

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПЕКТРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЕГО ИСКУССТВЕННЫХ АНАЛОГОВ

Учебное пособие

Под редакцией
А.Г. Черток



Владивосток
Медицина ДВ
2018

ISBN 978-5-98301-148-9



9 785983 011489



Издательство «Медицина ДВ»
690950 г. Владивосток, пр-т Острякова, 4
Тел.: (423) 245-56-49, E-mail: medicinaDV@mail.ru

Министерство здравоохранения Российской Федерации
Тихоокеанский государственный медицинский университет

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПЕКТРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЕГО ИСКУССТВЕННЫХ АНАЛОГОВ

Учебное пособие

Рекомендовано Координационным советом по области образования «Здравоохранение и медицинские науки» в качестве учебного пособия для использования в образовательных учреждениях, реализующих основные профессиональные образовательные программы высшего образования по направлению подготовки специалитета по специальности 32.05.01 «Медико-профилактическое дело»

Под редакцией
А.Г. Черток



Владивосток
Медицина ДВ
2018

УДК 613.165(075.8)
ББК 51.201.1я73
Ф504

*Издано по рекомендации редакционно-издательского совета
Тихоокеанского государственного медицинского университета*

Рецензенты:

Турчанинов Д.В. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гигиены,
гигиены питания человека Омского государственного
медицинского университета

Лемешевская Е.П. – д.м.н., профессор кафедры гигиены
Иркутского государственного медицинского университета

Авторы:

Черток А.Г., Транковская Л.В., Ковальчук В.К.,
Семанив Е.В., Грицина О.П

Ф504 **Физиолого-гигиеническая оценка спектра солнечного излучения
и его искусственных аналогов:** учебное пособие / Под ред. А.Г. Черток. –
Владивосток : Медицина ДВ, 2018. – 96 с.

ISBN 978-5-98301-148-9

Настоящее учебное пособие имеет многоцелевое назначение как на додипломном так и последипломном этапах подготовки специалистов с учетом требований основных профессиональных образовательных программ по специальностям Лечебное дело, Педиатрия, Медико-профилактическое дело, Фармакология, Стоматология.

Необходимость создания учебного пособия обусловлена отсутствием в имеющейся учебно-методической литературе систематизированного подхода по гигиенической оценке спектров солнечной радиации, являющихся неотъемлемой частью среды обитания человека, не представлены наиболее информативные методы оценки влияния их на организм, имеют место различные толкования понятий, терминов.

УДК 613.165(075.8)
ББК 51.201.1я73

ISBN 978-5-98301-148-9

© Черток А.Г., 2018
© «Медицина ДВ», 2018

Список сокращений

ИФК	– инфракрасное излучение
УФИ	– ультрафиолетовое излучение
МВт	– мегаватт
Лк	– люкс
Нм	– нанометр
ПК	– профессиональная компетенция
ДНК	– дезоксирибонуклеиновая кислота

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных факторов среды обитания человека являются различного рода излучения, представленные как естественными источниками, так и искусственными. Они разнообразны и многочисленны. Среди представителей группы неионизирующих излучений большой интерес представляют инфракрасные и ультрафиолетовые излучения, оказывающие как положительное, так и негативное действие на живые организмы. Эти излучения составляют внушительный процент естественной среды обитания человека, поскольку источником жизни на Земле служит Солнце, в спектре которого они и представлены.

Кроме того, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения – часть производственной среды. Например, инфракрасное излучение считается одним из факторов формирующих производственный микроклимат, и оказывает значительное воздействие на процессы теплообмена и механизмы терморегуляции.

УФ-излучение – постоянно действующий фактор внешней среды, оказывающим мощное воздействие на многие физиологические процессы, протекающие в организме. Также оно сыграло важную роль в эволюционных процессах, протекавших на Земле. Прежде всего, УФ-излучение наряду с космическими лучами и радиоактивными элементами земной коры, с электрическими разрядами в атмосфере, извержениями вулканов и ударами метеоритов, способствовало абиогенному синтезу органических соединений на Земле. Мутагенное действие УФ-излучения на простейшие формы жизни стимулировало ход биологической эволюции, содействовало увеличению разнообразия жизненных форм. В ходе эволюции земные организмы приобрели способность потреблять для своих нужд энергию различных частей солнечного спектра.

Инфракрасное и ультрафиолетовое излучения находят широкое применение в медицинской практике для лечения и профилактики ряда заболеваний, и практическое использование их требует определенных теоретических знаний врача. Таким образом, актуальность публикации данного пособия обусловлена следующими причинами:

1. Изучение гигиенических аспектов этих видов излучений, как среды обитания человека, предусмотрено рядом компетенций ФГОС, которыми должны владеть будущие специалисты лечебного, педиатри-

ческого, медико-профилактического, фармакологического, стоматологического профилей.

2. Отсутствие в теоретическом и методическом обеспечении подготовки студентов систематизированного, кратко представленного дидактического материала, помогающего усвоению проблем, связанных с инфракрасным и ультрафиолетовым излучением, которые служат не только факторами естественной среды обитания человека, но и профессиональными.

Глава 1.

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ, МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОГО (ИНФРАКРАСНОГО) ИЗЛУЧЕНИЯ

Природа инфракрасного излучения

Согласно научной терминологии, инфракрасным излучением принято называть электромагнитное излучение, у которого длина волны больше красного конца видимого света, но меньше микроволнового радиоизлучения. В числовом выражении ее длина может быть равна от 0,74 мкм до 1-2 мм. Открытие инфракрасного излучения является заслугой астронома Уильяма Гершеля, который совершил его в 1800 году. Занимаясь исследованием Солнца, Гершель искал способ уменьшения нагрева инструмента, с помощью которого велись наблюдения. Определяя посредством термометров действия разных участков видимого спектра, Гершель обнаружил, что «максимум тепла» лежит за насыщенным красным цветом и, возможно, «за видимым преломлением». Это исследование положило начало изучению инфракрасного излучения. Многим оно известно как «тепловое излучение». Инфракрасные волны мало отличаются от обычного света, поэтому они обладают и схожими свойствами. Когда свет достигает предмета, происходит его отражение в первоначальную точку. В случае же с инфракрасными волнами наблюдается их полное поглощение телом, в результате образуется тепловая энергия.

Инфракрасные волны бывают трех типов:

- короткие (0,76-2,5 мкм или 760-2500 нм);
- средние (2,5- 50мкм или 2500 -50000 нм);
- длинные (50 – 2000 мкм или 50000-2 000000нм).

Инфракрасное излучение подчиняется следующим основным законам, установленным применительно к абсолютно черному телу (т.е. поглощающему все направленное на него излучение):

1. Лучеиспускание вызывается только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды (**закон Прево-Кирхгофа**).

2. С повышением температуры излучающего тела мощность излучения увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры (**закон Стефана- Больцмана**): $E = KT^4$,

где E – мощность излучения; K – константа $= 1,38 \times 10^{-12}$ малых калорий в секунду.

3. Произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны излучения с максимальной энергией есть величина постоянная (**закон Вина – закон смещения**): $\lambda_{\text{макс}} \times T = K$,

$K=2960$, если $\lambda_{\text{макс}}$ выражается в микронах.

Из этих законов вытекает, что с повышением температуры излучающего тела:

а) возрастает энергия излучения во всех участках спектра;

б) максимум энергии излучения перемещается в сторону волн с меньшей длиной.

Эти законы имеют важное гигиеническое значение, так как, исходя из закона смещения Вина и данных о температуре излучающего тела, можно составить представление о спектральной характеристике излучающего тела, а значит – о биологическом действии такого источника излучения.

Инфракрасные волны излучают все предметы, которые нас окружают, а происходит это в момент их нагрева до определенной температуры. Среди наиболее известных источников стоит назвать Солнце. Именно здесь находится источник энергии, которую Солнце непрерывно излучает в пространство в виде света и тепла.

От Солнца на земной шар непрерывно поступает поток излучений мощностью $1,8 \times 10^{11}$ МВт. На границе земной атмосферы количество энергии солнечного излучения равно $8,12$ кДж/($\text{см}^2 \times \text{мин}$), что соответствует 137000 лк. Одной из главных химических реакций, происходящих в атмосфере под воздействием солнечного излучения, является образование озона, основная масса которого сосредоточена на высоте 25 км. Озон образуется в стратосфере под воздействием коротковолнового солнечного излучения ($\lambda < 240$ нм), т.е поглощает большую часть губительного для живого излучения, выполняя роль защитного экрана. Различают солнечное излучение *прямое*, исходящее непосредственно от Солнца, *рассеянное* – от небесного свода и *отраженное* – от поверхности различных объектов.

В солнечном спектре на инфракрасную радиацию приходится 59% энергии, на видимый свет – 40% , ультрафиолетовое излучение – 1% .

Однако указанное распределение может изменяться в значительной степени в зависимости от многих факторов: широты местности, времени года, облачности, времени дня, загрязнения атмосферы и т.д. и т.п.

Источником ИФК служат все тела, если их температура выше абсолютного нуля (-273°)

Итак, в зависимости от температуры излучателя, формируются ИФК разной длины, интенсивности и проникающей способности, что и определяет действие на живой организм.

Инфракрасные лучи обладают очень низкой частотой. Эти лучи создают тепло и в науке известны как термические волны. Тепло, которое мы ощущаем от солнечного света, огня, обогревателя или теплого асфальта – все является следствием инфракрасного излучения. Инфракрасные длины волн делятся на три составляющих – ближние, средние и дальние инфракрасные волны. Такой, достаточно широкий диапазон ИФК, делят на три части:

- длинные волны, излучаемые от предметов с температурой до 300° ;
- средние – до 600° ;
- короткие – более 800° .

Ближние инфракрасные лучи совсем не горячие, фактически мы даже их не чувствуем. Эти длины волн используются, например, в пультах дистанционного управления для телевизоров. Их частота больше, и соответственно их энергия выше, чем у дальних инфракрасных лучей, но не на таком уровне, чтобы повредить организму.

Тепло же начинает создаваться на средних инфракрасных длинах волн, и их энергию мы можем чувствовать. Представьте себе горячую конфорку. После ее выключения, когда мы уже не видим раскаленную до красного свечения спираль, мы ощущаем тепло. Это – средние инфракрасные лучи, энергию которых могут чувствовать наши нервные окончания.

Дальние инфракрасные волны находятся на краю инфракрасного спектра, обладают наименьшим уровнем энергии и создают тепло.

Действие инфракрасного излучения

Длинные инфракрасные лучи (1,4-10 мкм) поглощаются верхним 2-миллиметровым слоем кожи. Особенно сильно поглощаются лучи с длиной волны 6-10 мкм, вызывая «калящий эффект». Воздействие инфракрасного излучения на организм проявляется как общими, так и местными реакциями. Местная реакция сильнее выражена при облучении длинноволновыми инфракрасными лучами, поэтому при одной и той же интенсивности облучения время переносимости коротковолнового

инфракрасного излучения больше, чем длинноволнового. Степень повышения температуры кожи в ответ на инфракрасное облучение находится в зависимости от его интенсивности. Инфракрасное облучение интенсивностью 949 Вт/м^2 вызывает ощущение жары, жжения и повышение температуры кожи до $40\text{-}41^\circ\text{C}$. При интенсивности инфракрасного облучения 1717 Вт/м^2 и более температура кожи повышается на $10\text{-}11^\circ\text{C}$ и появляется нетерпимое жжение кожи. Наряду с ростом температуры облучаемой поверхности тела (в зависимости от времени облучения и одежды) наблюдается рефлекторное повышение температуры на удаленных от области облучения участках. Происходит также рефлекторное изменение частоты пульса на фоне неизменной температуры тела. При облучении различных участков тела инфракрасным излучением интенсивностью $698\text{-}1396 \text{ Вт/м}^2$ частота пульса увеличивалась на $5\text{-}7$ ударов в 1 мин. Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется в первую очередь высокой температурой кожи. Болевое ощущение возникает при температуре кожи $40\text{-}45^\circ\text{C}$ (в зависимости от участка). В основе биологического действия инфракрасного излучения лежит не только рефлекторный процесс, связанный с чисто тепловым эффектом, но и сдвиги в молекулярной структуре клетки, вызванные поглощением квантов инфракрасного излучения.

Коротковолновое инфракрасное излучение обладает более выраженным общим действием за счет большей глубины проникновения в ткани тела. Поглощаясь, лучи инфракрасного излучения вызывают внутримолекулярные колебания, значительно увеличивающие скорость протекания биохимических реакций. Основная часть энергии, превращаясь в тепловую, а также энергию фотохимических реакций, под влиянием инфракрасного излучения в коже, крови, цереброспинальной жидкости образуются высокоактивные вещества белкового происхождения (типа гистамина, холина, аденозина). Происходит также изменение обмена веществ в виде нерезкого снижения потребления кислорода, повышается содержание азота, уровня натрия и фосфора в крови, снижается поверхностное натяжение крови. Под влиянием инфракрасного излучения снижаются титр антител и фагоцитарная активность лейкоцитов. Эти сдвиги больше выражены при прерывистом облучении. Наблюдаются изменения в симпатoadреналовой и гипофизарно-адреналовой системах, свидетельствующие о напряжении в этих системах. Сосудистая реакция протекает в зависимости от интенсивности и спектрального состава инфракрасного излучения – коротковолновая вызывает расширение сосудов, длинноволновая – сужение. Артериальное давление изменяется при интенсивности излучения с 1138 Вт/м^2 при температуре воздуха 24°C и с 775 Вт/м^2 при температуре 50°C . Повышение артериального давления обусловлено,

видимо, некоторым сужением периферических сосудов и увеличением минутного объема крови. Изменения в организме под воздействием инфракрасного излучения зависят от его интенсивности, спектрального состава, площади и зоны облучения. Так, наибольший эффект наблюдается при облучении области шеи, верхней половины туловища. Имеет весьма существенное значение повторяемости излучения. Так, при одинаковом суммарном времени инфракрасного излучения реакция организма в значительной степени зависит от продолжительности однократного облучения и соотношения времени облучения и пауз. При действии инфракрасной радиации могут развиваться патологические состояния у отдельных лиц в связи с профессиональной деятельностью: солнечный удар, повреждения кожи, глаз (катаракта). Инфракрасные лучи, оказывая тепловой эффект на глаза, могут вызывать ряд изменений: конъюнктивиты, помутнение и васкуляризацию роговицы и др. Длительное воздействие (10-20 лет) коротковолновой инфракрасной радиации большой интенсивности на глаза может вызвать поражение хрусталика – «инфракрасная катаракта» у сталеваров. Изменения на коже выражены эритемой, при интенсивном облучении может быть ожог, при длительном воздействии на коже может развиваться коричнево-красная пигментация. Солнечный удар может возникнуть при работах на открытом воздухе, в результате интенсивного прямого облучения головы инфракрасным излучением коротковолнового диапазона (1-1,4 мкм), следствием чего бывает тяжелое поражение оболочек и мозговой ткани вплоть до выраженного менингита и энцефалита. Клиническая картина солнечного удара характеризуется общей слабостью, головной болью, головокружением, шумом в ушах, беспокойством, расстройством зрения, тошнотой, рвотой. В тяжелых случаях – помрачнение сознания, резкое возбуждение, галлюцинации, бред, потеря сознания. Температура тела при этом, в отличие от теплового удара, нормальная или незначительно повышена.

Чрезвычайно важной особенностью воздействия ИФК-излучения является способность проникать на разную глубину и поглощаться соответствующими тканями в зависимости от длины волны. Длинные ИФК-лучи задерживаются в поверхностных слоях кожи в значительной степени уже на глубине 0,1-0,2 мм. Короткие ИФК-лучи (0,7-1,4 мк) проникают в ткани человеческого тела на несколько сантиметров. Короткие инфракрасные лучи проходят через кожу и кости черепа и достигают мозговых оболочек, вызывая их воспаление и развитие состояний, сходных по клинической картине с энцефалитом и менингитом. Коротковолновые инфракрасные лучи действуют непосредственно на различные клеточные структуры органов и тканей. Детально изучено

проникновение ИФК-излучения в глазных средах. Максимум излучения, достигающего роговицы и передней камеры глаза, приходится на короткие лучи с длиной волны 1,5-1,7 мкм, а максимум излучения, достигающего хрусталика, на длину волны около 1,3 мкм. Коротковолновое излучение в значительном количестве поглощается хрусталиком, радужной и сосудистой оболочками. К острым нарушениям органов зрения относится ожог конъюнктивы, помутнение и ожог роговицы, ожог ткани передней камеры глаза. При остром интенсивном и длительном облучениях ИФК возможно образование катаракты. Интенсивность и характер биологического воздействия ИФК-лучей, зависит от предшествующего состояния организма, тренированности облучаемой поверхности к инфракрасным лучам, площади облучения, его продолжительности и периодичности, и от сопутствующих факторов среды.

Помимо местного воздействия на организм, ИФК-излучение оказывает и универсальное действие. Общая реакция на облучение проявляется в повышении температуры кожи, не только на облучаемой поверхности, но и на отдаленных от места облучения участках. Чем мощнее пучок излучения, тем быстрее фиксируется максимум температуры на облучаемом участке кожи. При одной и той же мощности излучения температура кожи повышается тем меньше, чем короче длина волны.

При облучении коротковолновыми инфракрасными лучами проникающими вглубь, также наблюдается повышение температуры легких, головного мозга, почек, мышц, желез. При этом температура тела меняется незначительно, лишь при выполнении тяжелой мышечной нагрузки она возрастает на 1,5°-2°. Повышение температуры отмечается вследствие облучения обширной поверхности кожи, при нарушении процессов терморегуляции.

При остром повреждении кожи возможно резкое расширение капилляров, покраснение, ожоги и пигментация. Хроническое облучение ИФК приводит к стойкой эритемоподобной пигментации (красный цвет лица и др. открытых участков кожи).

Под влиянием ИФК-излучения наблюдается образование в коже, крови, спинномозговой жидкости специфических биологически активных веществ типа гистамина, холина, аденозина. Увеличивается активность холинэстеразы, усиливается секреторная функция желудка, поджелудочной и слюнных желез. Происходит изменение обмена веществ в виде нерезкого снижения потребления кислорода, повышенного содержания азота в крови, увеличенного расщепления белка. Во время облучения и сразу после него происходит снижение поверхностного

натяжения крови. В зависимости от интенсивности и спектрального состава ИФК протекает сосудистая реакция: коротковолновая вызывает расширение сосудов, длинноволновая – сужение.

