

УДК 612.014.44+613.6+628.91:111.5

# О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ОЦЕНКЕ БІОЛОГІЧЕСКИХ ЕФФЕКТОВ ПРИ ДЕЙСТВІИ ЕЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНІЯ ОПТИЧЕСКОГО ДІАПАЗОНА (ІНФРАКРАСНОЕ, ВІДИМОЕ, УЛЬТРАФІОЛЕТОВОЕ)

**Гвозденко Л. А., Тихонова Н. С., Беседа А. Ю.**

ГУ «Інститут медицини труда НАМН України», г. Київ

Для оценки биологических эффектов при действии оптического излучения целесообразно использовать комплекс показателей, обусловленный физической природой излучения, представляющего поток фотонов с различной энергией, которые взаимодействуют со структурными элементами тканей живого организма, образуя анионы, перекиси, свободные радикалы в результате повреждения слабых связей в молекулах. Рекомендуется оценивать интенсивность свободнорадикальных и антиокислительных процессов, наличие денатурации белковых молекул, а также функции системы кровообращения, терморегуляции, иммунной системы. При исследовании зрительного анализатора необходимо учитывать свободнорадикальный механизм инициирования профессиональной катаракты.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение, оптический диапазон, свободнорадикальные и антиокислительные процессы

## Введение

Электромагнитное излучение оптического диапазона, которое включает инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый участки спектра, получает все более широкое распространение в повседневной жизни человека. Наряду с традиционными отраслями промышленности, где оно сопровождает технологические процессы: в металлургии (сталеплавильные цехи), в машиностроении (литейные, кузнечно-прессовые, термические цехи), в стекольном производстве (машиннованные цехи), при сварочных процессах, в настоящее время широко используются различные нагреватели (газовые, электрические), мощное осветительное оборудование, в том числе энергосберегающие лампы, светодиоды. При этом солнечное излучение, создающее фоновую нагрузку, приобретает новые параметры в связи с глобальным потеплением. Это многообразие источников характеризуется различным спектральным составом, интенсивностью действующих потоков энергии, различными режимами облучения организма человека, приводящими к различным величинам энергополучения. В этих условиях очень важно иметь четкое представление о механизмах взаимодействия излучения с организмом, о характере формирования биологических эффектов, определяемых оптическим излучением.

Прежде всего, следует руководствоваться физической природой фактора. Оптическое излучение представляет собой поток фотонов, имеющих определенную энергию и частоту (табл. 1).

Как видно из таблицы, наименьшей энергией обладают инфракрасные электроны, и их количество в 1 Дж энергии наибольшее, что обуславливает более выраженное их взаимодействие с облучаемой поверхностью и, вероятно, выраженный тепловой эффект, который и был описан в самом начале исследований этого диапазона энергии [1, 2]. Отсюда и возникло название «тепловое излучение», которое, как считали Н. Ф. Галанин и А. Е. Малышева [2, 3] было неправильным. Тепловым эффектом обладают все диапазоны электромагнитной энергии, однако он зависит от интенсивности потоков энергии, падающей на единицу площади и энергии фотона. Чем больше интенсивность, тем более выражен тепловой эффект. Несколько другое соотношение между энергией фотонов и интенсивностью потоков энергии для видимого и ультрафиолетового излучения: при значительной величине энергии фотона их количество в 1 Дж не велико и, вероятно, выраженность тепловых эффектов весьма незначительна при тех интенсивностях, которые наблюдаются на практике (табл. 2).

Как видно из данных, представленных в таблице 2, на человека в условиях современного производства действуют источники излучения различного спек-

