

Л.А. Гвозденко, І.М. Чередніченко

Оцінка енергетичного навантаження, створюваного видимим випромінюванням природних і штучних джерел

Обследованы мужчины-волонтеры 20 – 25 лет. Изучены реакции организма человека на дополнительное облучение видимым светом с максимумом энергии в области 435 нм (голубой свет), 546 нм (зеленый свет), 700 нм (красный свет) и интегральным потоком белого света интенсивностью 1,5 – 3,0 – 6,0 Вт/м² в летний и зимний периоды года. Установлена зависимость реакций от спектрального состава и интенсивности облучения в формировании поврежденных со стороны функций сердечно-сосудистой, иммунной системы, антирадикальной защиты, что свидетельствует о необходимости нормирования энергии видимого излучения.

ВСТУП

Видиме випромінювання – частина спектра оптичного випромінювання – супроводжує людину в її повсякденному житті, забезпечує енергією майже всі процеси, які протікають у живому організмі. Проте відомостей з цього питання в літературі ми не знайшли, хоча вони необхідні для вивчення закономірностей дії на організм видимого діапазону енергії та подальшої розробки заходів щодо запобігання пошкоджувальній дії цього фактора. Найбільш шкідливими ефектами є дія видимого випромінювання на цілісний організм, тканини якого активно поглинають кванти світла. Встановлено, що видиме випромінювання максимально впливає на тканини, які мають найбільші показники поглинання [3,12,14]. Наприклад, зелене (514,5 нм) і синє світло (488 нм) активно поглинає гемоглобін, фіолетове (440,6 нм) – рибофлавін і цитохромоксидаза, червоне (632,8 нм) – каталаза. Крім резонансного поглинання специфічними акцепто-

рами (хромофорні групи) в механізмі дії видимого світла, можливо поглинання енергії між коливально-збудженими станами окремих атомних скупчень макромолекул з послідовними процесами міграції енергії за допомогою солітонів – стабільних переносників енергії в молекулах з утворенням вільних радикалів, перекисних сполук [4, 5, 8].

Мета нашої роботи – дослідити вплив видимого випромінювання на організм людини залежно від спектра та інтенсивності в різні пори року.

МЕТОДИКА

Дослідження впливу видимого світла довжиною хвилі 435, 546, 700 нм в діапазоні інтенсивностей від 1,5 до 6,0 Вт/м² здійснювалися за участю практично здорових чоловіків-волонтерів віком від 20 до 25 років. З цією метою визначали базальну температуру тіла, середньозважену температуру шкіри (СЗТШ), середню темпе-

ратуру тіла (СТТ), градієнт температури між оболонкою СЗТШ та ядром $T_{\text{баз}}$.

Вимірювання показників фізіологічного стану організму людини проводилися перед двогодинним опроміненням і після нього. Функціональний стан серцево-судинної системи оцінювали за показниками частоти серцевих скорочень (ЧСС), артеріального тиску за Коротковим, електрокардіографії.

Проби крові брали з ліктьової вени донорів-волонтерів, які перед експериментом не вживали алкоголь та уникали великого фізичного навантаження.

Характер енергетичних процесів оцінювали за показниками вільнорадикального окиснення (ВРО), активності деяких ланок системи біоантиокисників та індикаторних ферментів крові. Стан системи ВРО визначали в плазмі крові за результатами реєстрації спонтанної (СХЛ) та біохемілюмінесценції (БХЛ) порівняно зі вмістом у сироватці крові одного з кінцевих продуктів ВРО – малонового діальдегіду (МДА). Стан системи біоантиокисників досліджували визначенням у крові активності ферментів супероксиддисмутази (СОД), каталази (КТ) та у сироватці крові – церулоплазміну (ЦП). Активність трансаміназ (АЛТ, АСТ) у сироватці крові визначали за методом Рейтмана та Френкеля, лактатдегідрогенази (ЛДГ) – за Равіним, вміст піруваткінази (ПК) – за модифікованим методом Умбрейта [10].

