

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ**

**“Затверджено”**  
на методичній нараді кафедри  
гігієни та екології №1

**Завідувач кафедри**  
член-кореспондент НАМН України  
професор Бардов В.Г.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ**

<i>Навчальна дисципліна</i>	<b>” Гігієна та екологія”</b>
<i>Модуль № 1</i>	<b>Загальні питання гігієни та екології</b>
<i>Змістовий модуль №</i>	Гігієнічне значення навколишнього середовища та методи його дослідження. Гігієна населених місць та житла
<i>Тема заняття</i>	Методи визначення інтенсивності та профілактичної дози ультрафіолетової радіації. Методика використання ультрафіолетового випромінювання з метою профілактики захворювань і санації повітряного середовища.
<i>Курс</i>	2-й
<i>Факультет</i>	Медичний №1 та №2

Укладач: доцент Мережкіна Наталія Володимирівна

**Київ 2017**

### **Актуальність теми:**

Людина постійно зазнає дії різного випромінювання. До числа відомих джерел і видів природної променистої енергії слід віднести сонячне, радіоактивне та космічне випромінювання. Кожне з них здійснює певний вплив на організм людини. Але найбільше значення для людини має сонячна радіація.

Джерелом сонячної радіації являється Сонце. В результаті внутрішньоядерних процесів у надрах Сонця відбувається утворення сонячної променистої енергії, яка розповсюджується у світовому просторі.

Гігієнічна наука всебічно вивчила дію сонячної радіації на людський організм в різних умовах – кліматичних, професійних, вікових, при різних патологічних станах і т.і. На цій основі розроблені і продовжують розроблятися рекомендації відносно найбільш раціонального використання сонячної радіації для зміцнення здоров'я і попередження шкідливих наслідків, причиною яких може бути неправильне використання сонячної променистої енергії або штучних її джерел.

Основне біологічне та гігієнічне значення сонячної енергії складається з того, що за її рахунок існує біосфера і все життя на Землі.

Тому лікарю необхідно знати, що перебування на сонці потребує дотримання певної обережності. Особливо небезпечно зловживання сонячною радіацією для хворих на туберкульоз і на злоякісні захворювання, у яких реакція, що настає після опромінення, може викликати різке загострення патологічного процесу. Ретельні запобіжні заходи необхідні для осіб з порушеннями серцево-судинної системи та нестійкою нервовою системою.

### **1. Конкретні цілі:**

- Тракувати основні поняття про біосферу, фактори навколишнього середовища ( фізичні, хімічні, біологічні, психогенні ), їх вплив на організм та здоров'я населення та провідну роль соціальних умов.

- Аналізувати і використовувати в практичній лікарській діяльності сприятливі (оздоровчі) чинники навколишнього середовища (сонячної радіації, клімату, погоди, інших фізичних, хімічних, біологічних факторів та умов ).

- Пояснювати та використовувати методи і засоби захисту від впливу несприятливих факторів навколишнього середовища на організм і здоров'я (етіологічних факторів, етіологічних факторів ризику) в побутових, виробничих умовах, в лікарняних дитячих навчальних, виховних та оздоровчих закладах.

### **2. Базовий рівень підготовки.**

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1.Анатомія людини	Аналізувати інформацію про будову тіла людини, системи, що його складають, органи і тканини. Визначати топографо-анатомічні взаємовідносини органів і систем людини.
2.Медична і біологічна фізика	Пояснювати фізичні основи та біофізичні механізми дії зовнішніх факторів на системи ор-

3.Медична хімія	<p>ганізму людини.</p> <p>Пояснювати фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних ( лікувальних ) методів, що застосовуються у медичній апаратурі.</p> <p>Трактувати загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини.</p> <p>Інтерпретувати типи хімічної рівноваги для формування цілісного фізико-хімічного підходу до вивчення процесів життєдіяльності організму.</p> <p>Застосовувати хімічні методи кількісного та якісного аналізу.</p> <p>Класифікувати хімічні властивості та перетворення біонеорганічних речовин в процесі життєдіяльності організму.</p> <p>Трактувати загальні фізико-хімічні закономірності, що є в основі процесів життєдіяльності людини.</p>
4.Мікробіологія,вірусологія і імунологія	<p>Інтерпретувати біологічні властивості патогенних та непатогенних мікроорганізмів, вірусів та закономірності їх взаємодії з макроорганізмом, з популяцією людини і зовнішнім</p>
5.Нормальна фізіологія	<p>середовищем.</p> <p>Аналізувати стан здоров'я людини за різних умов на підставі фізіологічних критеріїв.</p>

### 3. Організація змісту навчального матеріалу.

#### 3.1. Зміст теми:

На практичному занятті студенти:

3.1.1. знайомляться з фізичними характеристиками, біологічними властивостями ультрафіолетової радіації (УФО);

3.1.2. оволодівають методами вимірювання інтенсивності УФР, а також методикою санації повітря УФР з оцінкою отриманих результатів;

3.1.3. засвоюють одиниці вимірювання інтенсивності УФР;

3.1.4. вивчають методикою організації УФО людей з профілактичною метою та контролю за його проведенням.