Таблиця 1

## Енергетичні характеристики електромагнітного ізлучення оптического діапазону

Участок спектра	Длина хвилі, мкм	Частота, Гц	Енергія фотона, эВ	Кількість фотонів в 1Дж
Інфрачорне (ІК)				
- ділнноволнове (ІК-А)	1,0 мм – 3,0 мкм	$3,0 \cdot 10^{11} – 1,0 \cdot 10^{14}$	0,001 – 0,400	$5,03 \cdot 10^{21} – 1,50 \cdot 10^{19}$
- середневолнове (ІК-В)	3,0 мкм – 1,5 мкм	$1,00 \cdot 10^{14} – 2,14 \cdot 10^{14}$	0,4 – 0,9	$1,5 \cdot 10^{19} – 7,0 \cdot 10^{18}$
- коротковолнове (ІК-С)	1,50 мкм – 0,74 мкм	$2,1 \cdot 10^{14} – 3,8 \cdot 10^{14}$	0,9 – 1,6	$7,0 \cdot 10^{18} – 3,9 \cdot 10^{18}$
Видиме ізлучення (Вид)				
- ділнноволнове (чорне, оранжеве)	0,74 – 0,59	$4,8 \cdot 10^{14} – 5,1 \cdot 10^{14}$	1,68 – 2,10	$3,9 \cdot 10^{18} – 2,0 \cdot 10^{18}$
- середневолнове (желтое, зеленое)	0,59 – 0,50	$5,1 \cdot 10^{14} – 6,0 \cdot 10^{14}$	2,10 – 2,48	
- коротковолнове (голубое, синее, фиолетовое)	0,50 – 0,38	$6,0 \cdot 10^{14} – 7,9 \cdot 10^{14}$	2,48 – 3,26	
Ультрафіолетове ізлучення (УФ)				
- ділнноволнове (УФ-А)	0,380 – 0,315	$7,90 \cdot 10^{14} – 9,15 \cdot 10^{14}$	3,26 – 3,94	$2,0 \cdot 10^{18} – 1,6 \cdot 10^{18}$
- середневолнове (УФ-В)	0,315 – 0,280	$9,15 \cdot 10^{14} – 11,00 \cdot 10^{14}$	3,94 – 4,43	$1,6 \cdot 10^{18} – 1,4 \cdot 10^{18}$
- коротковолнове (УФ-С)	0,28 – 0,20	$11 \cdot 10^{14} – 15 \cdot 10^{14}$	4,43 – 6,20	$1,4 \cdot 10^{18} – 1,0 \cdot 10^{18}$

Таблиця 2

## Інтенсивності оптического ізлучення, створювані деякими джерелами енергії в умовах виробництва та життя

Істочник	Спектр, $\lambda_{\max}$ , мкм	Інтенсивність, Вт/м <sup>2</sup>	Время дії за смену, %
Расплавленний метал, шлак, нагретые поверхности оборудования, излучение электрической дуги в электросталеплавильном производстве	1,5–3,0 0,32–0,40 0,200–0,315	1,700–17000 2,2 17,4	38,8–58,2
Кислородно-конвертерное производство	1,5–3,0	700–7700	57,5–75,0
Отливка деталей (литейщики)	1,5–3,0	210–2450	32,7–77,2
Ковка и штамповка (кузнецы, штамповщики, нагревальщики)	2,5–5,0	2450–7000	4,0–69,0
Термическая обработка металлов (термисты)	3,5–5,5	3150–4550	35,0–40,0
Дуговая сварка (электрическая дуга, сварочная волна, нагретый металл)	1,5–4,0 0,2–0,9	300–6980 0,7–22,6	39,0–47,0
Сушка полимерных покрытий в мебельном производстве (лампа ЛУФ-80)	0,2–0,4	0,07–24,00	До30,0
Изготовление фотополимерных печатных форм (лампа ЛУФ-80 и др.)	0,20–0,76	0,02–20,00	До30,0
Косметические кабинеты (УФ-лампы)	0,2–0,4	0,02–20,00	До30,0

трального складу і інтенсивності на протяженні 40–70 % робочої смени, що обумовлює його значуще вплив на фізіологічні реакції організму, стан здоров'я працюючих і рівень захворюваності [4–6, 29, 30].

Согласно гіпотезі, висунутій в 1963 році радянськими ученими [7–12], особливість взаємодії радіаційного фактора з живою тканиною полягає в зміні енергетики біохіміческих процесів, в підвищенні їх енергообеспеченості, розщепленні слабих зв'язків. Ефект залежить від енергії фотонів, від ступеня її сопоставленості з енергією теплового руху молекул (кТ), рівної 0,025 эВ, енергією водородних зв'язків

в молекулах, становляючої 0,13–0,31 эВ і характеризуючої межмолекулярні взаємодії. К слабим взаємодіям відносяться також сили Ван-дер-Ваальса (0,043 эВ), іонні зв'язки (0,21 эВ), гідрофобні зв'язки (0,04–0,13 эВ). Отже слабких зв'язків залежить структура білків, мембрани, структура води, взаємодія між молекулами ліпідів, між цепями нуклеїнових кислот, взаємодія нуклеїнових кислот з білками і т. п. [9, 11, 12]. Сопоставлення енергії фотонів УФ, видимого і ІК спектра показує (табл. 1), що навіть найслабіші ІК фотони, що мають енергію порядку 0,124–1,6 эВ, перевищують енергію слабких зв'язків, і можуть впливати, і на межмолекулярні,

и на связи внутри молекул, что способствует возникновению различных продуктов и радикалов. Наиболее вероятным является возникновение  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{HO}_2^-$  и  $(\text{H}_2\text{O}_2)$ . Анионы и перекиси ответственны за выраженное окислительное действие облучения [13, 14].