Обробку результатів провели за допомогою методів варіаційної статистики, дисперсійного аналізу, медичної інформатики, комп'ютерної графіки (EXEL 7.0 фірми «Microsoft», США).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

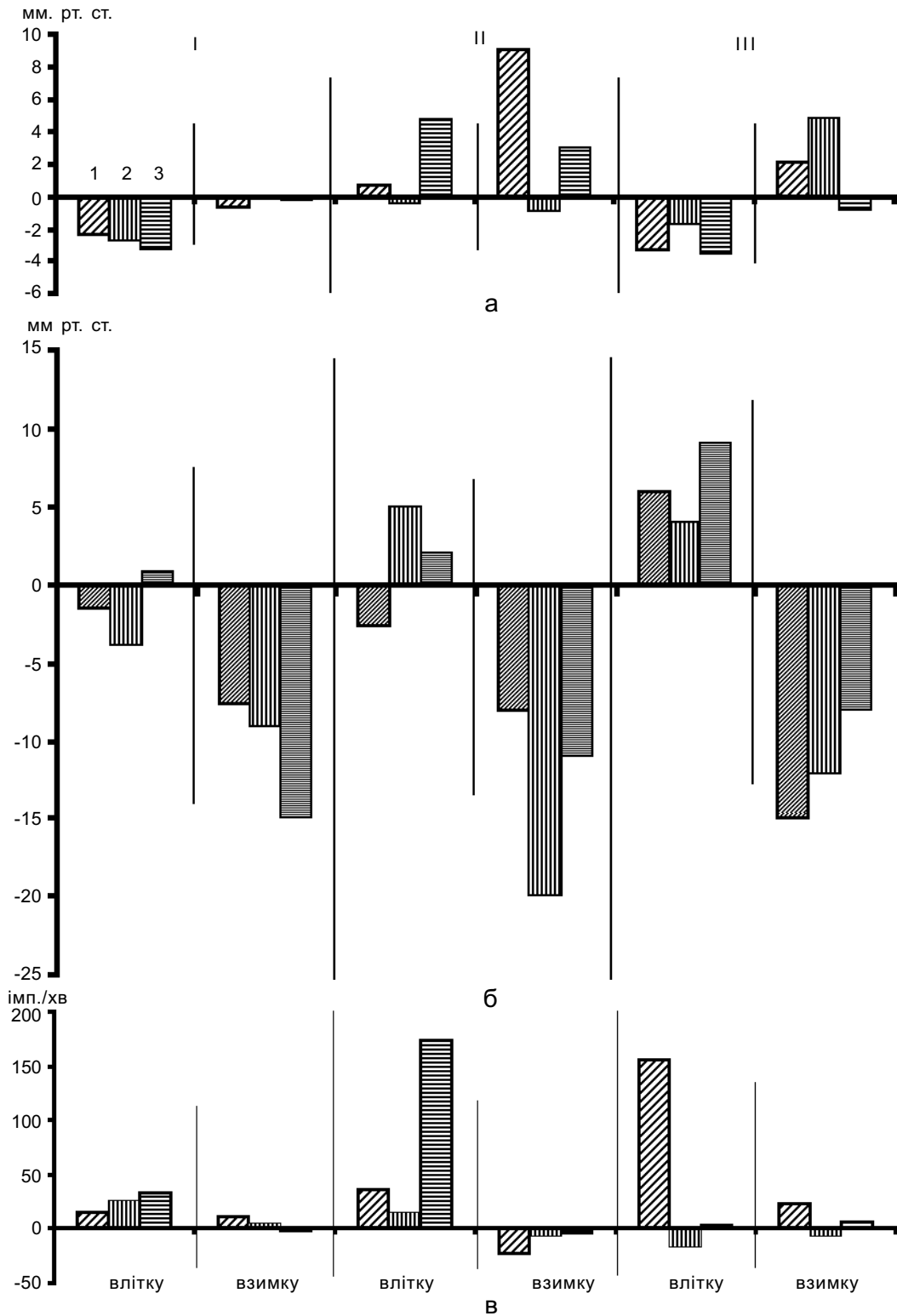
Дослідження підтвердили залежність реакцій організму не тільки від спектрального складу й інтенсивності опромінення, але і від пори року, яка визначає фонове

енергетичне навантаження завдяки сонячному опроміненню. В теплу пору року енергетичне навантаження, яке утворюється штучним опромінюванням за умов експерименту, не призводило до значних змін на відміну від процесів, які спостерігалися взимку. Порівняння величини змін температурних показників свідчить про достовірну різницю для літнього та зимового періоду року відносно дії червоного та зеленого світла. При дії синього світла різниця не має математичної значимості. Біле світло інтенсивністю $6,0 \text{ Вт/м}^2$ викликало найменше підвищення температурних показників порівняно з опроміненням з максимумом енергії в певних діапазонах спектра.