Инфракрасное облучение оказывает влияние на функциональное состояние центральной нервной системы – происходят изменения, свидетельствующие о преимущественном развитии тормозного процесса: затруднение передачи нервного возбуждения в синапсах, с электрической возбудимости глаза, увеличение скрытого времени зрительно-моторной реакции, угасание условно-рефлекторных сосудистых реакций. Меняется и нервно-мышечная возбудимость.

Среди рабочих горячих цехов, в которых наблюдается высокая интенсивность ИК-излучения, уровень заболеваемости сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения в 2-2,5 выше, чем у работающих в допустимых микроклиматических условиях. Кроме того, в 1,5-1,7 выше дистрофические изменения миокарда, в 7-8 раз выше артериальная гипертония. Удельный вес болезней системы кровообращения среди причин инвалидности рабочих-металлургов составляет 23,6%. Через 1 год работы в горячих цехах у людей наблюдается снижение иммунной реактивности. Процесс приспособления организма рабочих к высокой температуре воздуха сопровождается нарушениями в белковом обмене. У стажированных рабочих горячих цехов прослеживаются стойкие сдвиги в иммунореактивности организма, свидетельствующие о постоянном напряжении его функционального состояния, что ведет к росту заболеваний органов дыхания простудного характера. В цехах, где микроклимат характеризуется высоким уровнем ИК-излучения (до 1568 ± 240 Вт/м²) и высокой температурой воздуха ($32,5 \pm 2,0$ °C), у рабочих наблюдается достоверное увеличение относительного риска смерти от ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, болезней артерий, артериол и капилляров.

Естественные и искусственные источники ИФК-излучения

Инфракрасные (ИК) лучи выделяются всеми твердыми и жидкими телами, имеющими температуру выше точки абсолютного нуля (-273°С).

Естественным источником ИК лучей является Солнце (рис.1), спектр которого довольно широк (рис.2).

Обзор физических и химических свойств жизни должен начинаться не с земли, а с солнца, точнее с самого его центра. Именно здесь находится источник энергии, которую солнце непрерывно излучает в пространство в виде света и тепла (А.Л. Чижевский).

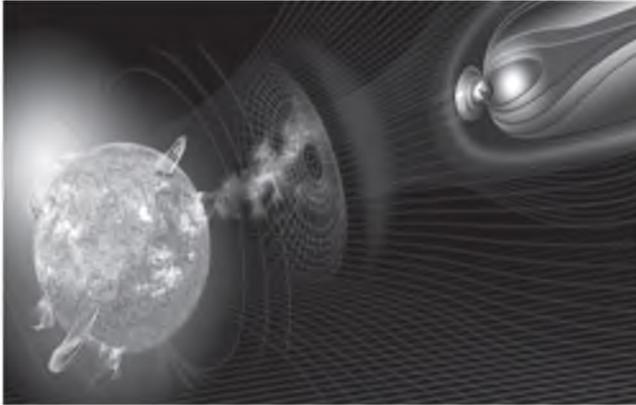


Рис. 1 Солнце – источник излучения.



Рис.2. Спектр солнечного излучения: гамма-излучение (0,01-1 нм), рентгеновское (1-100 нм), ультрафиолетовое (100-380 нм), видимое (380-760 нм), инфракрасное (760-200000 нм).

Диапазон инфракрасных лучей достаточно широк. Это волны с длиной от 7 и до 14 микрометра (мкм). Частичное поглощение и рассеяние инфракрасных лучей происходит в атмосфере Земли.

О масштабах инфракрасного солнечного излучения говорит тот факт, что на него приходится 58% всего спектра электромагнитных волн, исходящих от нашего светила. Такой, достаточно широкий диапазон ИК лучей делят на три части:

- длинные волны, излучаемые нагревателем с температурой до 300°C;

- средние – до 600°C;
- короткие – более 800°C.

Все эти волны излучаются возбужденными атомами (т. е. обладающими избыточной энергией), а также ионами вещества. Источником ИК излучения являются все тела, если их температура выше абсолютного нуля (минус 273°C). Летом в условиях реальной атмосферы на поверхности Земли наибольшая измеренная величина солнечной радиации в околополуденные часы составляет 1049 Вт/м². Например, в Якутске, Москве, Евпатории эти величины, соответственно, составляют 797, 812 и 776 Вт/м², при этом доля ИК-радиации – не менее 50%.

Если имеет место необходимость оценки солнечной радиации по ее тепловому эффекту (например, с целью разработки режимов труда и отдыха при выполнении работ на открытом воздухе), то измеряют суммарную, прямую и рассеянную солнечную радиацию.

Прямая солнечная радиация – солнечное излучение, достигающее уровня земной поверхности без каких-либо дополнительных задерживающих его факторов. **Рассеянная солнечная радиация** – это тепловое излучение облаков, отражающих прямые солнечные лучи. **Суммарная солнечная радиация** представляет собой сумму прямой и рассеянной радиации.

При оценке результатов измерения солнечной радиации по тепловому эффекту следует учитывать, что максимальный уровень ее на поверхности земли достигает 1,53 кал/см² х мин. У верхней границы атмосферы энергия инфракрасного излучения Солнца составляет 1,94 кал/см²×мин. Указанные величины необходимо учитывать не только при оценке фактических результатов измерения интенсивности лучистой энергии, но и для того, чтобы иметь возможность сравнительного анализа результатов теплового излучения от искусственных источников тепловой радиации.

При безоблачном небе интенсивность рассеянной радиации составляет 0,1–0,35 кал/см²×мин, в облачную погоду интенсивность ее значительно возрастает и достигает 0,7 кал/см²×мин за счет рассеивающего эффекта облаков. Соотношение прямой и рассеянной радиации в высоких и низких широтах представлено в таблице 1.

Таблица 1

Соотношение прямой и рассеянной солнечной радиации, %

Географические широты	Прямая радиация	Рассеянная радиация
Высокие	30-40	60-70
Низкие	60-70	30-40

В отдельных случаях возникает необходимость оценки и так называемой отраженной солнечной радиации (в частности, для решения вопроса характера покрытий на отдельных открытых рабочих площадках).

Отраженная солнечная радиация – это та часть радиации Солнца, которая отражается от поверхности Земли в атмосферу. Отраженная радиация характеризуется величиной альбедо e :

$$e = \frac{d}{r} \cdot 100, \text{ где}$$

e – альбедо, %;

d – энергия отраженного излучения, кал/см²×мин;

a – энергия падающего излучения, кал/см²×мин;

100 – перевод отношения в проценты.

Величина альбедо колеблется от 9 (почва) до 90% (свежевыпавший снег).

При оценке теплового эффекта как от естественных источников тепловой радиации, так и от искусственных ее источников (главным образом от искусственных) удобно пользоваться данными, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Пределы переносимости человеком тепловой радиации

Интенсивность потока лучистой энергии, кал/см ² × мин	Определение интенсивности	Пределы переносимости
0,4-0,8	Слабая	Переносится длительно
0,8-1,5	Умеренная	3-5 мин
1,6-2,3	Средняя	40-60 с
2,3-3,0	Повышенная	20-30 с
3,0-4,0	Сильная	12-24 с
4,0-5,0	Весьма сильная	7-10 с
Свыше 5,0	Очень сильная	2-5 с

Опытный исследователь с помощью данной таблицы может по субъективным ощущениям приблизительно дать оценку интенсивности тепловой радиации не только по ее определению, но и в кал/см²×мин.

В системе СИ интенсивность тепловой энергии измеряется в Вт/м² (для перевода в системные единицы существует соотношение 1 ккал/(м²×ч) = 1,163 Вт/м²). Однако большинство имеющихся прибо-

ров градуировано в традиционных единицах. Кроме того, многие литературные источники, в том числе учебные, также приводят данные в кал/см²×мин. Поэтому в настоящем учебном пособии данные приводятся в традиционных единицах измерения.

Искусственными источником ИК-излучения являются:

- угольная электрическая дуга с температурой около 3900° К, излучение которой близко к излучению черного тела;

- различные газоразрядные лампы (импульсные и непрерывного горения);

- спирали из нихромовой проволоки, нагреваемые до температуры ~ 950° К. Их применяют для радиационного обогрева помещений. Для лучшей концентрации инфракрасного излучения такие нагреватели снабжаются рефлекторами. В научных исследованиях, например, при получении спектров инфракрасного поглощения в разных областях спектра применяют специальные источники ИК-излучения:

- ленточные вольфрамовые лампы;

- штифт Нернста, который представляет собой тонкий стержень из различных металлических окислов, накаливаемый с помощью электрического тока. В состав стержня входят окислы, обладающие значительным избирательным ИК-излучением, например окиси церия, тория, циркония и др. Для него характерны: стабильность работы, отсутствие продуктов сгорания, способных портить аппаратуру, простота использования и интенсивное излучение с длинами волн до 15 мкм;

- глобар – стержень из карбида кремния диаметром 5 мм и длиной порядка 40 мм, нагреваемый пропускаемым через него электрическим током до температуры порядка 1400°С. Рабочий диапазон излучения от 0,8 до 25 мкм;

- ртутные лампы высокого давления;

- полупроводниковые ИК-диоды;

- оптические квантовые генераторы – лазеры, излучение некоторых также лежит в инфракрасной области спектра; например, излучение лазера на неодимовом стекле имеет длину волны 1,06 мкм, лазера на смеси неона и гелия – 1,15 мкм и 3,39 мкм, лазера на углекислом газе – 10,6 мкм, полупроводникового лазера на InSb – 5 мкм и др.

Среди источников искусственного излучения наиболее высокими температурами обладают электрические дуги (2000-4000°С). В лабораторных условиях могут быть достигнуты температуры до 20 000°С (ртутные лампы сверхвысокого давления). С повышением температуры излучающего тела изменяется и спектральный состав его излучения. Источник с преобладанием лучей длиной волны 1,1 мкм соответствует расплавленному металлу, а источник с преобладанием лучей длиной волны 3,4 мкм – металлу к кон-

цу прокатки,ковки.ИК-лучи(ИК-А)вдиапазонеот0,48до1,0мкмобладаютбольшойпроницаемостью:14%лучейэтойдлиныпроходятчерезкожу,1%лучейпроникаетчерезкости черепа и твердую мозговую оболочку. Следующие 2 области – ИК-В (γ макс от 1,4 до 3,0 мкм) и ИК-С (γ макс от 3,0 до 30 мкм) – длинноволновые. Производственные источники лучистой теплоты по характеру излучения можно разделить на четыре группы:

1) с температурой излучающей поверхности до 500°С (наружная поверхность печей и др.); их спектр содержит инфракрасные лучи с длиной волны 1,9-3,7 мкм;

2) с температурой поверхности от 500 до 1300°С (открытое пламя, расплавленный чугун и др.); их спектр содержит преимущественно инфракрасные лучи с длиной волны 1,9-3,7 мкм;

3) с температурой от 1300 до 1800°С (расплавленная сталь и др.); их спектр содержит, как инфракрасные лучи вплоть до коротких с длиной волны 1,2-1,9 мкм, так и видимые большой яркости;

4) с температурой выше 1800°С (пламя электродуговых печей, сварочных аппаратов и др.); их спектр излучения содержит, наряду с инфракрасными и видимыми, ультрафиолетовые лучи.

Итак, в зависимости от температуры излучателя формируются, ИК-лучи разной длины волны, интенсивности и проникающей способности, а от этого и зависит, как инфракрасное излучение воздействует на живой организм.

Применение инфракрасного излучения

Инфракрасные лучи широко распространены в жизни человека и нашли свое применение в разных сферах.

Современные ракеты и боеголовки, способные самостоятельно наводиться на цель, снабжены приборами ночного видения, работа которых основана на диапазоне инфракрасного излучения.

Инфракрасное излучение применяют для изучения перегретых или переохлажденных местностей и используют в астрономии для обнаружения небесных тел.

Большую популярность в быту получили инфракрасные обогреватели, функционирование которых направлено на нагрев предметов интерьера и стен, отдающих тепло пространству помещений.

Все существующие пульты для телевизора, печей, кондиционеров и т.д. снабжены инфракрасными лучами. Особо следует остановиться на широком использовании инфракрасных лучей в медицине.

В 1894 г. Келлог ввел в терапию электрические лампы накаливания, после чего инфракрасные лучи были с успехом применены при различных заболеваниях: лимфатической системы, суставов, грудной клетки (плевриты), органов брюшной полости (энтериты и т. д.), печени и желчного пузыря. Этими же лампами начали лечить неврологические заболевания (невриты, миалгии), кожные заболевания: фурункулы, абсцессы, экземы, оспы, рожистые воспаления, травматические повреждения (вывихи, переломы мышечные контрактуры). Влияние ИК-излучения на человека было изучено японским врачом Тадаши Ишикава в 60-х годах прошлого столетия. Он установил что ИК-лучи могут проникать в тело человека на большую глубину, вызывая аналогичный эффект получаемый человеком в парилке. Но в этом случае потоотделение кожи начинается уже при температуре окружающего воздуха около 50°C и внутренние органы прогреваются значительно глубже, чем в парилке. Инфракрасные волны, проникая в глубь тела человека, прогревают все его органы и усиливают кровообращение. Физическая терморегуляция перестраивается на увеличение теплоотдачи, в тоже время химическая терморегуляция приводит к уменьшению теплопродукции, что ведет к расширению сосудов кожи, подкожной клетчатки и органов дыхания, которые в свою очередь улучшают питание мышц и резко повышают снабжение тканей кислородом. Результатом этих работ стало создание инфракрасных кабин, в которых основным элементом обогрева были длинноволновые ИК-обогреватели. Позже было разработано различное медицинское оборудование на основе инфракрасного излучения: инфракрасные сауны, ИК-лампы различного характера, ИК-матрасы, ИК-одежды, различные вибромассажеры с ИК-излучением, инфракрасные массажные кровати и т. д.

Исследования свойств длинноволнового инфракрасного излучения, проведенные медицинскими лабораториями Японии, Южной Кореи, США и России подтвердили эффективное лечебное воздействие во многих областях.

Терапевтическое действие

Улучшает состояние мышц, суставов и тканей:

- способствует растяжению ткани при травмах сухожилий, связок и мышц, кроме того, глубокий прогрев рекомендуется применять перед тренировками и спортивными состязаниями в целях снижения опасности получения спортивных травм,
- снимает напряжение мышц, под действием излучаемого тепла мышцы расслабляются и исчезает напряжение, так же снижаются ишиасные боли неврологического характера,

- способствует снятию мышечного спазма: инфракрасное излучение вызывает рефлекторное ослабление тонуса поперечно-полосатой и гладкой мускулатуры, уменьшая боли, связанные с их спазмом, благодаря инфракрасному облучению происходит обильный приток крови к мышцам, что эффективно снимает боль от травм, снижая при этом спазматическое сокращение мышц (судороги),

- улучшают подвижность суставов и соединительной ткани.

Улучшает кровоснабжение:

- нагревание инфракрасными волнами расширяет сосуды, стимулируя улучшение циркуляции крови, особенно в периферийных областях, что сопровождается увеличением локального кровотока и возрастанием объема циркулирующей в тканях крови,

- инфракрасное тепло помогает уменьшить уровень холестерина в крови, что в свою очередь, значительно уменьшает риск заболеваний сердца (инфаркт, заболевания коронарных сосудов...), а также способствует нормализации кровяного давления,

- как дополнительный эффект, можно отметить, что в процессе расширения сосудов, происходит тренировка отвечающих за этот процесс мышц, в результате стенки сосудов становятся более подвижными и эластичными, улучшается микроциркуляция крови.

Оказывает противовоспалительное и обезболивающее действие:

- ускоряет процессы регенерации: активизирует восстановительные процессы в очаге воспаления, ускоряет грануляцию ран и трофических язв,

- инфракрасные лучи улучшают циркуляцию крови, а вызванная ИК-лучами гиперемия оказывает болеутоляющее действие. Также замечено, что хирургическое вмешательство, проведенное при инфракрасном излучении, обладает некоторыми преимуществами – легче переносятся послеоперационные боли, быстрее происходит регенерация клеток. К тому же инфракрасные лучи, по-видимому, позволяют избежать внутреннего охлаждения органов в случае открытой брюшной полости, что снижает вероятность операционного шока и его последствий.

- применение ИК-лучей у обожженных больных создает условия для удаления некроза и проведения ранней аутопластики, сокращает сроки лихорадки, выраженность анемии, частоту осложнений, предупреждает развитие внутрибольничной инфекции.

Оказывает косметическое и релаксирующее действие:

- антицеллюлитный эффект: активизация циркуляции крови в кожном покрове под воздействием проникающего инфракрасного

излучения приводит к расширению и очищению пор кожи, при этом удаляются отмершие клетки, а кожа становится гладкой, упругой и эластичной. Происходит очистка кожи, необходимая для проведения косметических процедур, улучшается цвет лица, разглаживаются морщины, и кожа выглядит свежее и моложе. Эффект «апельсиновой корки», известный как целлюлит, который так досаждал лучшей половине человечества, приводит к заметным косметическим проблемам, откладываясь слоями под кожей. Целлюлит состоит из воды, жира и продуктов метаболизма организма, а глубокое проникновение инфракрасного тепла помогает расщеплять целлюлит и выводить в виде пота. Так что, инфракрасное облучение – прекрасное дополнение к любой антицеллюлитной программе,

- стоит также отметить, что ИК-процедуры незаменимы в процессе подготовки спортсменов. Сеанс ИК-процедуры позволяет за короткое время в больших количествах выводить из мышц молочную кислоту, накопившуюся во время тренировок, быстрее исчезает эффект «перетренированности», активно выводит из организма шлаки и токсины без применения медикаментов.

Психологическое действие

Наряду с терапевтическим воздействием инфракрасного излучения на организм человека, необходимо особо отметить и психологическое действие. Обычно на этот фактор при описании инфракрасных процедур мало обращают внимания, однако в профилактике заболеваний он играет не последнюю роль. Стрессом для организма и нервной системы является посещение русской бани или финской сауны, при этом организм человека вынужден мобилизовать свои ресурсы на влияние внешней среды, поэтому после принятия процедур в саунах или банях, мы чувствуем упадок сил. Но полной противоположностью в этом отношении становится инфракрасная процедура, мягкая атмосфера которой благоприятно влияет на психологическое состояние человека, снимает напряженность, создает ощущение отдыха и комфортности организма, приятное чувство удовольствия, что в конечном итоге также оказывает профилактическое и лечебное действие на организм в целом.