К методам, позволяющим установить наличие усиления перекисных процессов окисления, свидетельствующих об активности свободнорадикальных процессов, относится сверхслабое свечение биологических систем в видимой части спектра (спонтанная хемилюминесценция – СХЛ), которое сопровождает окислительные реакции экзотермического цепного типа, развивающиеся по радикальному механизму, т. е. в результате возникновения электронно-возбужденных состояний. Хемилюминесценция происходит за счет энергии, высвобождаемой при рекомбинации свободных радикалов, а интенсивность свечения пропорциональна скорости рекомбинации или скорости инициирования в стационарном режиме [15, 16]. Для этой цели целесообразно использовать медицинские хемилюминометры и работать с сывороткой крови.

Интенсивность СХЛ проявляет сложную зависимость от процесса разложения перекисей, процессов образования и рекомбинации радикалов воды, от наличия продуктов деструкции полипептидов. Увеличение СХЛ свидетельствует о накоплении в крови перекисных продуктов [17], снижение – о наличии продуктов деструкции полипептидов-биоантоксидантов [17]. При высоких концентрациях возбужденных частиц увеличивается вероятность их столкновения и взаимного связывания, что так же может привести к снижению СХЛ, ее тушению [18].

Весьма активными регуляторами переокисления липидов являются биоантоксиданты, постоянно присутствующие в организме и связывающие свободные радикалы [15, 17, 19]. К биоантоксидантам относятся: аскорбиновая кислота, бета-каротин, сульфогидрильные соединения, селен и т. п. Среди них сульфогидрильные соединения, относящиеся к водорастворимым тканевым биоантоксидантам, наиболее доступны. Взаимодействие сульфогидрильных соединений с перекисями в тканях, мембранах и тканевых липидах сопровождается взаимным разрушением и перекисей, и SH-групп [18, 19]. Таким образом, целесообразно исследовать соотношение свободно-радикальных и антиокислительных процессов при оценке действия оптического излучения.

Определенную информацию о наличии нарушений ультраструктур и проницаемости биологических мембран дает изучение ферментных процессов – например, активность аминотрансфераз, обеспечивающих нормальное течение обменных процессов. Изменение активности сывороточных ферментов наблюдается при нарушении структуры белков в зоне облучения или в сыворотке крови при действии протеолитических ферментов или в связи с поступлением в кровь из поврежденных тканей коэнзимов и активаторов, т. е. в результате перестройки белковых молекул сыворотки с изменением их катализических свойств, что происходит при изменении проницаемости клеточных мембран. Набор биохимических методов может быть расширен для установления наличия процессов повреждения тканей.

Абсорбируемая в тканях организма энергия трансформируется и в повышение кинетической энергии молекул, в связи с чем накапливается и тепловой эффект, который влияет на тепловое состояние организма, терморегуляторные процессы. Повреждающее действие тепла, прежде всего, проявляется в тепловой денатурации белков, определяемой количеством воздействующей энергии, степенью повышения температуры тела. Наличие денатурационных изменений белка устанавливается по наличию тушения СХЛ, повышению активности белковых SH-групп, снижению активности небелковых SH-групп, подавлению активности ферментов. Появление комплекса этих реакций при сопоставлении со степенью накопления тепла организмом дает возможность оценить качество тепловых реакций при облучении. Тепловые реакции целесообразно оценивать по изменению температуры ядра тела (оральная или ректальная температура) и оболочки (температура кожных покровов), потоиспарению, субъективному теплоощущению [20].

Сердечно-сосудистая система – основная система, обеспечивающая терморегуляторные функции, и наиболее страдающая при наличии свободно-радикальных процессов [6, 21], поэтому целесообразно глубоко исследовать ее реакции при облучении: ЭКГ, поликардиограмма, ударный и минутный объем крови, периферическое сопротивление сосудов и т. п.