Виконані завдання студенти записують у протокол та підписують його у викладача.

В результаті вивчення теми студент повинен:

#### Знати:

1. Природу, фізичні характеристики, спектральний склад сонячної радіації.

2. Фізичні характеристики, спектральний склад, біологічну дію УФР.
3. Дозиметричні одиниці і методи вимірювання УФР.

### **Вміти:**

1. Працювати з ультрафіолетметром (уфіметром) згідно інструкції до нього.
2. Визначати титри реактивів та концентрацію речовин методом об'ємної титрометрії.
3. Використовувати математичні методи розрахунку інтенсивності та доз УФР.

### **3.2. Теоретичні питання до заняття :**

- Природа сонячної радіації, основні складові елементи корпускулярно та електромагнітної частини сонячної радіації.
- Спектральний склад ультрафіолетової частини сонячної радіації на межі з атмосферою і на поверхні Землі (області А,В,С). Озоновий шар атмосфери і його гігієнічне значення.
- Штучні джерела УФР, їх фізичні та гігієнічні характеристики. Фотарії.
- Основні види біологічної (біогенної та абіогенної) дії УФР та її особливості для кожної області спектрального складу УФР.
- Методи вимірювання інтенсивності УФР – фізичні, фотохімічні, біологічні, розрахункові.
- Одиниці вимірювання інтенсивності УФР, що використовуються при цих методах, їх співвідношення.
- Поняття еритемної, фізіологічної та профілактичної дози УФО, кількісне їх вираження при різних методах визначення інтенсивності УФР.
- Порушення здоров'я і захворювання, пов'язані з дефіцитом УФР.
- Використання УФР для первинної та вторинної профілактики різних захворювань.
- Основні симптоми «сонячного голодування» та показання для профілактичного УФО.
- Надлишкове опромінення людини Сонцем та штучними джерелами УФР. «Озонові дірки» як гігієнічна проблема. УФР як професійна шкідливість.
- Методи і засоби захисту від надмірного УФ-опромінення.

### **3.3. Практичні роботи ( завдання ), які виконуються на занятті:**

- Визначити еритемну і розрахувати профілактичну дози УФО.  
Еритемну та профілактичну дози УФО від штучного джерела УФР студенти визначають на підставі опромінення передпліччя лампами ЛЕ-30 або ПРК трьома методами : фізичним – за допомогою ультрафіолетметра, біологічним - з використанням біодозиметра Горбачова М.Ф., фотохімічним – щавлевокислим методом.
- Розв'язати ситуаційні задачі.

**3.4.Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент на занятті :**

Термін 1	Визначення 2
Сонячна радіація	<p>Інтегральний потік корпускулярних частинок ( протони, альфа-частинки, електрони, нейтрони, нейтрино) та електромагнітного ( фотонного ) випромінювання.</p> <p>Весь діапазон УФ-випромінювання Сонця та штучних джерел поділяється на три області:</p> <p>область А – довгохвильове УФВ з <math>\lambda = 315-400</math> нм;</p> <p>область В – середньохвильове УФВ з <math>\lambda = 280-315</math> нм;</p> <p>область С – короткохвильове УФВ з <math>\lambda = 10-280</math> нм.</p>
Біологічна дія УФР	<p><b>Біогенна :</b></p> <p>✓<i>загальностимулююча ( еритемна) дія</i> УФР властива діапазону 250-320 нм; проявляється у фотолізі білків шкіри з утворенням продуктів фотолізу гістаміну, холіну, аденозину, піримідинових сполук та ін., які всмоктуючись у кров, стимулюють обмін речовин в організмі, функцію печінки, нервової, ретикулоендотеліальної системи, підвищують вміст Нь, еритроцитів, лейкоцитів, активність ферментів дихання;</p> <p>✓<i>D-вітамінотворююча (антирахітична) дія</i> УФР властива для діапазону 315-270 нм; полягає в утворенні вітаміну D<sub>2</sub> (ергохолекальциферолу), вітаміну D<sub>3</sub> (холекальциферолу) із ергостерину (7,8-дегідрохолестерину), а також D<sub>4</sub> з провітаміну 2,2-дегідроергостерину під впливом УФР;</p> <p>✓<i>пігментотворююча ( загарна) дія</i> УФР характерна для діапазонів області А, В, і <math>\lambda = 280-340</math> нм; зумовлена перетворенням амінокислоти тирозину, діоксифенілаланіну, продуктів розпаду адреналіну під впливом УФР і ферменту тирозинази в чорний пігмент меланін, який захищає шкіру (і весь організм) від надлишку УФ, видимої та інфрачервоної радіації.</p> <p><b>Абіогенна:</b></p> <p>✓<i>бактерицидна ( абіотична) дія</i> УФР - властива області С і В (<math>\lambda = 300-180</math> нм). Спочатку спричиняє подразнення бактерій з активацією їх життєдіяльності, яка зі збільшенням дози УФО змінюється бактеріостатичним ефектом, а потім - фотодеструкцією, денатурацією білків, загибеллю мікроорганізмів;</p> <p>✓<i>канцерогенна дія</i> (<math>\lambda = 280-340</math> нм) – проявляється в умовах жаркого тропічного клімату та на виробництвах з високими рівнями та тривалою дією технічних джерел УФР (електрозварювання). Є причиною дерматитів, альтерації та</p>