В медицине инфракрасными лучами проводят лечение и профилактику различных заболеваний.

Можно лечить переломы, доказано положительное действие при лечении парализованных пациентов, служит для нормализации обмена веществ в организме, особенно в борьбе с жировыми отложениями, способствует быстрому заживлению ран, через нормализацию циркуляции крови, оказывает положительное влияние на суставы и мышцы. Воз-

действие ИФК в послеоперационный период позволяет снизить болевой синдром у больных. Особенно поразительный эффект получается при использовании ИФК для лечения группы заболеваний:

- хронические воспалительные процессы,
- плохо заживающие пролежни и язвы,
- ожоги и обморожения,
- повреждения суставов,
- невралгии, радикулиты.

Приборы для измерения и методы оценки лучистой энергии

Совокупность методов измерения лучистой энергии получила название *актинометрии* (греч. aktis, aktinos – луч и metreō – измеряю). В основу методов измерения лучистой энергии положен принцип превращения одного вида энергии в другой. При поглощении лучистой энергии солнца зачерненной поверхностью какого-либо приемника происходит переход лучистой энергии в тепловую. Регистрируя выделяющееся при этом количество тепла или повышение температуры приемной поверхности прибора, можно измерить величину потока солнечной радиации или радиации от искусственного источника лучистой энергии, падающего на прямую поверхность. Подобного рода принципы измерения лучистой энергии положены в основу калориметрического метода. Явление фотоэффекта и фотохимические воздействия использованы в фотоэлектрических и фотографических методах измерения.

Величину лучистой энергии выражают в малых калориях, поглощаемых за 1 мин поверхностью в 1 см², расположенной перпендикулярно к направлению лучей источника радиации (кал/см²×мин).

При актинометрии применяются приборы, в которых поток лучистой энергии определяется разностью температур приемной поверхности и окружающей среды, которая измеряется величиной тока, возникающего в цепи последовательно соединенных термопар. Такого рода приборы считаются относительными и нуждаются в градуировке путем сравнения их показаний с показаниями абсолютных приборов.

Все приборы, применяемые для измерения лучистой энергии, получили обобщенное название **актинометров**, среди которых условно различают;

- **пиргелиометры** – приборы для измерения интенсивности прямой солнечной радиации;
- **пиранометры** – устройства для измерения рассеянной солнечной радиации;

- **пиргеометры** – устройства для измерения земного (ночного) излучения;

- **альбедометры** – устройства для измерения от земной поверхности солнечной радиации.

Устройства для измерения радиации искусственных источников (могут использоваться и для измерения солнечной радиации) называют актинометрами, то есть идентично обобщенному названию всей группы приборов для измерения лучистой энергии.

Приборы, применяемые при актинометрии разделяют на устройства для относительных и абсолютных измерений, которые конструктивно отличаются друг от друга. Абсолютные измерения позволяет осуществлять **пиргелиометр (пиргелиометр Онгстрема)** (рис. 3).

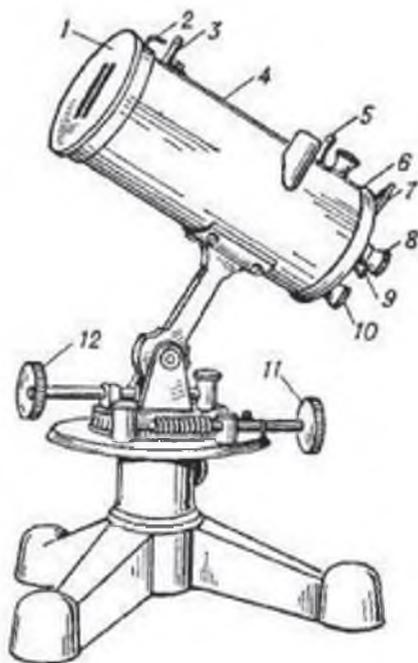


Рис. 3. Пиргелиометр Онгстрема.

- 1 – крышка трубы с щелевидными отверстиями; 2 – крючок щитка;
3 и 5 – целик и мушка; 4 – труба прибора; 6 – головка прибора;
7 – переключатель; 8, 9 и 10 – клеммы для подключения прибора к гальванометру
и к цепи нагрева; 11 и 12 – винты для ориентировки прибора на Солнце.

Прибор состоит из двух трубок, одна из которых зачернена и открыта для прямой солнечной радиации, а другая закрыта. Обе трубки омываются водой. Для уравнивания температуры воды, вытекающей из двух камер, закрытая трубка обогревается током тем большей силы, чем сильнее нагрелась вода, проходящая через открытую для солнечной радиации трубку. Зная количество тепла, выделившегося в первой камере, и площадь приемного отверстия, рассчитывают интенсивность солнечной радиации в абсолютных величинах.

Пиранометр Янишевского. С помощью данного прибора можно измерить интенсивность суммарной и рассеянной солнечной радиации, а по их разности рассчитать интенсивность прямой солнечной радиации. *Пиранометр Янишевского* (рис. 4) состоит из корпуса, представля-

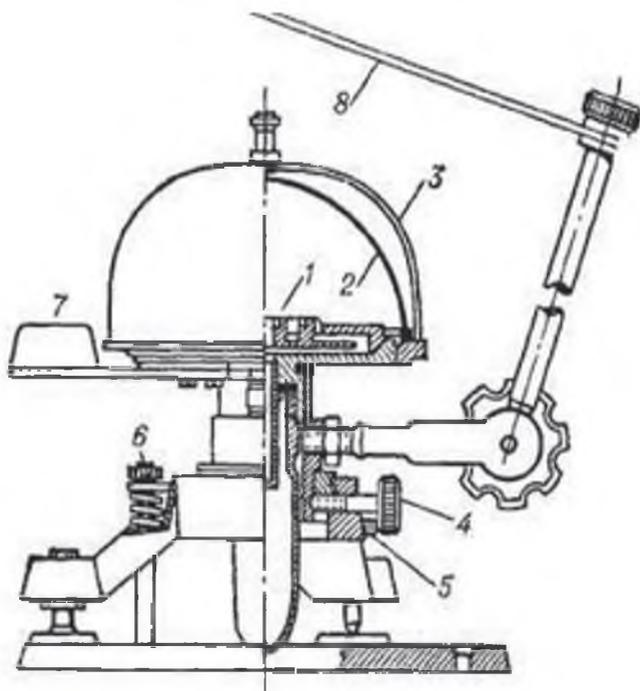


Рис. 4. Пиранометр Янишевского.

1 – съемная плитка; 2 – стеклянная полусфера; 3 – колпак, используемый при определении места нуля; 4 – винт для направления пиранометра к солнцу; 5 – установочный винт; 6 – клемма для подключения стрелочного гальванометра; 7 – уровень; 8 – экран.

ющего собой цилиндр, на его поверхности установлена термобатарея; треножной подставки, на которой укреплен корпус; из теневого экрана, служащего для защиты батареи от прямых солнечных лучей при определении рассеянной радиации, и полусферического стеклянного колпака, защищающего батарею от дождя, снега, ветра и т.д.

Действие прибора основано на измерении термоэлектрической электродвижущей силы, возникающей от разности нагрева термоэлементов, состоящих из двух зигзагообразно соединенных полосок манганина и константана. Периферийные спаи прикреплены к медному затененному от прямых солнечных лучей к кольцу, а центральные спаи прикреплены к центральному серебряному диску, зачерненному, подвергающемуся воздействию прямой солнечной радиации. Возникающий в результате разности нагрева термопары ток пропорционален разности температур центральных и периферических спаев, которая пропорциональна потоку радиации. Перед измерением солнечной радиации прибор должен принять температуру окружающего воздуха, для чего его помещают на место исследования за 10–15 минут до измерений. Затем при закрытом пиранометре устанавливают стрелку микрогальванометра с помощью корректирующего винта в нулевое положение.

Для измерения рассеянной радиации теневой экран с помощью шарнира укрепляют так, чтобы полностью закрыть тенью от экрана термобатарею. После экспозиции 15 с фиксируют показания по микрогальванометру. Определения повторяют еще два раза. Интенсивность рассеянной радиации рассчитывают по формуле:

$$I_{\text{расс}} = K \cdot \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}, \text{ где} \quad (1)$$

$I_{\text{расс}}$ – интенсивность рассеянной радиации, кал/см²×мин;

K – переводной коэффициент (цена одного деления в кал/см²×мин);

n_1, n_2, n_3 – отсчеты, полученные на микрогальванометре (деления).

Затем экран убирают и определяют суммарную солнечную радиацию аналогичным образом. Величину суммарной радиации вычисляют по формуле:

$$I_{\text{сумм}} = K \cdot \frac{n_4 + n_5 + n_6}{3}, \text{ где} \quad (2)$$

$I_{\text{сумм}}$ – интенсивность суммарной солнечной радиации, кал/см²×мин;

K – переводной коэффициент (цена одного деления в кал/см²×мин);

n_4, n_5, n_6 – отсчеты, полученные на микрогальванометре при определении суммарной радиации (деления).

Величину прямой солнечной радиации вычисляют по формуле:

$$I_{\text{прям}} = I_{\text{сумм}} - I_{\text{расос}}, \text{ где} \quad (3)$$

$I_{\text{прям}}$ – интенсивность прямой солнечной радиации.

Альбедометр Янишевского-Былова (походный альбедометр) (рис. 5). Данный прибор создан для исследований в полевых и экспедиционных условиях и функционирует по принципу, описанному для пиранометра Янишевского. Возможности прибора достаточно широки. С его помощью за счет возможности направления термобатарей в нужную сторону можно измерять указанные выше виды радиации.

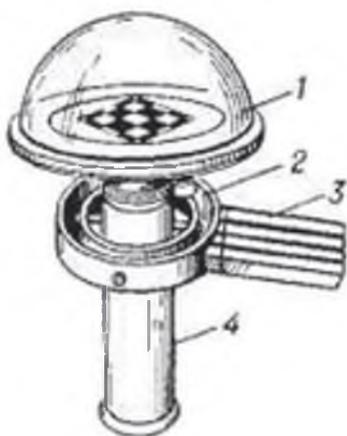


Рис. 5. Альбедометр Янишевского-Былова (походный альбедометр).

1 – головка с термобатареями; 2 – карданный подвес; 3 – рукоятка; 4 – трубка.

Актинометр Михельсона

(рис. 6). Воспринимающей частью прибора является биметаллическая пластинка, изготовленная из железа и инвара. Поскольку зачерненная железная сторона биметаллической пластинки нагревается и удлиняется, а инвар практически не нагревается и, следовательно, не происходит его удлинения, вся биметаллическая пластинка изгибается, выпячиваясь зачерненной стороной, причем радиус изгиба пропорционален температуре. Перемещение кварцевой нити, размещенной на краю пластинки, служит мерой интенсивности прямой солнечной радиации или радиации от искусственных источников. В настоящее время используется редко, только в специальных исследованиях.

Актинометр ЛИОТ-Н (рис. 7). Данный прибор предназначен для измерения лучистой энергии в перегреваемых помещениях от нагревающих поверхностей. Принцип работы прибора идентичен таковому у пиранометра Янишевского. В качестве воспринимающего тепловую энергию устройства используют попеременно зачерненные и блестящие полоски алюминиевой фольги (термобатарей), к которым прикреплены спаи из полосок меди и константана, соединенных последовательно. Вследствие различной лучепоглощающей способности черных и блестящих спаев образуется термоэлектрический ток, регистрируемый с помощью гальванометра.

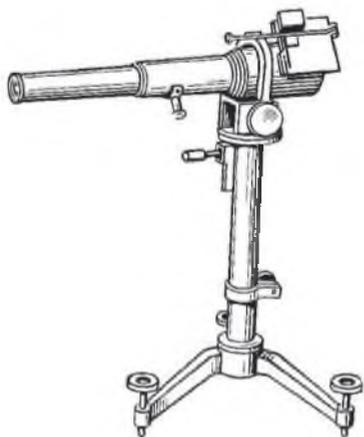


Рис. 6. Актинометр Михельсона.

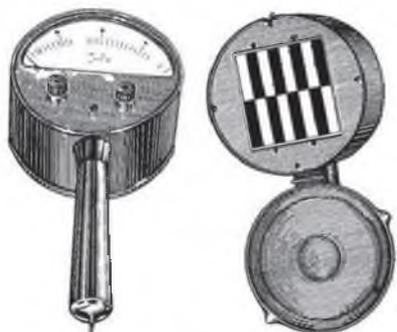


Рис. 7. Актинометр ЛИОТ-Н.

Слева – общий вид, справа – воспринимающее устройство (термо-батарея).

Прибор представляет собой плоский цилиндр (реже выпускается прибор прямоугольной формы), закрепленный на ручке. На одной стороне цилиндра укреплен приемник с крышкой из нержавеющей стали, на другой – гальванометр. Шкала гальванометра разбита на деления от 0 до 20 кал/см²×мин, каждое деление соответствует 0,5 кал/см²×мин.

Перед измерением тепловой радиации стрелку гальванометра устанавливают с помощью корректора в нулевое положение. При этом крышка приемника должна быть закрыта. Для измерения интенсивности теплового излучения открывают крышку приемника и находящийся в вертикальном положении приемник направляют в сторону источника излучения. Показания прибора отсчитывают через 3 с.

Следует иметь в виду, что крышка термобатареи служит не только для ее защиты, когда прибор не находится в работе, но и при измерении защищает кисти рук исследователя. Расстояние установки приемника от источника теплового излучения зависит от конкретных условий и задач исследования. Как правило, это расстояние имитирует расположение работающих в процессе выполнения трудовых операций от источника радиации.

Черный шаровой термометр (шар Вернона) (рис. 8). Данный прибор представляет собой медный шар диаметром 15 см, имеющий черную матовую поверхность (покрыт пенополиуретаном, имитирующим по свойствам кожу человека). В него вставляют обычный термометр, у ко-



Рис. 8. Шаровой термометр Вернона-Йокла (шар Вернона).

того ртутный резервуар предварительно покрывают сажей. Прибор закрепляют на штативе. Поскольку при указанных условиях на показания термометра не будет действовать конвекционное тепло, скорость движения воздуха, а черная поверхность шара обуславливает поглощение лучистого тепла, то по показаниям данного прибора в сравнении с таковыми по обычному термометру, можно судить об интенсивности тепловой радиации и ее направленности, если температура шара выше конвекционной, то говорят о положительной тепловой радиации, если ниже – отрицательной. То есть по показаниям черного шара (шаровой температуре) можно, в определенной степени, судить о возможности радиационной теплоотдачи тепла организмом человека. В комплект прибора входит регулируемый по высоте штатив с удлинительными стержнями, что позволяет производить исследования на разной высоте.

Следует учитывать, что прибор имеет значительную инерцию (до 15 мин), следовательно, показания термометра снимаются не ранее этого срока.

Комплекс ТКА-ТВ+черный шар (рис. 9). На отдельном рисунке 10 представлен прибор ТКА-ТВ. Применяется для определения тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса), температурного индекса WBGT и средней радиационной температуры. Шар надевается на зонд с датчиком температуры таким образом, чтобы датчик располагался приблизительно в центре сферы. Для зонда термогигрометра ТКА-ТВ шар снабжен встроенным ограничителем-втулкой. Производить измерения температуры внутри черного шара следует не ранее чем через 15 минут после

установки шара на измерительный зонд, т. е. по достижении теплового равновесия. Прибор предназначен также для измерения в помещениях параметров окружающей среды: освещенности в видимом диапазоне спектра, яркости ТВ-кинескопов, дисплейных экранов и самосветящихся протяженных объектов, температуры воздуха, относительной влажности воздуха.

Прибор ТКА-ТВ (рис. 10) применяется для определения тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса), температурного индекса WBGT



Рис. 9. Комплекс ТКА-ТВ +
черный шар.



Рис. 10. Прибор ТКА-ТВ.

и средней радиационной температуры. Шар надевается на зонд с датчиком температуры таким образом, чтобы датчик располагался приблизительно в центре сферы. Для зонда термогигрометра ТКА-ТВ шар снабжен встроенным ограничителем-втулкой. Производить измерения температуры внутри черного шара следует не ранее, чем через 15 минут после установки шара на измерительный зонд, т. е. по достижении теплового равновесия. Прибор предназначен также для измерения в помещениях параметров окружающей среды: освещенности в видимом диапазоне спектра, яркости ТВ-кинескопов, дисплейных экранов и самосветящихся протяженных объектов, температуры воздуха, относительной влажности воздуха.

Глава 2.

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Гигиеническое значение ультрафиолетовой радиации

Спектр лучей, видимых глазом человека, не имеет резкой, четко определенной границы. Верхней границей видимого спектра одни исследователи называют 400 нм, другие 380, третьи сдвигают ее до 350...320 нм. Это объясняется различной световой чувствительностью зрения и указывает на наличие лучей, не видимых глазом. В 180 г. И. Риттер (Германия) и У. Уолстон (Англия), используя фотопластинку, доказали наличие ультрафиолетовых лучей. За фиолетовой границей спектра она чернеет быстрее, чем под влиянием видимых лучей. Поскольку почернение пластинки происходит в результате фотохимической реакции, ученые пришли к выводу, что ультрафиолетовые лучи весьма активны. Исследователи обнаружили тот факт, что спектр ультрафиолетовых лучей Солнца, достигающих земной поверхности, очень узок – 400...200 нм. Неужели солнце не излучает свет с длиной волны короче 200 нм? Ответ на этот вопрос нашел А. Корню (Франция). Он установил, что озон поглощает ультрафиолетовые лучи короче 200 нм, после чего выдвинул предположение: Солнце излучает коротковолновое ультрафиолетовое излучение, под его действием молекулы кислорода распадаются на отдельные атомы, образуя молекулы озона, поэтому в верхних слоях атмосферы озон должен покрывать землю защитным экраном. Гипотеза Корню получила подтверждение тогда, когда люди поднялись в верхние слои атмосферы. Таким образом, в земных условиях спектр солнца ограничен вследствие существующего защитного озонового слоя.