Влітку при дії видимого випромінювання, на відміну від зимового періоду, переважно спостерігалось зниження середнього динамічного артеріального тиску – показника, який організм підтримує на найбільш стабільному рівні (рисунок, а). Відзначалися зміни пульсового тиску: влітку – підвищення, взимку – переважне його зниження (див.рис., б), що свідчить про більш несприятливу реакцію серцево-судинної системи в холодний період року.

Аналіз електрокардіографічних даних свідчить про наявність змін скорочувальної функції міокарда, що проявлялося зменшенням інтервалу Р-Q при дії зеленого та синього світла в літню пору року. Суттєвої різниці в інших показниках ЕКГ залежно від спектра й інтенсивності опромінення не було. Можливо, має значення рівень фізичної активності та загальне енергетичне навантаження.

Найбільш показовою в реакціях організму на дію видимого світла залежно від пори року та фонового енергетичного навантаження була СХЛ. Якщо взимку її інтенсивність переважно знижувалася, то влітку цей процес мав протилежний характер (див.рис.,в). Вільнорадикальні реакції залежали від інтенсивності та спек-



Характер змін середнього динамічного (а) та пульсового артеріального тиску (б), а також інтенсивності спонтанної хемілюмінесценції (в) залежно від інтенсивності та довжини хвилі видимого випромінювання в різні пори року: 1 – синє, 2 – зелене, 3 – червоне світло: I – 1,5 Вт/м², II – 3,0 Вт/м², III – 6,0 Вт/м².

трального складу опромінювання. Що більша інтенсивність опромінювання, то більша інтенсивність СХЛ, що найбільш характерно для синього і червоного світла в зимову пору. В літню пору така спрямованість реакцій зберігається для синього випромінювання, але на значно вищих рівнях. Червоне та зелене випромінювання при інтенсивності опромінювання $6,0 \text{ Вт/м}^2$ призводить до пригнічення СХЛ, що, можливо, пов'язано з великою кількістю радикалів та їх взаємодією.

Деякі зміни відзначалися в показниках периферичної крові. Кількість еритроцитів достовірно збільшувалася при дії червоного світла взимку, водночас збільшувалася кількість гемоглобіну. Спостерігається залежність від інтенсивності опромінення. У разі дії зеленого та синього світла спостерігалася тенденція до зниження кількості еритроцитів при деякому збільшенні вмісту гемоглобіну. Влітку – в більшості випадків ці реакції мали протилежний характер, що є більш несприятливим, та дає можливість припустити наявність гемолізу. Слід відзначити, що червоне світло викликало більш одностороннє математично значимі процеси, які можна розцінювати як стимульовані. Збільшення кількості лейкоцитів також свідчить про наявність несприятливого характеру дії видимого світла, особливо в зеленій частині спектра взимку.

Дослідження зимового періоду чітко показали, що низькі інтенсивності опромінення ($1,5 \text{ Вт/м}^2$) та високі ($6,0 \text{ Вт/м}^2$) викликають однаково несприятливі реакції організму. Інтенсивність близько $3,0 \text{ Вт/м}^2$ – є оптимальною, забезпечує нормальну життєдіяльність організму, не викликає напруги компенсаторних процесів і створює максимальну його резистентність до дії несприятливих факторів навколишнього середовища. Тому нормування видимого опромінення для літнього періоду повинно проводитися, можливо, у

двох напрямках: з одного боку, необхідно зменшувати фонове навантаження, захищатися від надлишку сонячного опромінення, більше застосовувати кондиціонування повітря; з іншого, зменшувати додаткове опромінення за рахунок освітлення та випромінювання, яке супроводжує технологічні процеси.

Пошук оптимальних співвідношень енергетичних навантажень на організм та якості світла для зорової праці – важлива проблема, вирішення якої дозволить нормувати видиме випромінювання з урахуванням його загальної дії на організм і специфічної дії на око.

ВИСНОВКИ

1. Біологічний ефект при дії видимого опромінення залежить від його спектрального складу та інтенсивності.

2. Додаткове опромінення інтенсивністю $1,5 - 3,0$ і $6,0 \text{ Вт/м}^2$ призводить до формування пошкоджувальних ефектів з боку функцій імунної серцево-судинної системи, а також до перенапруження системи антирадикального захисту тощо.