	деградації колагена, ерозій , виразок, пухлин.
Еритемна доза ( біодоза )	Найменший термін УФО не засмаглої шкіри у хвилинах, після якого через 15-20 годин ( у дітей через 1-3 години) з'являється виразне почервоніння шкіри ( еритема )
Фізіологічна доза	Доза, яка складає 1/ 2 - 1/4 еритемної дози
Профілактична доза	Доза, що дозволяє запобігти гіпо- та авітамінозу Д, порушенню фосфорно-кальцієвого обміну та іншим небажаним наслідкам світлового голодування. Складає 1/8 еритемної дози
Методи вимірювання інтенсивності УФР	<i>Фізичний</i> – вимірюється ультрафіолетметром, одиниці вимірювання мВт/м <sup>2</sup> . <i>Біологічний</i> – визначається біодозиметром Горбачова М.Ф., одиниці вимірювання хвилини. <i>Фотохімічний</i> – визначається кількістю мг розкладеної щавлевої кислоти на 1 см <sup>2</sup> поверхні розчину, яка опромінювалася, одиниці вимірювання – мг/см <sup>2</sup> · хв. ( чи год. ). <i>Інтегральний (сумарний)</i> – потік радіації Сонця вимірюється піранометрами, одиниці вимірювання 1 мкал/см <sup>2</sup> · хв.

### 3.5.Рекомендації для оформлення протоколу.

#### В протокол необхідно внести:

1. Результати визначення інтенсивності УФР біологічним, фотохімічним методами і висновок.
2. Результати санації повітря приміщення бактерицидними лампами і висновок.
3. Алгоритм рішення ситуаційних задач.

## 4. Зміст теми

### Сонячна радіація, її фізичні характеристики та спектральний склад.

**Сонячна радіація** – це інтегральний потік корпускулярних часток (протони, альфа-частинки, електрони, нейтрони, нейтрино) та електромагнітного (фотонного) випромінювання.

УФР Сонця з довжиною хвилі менше 290 нм повністю поглинається киснем та озоном у верхніх шарах земної атмосфери. Проте, забруднення атмосфери промисловими викидами, особливо фреоном, сприяє руйнуванню озонового шару атмосфери, появі так званих “озонових дірок”, через які до поверхні землі доходять більш короткі та небезпечні для всього живого УФ промені.

**Електромагнітний склад сонячної радіації**  
(за R.F.Donnelly, O.R.White, 1980)

	Довжина хвилі $\lambda$ в нанометрах
Діапазон радіочастот	$> 100\ 000$
Далека інфрачервона ділянка	$100\ 000 - 10\ 000$
Інфрачервона ділянка	$10\ 000 - 760$
Видима, або оптична ділянка	$760 - 400$
Ультрафіолетова ділянка	$400 - 120$
Крайня ультрафіолетова ділянка	$120 - 10$
М'яке рентгенівське випромінювання	$10 - 0,1$
Жорстке рентгенівське випромінювання	$< 0,1$