Иммунная система является одним из важных механизмов структурного гомеостаза, принимает участие в адаптации организма к воздействию многих факторов внешней среды, в связи с чем измене-

ния ее активности могут рассматриваться как ранний показатель повреждения. Неспецифические реакции иммунной системы используются для диагностики нарушений в организме, которые сказываются, прежде всего, на его резистентности [22]. Наиболее информативным показателем является фагоцитарная активность нейтрофилов с микробной культурой, интенсивность фагоцитоза, его завершенность. Изменения реакций естественной резистентности могут служить эталоном для последующей оценки изменений физико-химических и физиологических показателей при облучении. Наличие снижения показателей естественной резистентности при том или другом комплексе изменений в организме, происходящих при облучении, может расцениваться как наличие повреждающих эффектов. Отсутствие изменений — допустимое воздействие. Повышение активности реакций — как результат оптимизирующего, стимулирующего эффекта облучения. Сопоставление реакций организма при облучении с характером изменения показателей естественной резистентности, изменениями функций сердечно-сосудистой системы и другими показателями, степень изменения которых уже имеет свои оценки, позволяет установить критериальную значимость изучаемых показателей, в

данном случае при действии оптического излучения. В таблице 3 приведены данные по критериальной значимости показателей, полученных при изучении реакций организма на ИК облучение с длиной волны максимума энергии излучения 1,5–3,0–4,5–6,0 мкм и интенсивностью 70–100–300–700 Вт/м<sup>2</sup> [23].

Мишенью для фотонов оптического излучения является хрусталик глаза. Оптическое излучение рассматривается как фактор, способствующий раннему старению хрусталика, ускорению созревания катаракты — как катарактогенный фактор [23–25]. В последнее время появились публикации, подтверждающие свободнорадикальный механизм помутнения хрусталика [26, 27]. В связи с вышесказанным целесообразны исследования динамики появления помутнений в хрусталике при изучении биологических эффектов облучения с помощью щелевой лампы.

Таким образом, при оценке биологических эффектов при действии оптического излучения важно знание его физических характеристик — спектрального состава излучения, определяющего энергетические характеристики действующих фотонов, интенсивность потока энергии, падающей на облучаемые поверхности, что обуславливает ряд

**Критериальная значимость показателей реакций организма на воздействие инфракрасного излучения**

Показатели	«Оптимальные» реакции	«Допустимые» реакции	Реакции повреждения
Интенсивность свободнорадикальных процессов	Увеличение на 18–20 % от уровня, свойственного организму	Увеличение на 20–40 % или уменьшение в пределах 20 % от уровня, свойственного организму	Увеличение более, чем на 40 % или уменьшение более, чем на 20 % от уровня, свойственного организму
Процессы денатурации или деструкции молекул — уровень белковых SH-групп, активность ферментов	Незначительные изменения в пределах ± 10 % от уровня, свойственного организму	Снижение в пределах 20 % от уровня, свойственного организму	Снижение более, чем на 20 % от уровня, свойственного организму
Активность антиокислительных систем — уровень небелковых SH-групп и т. п.	Увеличение активности более, чем на 20 % от уровня, свойственного организму	Незначительное снижение (до 20 %) от уровня, свойственного организму	Снижение активности более, чем на 20 % от уровня, свойственного организму
Состояние функций системы кровообращения	Увеличение частоты пульса на 5–6 уд./мин, отсутствие изменений сосудистого тонуса, ЭКГ, ПКГ	Учащение пульса на 8–10 уд./мин, изменение сосудистого тонуса в пределах ± 20 %, отсутствие отклонений ЭКГ, ПКГ	Учащение пульса более, чем на 10 уд./мин, изменение сосудистого тонуса более, чем на 20 %, нарушение сократительной функции миокарда
Состояние естественной резистентности организма	Повышение antimикробной резистентности	Отсутствие изменений	Снижение antimикробной резистентности

специфических процессов, лежащих в основе эффектов облучения. Прежде всего, это характеристика активации свободно-радикальных процессов и системы антиоксидантной защиты, установление наличия процессов денатурации белковых молекул, изменения проницаемости клеточных мембран, сопровождающихся изменениями сократительной функции миокарда, сосудистого тонуса, естественной резистентности организма при напряжении терморегуляторных функций. Сопоставление этих реакций позволяет определить зна-

чимость биологических эффектов при действии оптического излучения.