Количество ультрафиолетовых лучей, достигающих земной поверхности, зависит от высоты Солнца над горизонтом. В течение периода естественного освещения освещенность изменяется на 20%, тогда как количество ультрафиолетовых лучей, достигающих земной поверхности уменьшается в 20 раз. Специальными экспериментами

установлено, что при подъеме вверх на каждые 100 м интенсивность ультрафиолетового излучения возрастает на 3-4%. На долю рассеянного ультрафиолета в летний полдень приходится 45-70% излучения, а достигающего земной поверхности – 30-55%. В пасмурные дни, когда диск Солнца закрыт тучами, поверхности Земли достигает главным образом рассеянная радиация. Поэтому можно хорошо загореть не только под прямыми лучами солнца, но и в тени, и в пасмурные дни. Когда Солнце стоит в зените, в экваториальной области поверхности земли достигают лучи длиной 290 нм. В средних широтах коротковолновая граница, в летние месяцы составляет примерно 297 нм. В период эффективного освещения верхняя граница спектра становится порядка 300 нм. За полярным кругом земной поверхности достигают лучи с длиной волны 350-380 нм.

Ультрафиолетовое излучение – (УФ-излучение) – это электромагнитное излучение в оптической области в диапазоне 14-400 нм с частотой колебаний от 10^{13} до 10^{16} Гц, примыкающее со стороны длинных волн к видимому свету.

Природа ультрафиолетового излучения

Естественным источником УФ-излучения является Солнце.

В промышленности производными этого излучения могут быть газоразрядные источники света, электрические дуги, плазматроны, лазеры и др.

УФ-излучение характеризуется двояким действием на организм: с одной стороны, опасностью переоблучения, а с другой – необходимостью для нормального функционирования организма.

Наиболее биологически активная часть солнечного спектра в значительной степени влияет на физиологические реакции тканей и целостного организма, находится в диапазоне длин волн 10-400 нм.

Влияние ультрафиолетового излучения на биосферу

Выше диапазона вакуумной радиации ультрафиолетовые лучи легко поглощаются водой, воздухом, стеклом, кварцем и не достигают биосферы Земли. В диапазоне 400-180 нм влияние на живые организмы лучей различной длины волны не одинакова. Наиболее богатые энергией коротковолновые лучи сыграли существенную роль в образовании первых сложных органических соединений на Земле. Однако эти лучи способствуют не только образованию, но и распаду органических веществ. По-

этому прогресс жизненных форм на Земле наступил лишь после того, когда благодаря деятельности зеленых растений атмосфера обогатилась кислородом, и под действием ультрафиолетовых лучей образовался защитный озоновый слой.

- А 400-320 нм;
- В 320.-275 нм;
- С 275-180 нм.

Вызывает интерес ультрафиолетовое излучение Солнца и искусственных источников ультрафиолетового излучения в диапазоне 400-180 нм. Внутри этого диапазона выделены три области. Влияние каждого из этих диапазонов на живой организм существенно различается. Ультрафиолетовые лучи действуют на вещество, в том числе и живое, по тем же законам, что и видимый свет. Ультрафиолетовые лучи проникают в кожу на глубину до 1 мм и порождают в ней множество биохимических изменений. Часть поглощаемой энергии превращается в тепло, но тепловое действие ультрафиолетовых лучей не оказывает на организм заметного влияния. [1]

Другой способ передачи энергии – люминесценция. Фотохимические реакции под действием ультрафиолетовых лучей проходят наиболее интенсивно. Энергия фотонов ультрафиолетового света очень велика, поэтому при их поглощении молекула ионизируется и распадается на части. Иногда фотон выбивает электрон за пределы атома. Чаще всего происходит возбуждение атомов и молекул. При поглощении одного кванта света с длиной волны 254 нм энергия молекулы возрастает до уровня, соответствующего энергии теплового движения при температуре 38000°С. Основная часть солнечной энергии достигает земли в качестве видимого света и инфракрасного излучения и лишь незначительная часть – в виде ультрафиолета. Максимальных значений поток УФ достигает в середине лета на Южном полушарии (Земля на 5% ближе к Солнцу) и 50% от суточного количества УФ поступает в течение четырех полуденных часов. Было установлено, что для географических широт с температурой 20-60° человек, загорающий с 10:30 до 11:30 и затем с 16:30 до заката, получит только 19% от суточной дозы УФ. В полдень интенсивность УФ (300 нм) в 10 раз выше, чем тремя часами раньше или позже: незагорелому человеку достаточно 25 минут для получения легкого загара в полдень, однако для достижения этого же эффекта после 15:00, ему понадобится лежать на солнце не менее 2-х часов. Ультрафиолетовый спектр разделяют на ультрафиолет (UV-A) с длиной волны 315-400 нм, ультрафиолет-В (UV-B) – 280-315 нм и ультрафиолет-С (UV-C) – 100-280 нм, которые отличаются по проникающей способности и биологическому воздействию на организм.

UV-A не задерживается озоновым слоем, проходит сквозь стекло и роговой слой кожи. Поток UV-A (среднее значение в полдень) в два раза выше на уровне Полярного Круга, чем на экваторе, так что абсолютное его значение больше в высоких широтах. Не отмечается и существенных колебаний в интенсивности UV-A в разные времена года. За счет поглощения, отражения и рассеивания при прохождении через эпидермис, в дерму проникает только 20-30% UV-A и около 1% от общей его энергии достигает подкожной клетчатки.

Большая часть UV-B поглощается озоновым слоем, который "прозрачен" для UV-A. Так что доля UV-B во всей энергии ультрафиолетового излучения в летний полдень составляет всего около 3%. Он практически не проникает сквозь стекло, на 70% отражается роговым слоем, на 20% ослабляется при прохождении через эпидермис – в дерму проникает менее 10%. Однако длительное время считалось, что доля UV-B в повреждающем действии ультрафиолета составляет 80%, поскольку именно этот спектр отвечает за возникновение эритемы солнечного ожога.

Необходимо учитывать и тот факт, что UV-B сильнее (меньшая длина волны) чем UV-A рассеивается при прохождении через атмосферу, что приводит и к изменению соотношения между этими фракциями с увеличением географической широты (в северных странах) и временем суток. UV-C (200-280 нм) поглощается озоновым слоем. Если используется искусственный источник ультрафиолета, то он задерживается эпидермисом и не проникает в дерму.

Действие ультрафиолетового излучения на клетку

В действии коротковолнового излучения на живой организм наибольший интерес представляет влияние ультрафиолетовых лучей на биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты. Молекулы биополимеров вмещают кольцевые группы молекул, содержащие углерод и азот, которые интенсивно поглощают излучение с длиной волны 260-280 нм. Поглощенная энергия может мигрировать по цепи атомов в пределах молекулы без существенной потери, пока не достигнет слабых связей между атомами и не разрушит связь. В течение такого процесса, называемого фотолизом, образуются осколки молекул, оказывающие сильное действие на организм. Так, например, из аминокислоты гистидина образуется гистамин – вещество, расширяющее кровеносные капилляры и увеличивающие их проницаемость. Кроме фотолиза, под действием ультрафиолетовых лучей в биополимерах происходит денатурация. При облучении светом определенной длины волны элек-

трический заряд молекул уменьшается, они слипаются и теряют свою активность – ферментную, гормональную, антипенную и пр.

Процессы фотоллиза и денатурации белков идут параллельно и независимо друг от друга. Они создаются разными диапазонами излучения: лучи 280-302 нм вызывают главным образом фотоллиз, а 250-265 нм – преимущественно денатурацию. Сочетание этих процессов определяет картину действия на клетку ультрафиолетовых лучей.

Самая чувствительная к действию ультрафиолетовых лучей функция клетки – деление. Облучение в дозе 10(-19) дж/м² останавливает деление около 90% бактериальных клеток. Но рост и жизнедеятельность клеток при этом не прекращаются. Со временем восстанавливается их деление. Чтобы вызвать гибель 90% клеток, подавление синтеза нуклеиновых кислот и белков, образование мутаций, необходимо довести дозу облучения до 10(-18) дж/м². Ультрафиолетовые лучи порождают в нуклеиновых кислотах изменения, которые влияют на рост, деление, наследственность клеток, т.е. на основные проявления жизнедеятельности.

Значение механизма действия на нуклеиновую кислоту объясняется тем, что каждая молекула ДНК уникальна. ДНК – это наследственная память клетки. В ее структуре зашифрована информация о строении и свойствах всех клеточных белков. Если любой белок присутствует в живой клетке в виде десятков и сотен одинаковых молекул, то ДНК хранит информацию об устройстве клетки в целом, о характере и направлении процессов обмена веществ в ней. Поэтому нарушения в структуре ДНК могут оказаться непоправимыми или привести к серьезному нарушению жизнедеятельности.

Действие ультрафиолетового излучения на кожу

Воздействие ультрафиолета на кожу заметно отражается на метаболизме нашего организма. Общеизвестно, что именно УФ-лучи инициируют процесс образования эргокальциферола (витамина Д), необходимого для всасывания кальция в кишечнике и обеспечения нормального развития костного скелета. Кроме того, ультрафиолет активно влияет на синтез мелатонина и серотонина – гормонов, отвечающих за циркадный (суточный) биологический ритм. Исследования немецких ученых показали, что при облучении УФ-лучами сыворотки крови в ней на 7 % увеличивалось содержание серотонина – "гормона бодрости", участвующего в регуляции эмоционального состояния. Его дефицит может приводить к депрессии, колебаниям настроения, сезонным функциональным расстройствам. При этом количество мелатонина, обладающего тормозящим

действием на эндокринную и центральную нервную системы, снижалось на 28%. Именно таким двойным эффектом объясняется бодрящее действие весеннего солнца, поднимающего настроение и жизненный тонус.

Действие излучения на эпидермис – наружный поверхностный слой кожи позвоночных животных и человека, состоящий из многослойного плоского эпителия человека, представляет собой воспалительную реакцию, называемую эритемой.

Первое научное описание эритемы дал в 1889 г. А.Н. Макланов, который изучил также действие ультрафиолетовых лучей на глаз (фотоофтальмию) и установил, что в основе их лежат общие причины. Различают калорическую и ультрафиолетовую эритему. Калорическая эритема обусловлена воздействием видимых и инфракрасных лучей на кожу и прилива к ней крови. Она исчезает почти сразу после прекращения действия облучения.

Если падающие на кожу лучи поглощаются мертвыми клетками рогового слоя, они не оказывают на организм никакого влияния. Эффект облучения зависит от проникающей способности лучей и от толщины рогового слоя. Чем короче длина волны излучения, тем меньше их проникающая способность. Лучи короче 310 нм не проникают глубже эпидермиса. Лучи с большей длиной волны достигают сосочкового слоя дермы, в котором проходят кровеносные сосуды. Таким образом, взаимодействие ультрафиолетовых лучей с веществом происходит исключительно в коже, главным образом в эпидермисе. Основное количество ультрафиолетовых лучей поглощается в ростковом (основном) слое эпидермиса. Процессы фотолиза и денатурации приводят к гибели шиловидных клеток зародышевого слоя. Активные продукты фотолиза белков вызывают расширение сосудов, отек кожи, выход лейкоцитов и другие типичные признаки эритемы.

Продукты фотолиза, распространяясь по кровеносному руслу, раздражают также нервные окончания кожи и через центральную нервную систему рефлекторно воздействуют на все органы. Установлено, что в нерве, отходящем от облученного участка кожи, частота электрических импульсов повышается. Эритема рассматривается как сложный рефлекс, в возникновении которого участвуют активные продукты фотолиза. Степень выраженности эритемы и возможность ее образования зависят от состояния нервной системы. На пораженных участках кожи, при обморожении, воспалении нервов эритема либо вовсе не появляется, либо выражена очень слабо, несмотря на действие ультрафиолетовых лучей. Угнетает образование эритемы сон, алкоголь, физическое и умственное утомление. Н. Финзен (Да-

ния) впервые применил ультрафиолетовое излучение для лечения ряда болезней в 1899 г. В настоящее время подробно изучены проявления действия разных участков ультрафиолетового излучения на организм. Из ультрафиолетовых лучей, содержащихся в солнечном свете, эритему вызывают лучи с длиной волны 297 нм. К лучам с большей или меньшей длиной волны эритемная чувствительность кожи снижается. С помощью искусственных источников излучения эритему удалось вызвать лучами диапазона 250...255 нм. Лучи с длиной волны 255 нм дает резонансная линия излучения паров ртути, используемых в ртутно-кварцевых лампах.

Таким образом, кривая эритемной чувствительности кожи имеет два максимума. Впадина между двумя максимумами обеспечивается экранирующим действием ороговевшего слоя кожи.

Ультрафиолетовое излучение поставляет энергию для фотохимических реакций в организме. В нормальных условиях солнечный свет вызывает образование небольшого количества активных продуктов фотолиза, которые оказывают на организм благотворное действие. Ультрафиолетовые лучи в дозах, вызывающих образование эритемы, усиливают работу кроветворных органов, ретикуло-эндотелиальной системы (физиологическая система соединительной ткани, вырабатывающая антитела, разрушающие чужеродные организму тела и микробы), барьерные свойства кожного покрова, устраняют аллергию.

Под действием ультрафиолетового излучения в коже человека из стероидных веществ образуется жирорастворимый витамин D. В отличие от других витаминов он может поступать в организм не только с пищей, но и образовываться в нем из провитаминов. Под влиянием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 280-313 нм провитамины, содержащиеся в кожной смазке выделяемой сальными железами, превращаются в витамин D и всасываются в организм.

Физиологическая роль витамина D заключается в том, что он способствует усвоению кальция. Кальций входит в состав костей, участвует в свертывании крови, уплотняет клеточные и тканевые мембраны, регулирует активность ферментов. Болезнь, возникающая при недостатке витамина D у детей первых лет жизни, которых заботливые родители прячут от Солнца, называется рахитом.

Кроме естественных источников витамина D используют и искусственные, облучая провитамины ультрафиолетовыми лучами. При использовании искусственных источников ультрафиолетового излучения следует помнить, что лучи короче 270 нм разрушают витамин D. Поэтому с помощью фильтров в световом потоке ультрафиолетовых ламп

подавляется коротковолновая часть спектра. Солнечное голодание проявляется в раздражительности, бессоннице, быстрой утомляемости человека. В больших городах, где воздух загрязнен пылью, ультрафиолетовые лучи, вызывающие эритему, почти не достигают поверхности Земли. Длительная работа в шахтах, машинных отделениях и закрытых заводских цехах, труд ночью, а сон в дневные часы приводят к световому голоданию. Этому также способствует оконное стекло, которое поглощает 90-95% ультрафиолетовых лучей и не пропускает лучи в диапазоне 310-340 нм. Окраска стен также имеет существенное значение. Например, желтая окраска полностью поглощает ультрафиолетовые лучи. Недостаток ультрафиолетового излучения остро ощущают люди, домашние животные, птицы и комнатные растения в осенний, зимний и весенний периоды. Восполнить недостаток ультрафиолетовых лучей позволяют лампы, которые наряду с видимым светом излучают ультрафиолетовые лучи в диапазоне длин волн 300-340 нм. Следует иметь в виду, что ошибки при назначении дозы облучения, невнимательность к таким вопросам, как спектральный состав ультрафиолетовых ламп, направление излучения и высота размещения ламп, длительность горения ламп, могут вместо пользы принести вред.

Биологическое действие ультрафиолетовых лучей (УФЛ) весьма и весьма разнообразно. Оно может носить как положительный, так и деструктивный характер. Наиболее опасны эффекты воздействия коротковолнового УФЛ (10-200 нм), подавляющая часть которых задерживается в верхних слоях атмосферы, в частности, в озоновом ее слое. Однако опасность поражения УФЛ имеет место при длительном пребывании человека на Солнце, а также в производственных условиях при работе с искусственными источниками УФИ (электросварка), проведении физиопроцедур (лечебное, профилактическое ультрафиолетовое облучение). Повышение дозы УФЛ влечет денатурацию белка, чем, в первую очередь, обусловлено развитие катаракты, что требует при работе с УФИ защиты зрительного анализатора. Деструктивный эффект УФИ используется в практической деятельности человека. В частности, губительное действие их на микробные клетки (бактерицидный эффект при длине волн 180-280 нм, максимальный – при 254 нм) широко применяется для санации воздуха, поддержания антимикробного режима в помещениях лечебно-профилактических организаций, детских дошкольных учреждений, в быту, как один из методов обеззараживания воды. Способность различных сред люминесцировать под воздействием УФЛ применяется в аналитической химии. Например, люминесцентный метод используется для определения витаминов в продовольственном сырье и продуктах питания.

Положительные аспекты действия УФЛ

В XX веке было впервые показано, почему УФ-излучение оказывает благотворное воздействие на человека. Физиологическое действие УФ-лучей было исследовано отечественными и зарубежными исследователями в середине прошлого столетия (Г. Варшавер, Г. Франк, Н. Данциг, Н. Галанин, Н. Каплун, А. Парфенов, Е. Беликова, В. Dugger, J. Hassesser, Н. Ronge, E. Biekford и др.). Было убедительно доказано в сотнях экспериментов, что излучение в УФ области спектра (290-400 нм) повышает тонус симпатико-адреналиновой системы, активирует защитные механизмы, повышает уровень неспецифического иммунитета, а также увеличивает секрецию ряда гормонов. Под воздействием УФ излучения (УФИ) образуются гистамин и подобные ему вещества, которые обладают сосудорасширяющим действием, повышают проницаемость кожных сосудов. Изменяется углеводный и белковый обмен веществ в организме. Действие оптического излучения изменяет легочную вентиляцию-частоту и ритм дыхания; повышается газообмен, потребление кислорода, активизируется деятельность эндокринной системы. Особенно значительна роль УФ-излучения в образовании в организме витамина Д, укрепляющего костно-мышечную систему и обладающего антирахиитным действием. Особо следует отметить, что длительная недостаточность УФИ может иметь неблагоприятные последствия для человеческого организма, называемые «световым голоданием». Наиболее частым проявлением этого заболевания является нарушение минерального обмена веществ, снижение иммунитета, быстрая утомляемость и т. п. [2]

Итак, положительное действие УФИ заключается в следующем:

- УФИ стимулирует выработку антител, фагоцитоз, накопление агглютининов в крови, повышая естественный иммунитет, резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды (длины волн 280–400 нм);
- УФИ обуславливает пигментообразование (длины волн в диапазоне 340 нм) и эритемообразование (297–302 нм);
- УФИ играют значительную роль в обеспечении организма витамином D₃ (280–310 нм);

Негативное (абиогенное) воздействие ультрафиолетового облучения

Негативные действия УФ-излучения можно разделить:

- на острые, вызванные большой дозой облучения, полученной за короткое время (например, солнечный ожог или острые фотодерма-

тозы). Они происходят преимущественно за счет лучей УФ-В, энергия которых многократно превосходит энергию лучей УФ-А. Солнечная радиация распределяется неравномерно: 70% дозы лучей УФ-В, получаемых человеком, приходится на лето и полуденное время дня, когда лучи падают почти отвесно, а не скользят по касательной – в этих условиях поглощается максимальное количество излучения. Такие повреждения вызваны непосредственным действием УФ-излучения на хромофоры – именно эти молекулы избирательно поглощают УФ-лучи;

– на отсроченные, вызванные длительным облучением умеренными (субэритемными) дозами (например, к таким повреждениям относятся фотостарение, новообразования кожи, некоторые фотодерматиты). Они возникают преимущественно за счет лучей спектра А, которые несут меньшую энергию, но способны глубже проникать в кожу, и их интенсивность мало меняется в течение дня и практически не зависит от времени года. Как правило, этот тип повреждений – результат воздействия продуктов свободно радикальных реакций (напомним, что свободные радикалы – это высоко реактивные молекулы, усиленно взаимодействующие с белками, липидами и генетическим материалом клеток).