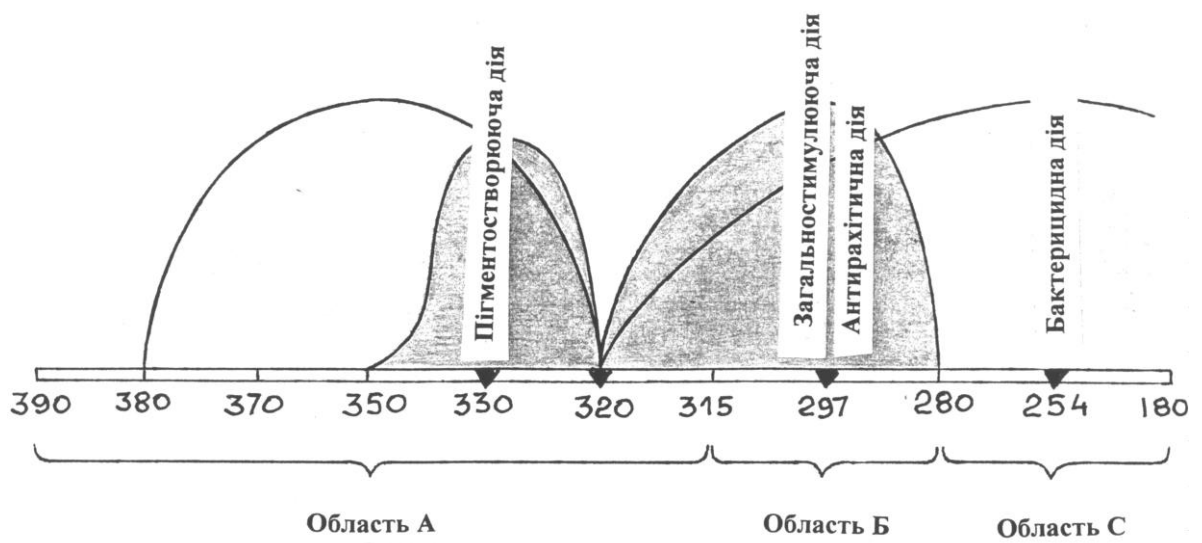
**Штучні джерела УФ радіації:**

- прямі ртутно-кварцеві (ПРК), дугові ртутно-кварцеві (ДРТ) лампи генерують УФР у діапазоні хвиль 240-380 нм;
- лампи еритемні увіолеві (ЕУВ-15, ЕУВ-30, ЛЕ-30) – у діапазоні 285-380 нм;
- лампи бактерицидні увіолеві БУВ-30, ЛБ-30 – у діапазоні 240-380 нм.

Весь діапазон УФ-випромінювання Сонця та штучних джерел поділяється на три області, що відрізняються за своєю біологічною активністю:

- область А – довгохвильове УФ-випромінювання:  $\lambda = 315-400$  нм;
- область В – середньохвильове УФ-випромінювання:  $\lambda = 280-315$  нм;
- область С – короткохвильове УФ-випромінювання:  $\lambda = 10-280$  нм.

Спектральний склад та основні властивості УФ-радіації представлені на мал. 2.1.



Мал. 2.1. Спектральний склад та основні властивості ультрафіолетової радіації (УФР)

Біологічна дія УФР: біогенна (загально стимулююча, Д-вітаміноутворююча, пігментоутворююча) та абіогенна (бактерицидна, канцерогенна тощо).

**1. Загальностимулююча** (еритемна) дія УФР радіації властива діапазону 250-320 нм, з максимумом при 250 і 297 нм (подвійний пік), та мінімумом при 280 нм. Ця дія проявляється в фотолізі білків у шкірі (УФ промені проникають у шкіру на глибину 3-4 мм) з утворенням токсичних продуктів фотолізу-гістаміну, холіну, аденозину, пірімідінових сполук та інших. Останні всмоктуються в кров, стимулюють обмін речовин в організмі, ретикулоендотеліальну систему, кістковий мозок, підвищують кількість гемоглобіну, еритроцитів, лейкоцитів, активність ферментів дихання, функцію печінки, стимулюють діяльність нервової системи тощо.

Загальностимулююча дія УФР підсилюється завдяки її еритемному ефекту – рефлекторному розширенню капілярів шкіри, особливо, якщо одночасно має місце достатньо інтенсивне інфрачервоне випромінювання. Еритемний ефект при надмірному опроміненні може закінчитись опіком шкіри.

**2. Д-вітаміноутворююча** (антирахітична) дія УФР властива для діапазону 315-270 нм (область В) з максимумом в діапазоні 280-297 нм. Під впливом УФВ відбуваються процеси фото ізомеризації, при яких речовини не змінюючи свого хімічного складу, отримують нові хімічні та біологічні властивості з внутрішнім перегрупуванням атомів у молекулі. Наприклад, під дією УФВ з провітаміну ергостерину (7,8-дегідрохолестерину) в шкіряному салі (в сальних залозах) завдяки розщепленню бензольного кільця утворюється вітамін Д<sub>2</sub> (ергохолокалциферол), вітамін Д<sub>3</sub> (холекалциферол), а з провітаміну 2,2-дегідроергостерину – вітамін Д<sub>4</sub>.

**3. Пігментстворююча** (загарна) дія УФР характерна для діапазонів області А, В і довжиною хвилі 280-340 нм з максимумом при 320-330 нм та 240-260 нм. Вона виявляється утворенням пігменту меланіну в клітинах нижнього шару епідермісу – меланобластах з амінокислот тирозину, діоксифенілаланіну та міграцією меланіну у поверхневі шари шкіри.

Меланін – основний пігмент людини, що надає забарвлення волоссю, віїм, райдужці ока, колір шкіри. Меланін захищає ядра клітин шкіри, а також внутрішні органи від перегріву інфрачервоним випромінюванням, що глибоко (до 40 нм) проникає під шкіру, та видимим випромінюванням. Коли фотони ультрафіолетового випромінювання поглинаються молекулами білків, нуклеїнових кислот та інших органічних сполук, відбувається розпад і розщеплення молекул. При цьому утворюються іони, вільні радикали, біологічно активні речовини, що реагують з іншими молекулами, доповнюючи та посилюючи пошкодження. Цю реакцію припиняють полімерні сполуки з сітковою структурою Молекули меланіну, що мають властивості стабільних вільних радикалів, затримують і знешкоджують активні сильної дії відламки молекул, зруйнованих ультрафіолетовим випромінюванням, не пропускають їх у кров, внутрішнє середовище організму. Ця захисна здатність меланіну використовується для профілактичного захисту організму людини від іонізуючого випромінювання і під час лікування з приводу променевої хвороби.