Использование описанных методов исследования биологических эффектов при действии оптического излучения позволило разработать допустимые нормативы облученности для инфракрасного излучения (п. 1.2.3. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату в виробничих приміщеннях») и ультрафиолетового (ДСН 4557-88 «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях»).

## Література

1. Криксунов Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники / Л. З. Криксунов.– М.: Сов. Радио, 1970.– 400 с.
2. Галанин Н. Ф. Лучистая энергия и ее гигиеническое значение / Н. Ф. Галанин.– Л.: Медицина, 1969.– 182 с.
3. Малышева А. Е. Инфракрасное излучение / А. Е. Малышева // Руководство по гигиене труда. Том 1.– М.: Медицина, 1965.– С. 218–270.
4. Гвозденко Л. А. Влияние оптического излучения производственных источников на состояние здоровья рабочих / Л. А. Гвозденко.– XI съезд гигиенистов УССР.– Львов. 1986.– С. 104–106.
5. Солонин Ю. Г., Масленцова С. Б., Кузнецова З. М. Функциональное состояние при трудовой деятельности, работоспособности и здоровье человека // Физиология человека.– 1984.– Т. 10, № 1.– С. 66–78.
6. Sliney D. H. Risks of occupational exposure to optical radiation / Sliney D. H. // Med Lav.– 2006. Mar-Apr. V. 97 (2).– P. 215–20.
7. Эммануэль Н. М. Роль свободных радикалов в радиобиологических процессах / Н. М. Эммануэль // Первичные механизмы биологического действия ионизирующих излучений.– М.:АН СССР, 1963.– С. 75–83.
8. Калмонсон А. З. О природе и роли свободных радикалов в биологических процессах // Автореферат дис. д.б.н.– М., 1987.– 36 с.
9. Примак В. Н. Обобщенный принцип оценки эффекта и эффективности действия электромагнитного излучения на биологические системы / В. Н. Примак // Mex. анализ и оценка эффективности действия излучения на биологические системы.– Пущино: НЦ АН СССР.– 1985.– С. 7–20.
10. Тарусов Б. Н. Информационное значение сверхслабого свечения / Б. Н. Тарусов // Сверхслабые свечения в биологии.– 1972.– Т. 39.– С. 9–17.
11. Александров В. Я. Клетки, макромолекулы и температура / В. Я. Александров.– Л.:Наука, 1975.– 330 с.
12. Рощупкин Д. И. Молекулярные механизмы повреждения биомембран липидов и белков при действии оптического излучения // Автореферат дис. д. б. н.– М., 1980.– 25 с.
13. Аллен А. О. Радиационная химия воды и водных растворов / А. О. Аллен.– М.: Госатомиздат, 1963.– 204 с.
14. Мусил Я. И. Гигиенические стандарты для электромагнитных полей: современное состояние и перспективы / Я. И. Мусил // Гигиена труда и профзаболевания.– 1985.– № 6.– С. 12–15.
15. Журавлев А. И. Субстраты и механизмы эндогенной (химической) генерации возбужденных электронных состояний и сверхслабого свечения в тканях / А. И. Журавлев // Сверхслабое свечение в биологии. Труды МОИП.– 1972.– Т. 39.– С. 17–24.
16. Серкис Н. И. Хемилюминесценция крови в экспериментальной и клинической онкологии / Н. И. Серкис, Е. Е. Чеботарев, В. А. Барабой.– Киев: Наукова Думка, 1984.– 184 с.
17. Фархутдинов Р. Р. Клинические аспекты применения метода регистрации хемилюминесценции крови / Р. Р. Фархутдинов // Тез.арх.– 1984.– № 8.– С. 150–152.
18. Барлтроп Д. Возбужденные состояния в органической химии / Барлтроп Д., Койл Д.– М.: Мир, 1978.– 186 с.
19. Бурлакова Е. Б. Вклад антиоксидантов и эндогенных тиолов в обеспечение радиорезистентности организма / Бурлакова Е. Б., Иваченко Г. Ф., Шишкова Л. Н. // Известия АН СССР, Сер. биология.– 1985.– № 4.– С. 588–593.
20. Оценка состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегреваний.– М., 1990.– № 5168–90.
21. Семенникова Т. К. Сравнительная характеристика состояния сердечно-сосудистой системы рабочих листопрокатного и кузнечно-прессового цеха / Семенникова Т. К. // Гигиенические аспекты профилактики сердечно-сосудистой патологии при воздействии факторов окружающей и производственной среды.– М.:МНИИГ, 1982.– С. 30–42.

