровье пользователей, оперативное устранение выявленных причин, что и является целью настоящей работы. Следует особо подчеркнуть, что мы не придерживаемся взгляда о неразделимой черте между оценкой риска и гигиенической диагностикой, а исходя из современной концепции гигиенической диагностики [1] рассматриваем оценку риска лишь как один из возможных приемов диагностической техники.

Материал и методы.

В качестве материала использованы базы данных Центра содействия укреплению здоровья Оренбургского государственного

университета по инструментальным замерам электромагнитных излучений (ЭМИ) на рабочих (учебных) местах с ПЭВМ в ходе первого этапа производственного контроля. Всего обследовано 672 учебных места в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Проанализированы нормативные и методические документы (ГОСТ, МУК, СанПиН, госдоклады и т.д.) государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования.

Последовательность работы.

1. Описание математической модели риска.

2. Анализ структуры риска с определением долевого вклада отдельных видов электромагнитных излучений.

3. Теоретическое обоснование определения «комплексная электромагнитная экспозиция» в качестве базового понятия электромагнитной экологии. Формула расчета и варианты использования для решения прикладных задач. Таблицы для экспресс-оценки.

4. Алгоритмы экспрессной гигиенической диагностики в приоритетных частотных диапазонах электромагнитных излучений.

Результаты и обсуждение.

Известно, что электромагнитные излучения от ПЭВМ характеризуются пятью самостоятельными составляющими, что нашло отражение в отечественной системе экологического и санитарно-эпидемиологического нормирования.

Таким образом, представляется очевидным, что математическая модель риска может быть описана следующим уравнением

$$P_c = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

где P_c – риск суммарный;

P_1 – риск опосредованный напряженностью электрического поля в низкочастотном диапазоне;

P_2 – риск опосредованный напряженностью электрического поля в высокочастотном диапазоне;

P_3 – риск опосредованный плотностью магнитного потока в низкочастотном диапазоне;

P_4 – риск опосредованный плотностью магнитного потока в высокочастотном диапазоне;

P_5 – риск опосредованный напряженностью электростатического поля.

При принятии допущения, что P_c составляет 100%, риск от отдельных видов излучений достаточно просто представляется в долях и выражается в%, характеризую структуру риска. При групповых и популяционных оценках задача несколько усложняется, так как необходимо учесть возможные сочетания отдельных видов излучений друг с другом

$$P_c = \sum (P_1 + \dots + P_5) + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

При решении прикладных задач, в зависимости от количественных параметров риска и их долевого веса, эти сочетания, возможно отнести в зону неопределенности.

Проведенный анализ структуры риска в условиях Оренбургского государственного университета при групповой (популяционной) оценке выявил следующие долевого веса в структуре риска (табл. 1, 2).

Условные обозначения: ЭП – электрическое поле; МП – магнитное поле; НЧ – низкочастотный; ВЧ – высокочастотный; ЭСП – электростатическое поле.

На первом месте по проценту с превышением ПДУ, как на учебных, так и на рабочих местах плотность магнитного потока в низкочастотном диапазоне $39,0 \pm 2,3$ и $43,4 \pm 4,0$ соответственно, на втором месте – напряженность электрического поля в низкочастотном диапазоне $10,0 \pm 1,4$ (без статистически значимых различий с плотностью магнитного потока в высокочастотном диапазоне) и $20,0 \pm 3,2$, на третьем месте с большим отрывом плотность магнитного потока в высокочастотном диапазоне $1,0 \pm 1,5$ и $9,9 \pm 2,4$ соответственно, на четвертом – напряженность электрического поля в высокочастотном диапазоне $0,9 \pm 0,4$ и 0 соответственно. По напряженности электростатического поля мест с превышением ПДУ не выявлено.

На сочетания различных видов излучений с превышением ПДУ приходится соответственно 11,8% на учебных и 20% на рабочих местах с ПЭВМ.