Роль УФ-лучей спектра А в этиологии фотостарения доказана работами многих зарубежных и российских ученых, но тем не менее, механизмы фотостарения продолжают изучаться с использованием современной научно-технической базы, клеточной инженерии, биохимии и методов клеточной функциональной диагностики. Ультрафиолетовое излучение области УФ-А, которое используется в настоящее время в профессиональных и домашних соляриях, не вызывает солнечных ожогов и считается безопасным. Однако именно эта область ультрафиолетового излучения, главным образом, ответственна за появление признаков фотостарения, а также за УФ-индуцированный канцерогенез, так как является основным фактором цитотоксического воздействия излучения в базальном слое эпидермиса за счет образования свободных радикалов и повреждения цепей ДНК.

Слизистая оболочка глаза – конъюнктивы – не имеет защитного рогового слоя, поэтому она более чувствительна к УФ-облучению, чем кожа. Ультрафиолет также может отрицательно воздействовать на глаза. В результате его влияния возможно развитие следующих заболеваний:

- Фотеофтальмия и электроофтальмия. Характеризуется резью в глазу, краснотой, слезотечением, светобоязнью, частичной слепотой, появляющиеся в результате дегенерации и гибели клеток конъюнктивы и роговицы. Эти заболевания отмечаются у тех, кто часто находится на ярком солнце в снежную погоду без солнцезащитных очков или у сварщиков, несоблюдающих правила безопасности.

- Катаракта – помутнение хрусталика. Это заболевание в основном появляется к старости. Оно развивается в результате действия солнечных лучей на глаза, которое накапливается на протяжении жизни.

- Птеригиум – разрастание конъюнктивы глаза.

Также возможны некоторые виды раковых образований на глазах и веках.

Канцерогенное действие ультрафиолетового излучения

Ассоциативные связи развития рака кожи под влиянием солнечного излучения, особенно его ультрафиолетовой составляющей (ВОЗ):

- ***Связь с облученными участками кожи***

У людей с белой кожей рак возникает чаще всего на участках тела (голова, шея, кисти, предплечья, а у женщин – ноги), наиболее подверженных воздействию солнечного излучения.

- ***Связь с защитой от ультрафиолетового излучения***

У рас с черным цветом кожи, в которой пигмент фильтрует ультрафиолетовое излучение, рак кожи встречается очень редко и не возникает на обнаженных поверхностях тела. Солнечный ожог и рак кожи захватывает одни и те же ткани, а излучение, как известно, вызывает ожог. Люди, наиболее восприимчивые к раку кожи, легко получают солнечные ожоги. Светлокожие люди кельтского происхождения более восприимчивы к раку кожи и солнечному ожогу, чем люди романской группы.

- ***Связь с дозой солнечного облучения***

Среди людей со светлой кожей рак кожи чаще всего возникает у тех, кто проводит больше времени на открытом воздухе.

- ***Связь с интенсивностью воздействия солнечного излучения***

Частота возникновения рака кожи среди людей с белой кожей возрастает по мере приближения к экватору, что связано с увеличением интенсивности солнечного излучения, в частности ультрафиолетового.

- ***Связь с ультрафиолетовым излучением в лабораторных исследованиях***

Рак кожи у мышей может быть вызван при повторном воздействии того же излучения, которое образует солнечный ожог у человека.

- ***Связь с незначительной способностью к репарации ДНК, поврежденной ультрафиолетовым излучением***

У людей, страдающих рецессивной формой пигментной ксеродермии и имеющих дефекты в восстановлении ДНК, рак кожи развивается особенно быстро. Такие люди чувствительны к свету, у них появляются

опухоли, вызванные солнечным ультрафиолетовым излучением. Они часто умирают от рака кожи в детстве и отрочестве.

Мутагенное действие ультрафиолета

Способность ультрафиолетовых (УФ) лучей вызывать мутации была обнаружена в начале 30-х годов в исследованиях на дрозофиле и цветковых растениях. В отличие от рентгеновских, УФ-лучи не обладают достаточной энергией для индукции ионизации атомов. Однако они поглощаются входящими в состав ДНК пуринами и пиримидинами, переводя их в возбужденное состояние. Экспериментальная работа с УФ-лучами связана с определенными трудностями, поскольку они слабо проникают внутрь тканей у многоклеточных организмов, задерживаясь в поверхностных слоях клеток. Тем не менее УФ-лучи – довольно сильный физический мутаген, особенно для одноклеточных организмов. ДНК максимально адсорбирует УФ-лучи с длиной волны 254 нм. Эта же величина соответствует максимуму мутагенности УФ-лучей, что указывает на прямую связь процесса индукции предмутационных повреждений ДНК с поглощением УФ-лучей ее азотистыми основаниями.

Подобно большинству мутагенов, УФ-лучи индуцируют в ДНК не мутации, а только предмутационные повреждения. Для того чтобы такие повреждения преобразовались в мутации, они должны закрепиться, или фиксироваться, т.е. привести к определенному изменению последовательностей оснований в ДНК. В результате поглощения УФ-лучей с длиной волны 254 нм наиболее реактивными становятся пиримидины, в ответ на облучение, образующее два типа фотопродуктов – гидраты и димеры. Основные продукты при облучении двухцепочечной ДНК – пиримидин-пиримидиновые, преимущественно тимин-тиминовые димеры, формирующие между соседними основаниями в цепи ДНК циклобутановое кольцо. Такие димеры рассматриваются как предмутационные повреждения, индуцированные УФ-лучами. Их разрушение в результате фотореактивации устраняет до 90% случаев мутагенеза, связанного с включением ошибочного основания против поврежденного участка. Присутствие димеров в ДНК приводит к ошибкам при ее репликации. Наряду с этим осуществляющееся в ходе репликации УФ-повреждений вырезание димеров из ДНК и восстановление целостности ее структуры также может привести к ошибкам. Сравнительно недавно обнаружен еще один тип повреждений ДНК, индуцированных УФ-лучами, – пиримидин-пиримидин (6-4) УФ-фотопродукты. Они образуются в форме димеров между тимином и цитозином в УФ-облученной ДНК в количестве 1/10 от общего

числа димеров пиримидина, однако скорость их формирования в определенных последовательностях ДНК выше, чем циклобутановых димеров. Такие последовательности являются одновременно “горячими точками” образования (6-4) УФ-фотопродуктов и индуцированных УФ-лучами замен пар оснований типа транзиций, ведущих к появлению амбер (УАГ)-, охра (УАА)- и опал (УГА)-кодонов в соответствующем участке и РНК. Отсюда сделано заключение, что (6-4) УФ-фотопродукты наряду с димерами пиримидинов представляют собой один из типов предмутационных повреждений, индуцируемых в ДНК УФ-лучами.

Бактерицидное действие ультрафиолета

При проведении клинических исследований по применению в лечении различных заболеваний коротких ультрафиолетовых лучей (КУФ) было выявлено хорошо выраженное бактерицидное действие. Бактерицидное действие КУФ обусловлено влиянием их на ядерную субстанцию клеток микроорганизма. При поглощении лучистой энергии клетками микробов в них происходит нарушение обмена нуклеиновых кислот, что ведет к гибели клетки. Микроорганизмы при этом проходят стадии стимуляции, угнетения и отмирания.

Прямое бактерицидное действие КУФ используется в медицинской практике с лечебной целью только при поверхностном расположении микроорганизмов, в частности бактерий. Бактерицидное действие этого фактора в тканях организма человека складывается из возможного непосредственного действия их (КУФ) на бактерии и особенно изменений свойств тканей, в которых бактерии находятся (в виде сдвига в кислую сторону рН, повышения фагоцитарной активности лейкоцитов и др.), что способствует задержке размножения бактерий и их гибели.

Ультрафиолетовая недостаточность (световое голодание)

В климатологии по уровню УФЛ выделяют «зону дефицита» (широта выше 57,5°), «зону комфорта» (42,5-57,5°), «зону избытка» (менее 42,5°), что необходимо учитывать при гигиеническом воспитании населения, проведении профилактических мероприятий.

В 1980 г. американский психиатр Альфред Леви описал эффект «зимней депрессии», которую сейчас квалифицируют как заболевание и называют сокращенно SAD (Seasonal Affective Disorders). Заболевание связано с недостаточной инсоляцией, то есть естественным освещением. По оценкам специалистов, синдрому SAD подтверждено ~ 10-12 % насе-

ния земли и прежде всего жители стран Северного полушария. Известны данные по США: в Нью-Йорке – 17 %, на Аляске – 28 %, даже во Флориде – 4 %. По странам Северной Европы данные колеблются от 10 до 40 %.

Недостаток УФ-лучей опасен для человека, так как они стимулируют основные биологические процессы организма. Наиболее выраженное проявление ультрафиолетовой недостаточности – авитаминоз, при котором нарушается фосфорно-кальциевый обмен и процесс костеобразования, а также происходит снижение работоспособности и защитных свойств организма от заболеваний. Подобные проявления характерны для осенне-зимнего периода при значительном отсутствии естественной ультрафиолетовой радиации.

С дефицитом УФЛ в первую очередь связано развитие синдрома светового голодания, который может наблюдаться у людей, живущих в «зоне дефицита», в городах с загрязненной атмосферой, работающих под землей, мало бывающих на открытом воздухе.

Ультрафиолетовая недостаточность (солнечная недостаточность/световое голодание) – патологическое состояние организма, возникающее в результате длительного отсутствия воздействия солнечного света или его недостаточного непосредственного действия и вызывающее нарушение трофических и обменных процессов в организме.

Синдром светового голодания характеризуется следующими основными нарушениями:

- снижение резистентности организма;
- расстройства функции нервной системы;
- нарушение обмена веществ;
- снижение обеспеченности организма витаминами;
- снижение защитной функции кожи, повышение ее чувствительности к раздражающему действию, развитие пиодермий;
 - снижение физической и умственной работоспособности;
 - торможение процессов консолидации костей при переломах, заживления ран;
 - развитие кариеса зубов;
 - обострение хронических заболеваний;
 - развитие токсикозов эндогенного происхождения (эндотоксикозов);
 - нарушение функции зрительного анализатора;

Профилактика развития синдрома светового голодания складывается из следующих мероприятий:

- рациональная планировка населенных мест, отдельных зданий и помещений с целью увеличения инсоляции;

- создание парков, зон отдыха;
- более продолжительное пребывание на воздухе;
- устройство аэрариев и соляриев;
- облучение в фотариях со строгой дозировкой УФЛ;
- использование источников УФЛ в помещениях различного назначения с обязательным раздельным включением обычного освещения и источников УФЛ;
- проведение физиотерапии с помощью УФЛ для ускорения консолидации переломов, заживления ран;
- рационализация питания, особенно по белковому, минеральному и витаминному компонентам;
- создание нормальных социально-бытовых условий.

Методы определения интенсивности ультрафиолетовой радиации и ее биодозы при профилактическом и лечебном облучении

Измерение ультрафиолетовой радиации производится или в энергетических единицах (1 мг-кал на 1 см² в мин), или в биологических редуцированных единицах-биодозах.

Энергетическая единица обуславливает возможность измерения ультрафиолетовой радиации независимо от источника излучения и от биологической реакции, а также позволяет сравнивать результаты измерения.

Система биологически редуцированных единиц *эр* и *бакт* обусловлена: первая – эритемным действием на кожу, вторая – бактерицидным действием.

Эр представляет собой эритемный поток излучения с длиной волны 296,7 нм и мощностью 1 Вт (радиация всех других длин волн пересчитывается по таблицам их относительной эффективности). Если такой поток падает на 1 м², то эритемная облученность будет соответствовать 1 эр/1 м²; меньшие величины: мэр/м² и мкэр/см².

Бакт представляет собой бактерицидный поток излучения с длиной волны 253,7 нм и мощность 1 Вт (радиация всех других длин волн пересчитывается по таблицам их относительной эффективности). Такой поток, падающий на 1 м², соответствует 1 бакту на 1 м² (1б/м²); единица в тысячу раз меньше – миллибакт на 1 м² (Мб/м²).

На практике значительно чаще используют производное Эр – мэр.

Для определения интенсивности ультрафиолетового излучения используются **фотоэлектрические** (основаны на преобразовании энергии ультрафиолетового спектра в электрический ток), **химические** (реги-

страция степени разложения химических веществ при действии ультрафиолетовой радиации), **биологические** (регистрация реакций организма на воздействие ультрафиолетовой радиации) **методы**.

Ультрафиолетметры (уфиметры). С помощью данных приборов реализуется фотоэлектрический метод определения интенсивности ультрафиолетового излучения. В санитарной практике наиболее распространен прибор УФМ-5 (рис. 11). Воспринимающей частью прибора являются 2 фотоэлемента – сурьмяно-цезиевый для регистрации эритемного ультрафиолетового излучения (290–340 нм) и магниевый – для измерения коротковолнового ультрафиолетового излучения (220–290 нм). Прибор снабжен счетчиком импульсов напряжения и переключателем диапазонов чувствительности, измеряет величину облученности и дозу (количество) облучения. Измерение ультрафиолетового излучения проводится по подсчету импульсов напряжения, подвергающегося облучению ультрафиолетовыми лучами.

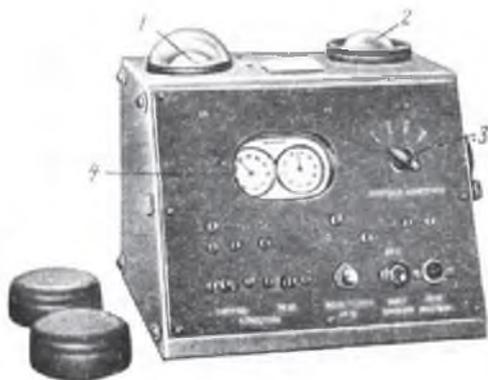


Рис. 11. Ультрафиолетметр УФМ-5.

Для измерения облученности определяют число импульсов счетчика за определенное время (30 с). Для измерения дозы подсчитывают количество импульсов за все время облучения. При измерении прибор устанавливают таким образом, чтобы воспринимающий фотоэлемент совпадал с плоскостью области облучения.

В зависимости от измеряемой области спектра открывают крышку одного из фотоэлементов. Выбирают наиболее чувствительный диапазон измерений. Включают питание прибора, отмечают время отсчета.

Через определенное время (30 с, 1 мин, 4 мин) отсчет заканчивают и вычисляют дозу или интенсивность облучения путем умножения числа

импульсов счетчика на энергетическое значение одного импульса, указанное в паспорте прибора, при данном диапазоне чувствительности (значения импульсов дают в микроваттах на 1 см^2 для определения величины облученности и в микроваттах на $1 \text{ см}^2/\text{с}$ для вычисления дозы облучения).

Прибор ТКА-АВС (рис. 12) предназначен для измерения энергетической освещенности в ультрафиолетовой области спектра в $\text{мВт}/\text{м}^2$. Прибор поочередно регистрирует участки спектра, разбитые согласно принятой классификации на зоны А (315-400 нм), В (280-315 нм), С (200-280 нм). Модель применяется в основном специалистами, работающими в области медицины и охраны труда, однако может с успехом использоваться и в области науки и техники для измерения параметров излучения в ультрафиолетовой области спектра.

Прибор ТКА-01/3 (рис. 13) предназначен для измерения энергетической освещенности от источников ультрафиолетового излучения в $\text{мВ}/\text{м}^2$ и освещенности от видимых источников света в люксах. Прибор также показывает долю ультрафиолетового излучения к видимому свету. Эта величина определяется для предотвращения ущерба от действия света на картины, предметы старины и архивные материалы. Может быть востребована для контроля интенсивности ультрафиолета при использовании его источников, в частности, в фотариях, а также с целью оценки освещенности и интенсивности ультрафиолета при проведении государственного санитарно-эпидемиологического надзора.



Рис. 12. Прибор ТКА-АВС.



Рис. 13. Прибор ТКА-01/3.

Другие приборы для измерения интенсивности ультрафиолетового излучения. До недавнего времени для этих целей наиболее широко применялись дозиметр ДАУ-81 и спектрорадиометр ОРП с насадками для измерения облученности в спектральных областях УФ-А, УФ-В,

УФ-С. У этих приборов есть ряд существенных недостатков, что приводит к большим погрешностям в результате замеров.

К настоящему времени Всероссийским научно-исследовательским институтом оптико-физических измерений (ВНИИОФИ) Госстандарта РФ разработаны малогабаритные переносные цифровые приборы для измерения энергетических характеристик УФИ. Технические характеристики серии этих приборов, которые получили название «Аргус», представлены в таблице 3. По принципу действия и устройству эти приборы близки к приборам ТКА-АВС и ТКА-01/3. На рисунке 14 представлен внешний вид прибора «Аргус-3».

Таблица 3

Основные характеристики приборов серии «Аргус»

Название прибора	Назначение	Спектральный диапазон, мкм	Динамический диапазон, Вт/м ²	Погрешность, %
Аргус 03	Неселективный радиометр	0,25-10,0	1-2000	6
Аргус 04	Радиометр УФ-А	0,315-0,400	0,01-20	10
Аргус 05	Радиометр УФ-В	0,280-0,315	0,01-20	10
Аргус 06	Радиометр УФ-С	0,200-0,280	0,001-2	10



Рис. 14. Радиометр неселективный «Аргус-03».