22. Виноградов Г. И. Теоретические и практические аспекты гигиенической регламентации факторов окружающей среды на основе иммунологического критерия вредности / Виноградов Г. И. // Гигиена и санитария.– 1984.– № 4.– С. 4–6.
23. Гвозденко Л. А. Гигиеническое значение оптического излучения в условиях современного производства // Дис. д. м. н.– 1987.– 357 с.
24. Lovsaund E. E. Temperature changes in contact lenses in connection with radiation from infrared heaters / Lovsaund E. E., Nilsson S. E. G., Oberg P. A. // Scand. J. work environ.– health.– 1979.
25. Moss M. G. Infrared chemi-luminescence investigation of the reactions of methyl radicals with oxygen and fluorine / Moss M. G., Hadgens J. W., McDonald J. D. // J.Chem. Phys.– 1980.– № 6.– Р. 3486–3489.
26. Serra A. Occupational aspect of chronic light damage / Serra A., Mascia C. // Atti Fonduz J. Ronchi.– 1983.– V. 38, №. 2–3.– Р. 215–219.
27. Способ прогнозирования начальной возрастной катаракты / Пучковская Н. А., Леус Н. Ф., Метелицына И. П. [и др].– Бюл. № 26.– 1990.
28. Островский М. А. Опасность повреждающего действия света на структуры глаза. Хрусталик как естественный светофильтр и объект фотоповреждения / Островский М. А., Федорович И. Б., Енчанинов В. В. // Сенсорные системы.– 1994.– № 3–4.– С. 135–146.
29. Moccaldi R. Grandi C G Ital Med Lav Ergon.– 2011.– Apr-Jun; V. 33 (2).– Р. 134–48. Fitness of workers with particular sensitivity to non-ionizing radiation
30. Jankowska E., Kondej D., Posniak M. Med Pr.– 2003.– V. 54 (5).– Р. 437–44.[ Subjective evaluation of the work environment quality in offices].

**Гвозденко Л. А., Тихонова Н. С., Беседа А. Ю.**

**ПРО МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ БІОЛОГІЧНИХ ЕФЕКТІВ ПРИ ДІЇ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ  
(ІНФРАЧЕРВОНЕ, ВІДИМЕ, УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ)**

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

Для оцінки біологічних ефектів при дії оптичного випромінювання доцільно використовувати комплекс показників, обумовлений фізичною природою випромінювання, яке представляє потік фотонів з різною енергією, що взаємодіють з структурними елементами тканин живого організму з утворенням аніонів, перекису, вільних радикалів внаслідок пошкодження слабких зв'язків у молекулах. Рекомендується оцінювати інтенсивність вільнорадикальних і антиокиснювальних процесів, наявність денатурації білкових молекул, а також функції системи кровообігу, терморегуляції, імунної системи. При дослідженні зорового аналізатора необхідно враховувати вільнорадикальний механізм ініціації професійної катаракти.

**Ключові слова:** електромагнітне випромінювання, оптичний діапазон, вільнорадикальні і антиокиснювальні процеси

**Gvozdenko L. A., Tikhonova N. S., Beseda A. U.**

**ON METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING BIOLOGICAL  
EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF THE OPTIC RANGE  
(INFRARED, VISIBLE, ULTRAVIOLET)**

SI «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine», Kiev

For rating biological effects of the optical radiation it is appropriate to use a set of factors, caused by physical nature of radiation preformed by the flux of photons with different energies, which interact with structure elements of the living organism, forming anions, peroxides, free radicals as a result of the damage of weak bonds in molecules. It is recommended to estimate the intensity of free radical and antioxidant processes, presence of denatured protein molecules, and, also, functions of the blood circulation system, thermoregulation and the immune system. Free radical mechanism of initiation of the occupational cataract should be considered in the research of he visual analyzer.

**Key words:** electromagnetic radiation, optical range, free radical and oxidation processes

Поступила: 10.11.2011 р.

**Контактное лицо:** Гвозденко Людмила Андреевна, д. м. н., руководитель лаборатории по изучению и нормированию физических факторов производственной среды, ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», 01033, г. Киев, ул. Саксаганского, 75. Тел.: (44) 289-75-42.