Таким образом, из 5 видов электромагнитных излучений на учебных местах 80,4%, а на рабочих местах 86,5% приходится на 2

Таблица 1. Структура риска вредного электромагнитного воздействия на учебных местах

Виды ЭМИ	% мест с превышением ПДУ	% в структуре риска	Ранг
1.Напряженность ЭП в НЧ диапазоне	10,0 ± 1,4	16,4	2-3
2.Напряженность ЭП в ВЧ диапазоне	0,9 ± 0,4	1,5	4
3.Плотность МП в НЧ диапазоне	39,0 ± 2,3	64,0	1
4.Плотность МП в ВЧ диапазоне	11,0 ± 1,5	18,1	2-3
5.Напряженность ЭСП	0,0	0,0	5
Итого	49,11	100,0	

Таблица 2. Структура риска вредного электромагнитного воздействия на рабочих местах

Виды ЭМИ	% мест с превышением ПДУ	% в структуре риска	Ранг
1.Напряженность ЭП в НЧ	20,0 ± 3,2	27,3	2
2.Напряженность ЭП в ВЧ	0,0	0,0	4-5
3.Плотность МП в НЧ	43,4 ± 4,0	59,2	1
4.Плотность МП в ВЧ	9,9 ± 2,4	13,5	3
5.Напряженность ЭСП	0,0	0,0	4-5
Итого	53,29	100,0	

вида излучений, напряженность электрического поля и плотность магнитного потока в низкочастотных диапазонах. Именно поэтому их следует считать приоритетными и именно в отношении этих излучений в первую очередь необходимо разработать методические приемы экспрессной эколого-гигиенической диагностики.

Представлялось важным предварительно рассмотреть вопросы теоретического обоснования базовых понятий электромагнитной экологии.

Известные методические подходы по гигиенической оценке дозы ЭМИ от сотовых телефонов по уровню и удельным величинам энергетической экспозиции неприемлемы при оценке электромагнитной нагрузки на рабочих и учебных местах с ПЭВМ. Расчет коллективной нагрузки, как и средних величин, изначально неприемлем в связи с проблемой некорректной экстраполяции.

С другой стороны, в действующем СанПиНе нормируемой величиной является не экспозиция, обозначающая комплексное воздействие вредного фактора с учетом как его количественной меры, так и времени воздействия, а раздельно установленные так называемые предельно-допустимые уровни

электромагнитных излучений и предельно-допустимое время работы с ПЭВМ.

Причем нормативы времени работы имеют существенные отличия в зависимости от категории пользователей и других существенных условий.

Предельно-допустимые уровни, установленные на основании медико-биологических исследований, представлены 5 самостоятельными составляющими, отражающими особенности формирования биологически активной дозы в различных спектрах электромагнитных излучений с кратностью различий до 10 раз.

Именно поэтому электромагнитная нагрузка будет зависеть не только и не столько от мощности ПЭВМ, сколько от особенностей формирования дозы в различных частотных диапазонах с учетом времени воздействия.

Между тем, именно эти особенности биологического действия ЭМИ и особенности отечественной системы гигиенического нормирования делают невозможными сравнения между собой отдельных учебных и рабочих мест с учетом всего комплекса факторов электромагнитной экспозиции, и, как следствие в современных условиях единственным гигиеническим критерием используемым в системе санитарно-эпидемиологи-

ческого нормирования, госдокладах и т.п. является% рабочих мест, не отвечающих санитарно-гигиеническим правилам по ЭМИ, то есть с превышением ПДУ.

Вместе с тем, этот критерий биологически недостаточно обоснован, так как в ряд нестандартных рабочих мест неизбежно попадают рабочие места с превышением ПДУ как по одному критерию, так и по двум, трем... и даже пяти нормируемым показателям, что не отражает степень опасности неблагоприятных биологических последствий ЭМИ и создает широкую зону неопределенности при оценке риска и таким образом не позволяет проводить корректные как индивидуальные, так и популяционные оценки.

Исходя из изложенного представляется очевидным, что методический подход к оценке электромагнитной экспозиции на рабочих и учебных местах с ПЭВМ должен нивелировать эти недостатки. Для этого он должен базироваться на отечественной системе гигиенического и эпидемиологического нормирования и реализовать возможность комплексной оценки как уровня, так и времени воздействия ЭМИ с учетом всех нормируемых критериев, быть приемлемым, как для индивидуальных, так и популяционных сравнений и анализа.