Указанные характеристики приборов соответствуют требованиям и рекомендациям евро-стандартов. Приборы аттестуются и поверяются во ВНИИОФИ с выдачей свидетельств по форме, установленной Госстандартом РФ.

Радиометр неселективный Аргус-03 предназначен для измерения энергетической освещенности в диапазоне от 1 до 2000 Вт/м² в спектральном диапазоне от 1,1 до 20,0 мкм. Принцип работы основан на преобразовании потока излучения, создаваемого источниками, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный энергетической освещенности, который затем преобразуется аналого-цифровым преобразователем в цифровой

код, индуцируемый на цифровом табло индикаторного блока. Прибор может быть использован в организациях охраны труда, при проведении госсанэпиднадзора и т. д.

Для профилактики ультрафиолетовой недостаточности следует рекомендовать максимальное использование естественной солнечной радиации. Однако часто для этого приходится прибегать к облучению искусственными источниками ультрафиолетового излучения. В наибольшей степени ультрафиолетовая недостаточность проявляется зимой. Потребность в дополнительном искусственном ультрафиолетовом облучении людей зависит от светового климата местности, в которой они проживают (в северных районах период облучения должен быть более длительным, в южных – более коротким).

Следует иметь в виду, что интенсивное ультрафиолетовое облучение противопоказано при активной форме туберкулеза, резко выраженном атеросклерозе, заболеваниях сердечно-сосудистой системы, печени, почек, щитовидной железы, злокачественных новообразованиях.

По характеру биологического действия ультрафиолетовую часть спектра условно разделяют на три области: А, В, С.

В длинноволновой области А (320-400 нм) лучи вызывают преимущественно загар. В средневолновой области В (280-320 нм) они проявляют витаминообразующее действие, что позволяет применять этот вид излучения в качестве лечебного и профилактического средства. При действии этой части ультрафиолетового излучения в коже человека провитамин 7,8-дегидрохолестерин переходит в активную форму – витамин D₃. В коротковолновой области С (200-280 нм) излучение оказывает преимущественно бактерицидное действие, в основе которого лежит нарушение жизнедеятельности микробных клеток, возникающее благодаря фотохимическому расщеплению белковых компонентов.

Характеристика искусственных источников ультрафиолетового излучения

В настоящее время практически применяются три типа искусственных источников ультрафиолетового излучения.

1. *Эритемные люминесцентные лампы ПЭ (ЭУВ)* – источники ультрафиолетового излучения в областях А и В. Максимум излучения лампы – область В (313 нм). Применяются для профилактического и лечебного облучения людей.

Изготавливается лампа ЭУВ из специального стекла (увиолевого), хорошо пропускающего УФ-излучение. Внутри трубка лампы покрыта люминофором (фосфат кальция, активированный таллием) и заполнена дозированным количеством ртути с инертным газом при давлении

в несколько гектопаскалей. Лампы ЭУВ выпускаются мощностью 15 Вт (ЭУВ-15), 30 Вт (ЭУВ-30; ЛЭ-30; ЛЭР-30), 40 Вт (ЛЭР-40). Средний срок службы 1000 ч. Эритемные лампы включаются в электросеть при наличии специальных приборов – дросселя и стартера.

Для ламп ЭУВ разработана специальная арматура двух видов:

а) комбинированные светильники ШЭЛ-1, ШЭЛ-2, ШЭП-1, в которых, кроме ламп ЭУВ, включают и осветительные люминесцентные лампы (включение эритемных и осветительных ламп может производиться раздельно);

б) облучатели ОЭ-1-15 и ОЭО-2-30, которые предназначены только для ламп ЭУВ.

2. *Прямые ртутно-кварцевые лампы ПРК (ДРТ-дуговые ртутно-кварцевые лампы)* являются мощными источниками излучения в ультрафиолетовых областях А, В, С и видимой части спектра. Максимум излучения ламп ПРК находится в ультрафиолетовых частях спектра области В (25% всего излучения) и С (15% излучения). В связи с этим лампы ПРК применяют как для облучения людей профилактическими и лечебными дозами, так и для обеззараживания объектов внешней среды (воздуха, воды и т. д.).

Применять лампы ПРК для облучения людей следует с особой осторожностью, так как под влиянием короткой части спектра (области С) могут возникнуть ожоги слизистой оболочки глаз (фотоофтальмия), произойти изменения в составе крови и т. п. Время облучения и расстояние до лампы строго дозируют, глаза облучаемых лиц и персонала защищают темными очками.

Лампы ПРК изготовляют из кварцевого стекла и заполняют дозированным количеством ртути и аргона. По мощности они делятся на несколько типов: ПРК-2 (375 Вт), ПРК-4 (220 Вт), ПРК-7 (1000 Вт). Средний срок службы их 800 ч.

Для ламп ПРК разработаны два типа облучателей: а) облучатель ртутно-кварцевый маячного типа большой (для ламп ПРК-7), стойка которого имеет постоянную высоту (ОМУ); б) облучатель ртутно-кварцевый маячного типа малый (для ламп ПРК-2 и ПРК-4), стойка которого может быть различной высоты.

3. *Бактерицидные лампы из увиолевого стекла БУВ(ДБ)* являются источниками ультрафиолетового излучения в области С. Максимум излучения ламп БУВ 254 нм. Лампы применяют только для обеззараживаний объектов внешней среды: воздуха, воды, различных предметов (посуда, игрушки). Облучение людей прямыми лучами от этих ламп не допускается. В случае облучения людей могут возникнуть такие же неблагоприятные явления, как при переоблучении лампами ПРК (фотоофтальмия и др.).

Лампы БУВ изготавливают из увиолевого стекла и заполняют аргоном с дозированным количеством ртути при низком давлении. Производят лампы мощностью 15 Вт (БУВ-15), 30 Вт (БУВ-30, ДБ-30-1), 60 Вт (БУВ-60, ДБ-60), 30 Вт с повышенной плотностью тока (БУВ-30-И).

Для этих ламп разработана специальная экранирующая аппаратура, направляющая лучи так, чтобы они не могли попасть в глаза стоящему человеку. Для установки этих ламп существует настенная, потолочная или передвижная арматура (облучатели ОБН-160, ОБП-300, ОБП-450), а также комбинированные облучатели, предназначенные для осветительных люминесцентных ламп и ламп типа БУВ.

Существует два вида облучательных установок: установки длительного действия и кратковременного действия. В первых установках обычное искусственное освещение внутри помещения насыщается ультрафиолетовыми лучами с помощью источников УФ-излучения. Находящиеся в помещении люди облучаются в течение всего времени пребывания в нем УФ-потокм небольшой интенсивности (светооблучательные установки). Установки кратковременного действия оборудуют в специальных помещениях, называемых фотариями. Дозирование УФ-облучения производится в биодозах.

Определение биодозы. Пороговой эритемной дозой, или биодозой, называется количество облучения, которое вызывает едва заметное покраснение (эритему) на коже незагорелого человека спустя 6-10 ч после облучения. Эта пороговая эритемная доза непостоянна. Она зависит от пола, возраста, состояния здоровья и других индивидуальных особенностей.

Биодоза устанавливается экспериментально у каждого или выборочно у наиболее ослабленных лиц, которые будут подвергаться облучению. Определение биодозы проводится тем же источником искусственного УФ-излучения, который будет применен для профилактического облучения (лампы ЭУВ или ПРК).

Определение биодозы профилактического и лечебного ультрафиолетового облучения с помощью биодозиметра. Данный метод относится к биологическим методам. Биодозиметр Горбачева-Дальфельда

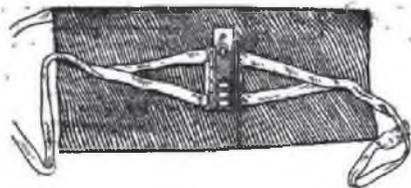


Рис. 15. Биодозиметр Горбачева-Дальфельда.

(рис. 15) представляет собой пластинку из нержавеющей стали с шестью прямоугольными отверстиями. В приборе имеется задвижка, позволяющая открывать или закрывать указанные отверстия. С помощью тесемок, закрепленных на про-

резиненной шторке, прикрепленной к биодозиметру, он закрепляется на внутренней стороне предплечья.

Затем открывается первое отверстие (при закрытых других) и облучается источником ультрафиолетового облучения и с расстояния, которые предполагаются для лечебного и профилактического облучения, в течение 3 минут. Затем при указанных условиях облучаются другие отверстия в течение 2,5 минут, 2 минут, 1,5 минут, 1 минуты и 0,5 минуты. Через 6 часов, в течение которых биодозиметр остается закрепленным, просматривают все облученные отверстия и отмечают эритемные реакции (покраснения) на соответствующих участках кожи. Например, участок кожи, который облучался 0,5 минуты остался без изменений (какой-либо эритемной реакции). На всех других участках кожи отмечена эритемная реакция. Лечебная биодоза при данных условиях, таким образом, будет 1 мин или 60 с. На практике в качестве лечебной дозы принимают также в зависимости от состояния пациента 0,6-0,8 биодозы. Профилактическая доза составляет 1/8-1/10 от лечебной дозы: 60 с : 8 = 7,5 с или 60 с : 10 = 6 с. При определении биодозы необходимо выполнять требования безопасности, в частности, при облучении участков кожи исследователь и обследуемый должны надевать защитные очки, а биодозиметр запрещается использовать без защитной прорезиненной шторки. При УФ-недостаточности здоровым людям необходимо ежедневно получать 1/10-3/4 биодозы.

Светооблучательные установки. Эритемными светооблучательными установками называются осветительные установки, в которых, помимо люминесцентных или обычных ламп накаливания, вмонтированы ультрафиолетовые эритемные люминесцентные лампы ЭУВ (ЛЭ).

Устройство эритемных светооблучательных установок рекомендуется: а) в детских учреждениях (ясли, детские сады, школы, детские дома); б) в лечебно-профилактических учреждениях (больницы, санатории, дома отдыха); в) в жилых домах (общежития, интернаты) севернее 60° северной широты; г) в спортивных залах; д) в производственных помещениях, лишенных естественного света.

Устройство светооблучательных установок в цехах химической промышленности возможно только при отсутствии контакта рабочих с эозином, акридином, метиленовым синим и другими веществами, оказывающими фотосенсибилизирующее действие. Светооблучательные установки следует оборудовать лишь в помещениях с длительным пребыванием людей (классы, палаты, цеха и т. п.). В северных районах облучение рекомендуется производить с 1 октября по 1 апреля, в средних широтах (50-60° северной широты) с 1 ноября по 1 апреля, в южных (45-50° северной широты) с 1 декабря по 1 апреля.

Применение эритемных светооблучательных установок эффективно и перспективно. Они позволяют создать в помещениях своего рода солнечный свет, причем люди находятся в помещениях в обычном платье, открытыми остаются лицо, шея, руки. Облучатели располагают на потолке или на стенах на высоте около 2,5 м от пола. Длительность облучения определяется временем использования данного помещения. Например, в классах школ облучение производят в течение 4-6 ч, в детских садах 6-8 ч и т. п.

Расчет светооблучательных установок. Количество эритемных люминесцентных ламп в установке определяют следующим образом.

Вначале необходимо рассчитать эритемный поток всей установки (F) по формуле:

$$F_{\text{уст}} = 5,4 \cdot S \cdot \frac{H}{t} \text{ мэр, где} \quad (4)$$

5,4 – коэффициент запаса, учитывающий ряд технических показателей (старение ламп, неравномерность облучения);

S – площадь помещения, м²;

T – время работы установки, мин;

H – доза профилактического ультрафиолетового облучения, (мэр-мин)/м².

Перевод дозы профилактического ультрафиолетового облучения, выраженного в биодозах, в специальные единицы [(мэр-мин)/м²] производится исходя из того, что биодоза равна 5000 (мэр-мин)/м² [0,25 биодозы, соответственно, будет составлять 1250 (мэр-мин)/м², 0,1-500 (мэр-мин)/м² и т. п.].

Время облучения (t) назначается врачом с учетом длительности пребывания людей в помещении (не менее 4 и не более 8 ч).

Количество эритемных ламп (n) рассчитывают по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{уст}}}{F_{\text{лампы}}}, \text{ где} \quad (5)$$

F – эритемный поток установки, мэр;

F₁ – эритемный поток одной лампы, мэр.

Эритемный поток лампы ЭУВ-15 составляет 340 мэр, лампы ЭУВ-30 – 530 мэр.

Пример. Рассчитать количество ламп, необходимых для облучения здоровых школьников с целью профилактики ультрафиолетовой недостаточности. Доза облучения должна составить 0,5 биодозы, время облучения принимаем равным 4 ч (240 мин). Площадь класса равна 48 м.

Рассчитываем общий эритемный поток установки:

$$F_{\text{уст}} = 5,4 \cdot 48 \text{ м}^2 \cdot \frac{2500(\text{мэр} \cdot \text{мин}) / \text{м}^2}{240 \text{ мин}} = 2698 \text{ мэр} \quad (6)$$

[Н – 0,5 биодозы = 2500 (мэр·мин)/м²].

Количество ламп ЭУВ-15, необходимых для создания этого зрительного потока, составит:

$$n = \frac{F_{\text{уст}}}{F_{\text{ЭУВ-15}}} = \frac{2698 \text{ мэр}}{340 \text{ мэр}} = 7,9, \quad (7)$$

т. е. 8 ламп ЭУВ-15.

Облучательные установки – фотарии. Облучательные установки кратковременного действия (фотарии) наиболее целесообразно устраивать для тех контингентов людей, которые не имеют постоянного рабочего места или в тех случаях, когда возникают затруднения для устройства светооблучательных установок (большая высота помещений, разобщенность рабочих мест и т. д.). В фотариях люди облучаются интенсивным потоком УФ-излучения в течение нескольких минут. Наиболее совершенными в настоящее время считаются фотарии кабинного и проходного (лабиринтного) типов, однако часто устраивают и фотарии маячного типа.

Фотарии кабинного типа (рис. 16) состоят из двух или четырех одностенных смежных кабин, стенками которых служат вертикально расположенные лампы ЭУВ-30. Размер кабин 0,9×0,7 м при высоте 1,5 м. Фотарии из четырех смежных кабин оборудуются лампами ЭУВ-30. Лампы монтируются вертикально на расстоянии 160 мм друг от друга на высоте 0,5 м от пола.

Необходимое количество кабин (отдельно мужских и женских) определяют по формуле:

$$n = \frac{N}{t \cdot \eta}, \text{ где} \quad (8)$$

n – количество кабин;

N – количество людей, подлежащих облучению;

t – пропускная способность кабины, 20–22 чел./ч;

η – коэффициент, учитывающий время работы фотария (0,5).

При необходимости повысить пропускную способность лучше устраивать фотарии проходного типа: прямолинейный или с поворотами (лабиринт) длиной до 30 м, шириной 1,2–1,5 м. В этом фотарии лампы ЭУВ-30 устанавливают вертикально на расстоянии 250 мм друг от друга на высоте 0,5 м от пола.



Рис. 16. Фотарий кабинного типа с лампами ЭУВ.

Пропускная способность определяется по формуле:

$$m = \frac{60 \cdot L}{d \cdot t}, \text{ чел./ч, где} \quad (9)$$

m – пропускная способность фотария, чел./ч;

L – длина пути в фотарии, м;

d – расстояние между облучаемыми, 1-0,8 м;

t – продолжительность облучения, т. е. время прохождения по фотарию, мин.

В фотариях кабинного и проходного типов облучение проводится обычно по 2-3 мин ежедневно.

Фотарии маячного типа. (рис. 17) Для оборудования такого фотария обычно используют лампу ПРК-7, устанавливаемую в центре помещения (рис. 17). Облучаемые располагаются по кругу на удалении не менее 3 м от лампы. Расстояние между облучаемыми должно быть около 30-40 см.

Аналогичные фотарии маячного типа могут быть оборудованы лампами ПРК-2 или ПРК-4. При этом расстояние от лампы до облучаемых может быть сокращено до 1-2 м. Соответственно, снижается



Рис. 17. Ультрафиолетовая установка для фотариев маячного типа с использованием лампы ПРК.

и пропускная способность фотария. Обычно проводят 16-20 сеансов облучения с последующими двухмесячным перерывом, после которого цикл облучений повторяют. Облучение можно проводить ежедневно или через день, начиная с 0,5 биодозы и постепенно повышая ее в зависимости от схемы облучения (табл. 4). Площадь, необходимую для устройства фотария маячного типа, расстояние до источника, продолжительность ежедневного облучения рассчитывают в каждом конкретном случае, пользуясь данными ориентировочной таблицы 5. При этом следует исходить из мощности лампы, имеющейся в наличии. Расстояние необходимо устанавливать так, чтобы время облучения было не меньше 4-5 мин и не больше 10-15 мин. Количество одновременно облучаемых людей будет зависеть от величины круга, по которому они располагаются (примерно по 0,8-1 м длины окружности на человека).

Таблица 4

Схема облучения людей искусственными источниками УФ-излучения

Контингент облучаемых	Цель облучения	Схема облучения, биодозы в дни:									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шахтеры	Закаливание	0,5	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Школьники											
здоровые	Закаливание	0,5	0,5	0,5	0,75	1	2	2,75	3,5	3,5	3,5
ослабленные	Профилактика УФ-недостаточности	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25	2	2	2
Дети дошкольного возраста											
здоровые	Закаливание	0,5	0,5	0,5	0,75	1	1,25	1,25	1,74	2	2,5
ослабленные	Профилактика УФ-недостаточности и рахита	0,5	0,5	0,5	0,8	0,9	1	1	1,25	1,25	1,25

Время получения одной биодозы от различных источников излучения

Наименование источника излучения	Мощность, Вт	Время получения одной биодозы, мин расстояние от лампы, м		
		1	2	3
Лампа ПРК-4	220	6	21,6	45
Лампа ПРК-2	375	3,5	13,6	26,8
Лампа ПРК-7	1000	0,5	1,8	3,7

Пример. Для профилактического облучения группы здоровых школьников нужно оборудовать фотарий. В качестве источника излучения будет применена лампа ПРК-2. Требуется установить площадь помещения для фотария, расстояние между детьми и лампой и ежедневную продолжительность облучения.