3. Інтенсивність $6,0 \text{ Вт/м}^2$ для будь-якого діапазону спектра є пошкоджувальною.

4. Синє світло має більш активну дію, з пороговою інтенсивністю пошкоджувальної дії $1,5 \text{ Вт/м}^2$. Для зеленого та червоного діапазону цей поріг піднімається до $3,0 \text{ Вт/м}^2$.

L.A. Gvozdenko, I.N. Cherednichenko

HYGIENIC EVALUATION OF POWER LOAD FORMED BY OPTICAL RADIATION OF NATURAL AND ARTIFICIAL SOURCES

Reactions of human organism on additional irradiation by visible light with energy maximum in the field 435 nm (blue light), 546 nm (green light), 700 nm (red light) and integral stream of white light with intensity $1,5-3,0-6,0 \text{ Вт/м}^2$ during summer and winter time in experiment on males-volunteers of 20-25 years old were studied. The reactions on spectral composition dependance and intensity of irradiation in forming the vascular cardio-impairments, immune systems and antiradical protection functions were established. Which confirm the necessity of regulation of visible radiation energy.

Occupational medicine institute of the AMS of Ukraine

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабижаев М.А., Деев А.И. Свободнорадикальное окисление липидов и тиоловых групп при катарактогенезе // Биофизика. – 1986. – 31, вып. 1. – С. 109–113.
2. Байбеков И.М., Мусаев Э.Ш. и др. Морфологические особенности действия на эпителиальную и соединительную ткань различных видов низкоинтенсивного лазерного излучения. – В кн.: Влияние лазерного излучения на организм человека. – Л., 1985. – С.124–126.
3. Бурилков В.К., Крочик Г.М. Биологическое действие лазерного излучения. – Кишинев, 1989. – 182 с.
4. Виленчик М.М. Модификация канцерогенных и противоопухолевых эффектов излучений. – М.: Наука, 1985. – 288 с.
5. Девятков Н.Д., Зубкова С.Н., Лапрун И.Б., Макева Н.С. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения // Успехи соврем. биологии. – 1987. – 103, вып. 1. – С.35–42.
6. Киселева Р.Е., Альба Н.В., Барашова Г.С. и др. Влияние ультрафиолетового и лазерного света на формирование неспецифического адаптационного синдрома. – В кн.: Светоизлучающие системы: эффективность и применение. – Саранск, 1994. – С.69–70.
7. Комраков А.В., Харитонов В.Ф. Изменение иммунологической реактивности у здоровых людей под влиянием солнечной радиации. – В кн.: 9-й Всесоюз. съезд физиотерапевтов и курортологов. – М., 1989. – Т. 1. – С. 27–28.
8. Крылов О.А. О путях механизма действия лазерного облучения // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физкультуры. – 1980. – №6. – С. 1–5.
9. Кожин А.А. Сравнительное исследование биологической активности красного и фиолетового лазерного излучения // Радиобиология. – 1983. – 23, вып. 5. – С. 706–708.
10. Коло В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. – Минск, 1982. – 77 с.
11. Купин В.И. Изменение иммунологических характеристик лимфоцитов человека под воздействием излучения гелий-неонового лазера. – В кн.: Всесоюзная конференция по применению лазеров в медицине: Материалы конф. – М., 1984. – С. 50.
12. Ороевский Л.Н., Плешонов П.Г. // Квантовая электроника – 5, №10 – С. 2243–2251.
13. Оценка теплового состояния организма с целью обоснования оптимальных и допустимых параметров производственного микроклимата: Метод. рекомендации № 2661-83. – М., 1983. – 11 с.
14. Плетнев С.Д., Девятков Н.Д., Беляев В.П., Абдуразаков М.Ш. Газовые лазеры в эксперименте и клинической онкологии – М., 1978 – 120 с.
15. Соколовский В.В. Молекулярные механизмы биологического действия излучения гелий-неонового лазера. – В кн.: Влияние лазерного излучения на организм человека. – Л., 1985. – С.7–10.
16. Стежка В.А., Евдокимов Ю.А., Горбань Л.Н., Блукита И.В. Состояние свободнорадикального окисления при действии озона и эффективность защиты организма биологически активными веществами. – В кн.: Профессиональная патология в Восточных регионах страны. – Новокузнецк, 1991. – С. 32–41.

Ин-т медицини праці АМН України, Київ