В связи с тем, что нормируемые критерии регламентируются в разных (несравнимых) единицах измерения и исходный принцип нормирования – предельные уровни и нагрузки представлялось необходимым представить их в сопоставимых статистических величинах. При принятии допущения, что предельно допустимый уровень по каждому нормируемому критерию принимается за 1,0, электромагнитная экспозиция на конкретном рабочем (учебном) месте с ПЭВМ может быть описана следующим уравнением:

$$\text{ЭМЭ}_u = k_c \times k_6 = [(k_1 + k_2) + (k_3 + k_4) + k_5] \times k_6 =$$

$$= \left[\left(\frac{\mathcal{E}_n}{ВДУ_1} + \frac{\mathcal{E}_n}{ВДУ_2} \right) + \left(\frac{M_n}{ВДУ_3} + \frac{M_n}{ВДУ_4} \right) + \frac{\text{ЭСП}}{ВДУ_5} \right] \times \frac{H_p}{ПДН}$$

где ЭМЭ_u – индивидуальная электромагнитная экспозиция на рабочем (учебном) месте;

\mathcal{E}_n – напряженность электрического поля в низкочастотном диапазоне, В/м;

\mathcal{E}_b – напряженность электрического поля в высокочастотном диапазоне, В/м;

ВДУ₁ – временный допустимый уровень напряженности электрического поля в низкочастотном диапазоне, В/м;

ВДУ₂ – временный допустимый уровень напряженности электрического поля в высокочастотном диапазоне, В/м;

M_n – плотность магнитного потока в низкочастотном диапазоне, нТл;

M_b – плотность магнитного потока в высокочастотном диапазоне, нТл;

ВДУ₃ – временный допустимый уровень плотности магнитного потока в низкочастотном диапазоне, нТл;

ВДУ₄ – временный допустимый уровень плотности магнитного потока в высокочастотном диапазоне, нТл;

ЭСП – напряженность электростатического поля в кв/м;

ВДУ – временный допустимый уровень напряженности электростатического поля в кв/м;

H_p – рабочая нагрузка в часах;

ПДН – предельная допустимая рабочая (учебная) нагрузка для конкретной категории пользователей в часах;

k_c – суммирующий электромагнитный коэффициент;

k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 – электромагнитные коэффициенты по отдельным видам ЭМИ;

k_6 – коэффициент учебной (рабочей) нагрузки.

В зависимости от категории пользователей ПЭВМ, формула легко преобразуется в несколько своих модификаций в зависимости от конкретных значений предельно-допустимой рабочей нагрузки. В зависимости от фактических значений H_p , средней величины или максимальной, соответственно рассчитывается индивидуальная, средняя и (или) максимальная электромагнитная экспозиция.

Достоинством предлагаемого подхода является и то обстоятельство, что с учетом времени эксплуатации (ввода) компьютера могут быть проведены индивидуальные ретроспективные оценки, а также групповые и популяционные сравнения, как во времени так и по группам, учреждениям, категориям пользователей и т.п., в том числе реализованы прогнозные оценки.

Исходя из принципов гигиенического нормирования, в качестве критерия оценки электромагнитной экспозиции используется ее предельно допустимый уровень который не должен превышать 5 баллов (при отсутствии превышения > 1,0 хотя бы по одному из индексов).

$ЭМЭ_{\text{н}} \leq 5,0$ (при отсутствии величины > 1,0 хотя бы по одному из индексов).

Таким образом, теоретическое определение понятия электромагнитная экспозиция в рамках предложенного методического подхода может быть сведено к следующей формулировке:

Электромагнитная экспозиция на рабочих (учебных) местах с ПЭВМ – это термин, обозначающий комплексное воздействие вредных факторов ЭМИ с учетом как количественной меры этих факторов в долях от временных допустимых уровней, так и времени воздействия, приводимый в условных единицах – баллах, и который не должен превышать 5,0, при отсутствии превышения 1,0 хотя бы по одному нормируемому критерию.

Вместе с тем, следует отметить, что реальная суточная $ЭМЭ_{\text{н}}$ у отдельного индивидуума должна учитывать все виды пользования компьютерной техникой на работе, учебе, дома (в быту), учреждениях досуга (игровые автоматы и т.п.), что в методологическом плане с использованием разработанного подхода является вполне информативным и репрезентативным путем суммирования $ЭМЭ_{\text{н}}$ от отдельных видов деятельности с использованием ПЭВМ.