Решение. Первоначальная ежедневная доза облучения (таблица 4) составляет 0,5 биодозы. Чтобы время облучения для достижения этой дозы находилось в пределах 4-15 мин, расстояние между детьми и лампой ПРК-2 должно быть равно 2 м (таблица 5), а время облучения для получения 0,5 биодозы будет составлять около 7 мин (6,8). Площадь фотария рассчитывают исходя из расстояния между лампой и детьми (радиус круга), добавляя с каждой стороны по 1 м до стен помещения (при меньшем расстоянии может возникнуть передозировка за счет отражения от стен). Следовательно, общий размер помещения во взаимно перпендикулярных линиях равен 6 м, а площадь не менее 36 м². Вычислив длину круга ($2\pi R$), определяют, сколько детей можно облучать одновременно: $2 \cdot 3,14 \cdot 2 = 12,56$ (12-16 чел.).

Применение искусственных источников коротковолнового ультрафиолетового излучения для обеззараживания объектов внешней среды

Для целей обеззараживания объектов внешней среды наиболее удобны лампы БУВ (ДБ). Оценку бактерицидного действия ламп производят следующим образом. Прибором Кротова или путем естественного осаждения осуществляют посев микрофлоры воздуха учебной лаборатории на три чашки Петри с плотной питательной средой. Затем облучают одну чашку Петри в боксе лампой БУВ (ДБ) в течение 5 мин, другую – 10 мин, третью чашку (контрольную) не облучают. Все чашки маркируют и помещают в термостат при температуре 37°С на 24 ч.

Расчет установок для дезинфекции воздуха. Наибольшее практическое значение имеет применение бактерицидных ламп для дезинфекции (санации) воздуха закрытых помещений с большим скоплением людей: ожидальни поликлиник, групповые комнаты детских садов, помещения для рекреации в школах и т. д. Санацию воздуха помещений лампами БУВ осуществляют либо в присутствии людей, либо без них.

Наиболее эффективно проведение санации воздуха в присутствии людей, так как люди являются основным источником загрязнения воздуха помещений. Для этого облучают верхнюю зону помещений экранированными снизу лампами БУВ. Экранированные лампы подвешивают на высоте около 2,5 м от пола в местах наиболее интенсивных конвекционных токов воздуха (над отопительными приборами, дверью и т. д.). Мощность излучения ламп БУВ пропорциональна МОЩНОСТИ, потребляемой лампой от сети. При расчете бактерицидной установки необходимо, чтобы на 1 м³ объема данного помещения приходилось 0,75-1 Вт мощности, потребляемой лампой от сети.

Пример. Для санации воздуха помещения объемом 250 м³ необходимо оборудовать его установкой с лампами БУВ-15. Санация воздуха будет проводиться в присутствии людей. Рассчитать требуемое количество ламп БУВ-15. Где и как они должны размещаться ?

Решение. Для санации воздуха указанного помещения необходимо создать установку общей мощностью 187-250 Вт. Для этого понадобится 12-16 ламп БУВ-15 (185 Вт : 15 Вт =12; 250 Вт:15 Вт = 16).

Время облучения воздуха в закрытых помещениях не должно превышать 8 ч в сутки. Лучше всего производить облучение 3-4 раза в день с перерывами для проветривания помещения, так как образуются озон и окислы азота, ощущаемые как посторонний запах. Санация воздуха помещений в отсутствии людей проводится обычно в помещениях бактериологических лабораторий, в операционных, перевязочных и других помещениях после влажной уборки. В этих случаях открытые лампы размещают либо равномерно по всему помещению, либо преимущественно над рабочими столами. Как правило, над дверью также помещают лампу, создающую «завесу» из бактерицидных лучей.

Количество ламп и время санации зависят от режима данного помещения. Минимальное количество ламп должно быть таким, чтобы на 1 м³ объема помещения приходилось не менее 1,5 Вт потребляемой из сети мощности; минимальное время облучения 15-20 мин.

Санацию воздуха помещений лампами ПРК можно проводить в присутствии или в отсутствии людей. При необходимости санировать воздух в присутствии людей лампа устанавливается на высоте 1,7 м от

пола с рефлектором, обращенным вверх. На 1 м³ объема помещения должно приходиться 2-3 Вт потребляемой из сети мощности. Облучение воздуха при этом проводится по 30 мин несколько раз в день с интервалами для проветривания помещения. Санацію воздуха лампами ПРК можно осуществлять в перерывах между работой в учреждениях, при выходе детей на прогулку и т. д. На 1 м³ объема помещения при санации воздуха в отсутствии людей может приходиться 5-10 Вт мощности лампы. Время облучения воздуха в отсутствии людей должно быть максимально длительным.

Использование ультрафиолетового излучения в различных областях

1. Определение электронной структуры.

Изучение спектров испускания, поглощения и отражения в УФ-области позволяет определять электронную структуру атомов, ионов, молекул, а также твердых тел.

УФ-спектры Солнца, звезд и др. несут информацию о физических процессах, происходящих в горячих областях этих космических объектов.

2. Косметология.

В косметологии ультрафиолетовое облучение широко применяется в соляриях для получения ровного красивого загара.

Витамин Д, как известно полезен для организма.

Ультрафиолетовое излучение оказывает существенное воздействие на фосфорно-кальциевый обмен, стимулирует образование витамина Д и улучшает все метаболические процессы в организме. Дефицит ультрафиолетовых лучей ведет к авитаминозу, снижению иммунитета, слабой работе нервной системы, появлению психической неустойчивости.

3. Пищевая промышленность.

Обеззараживание воды, воздуха, помещений, тары и упаковки УФ излучением. Следует подчеркнуть, что использование УФИ как физического фактора воздействия на микроорганизмы может обеспечить обеззараживание среды обитания в очень высокой степени, например до 99,9%.

4. Сельское хозяйство и животноводство.

5. Полиграфия.

Технология формования полимерных изделий под действием ультрафиолетового излучения (фотохимическое формование) находит применение во многих областях техники. В частности, эта технология широко применяется в полиграфии и в производстве печатей и штампов.

6. Криминалистика.

Ученые разработали технологию, позволяющую находить малейшие дозы взрывчатых веществ. В приборе для обнаружения следов взрывчатых веществ используется тончайшая нить (она в две тысячи раз тоньше человеческого волоса), которая светится под воздействием ультрафиолетового излучения, но всякий контакт со взрывчаткой: тринитротолуолом или иными, содержащимися в бомбах взрывчатыми веществами, прекращает ее свечение. Прибор определяет наличие взрывчатых веществ в воздухе, в воде, на ткани и на коже подозреваемых в преступлении.

7. Шоу-бизнес.

Освещение, световые эффекты.

8. Лампы для обеззараживания.

Промышленность выпускает ртутные, водородные, ксеноновые и другие газоразрядные лампы, окна которых (либо целиком колбы) изготовляют из прозрачных для ультрафиолетового излучения материалов (чаще из кварца).

9. Дезинфекция питьевой воды.

Дезинфекция воды происходит способом хлорирования в сочетании, как правило, с озонированием или обеззараживанием ультрафиолетовым (УФ) излучением. Обеззараживание ультрафиолетовым (УФ) излучением – безопасный, экономичный и эффективный способ дезинфекции. Ни озонирование, ни ультрафиолетовое излучение не обладают бактерицидным последствием, поэтому их не нельзя использовать в качестве самостоятельных средств обеззараживания воды при подготовке ее для хозяйственно-питьевого водоснабжения, для бассейнов. Озонирование и ультрафиолетовое обеззараживание применяются как дополнительные методы дезинфекции, вместе с хлорированием, повышают эффективность хлорирования и снижают количество добавляемых хлорсодержащих реагентов.

10. Химический анализ.

УФ-спектрофотометрия основана на облучении вещества монохроматическим УФ-излучением, длина волны которого изменяется со временем. Вещество в разной степени поглощает УФ-излучение с разными длинами волн. График, по оси ординат которого отложено количество пропущенного или отраженного излучения, а по оси абсцисс – длина волны, образует спектр. Спектры уникальны для каждого вещества, на этом основывается идентификация отдельных веществ в смеси, а также их количественное измерение.

Многие минералы содержат вещества, которые при освещении ультрафиолетовым излучением начинают испускать видимый свет. Каж-

дая примесь светится по-своему, что позволяет по характеру свечения определять состав данного минерала. А. А. Малахов в своей книге «Занимательно о геологии» рассказывает об этом так: «Необычное свечение минералов вызывают и катодный, и ультрафиолетовый, и рентгеновский лучи. В мире мертвого камня загораются и светят наиболее ярко те минералы, которые, попав в зону ультрафиолетового света, рассказывают о мельчайших примесях урана или марганца, включенных в состав породы. Странным «неземным» цветом вспыхивают и многие другие минералы, не содержащие никаких примесей. Целый день я провел в лаборатории, где наблюдал люминесцентное свечение минералов. Обычный бесцветный кальцит расцветивался чудесным образом под влиянием различных источников света. Катодные лучи делали кристалл рубиново-красным, в ультрафиолете он загорался малиново-красными тонами. Два минерала – флюорит и циркон – не различались в рентгеновских лучах. Оба были зелеными. Но стоило подключить катодный свет, как флюорит становился фиолетовым, а циркон – лимонно-желтым».

Качественный хроматографический анализ хроматограммы, полученные методом ТСХ, нередко просматривают в ультрафиолетовом свете, что позволяет идентифицировать ряд органических веществ по цвету свечения и индексу удерживания.

11. Ловля насекомых.

Ультрафиолетовое излучение нередко применяется при ловле насекомых на свет (обычно в сочетании с лампами, излучающими в видимой части спектра). Это связано с тем, что у большинства насекомых видимый диапазон смещен, по сравнению с человеческим зрением, в коротковолновую часть спектра: насекомые не видят того, что человек воспринимает как красный, но видят мягкий ультрафиолетовый свет.

12. Ультрафиолет в реставрации.

Один из главных инструментов экспертов – ультрафиолетовое, рентгеновское и инфракрасное излучение. Ультрафиолетовые лучи позволяют определить старение лаковой пленки – более свежий лак в ультрафиолете выглядит темнее. В свете большой лабораторной ультрафиолетовой лампы более темными пятнами проступают отреставрированные участки и кустарно переписанные подписи. Рентгеновские лучи задерживаются наиболее тяжелыми элементами. В человеческом теле это костная ткань, а на картине – белила. Основой белил в большинстве случаев является свинец, в XIX веке стали применять цинк, а в XX-м – титан. Все это тяжелые металлы. В конечном счете, на пленке мы получаем изображение белильного подмалева. Подмалевок – это

индивидуальный «почерк» художника, элемент его собственной уникальной техники. Для анализа подмалевка используются базы рентгенограмм картин великих мастеров. Также эти снимки применяются для распознавания подлинности картины.

Использование УФИ в лечебных целях

Ультрафиолетовые лучи имеют полезные свойства, которые применяются практически в различных областях науки и медицины и не только. Первый прибор с ультрафиолетовыми лучами был создан в 1908 году – ультрафиолетовая лампа. С 50-х годов прошлого столетия такие лампы стали производиться массово и также использоваться.

Разработка ультрафиолетового излучателя основывалась на бактерицидных свойствах ультрафиолета. Именно с этого и началось их применение в медицине. На вопрос, как используется ультрафиолетовое излучение в медицине сейчас, ответ будет гораздо обширнее.

УФ – лучи применяют в терапии, лазерной биомедицине, при дезинфекции и во многих других областях здравоохранения. Конечно, медицина остается одной из областей, где ультрафиолетовое излучение используется больше всего.

Антибактериальная обработка бактерицидными лампами проводится во всех отделениях больниц, а особенно в хирургических, операционных и инфекционных. Способностью ультрафиолета убивать бактерии и вирусы пользуются в поликлиниках, санаториях, а также на промышленных предприятиях с различными видами загрязнения воздуха. Еще их применяют в дошкольных учреждениях, что способствует лучшей борьбе с сезонными заболеваниями, такими как ОРЗ.

Бактерицидные ультрафиолетовые лампы подразделяются на открытые и закрытые типы приборов.

Открытый излучатель ультрафиолета применяется для обработки помещений способом прямого облучения УФ-лучами. Такой способ требует, чтобы людей во время обработки в помещении не было. Бактерицидная лампа включается на определенное время по окончании, которого ее выключают и комнату проветривают.

Закрытый вид УФ-ламп – это обработка помещения в присутствии людей, в таких лампах используется увиолевое стекло, которое не дает озону накапливаться в помещении. Как открытые ультрафиолетовые излучатели, так и закрытые работают определенное время, после которого помещение считается чистым.

В медицине используются ультрафиолетовые лучи для восстановления иммунитета человека. Зимой ультрафиолет помогает справиться с дефицитом витамина D, так как зимой мало солнечного света для получения его естественным образом.

Используются ультрафиолетовые лампы для лечения различных видов болезней, а также в физиотерапии. Проводят лечение суставов, ЛОР заболеваний, дерматологических, аллергических.

Кварцевые ультрафиолетовые лампы подходят не только для хронических больных, но и для профилактики различных вирусных инфекций в домах, где есть маленькие дети.

Для лечения различных заболеваний в медицине применяются ультрафиолетовые приборы с различной длиной волны. Так, коротковолновое излучение (180-280 нм), которое обладает мощным бактерицидным и противовирусным действием, нашло широкое применение для борьбы с такими недугами, как воспалительные процессы кожного покрова, заболевания носоглотки и ушей, а также туберкулез кожи и гнойные воспалительные заболевания.

Возможности КУФ для борьбы с этими заболеваниями связаны с ярко выраженным влиянием данного спектра электромагнитного излучения на белки, нуклеиновые кислоты и ДНК, что в следствие мутаций позволяет остановить рост болезнетворных бактерий и их размножение. Средневолновой ультрафиолет (СУФ, 280-320 нм) применяется для лечения острых воспалительных заболеваний внутренних органов, как правило, дыхательной системы, опорно-двигательного аппарата, периферийной нервной системы и даже неправильного обмена веществ. Воздействие такого УФ-излучения на клетки тканей организма провоцирует изменения в структурной организации белковых соединений, меняя их физико-химические свойства, что активизирует различные положительные процессы в тканях и, как следствие, восстанавливает и нормализует их функции. Что касается ДУФ – длинноволнового ультрафиолета (320-400 нанометров), то его главнейший лечебный эффект заключается в иммуностимулирующем влиянии на ткани организма, что существенно повышает уровень его сопротивляемости к болезнетворным бактериям и вирусам. Благодаря этому длинноволновое ультрафиолетовое излучение нашло широкое применение в борьбе с большим количеством кожных заболеваний, в частности псориаза, лишая и экземы, лечении хронических заболеваний органов дыхательной системы, а также последствий обморожения и различных травм. Ультрафиолетовые лучи хорошо очищают и оздоравливают кровь. А все потому, что обладают не только бактерицидным действием, но и активизируют обмен

веществ, иммунитет, что в конечном итоге и способствует детоксикации крови. Процедура УФО крови проводится с помощью специального оборудования в клиниках и практически не имеет никаких побочных эффектов. Хорошие результаты достигаются при лечении пневмонии, полиомиелита, туберкулеза, астмы, тромбоза. Метод также эффективен при заболеваниях сосудов, хронической ишемической болезни сердца, панкреатите, язвенной болезни желудка, сахарном диабете.

Облучатели светолечебные «СОЛИС» (рис.18) представляют собой конструкцию, в состав которой входят модуль-облучатель (один или несколько) и блок управления. Облученность от каждого модуля-облучателя в спектральном диапазоне 280-400 нм (УФ-А+В) нм, измеренная на расстоянии 1 метр в направлении оптической оси облучателя, составляет не менее 1,8 Вт/кв. м. (для 280-315 нм – УФ-В не менее 60%, для 315-400 нм – УФ-А не более 40%).

В качестве источников излучения в модуле-облучателе используются кварцевые лампы ЛКС-250 («ЛУФИС»).

Облучатель светолечебный ультрафиолетово-инфракрасный «СОЛИС» предназначен для компенсации недостаточности солнечного света и используется в лечебных целях при нарушении обменных, регуляторных процессов и понижении защитных функций организма.

Применение светолечебных облучателей показано:

- для профилактики и лечения простудных, вирусных и инфекционных заболеваний, в том числе гриппа и герпеса;
- при заболеваниях периферической нервной системы с болевыми синдромами;



Рис. 18. Светооблучатель «Солис».

- при заболевании суставов;
- при заболевании органов дыхания, в том числе аллергической природы;
- для лечения кожных заболеваний, в том числе псориаза, нейродермита, гнойничковых заболеваний кожи и фурункулеза;
- для лечения и профилактики нагноений посттравматических и операционных раневых поверхностей;
- для лечения и профилактики рахита у детей;
- при нарушениях обмена веществ и D-гиповитаминозах у детей и взрослых.

Применение в лечебных целях УФ-излучения при заболеваниях внутренних органов основано на их десенсибилизирующем действии, антивоспалительном, обезболивающем и т.д. Так, например, УФ-облучение широко применяется при заболеваниях дыхательного аппарата: пневмонии, бронхите, бронхиальной астме.

Защита от ультрафиолетового излучения

Для защиты от избытка УФ-излучения применяют противосолнечные экраны, которые могут быть химическими (химические вещества и парфюмерные кремы, содержащие ингредиенты, поглощающие УФ-излучение) и физическими (различные преграды, отражающие, поглощающие или рассеивающие лучи). Хорошим средством защиты является специальная одежда, изготовленная из тканей, слабо пропускающих УФ-излучение (например, из поплина). Для защиты глаз в производственных условиях используют светофильтры (очки, шлемы) из темно-зеленого стекла. Полную защиту от УФ-излучения всех длин волн обеспечивает флинтглаз (стекло, содержащее окись свинца) толщиной 2 мм.

При устройстве помещений необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения другая, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучения полированный алюминий и медовая побелка, в то время как оксиды цинка и титана, краски на масляной основе – плохо.

Основные принципы защиты работающих от воздействия ультрафиолетового излучения:

- 1) защита расстоянием,
- 2) экранирование рабочих мест,
- 3) специальная окраска помещений,
- 4) рациональное размещение рабочих мест,
- 5) использование индивидуальных средств.

Защита расстоянием – это удаление обслуживающего персонала от источников УФ-излучения на безопасную величину. Расстояния, на которых уровни УФ-излучения не представляют опасности для работающих, определяется только экспериментально в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы, состава производственной атмосферы, вида источника излучения, отражающих свойств конструкций помещения и оборудования и т.д.