**4. Бактерицидна** (абіотична) дія УФР властива області С і В та охоплює діапазон від 300 до 180 нм з максимумом при хвилі 254 нм (за іншими даними – 253,7-267,5 нм). Під впливом УФР спочатку виникає подразнення бактерій з активацією їх життєдіяльності, яка зі збільшенням дози УФО змінюється бактеріостатичним ефектом, а потім – фотодеструкцією, денатурацією білків, загибеллю мікроорганізмів.

**5. Фотоофтальмологічна** дія УФР (запалення слизової оболонки очей) проявляється високо в горах (снігова хвороба у альпіністів) та як професійна шкідливість у електрозварників, фізіотерапевтів, які працюють з штучними джерелами УФ випромінювання без дотримання правил безпеки.

**6. Канцерогенна** дія УФР властива ділянці 280-340 нм з максимумом при довжині хвилі 290-320 нм. Проте якщо екранувальний ефект рогового шару епідермісу виражений слабо, канцерогенну активність виявляє також випромінювання з довжиною хвилі 254 нм, а у присутності фотосенсибілізаторів – з довжиною хвилі 365 нм. Тривалий вплив УФВ Сонця або штучних джерел у дозах, що значно перевищують порогову дозу еритемної опроміненості, спричинює опіки, дерматит, альтерацію, деградацію колагену, розвиток ерозій, виразок, доброякісних, а також недоброякісних пухлин (епідермоїдного та мезенхімального генезу). Розвиток ракових пухлин, як правило, можливий лише тоді, коли початкова еритемна доза збільшена за МЕД у 40 і більше разів і продовжує збільшуватись за межі пристосованості організму. Канцерогенна дія проявляється в умовах жаркого тропічного клімату та на виробництвах з високими рівнями та тривалою дією технічних джерел УФР (електрозварювання тощо).

## Методи вимірювання УФ радіації

**1. Інтегральний (сумарний)** потік радіації Сонця вимірюється піранометрами (наприклад, піранометр Янишевського) і виражається в  $\frac{\text{мкал}}{\text{см}^2 \cdot \text{хв}}$ . Сонячна постійна дорівнює  $2 \frac{\text{мкал}}{\text{см}^2 \cdot \text{хв}}$  на границі атмосфери і  $1 \frac{\text{мкал}}{\text{см}^2 \cdot \text{хв}}$  на рівні Землі.

**2. Біологічний (еритемний) метод** – визначення еритемної дози за допомогою біодозиметра М.Ф. Горбачова (мал. 2.2). Еритемна доза (ЕД) або біодоза – найменший термін УФ опромінення незасмаглої шкіри у хвилинах, після якого через 15-20 годин (у дітей через 1-3 години) з'являється виразне почервоніння шкіри (еритема).

Біодозиметр М.Ф. Горбачова являє собою планшетку з 6-ма отворами (1,5× ×1,0 см), котрі закриваються рухомою пластинкою. Для визначення еритемної дози біодозиметр закріплюють на незасмаглій частині тіла (внутрішня частина передпліччя). Доцільно помітити на шкірі (кульковою ручкою) розташування і номер віконця. Досліджувану ділянку шкіри розташовують на відстані 0,5 м від штучного джерела УФР (після прогріву лампи 10-15 хв.) і відчиняють кожне віконце на 1 хвилину. Таким чином,

віконце № 1 опромінюється 6 хв., № 2 – 5 хв., № 3 – 4 хв., № 4 – 3 хв., № 5 – 2 хв., № 6 – 1 хв. В залежності від потужності джерела та інших умов час опромінення і відстань до джерела можуть бути іншими.

Контроль появи еритеми проводять через 18-20 годин після опромінення. Еритемну дозу визначають у хвилинах за номером віконця, де еритема буде найменшою.

Фізіологічна доза складає  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{4}$  еритемної, а профілактична –  $\frac{1}{8}$  еритемної дози.

Профілактичну дозу на необхідній для опромінення пацієнтів відстані розраховують за формулою:

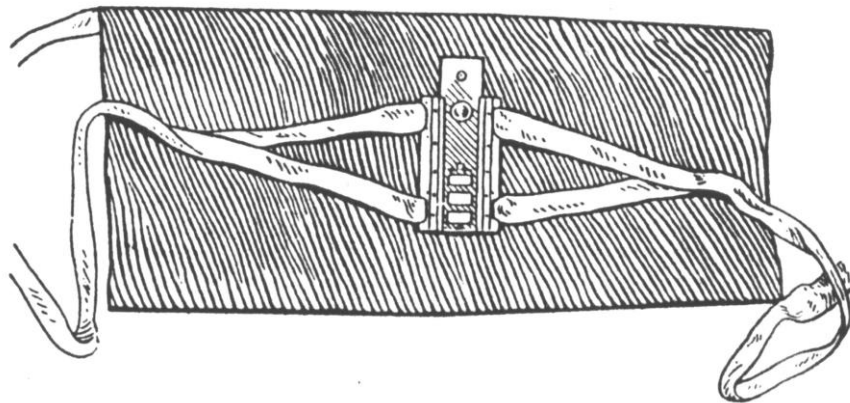
$$X = \left( \frac{B}{C} \right)^2 \cdot A \cdot \frac{1}{8} \text{ хв}$$

де: B – відстань від лампи до пацієнта в м;

C – стандартна відстань в м, на якій визначається еритемна доза (0,5 м);

A – еритемна доза на стандартній відстані, хв.