С целью упрощения расчетов и проведения экспрессной гигиенической оценки непосредственно в месте проведения замеров разработаны справочные таблицы, позволяющие определять $ЭМЭ$ при минимизации расчетов (путем простого сложения цифр с последующим умножением на однозначное число).

Другой областью применения таблиц является быстрое определение электромагнитного фона, который не должен превышать пяти баллов и при отсутствии превышения > 1,0 хотя бы по одному из индексов и определяется без учета учебной (ра-

бочей) нагрузки представляя собой интегральный критерий экологической безопасности рабочих мест, обусловленных техническими характеристиками ПЭВМ и условиями организации рабочих (учебных) мест. С другой стороны, этот критерий используется для определения приоритетности (первоочередности) неотложных мероприятий по модернизации (замене компьютерной техники) и оптимизации рабочих мест с ПЭВМ.

Разработанные методические указания по расчету электромагнитной экспозиции от ПЭВМ среди всех категорий пользователей ПЭВМ Оренбургского государственного университета были утверждены приказом ректора №96 от 28.03.2006 г «Об унификации методических подходов к оценке риска вредной электромагнитной нагрузки на здоровье пользователей ПЭВМ ОГУ» используются сотрудниками ЦСУЗ при производственном контроле за рабочими и учебными местами с ПЭВМ. Вместе с тем, представляется очевидным, что сфера возможного применения разработанного подхода значительно шире рамок производственного контроля и включает в себя любые учреждения, объекты, предприятия, использующие компьютерную технику, а также учреждения Роспотребнадзора Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации при ведении социально-гигиенического мониторинга и оценке риска здоровью, формировании отчетности, органами Минприроды при ведении экологического мониторинга (электромагнитная экология), службами охраны труда на предприятиях при аттестации рабочих мест по условиям труда и др. В данной статье не рассматриваются также методологические аспекты производственного контроля, оптимизации этапности и интеграционного взаимодействия, балансового экономического анализа в системе «затраты-выгоды», определения долевого веса фоновых уровней ЭМИ и соответственно фоновой $ЭМЭ$, особенностям использования приемов «доказательной медицины» в рамках многокомпонентной системы «среда-здоровье» и др, непосредственно вытекающих из практики применения разрабо-

танного методического подхода и являющиеся темой отдельной работы.

Таким образом, описанные таблицы для экспресс-оценки электромагнитного фона, благодаря своему функциональному предназначению, позволяют проводить экспрессную эколого-гигиеническую диагностику риска неблагоприятного электромагнитного воздействия (общая гигиеническая диагностика).

В порядке частной гигиенической диагностики причин по приоритетным видам излучений разработаны 2 комплекса методических приемов.

По электрической составляющей экспрессная эколого-гигиеническая диагностика проводится с помощью компактного прибора ИСЭР-01 или устройства соединительного «Сигнал». При этом по диагностическим возможностям, экономии времени, компактности предпочтительнее ИСЭР-01.

Конструктивно прибор представляет собой устройство световой и звуковой сигнализации в пластиковом корпусе, имеющее встроенную евророзетку. В зависимости от состояния индикаторов-светодиодов и наличия звукового сигнала практически мгновенно по специальной таблице диагностируют-

ся причины, ведущие к превышению ПДУ по электрической составляющей: отсутствие заземления, плохой контакт в розетке, неравномерность в сети электропитания, обрыв в нулевой линии, неисправность в розетке и т.д. Принципиальные отличия в том, что замеры напряженности электрического поля проводятся только после устранения выявленных причин. На практике это сводится к совместной работе физика-эксперта ЦСУЗ и специалиста-электрика, устраняющего выявленные дефекты.

Апробация предложенного подхода в административном корпусе №4 ОГУ позволила в короткий срок снизить процент учебных и рабочих мест с превышением ПДУ по электрической составляющей с 51% до 0. Другой важный момент – значительный экономический эффект за счет снижения в 2 раза объема проводимых дорогостоящих инструментальных исследований.

По магнитной составляющей экспрессная гигиеническая диагностика проводится с помощью специальных дифференциально-диагностических таблиц. Результативность около 60%. В настоящее время проводится их доработка с целью повышения разрешающей способности.

Список использованной литературы:

1. Конохов В.А., Боев В.М. Актуальные вопросы санэпидблагополучия населения Оренбургской области на рубеже третьего тысячелетия. М.: Академия наук о Земле, 2002. – 60 с.