**Примітка:** як відмічено раніш, студенти один у одного на занятті лише опромінюють шкіру через дозиметр Горбачова, на шкірі кульковою ручкою нумерують віконця, а через 18-20 годин самостійно визначають еритемну дозу, розраховують фізіологічну та профілактичну дозу, дані заносять у протокол, про результати роботи звітують на наступному занятті.



Мал. 2.2. Біодозиметр Горбачова.

**3. Фотохімічний (щавлевокислий) метод** розроблений З.Н.Куличковою і оснований на розкладанні щавлевої кислоти у присутності азотнокислого уранілу пропорційно інтенсивності та тривалості УФ опромінення її титрованого розчину.

Результат вимірювання виражається у кількості міліграмів розкладеної щавлевої кислоти на  $1 \text{ см}^2$  поверхні розчину, яка опромінювалась. Одній еритемній дозі відповідає 3,7- 4,1  $\text{мг}/\text{см}^2$  розкладеної щавлевої кислоти, фізіологічній дозі – 1  $\text{мг}/\text{см}^2$ , профілактичній дозі – 0,5  $\text{мг}/\text{см}^2$ .

Інтенсивність ультрафіолетової радіації за цим методом визначається в мг розкладеної щавлевої кислоти на 1 см<sup>2</sup> поверхні розчину за одиницю часу (доба, година).

**Реактиви:** 0,1 н. розчин щавлевої кислоти (6,3 г на 1 л дистильованої води); робочий 0,1 н розчин перманганату калію (3,16 г KMnO<sub>4</sub> в 1 л дистильованої води); робочий 0,1 н розчин щавлевої кислоти з азотнокислим уранілом (6,3 г щавлевої кислоти і 5,02 г азотнокислого уранілу в 1 л дистильованої води); 6 % розчин сірчаної кислоти (60 мл концентрованої кислоти на 1 л дистильованої води).

### Порядок дослідження:

1. Визначають титр 0,1 н. розчину KMnO<sub>4</sub> точним 0,1 Н розчином щавлевої кислоти (Т). Для цього в колбу для титрування відмірюють 25 мл розчину H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 25 мл 0,1 н. розчину щавлевої кислоти, підігрівають на водяній бані до 70°, титрують із бюретки 0,1 н. розчином KMnO<sub>4</sub> до появи ледь помітного рожевого кольору, не зникаючого на протязі 1 хв. Титр розраховують шляхом ділення кількості мл щавлевої кислоти на кількість мл розчину KMnO<sub>4</sub>, використаного на титрування.

2. Визначають початковий об'єм розчину KMnO<sub>4</sub> по робочому розчину щавлевої кислоти з уранілом (V<sub>1</sub>), який буде опромінюватись. Для цього замість розчину чистої щавлевої кислоти береться 25 мл робочого розчину щавлевої кислоти з азотнокислим уранілом. Титрування проводять аналогічно.

3. Експозиція робочого розчину у досліджуваному місці для визначення інтенсивності УФР. В затемнену чорним папером кварцову пробірку з світловим вікном у папері певного розміру наливають 25 мл робочого розчину щавлевої кислоти з азотнокислим уранілом.

Закрита корком пробірка виставляється в штативі на відкритій ділянці для вимірювання УФР Сонця і небосхилу на добу або на певну кількість годин, або ж у відповідному місці під джерелом штучної УФР (лампа ЛЕ-30, ПРК та інші). Після експозиції пробірка зберігається у світлонепроникному футлярі.

Примітка: Для прискорення роботи студенти отримують готовий робочий розчин, експонований лабораторією.

4. Визначення об'єму розчину KMnO<sub>4</sub> по робочому розчину щавлевої кислоти з азотнокислим уранілом після експозиції (V<sub>2</sub>) виконується аналогічно описаному вище. Різниця між початковим об'ємом розчину KMnO<sub>4</sub> і його об'ємом після експозиції робочого розчину щавлевої кислоти показує, скільки щавлевої кислоти розклалось під дією УФР.

Інтенсивність УФР вимірюють в мг розкладеної щавлевої кислоти на 1см<sup>2</sup> поверхні світлового вікна пробірки за годину.

Розрахунок здійснюється за формулою:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot T \cdot 6,3}{S \cdot t},$$

де: Т –титр 0,1 н. розчину KMnO<sub>4</sub> по щавлевій кислоті;

$V_1$  і  $V_2$  – об'єми розчину  $KMnO_4$ , витрачені на титрування щавлевої кислоти з азотнокислим уранілом, відповідно, до і після опромінення УФР, мл;

6,3 – кількість мг щавлевої кислоти в 1 мл 0,1 н. розчину;

$S$  – площа світлового вікна кварцової пробірки,  $cm^2$ ;

$t$  – термін експозиції пробірки під джерелом УФР, годин (від Сонця) чи хвилин (від штучного джерела УФР).

Примітка. При вимірюванні дози УФР результат вимірювання виражають у кількості розкладеної щавлевої кислоти на  $cm^2$  за хвилину (від штучного джерела) чи за годину (від Сонця).

**Приклад висновку.** Інтенсивність УФР Сонця і небосхилу, за результатами визначення складає  $1,3 \text{ мг}/cm^2 \cdot \text{годину}$  розкладеної щавлевої кислоти, що відповідає 0,3 еритемної дози. Людині щодоби потрібно отримати не менше  $1/8$  еритемної дози, для цього вона повинна знаходитись просто неба не менше, ніж 24 хв.

**4. Фізичний (фотоелектричний) метод** – вимірювання інтенсивності УФ радіації ультрафіолетметром (скорочено – уфіметром). Уфіметр – фізичний прилад з магнієвим (для діапазону 220-290) або сурм'яно-цезієвим (290-340 нм) фотоелементом. Результати вимірювання виражаються в  $\frac{mBt}{m^2}$  або  $\frac{mKBt}{cm^2}$ .

У зв'язку з тим, що еритемний ефект різний при різних довжинах хвиль, а найбільший при  $\lambda=297$  нм, введена еквівалентна цій довжині одиниця – мікроер, тобто  $1 \text{ мкер} = 1 \frac{mKBt}{cm^2}$  при  $\lambda=297$  нм. При інших довжинах хвиль результат вимірювання в  $\frac{mKBt}{cm^2}$  множать на відносну біологічну ефективність (ВБЛЕ) (табл. 1).

Наприклад, інтенсивність УФР, виміряна уфіметром, дорівнює  $6 \frac{mKBt}{cm^2}$ , з них  $4 \frac{mKBt}{cm^2}$  при  $\lambda=297$  нм, а  $2 \frac{mKBt}{cm^2}$  при  $\lambda=310$  нм. Звідси доза опромінювання складає:  $4 \times 1 + 2 \times 0,03 = 4,06$  мкер. Встановлено, що 1 ЕД=700-1000 мкер; 1 профілактична доза – 100 мкер.

Таблиця 1

**Відносна біологічна ефективність УФР різних діапазонів**

Довжина хвилі, нм	320	310	300	297	280	250	180
Відносна біологічна ефективність	0,01	0,03	0,5	1,0	0,75	0,43	0,18

Аналогічно до викладеного вище, бактерицидний ефект найбільший при довжині хвилі 254 нм, а при інших довжинах хвилі знижується, тому введена одиниця мікробакт.

1 мікробакт =  $1 \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$  при  $\lambda=254$  нм, а при інших довжинах хвилі результат вимірювання в  $\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$  множать на коефіцієнт відносної бактерицидної ефективності (ВБцЕ) (табл. 2).

Таблиця 2

### Відносна бактерицидна ефективність

Довжина хвилі, нм	320	300	280	254	220	180	100
Відносна бактерицидна ефективність	0,02	0,08	0,45	1,0	0,84	0,76	0,74

Існує кілька типів уфіметрів. Нижче приведена інструкція до використання дозиметра УФ радіації автоматичного ДАУ-81 для вимірювання інтенсивності УФР і дози опромінювання .

Дозиметр ДАУ-81 призначений для вимірювання енергії випромінювання в межах до  $500 \text{ Вт/м}^2$  і дози опромінення в діапазоні від  $10 \text{ Дж/м}^2$  до  $15 \text{ МДж/м}^2$  в межах кутів падіння випромінювання  $\pm 80^\circ$  штучними джерелами випромінювання: бактерицидного діапазону УФР-ДБ в спектральній області від 0,22 до 0,28 мкм (обл. С); лампами ЛУФ-40, ЛУФ-80 в спектральній області від 0,32 до 0,40 мкм (видиме світло).

Дозиметр ДАУ-81 складається з блоку вимірювання і перетворювачів: – первинного (УФ-С) з фотоелементом Ф-29, який працює в спектральній області 0,22-0,28 мкм (обл. С); – первинного (УФ-А) з фотоелементом Ф26 з комплектом світлофільтрів УФ і СЗС23, що забезпечують вимірювання в спектральній області 0,32-0,40 мкм (обл. А); – первинного (ФАР) з фотоелементом Ф25 з комплектом світлофільтрів СЗС25 і ЗС4, що забезпечують вимірювання в спектральній області 0,38-0,71 мкм (видиме світло).

**Підготовка дозиметра до роботи.** Підключіть до блоку вимірювання перетворювач первинний, відповідний вибраній спектральній області (С, А чи видимого), а кабель управління джерелом випромінювання (УФ лампою) до системи управління.

Ввімкніть прилад в електромережу. Прилад готовий до вимірювання, якщо при натисканні кнопки “Сеть” стрілка на вимірювальному приладі відхиляється від нуля.

**Порядок роботи.** Ввімкніть дозиметр, натиснувши кнопку “Сеть”.

Ручкою “Уст. 0” встановіть стрілку мікроамперметра на нульову позначку, перед тим натиснувши клавішу перемикача меж випромінювання енергетичної освітлюваності “10” (перетворювач первинний закритий).

Натисніть клавішу “500”. Зніміть кришку з первинного перетворювача. Перевірте показники мікроамперметра. Якщо показники становлять менше  $\frac{1}{5}$  шкали, переходьте на більш чутливий режим, послідовно натискаючи клавіші “100”, а потім “10”.

Встановіть за датчиком необхідну дозу опромінення .

Натисніть кнопку “Сброс”. На лічильнику повинні встановитися нулі.

При досягненні заданої дози (співпадання з показником індикатора дози) спрацює звукова сигналізація та поступить сигнал на вимикання джерела випромінювання (УФ лампи).

Змініть показання звукового сигналу, знову натисніть кнопку “Сброс”. На табло знову засвітяться нулі.

Після встановлення необхідної дози опромінення на датчику дозиметр знову готовий до роботи.

**5. Розрахункові методи** визначення інтенсивності УФ радіації.

Розрахунок еритемного потоку маячного (пересувного) опромінювача ЛЕ-10 проводять за формулою:

$$\mathcal{F}_{\text{опромінювача}} = 5,4 \cdot S \cdot H/t,$$

де:  $\mathcal{F}$  – загальний (сумарний) еритемний потік опромінювача, мер/м<sup>2</sup> · хв;

5,4 – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

t – тривалість роботи опромінювача, хв;

H – доза профілактичного УФ опромінення, мер/м<sup>2</sup> · хв.

Значення **H**: - при 1 ЕД = 800 мкер  $\left(\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}\right) = 5000 \text{ мер/м}^2 \cdot \text{хв};$

- при  $\frac{1}{2}$  ЕД = 400 мкер  $\left(\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}\right) = 2500 \text{ мер/м}^2 \cdot \text{хв};$

- при  $\frac{1}{4}$  ЕД = 200 мкер  $\left(\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}\right) = 1250 \text{ мер/м}^2 \cdot \text{хв};$

- при  $\frac{1}{8}$  ЕД = 100 мкер  $\left(\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}\right) = 625 \text{ мер/м}^2 \cdot \text{хв}.$

**Примітка:** Розрахунок доз профілактичного УФ опромінення при проведенні сонячних та небесних ванн за допомогою таблиць приведений в наступній темі № 3 “Методика використання УФ випромінювання з метою профілактики захворювань та санації повітряного середовища

## **5. Матеріали для самоконтролю:**

### **Задачі для самоконтролю:**

5.1. Ледь помітне почервоніння (еритема) на шкірі передпліччя через 20 годин після локального опромінення лампою ЛЕ-30 розвинулось під другим віконцем біодозиметра Горбачова, через яке опромінення здійснювали протягом 5 хвилин. Розрахуйте інтенсивність УФР в біологічних, фотохімічних, фізичних одиницях. Чому буде дорівнювати фізіологічна та профілактична доза в цих же одиницях?

5.2. Одержання еритемної дози УФО від лампи ЛЕ-30 забезпечується протягом 4 хвилин на відстані 2 м від джерела. Розрахуйте, яка тривалість опромінення повинна бути для отримання профілактичної дози на відстані 4 м від лампи.

## **6. Рекомендована література.**

### **6.1. Основна:**

6.1.1. Гігієна та екологія. Підручник. /За редакцією В.Г.Бардова. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – С. 33-42.

6.1.2. Основи екології: підручник для студ. вищих навч. закладів / [В.Г.Бардов, В.І.Федоренко, Е.М.Білецька та ін.]; за ред. В.Г.Бардова, В.І.Федоренко. – Вінниця: Нова Книга, 2013. – С. 88- 90.

6.1.3. Загальна гігієна. Пропедевтика гігієни. /Є.Г.Гончарук, Ю.І.Кундієв, В.Г.Бардов та ін./ За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – С. 207-239.

6.1.4. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены. /Е.И.Гончарук, Ю.И.Кундиев, В.Г.Бардов и др. – К.: Вища школа, 2000 – С. 254-289.

6.1.5. Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян Г.Х. Гигиена. – К.: 1983 – С. 31-36.

6.1.6. Загальна гігієна. Посібник до практичних занять. /І.І.Даценко, О.Б.Денисюк, С.Л.Долошицький та ін. /За ред І.І.Даценко – Львів.: “Світ”, 1992 – С. 48-50.

6.1.6. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене./ Пивоваров Ю.П., Гоева О.Э., Величко А.А. – М.: Медгиз, 1983 – С.199-204.

### **6.2. Додаткова:**

6.2.1. Минх А.А. Методы гигиенических исследований. – М.: Медицина, 1971 – С. 42-48.