Наиболее рациональным методом защиты является **экранирование** (укрытие) источников излучений с помощью различных материалов и светофильтров, пропускающих или снижающих интенсивность излучений.

Для защиты работающих от избытка УФ-излучения используют противосолнечные экраны, жалюзи, оконные стекла со специальным покрытием, стекла «хамелеоны» и др. В производственных условиях применяются стены, кабины, щитки, ширмы, очки с защитными стеклами. Полную защиту от УФ-излучения всех волн обеспечивает флинт-глас (стекло с оксидом свинца) толщиной 2 мм. Кабины изготавливаются высотой 1,8-2 м, причем их стенки не должны доходить до пола на 25-30 см для улучшения проветривания.

При размещении **рабочих помещений** необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения иная, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучение полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана на масляной основе – плохо.

Для защиты от УФ-излучения обязательно применяются **индивидуальные средства защиты**, которые состоят из спецодежды (куртка, брюки), рукавиц, фартука из специальных тканей, щитка со светофильтром, соответствующего определенной интенсивности излучения. Для защиты глаз, например, при ручной электросварке применяют светофильтры. Кроме того, для защиты кожи от УФ-излучения используются мази, содержащие вещества, обладающие защитным эффектом (салол, салицилово-метилловый эфир и др.), а также спецодежда из льняных и хлопчатобумажных тканей с искростойкой пропиткой и из грубошерстного сукна.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Ситуационные задачи по расчету количества ламп – источников ультрафиолетового излучения для дезинфекции воздуха

По условиям представленных ниже ситуационных задач решить следующие вопросы:

- 1) определить правильность выбора ламп – источников ультрафиолетового излучения для санации воздуха;
- 2) дать оценку высоты подвеса экранированных снизу ламп – источников ультрафиолетового излучения;
- 3) рассчитать необходимое количество ламп – источников ультрафиолетового излучения (бактерицидной установки) для дезинфекции воздуха в присутствии людей.
- 4) Представить основное содержание инструктажа для персонала по вопросам обеспечения безопасности проведения санации воздуха.

Номер задачи	Условия задачи				
	Назначение помещения	Объем помещения, м ³	Тип ламп – источников УФИ	Высота подвеса ламп, м	Задаваемая мощность ламп, потребляемая из сети, на 1 м ³
1	Групповая комната детского сада	240	БУВ-30	2,5	0,9
2	Групповая комната детского сада	210	БУВ-15	2,5	1,0
3	Групповая комната детского сада	190	БУВ-15	2,5	0,8
4	Помещение для рекреации в школе	530	БУВ-60	2,5	0,9
5	Помещение для рекреации в школе	420	БУВ-30	2,5	1,0
6	Помещение для рекреации в школе	220	БУВ-15	2,5	0,8

7	Помещение для ожидания в поликлинике	210	БУВ-60	2,5	0,9
8	Помещение для ожидания в поликлинике	165	БУВ-15	2,5	1,0
9	Помещение для ожидания в поликлинике	255	БУВ-30	2,5	0,8
10	Помещение для при-взвонк, проводимых выездной бригадой	200	БУВ-15	2,5	0,9
11	Помещение для при-взвонк, проводимых выездной бригадой	300	БУВ-60	2,5	1,0
12	Помещение для при-взвонк, проводимых выездной бригадой	195	БУВ-30	2,5	0,8
13	Тренажерный зал фитнес-клуба	1200	БУВ-60	2,5	0,9
14	Тренажерный зал фитнес-клуба	810	БУВ-30	2,5	1,0
15	Тренажерный зал фитнес-клуба	525	БУВ-15	2,5	0,8

Для решения ситуационных задач используются материалы настоящего учебного пособия, изложенные на страницах 55-56. *Применение искусственных источников коротковолнового ультрафиолетового излучения для обеззараживания объектов внешней среды).*

Ситуационные задачи по определению лечебной и профилактической доз ультрафиолетового облучения с помощью биодозиметра

По представленным ниже условиям ситуационных задач определить:

- 1) правильность выбора лампы для лечебного и профилактического облучения;
- 2) время просмотра облучаемых участков кожи в отверстиях биодозиметра после начала ультрафиолетового облучения;
- 3) лечебную дозу ультрафиолетового облучения при использовании данного источника УФИ*;

4) профилактическую дозу ультрафиолетового облучения при использовании данного источника УФИ**.

Дать рекомендации по безопасности проведения сеансов лечебного и профилактического ультрафиолетового облучения в фотарии.

Номер задачи	Тип лампы – источника УФИ	Время облучения, при котором отмечена эритемная реакция (покраснение) на облучаемых участках кожи, минуты
1	ЭУВ-15	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
2	ЭУВ-30	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
3	ЭУВ-40	1,5; 2,0; 2,5; 3,0
4	ЭУВ-15	2,0; 2,5; 3,0
5	ЭУВ-30	2,5; 3,0
6	ЭУВ-40	3,0
7	ЭУВ-15	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
8	ЭУВ-30	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
9	ЭУВ-40	1,5; 2,0; 2,5; 3,0
10	ПРК-2	2,0; 2,5; 3,0
11	ПРК-4	2,5; 3,0
12	ПРК-7	3,0
13	ПРК-2	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
14	ПРК-4	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0
15	ПРК-7	1,5; 2,0; 2,5; 3,0
16	ПРК-2	2,0; 2,5; 3,0
17	ПРК-4	2,5; 3,0
18	ПРК-7	3,0

* - в качестве лечебной дозы принять 0,8 биодозы.

** - в качестве профилактической дозы принять 0,1 биодозы.

Для решения ситуационных задач используются материалы настоящего учебного пособия, изложенные на странице 49 (*Определение биодозы. Определение биодозы профилактического и лечебного ультрафиолетового облучения с помощью биодозиметра*).

Ситуационные задачи по определению количества эритемных ламп – источников ультрафиолетового излучения для облучательных установок

По представленным ниже условиям ситуационных задач решить следующие вопросы:

- 1) определить правильность выбора ламп – источников ультрафиолетового излучения для облучательных установок, предназначенных для лечебного или профилактического облучения;
- 2) рассчитать необходимое количество ламп – источников облучения.

Номер задачи	Контингент облучения	Назначение облучения	Источник облучения (тип лампы)	Задаваемая доза облучения, в биодозах*	Площадь помещения, м ²	Принимаемое время облучения, мин
1	Здоровые школьники	Профилактическое	ЭУВ-15	0,2	40	120
2	Ослабленные школьники с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	0,8	25	300
3	Здоровые дети дошкольного возраста	Профилактическое	ЭУВ-15	0,1	35	480
4	Ослабленные дети дошкольного возраста с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	1,0	28	300
5	Рабочие	Профилактическое	ЭУВ-15	0,3	50	180
6	Рабочие с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	0,8	30	240
7	Здоровые школьники	Профилактическое	ЭУВ-15	0,1	40	120
8	Ослабленные школьники с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	0,9	25	150

9	Здоровые дети дошкольного возраста	Профилактическое	ЭУВ-15	0,3	35	300
10	Ослабленные дети дошкольного возраста с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	1,0	28	480
11	Рабочие	Профилактическое	ЭУВ-15	0,4	50	120
12	Рабочие с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	1,0	30	270
13	Здоровые школьники	Профилактическое	ЭУВ-15	0,2	40	120
14	Ослабленные школьники с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	0,9	25	180
15	Здоровые дети дошкольного возраста	Профилактическое	ЭУВ-15	0,3	35	240
16	Ослабленные дети дошкольного возраста с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	1,0	28	150
17	Рабочие	Профилактическое	ЭУВ-15	0,2	50	210
18	Рабочие с УФ-недостаточностью	Лечебное	ЭУВ-30	0,8	30	300

* Биодоза равна 5000 мэrxмин/м².

Для решения ситуационных задач используются материалы настоящего учебного пособия, изложенные на странице 51-53 (Расчет светоблучательных установок. Формулы 4, 5, 6, 7, 8, 9).

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите правильные варианты ответов

1. ДИАПАЗОН УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ:
 - а) 250 – 460 нм
 - б) 760 – 400 нм
 - в) 180 – 400 нм;
 - г) 10 – 400 нм

 2. ДИАПАЗОН ГИГИЕНИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
 - а) 250 – 460 нм
 - б) 760 - 400 нм
 - в) 180 – 400 нм;
 - г) 10 – 400 нм

 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ
 - а) фотоэритема
 - б) эритема
 - в) охлаждение
 - г) кожные покровы без изменений

 4. ГЛУБИНА ПРОНИКНОВЕНИЯ КОРОТКИХ ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧЕЙ
 - а) 2 – 5 см
 - б) 0,5 – 1 мм
 - в) 5 – 6 см
 - г) 3-4 см

 5. ГЛУБИНА ПРОНИКНОВЕНИЯ ДЛИННОВОЛНОВОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
 - а) 2 – 5 см
 - б) до 1 см
 - в) 0,5 – 1 мм
 - г) 5 – 6 см

 6. САНОГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОСТОИТ
-

- а) в уменьшении болей
- б) в седативном действии
- в) в противовоспалительном действии
- г) в бактерицидном действии

7. ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

- а) ультрафиолетовая
- б) видимая
- в) лазерная
- г) рентгеновская

8. ДИАПАЗОН УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЕЛИТСЯ

- а) на три области
- б) на четыре области
- в) на две области
- г) на вообще не делится

9. РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ (ВИДИМОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА

- а) синхронизатор суточных биоритмов
- б) стимулятор центральной нервной системы
- в) опосредованно, через ЦНС, воздействует на другие органы и системы
- г) влияет на щитовидную железу

10. ПЕРЕЧИСЛИТЕ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫЕ ЭФФЕКТЫ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) канцерогенный эффект
- б) травма хрусталика с последующим развитием катаракты
- в) полинейропатия
- г) вегетососудистые нарушения

11. ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ВЫДЕЛЯЮТ ЗОНУ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА, ОБЛАДАЮЩУЮ

- а) загарным действием
- б) витаминообразующим действием
- в) бактерицидным действием
- г) мутагенным действием

12. ОБЛАСТЬ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА, ОКАЗЫВАЮЩАЯ АНТИРАХИТИЧЕСКОЕ И БАКТЕРИЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ

- а) видимый свет
- б) ультрафиолетовые лучи
- в) инфракрасные лучи
- г) рентгеновские лучи

13. НАИБОЛЕЕ ОСТРО ИСПЫТЫВАЮТ ЯВЛЕНИЕ УФ-НЕДОСТАТОЧНОСТИ РАБОТНИКИ СЛЕДУЮЩИХ ПРОФЕССИЙ

- а) строительные рабочие
- б) рабочие шахт
- в) рабочие метрополитена
- г) рабочие металлургических комбинатов

14. ПОКАЗАНИЯМИ К ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМУ ОБЛУЧЕНИЮ ИСКУССТВЕННЫМ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ ЯВЛЯЮТСЯ

- а) признаки гиповитаминоза Д
- б) работа в условиях изоляции от солнечного света
- в) проживание в северных широтах
- г) проживание в условиях высокогорья

15. АНТИРАХИТИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ ОБЛАДАЮТ:

- а) инфракрасные лучи
- б) синие лучи
- в) ультрафиолетовые лучи
- г) рентгеновские лучи

16. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИСКУССТВЕННОМУ ОБЛУЧЕНИЮ УФЛ

- а) активная форма туберкулез
- б) заболевания щитовидной железы
- в) наличие пигментных пятен
- г) туберкулез яичника

17. БИОЛОГИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ УФО СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА ЯВЛЯЕТСЯ

- а) угнетающее действие;
- б) витаминообразующее;
- в) снижение остроты зрения;
- г) образование метгемоглобина.

18. ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ С ДИАПАЗО-
НОМ ВОЛН 400-320 НМ

- а) антирахитическое
- б) слабо бактерицидное
- в) эритемно-загарное
- г) тепловое, общестимулирующее

19. ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ С ДИАПАЗО-
НОМ ВОЛН 320-290 НМ

- а) эритемно-загарное
- б) антирахитическое
- в) тепловое
- г) специфическое на функцию органа зрения

20. ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ С ДИАПАЗО-
НОМ ВОЛН 290-180 НМ

- а) эритемно-загарное
- б) тепловое
- в) антирахитическое
- г) повреждающее

21. ПОСЛЕДСТВИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИО-
ЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ

- а) катаракта
- б) судорожная болезнь
- в) псориаз
- г) фотосенсибилизация

22. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВРЕД-
НОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЮДЕЙ КОРОТКОВОЛНОВОГО
УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) включение ламп в отсутствие людей
- б) экранирование ламп экранами из оконного стекла
- в) экранирование ламп экранами из оргстекла
- г) экранирование ламп непрозрачными экранами

23. В СПЕКТРЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕЛ ИМЕЮЩИХ ТЕМПЕРАТУРУ ВЫШЕ
2000° С ПРЕОБЛАДАЕТ ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- а) длинноволновое
- б) средне и длинноволновое

- в) среднее
- г) коротковолновое

24. В СПЕКТРЕ ТЕЛ ИМЕЮЩИХ ТЕМПЕРАТУРУ ОТ 300° С ДО 500°С ПРЕОБЛАДАЕТ ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- а) длинноволновое
- б) средне и длинноволновое
- в) среднее
- г) коротковолновое

25. С ПОВЫШЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ТЕЛА ДЛИНА ВОЛНЫ

- а) не изменяется
- б) увеличивается
- в) уменьшается
- г) стабилизируется

26. ДЛЯ КЛИНИКИ СВЕТОВОГО ГОЛОДАНИЯ ХАРАКТЕРНО

- а) нарушение фосфорно-кальциевого обмена
- б) нарушение консолидации костей после перелома
- в) нарушение функций зрения
- г) депрессивные состояния

27. ПРОФИЛАКТИКА СВЕТОВОГО ГОЛОДАНИЯ ВКЛЮЧАЕТ рациональную планировку населенных мест

- а) создание зоны отдыха для населения в черте города
- б) создание искусственных источников УФ- излучения
- в) активный образ жизни

28. ИСТОЧНИКИ УФ – ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) лампы накаливания
- б) дуговые ртутно-кварцевые лампы
- в) прямые ртутно-кварцевые лампы
- г) эритемные увиолетовые лампы

29. ПЕРЕЧИСЛИТЕ НАИБОЛЕЕ ОПАСНЫЕ ЭФФЕКТЫ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) канцерогенный эффект

- б) травма хрусталика с последующим развитием катаракты
- в) полинейропатия
- г) вегетососудистые нарушения

30. ЗНАЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ (ВИДИМОЙ) ЧАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА

- а) синхронизатор суточных биоритмов
- б) стимулятор центральной нервной системы
- в) опосредованно, через ЦНС, воздействует на другие органы и системы
- г) вегетососудистые нарушения

31. ЧАСТЬ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА, ОКАЗЫВАЮЩАЯ АНТИРАХИТИЧЕСКОЕ И БАКТЕРИЦИДНОЕ ДЕЙСТВИЕ

- а) видимый свет
- б) ультрафиолетовые лучи
- в) инфракрасные лучи
- г) рентгеновские лучи

32. ПРОФИЛАКТИКА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ВКЛЮЧАЕТ

- а) архитектурно-планировочные мероприятия
- б) гелиотерапию
- в) витаминотерапию
- г) использование искусственных источников

33. РЕАКЦИЯ, ПРОИСХОДЯЩАЯ В ТКАНЯХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ВСЕМ, КРОМЕ

- а) повышения температуры облучаемого участка
- б) ускорения физико-химических процессов
- в) ускорения броуновского движения молекул
- г) выработка биологически активных веществ

34. ШИРОКОПОЛОСНОЕ ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПОКАЗАНО ПРИ ВСЕХ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ПОРАЖЕНИЯХ, КРОМЕ

- а) вялогранулирующих ран
- б) ожогов и обморожений
- в) заболеваний мышц (посттравматические контрактуры)
- г) рожистое воспаление

35. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С АППАРАТАМИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРЕДУСМАТРИВАЕТ ВСЕ ПЕРЕЧИСЛЕННОЕ, КРОМЕ
- а) светозащитных очков
 - б) заземления аппарата
 - в) защитной "юбочки" на облучатель
 - г) проверки средней биодозы лампы
36. АКТИНОМЕТР – ЭТО ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
- а) интенсивности электромагнитного излучения
 - б) суммарной и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность
 - в) бесконтактного измерения температуры тел
 - г) мощности лучистой энергии
37. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯМИ ДЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ
- а) все заболевания в остром периоде
 - б) перелом костей
 - в) неспецифические заболевания органов дыхания
 - г) новообразования
38. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЭРИТЕМЫ ПРИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ, ВКЛЮЧАЮТ ВСЕ ПЕРЕЧИСЛЕННОЕ, КРОМЕ
- а) образования витамина D,
 - б) сдвига кислотно-щелочного равновесия в тканях,
 - в) повышения фагоцитарной активности лейкоцитов,
 - г) угнетения фосфорно-кальциевого обмена
39. БИОДОЗА ДЛЯ КАЖДОГО ИНДИВИДУУМА УСТАНОВЛИВАЕТСЯ
- а) экспериментально с помощью биодозиметра Горбачева-Дальфельда
 - б) расчетным методом с учетом пола и возраста
 - в) табличным методом
 - г) пиранометром
40. БИОДОЗА-ЭТО
- а) количество энергии, поглощенное кожей, приведшее к какому-либо эффекту
 - б) мера индивидуальной чувствительности кожи к УФ-лучам

- в) минимальная доза лучей, вызывающая пороговую эритему на коже незагорелого человека спустя 6-10 часов после облучения
- г) максимальная доза лучей, которую способна поглотить кожа человека

41. ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗЛУЧАЮЩЕГО ТЕЛА ДЛИНА ВОЛНЫ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) увеличивается
- б) уменьшается
- в) не изменяется
- г) увеличивается, а потом уменьшается

42. В СПЕКТРЕ ТЕЛА, НАГРЕТОГО ДО 2000°C ПРЕОБЛАДАЕТ

- а) длинноволновое излучение
- б) средне и длинноволновое излучение
- в) коротковолновое излучение
- г) средневолновое излучение

43. В СПЕКТРЕ ТЕЛ НАГРЕТЫХ ДО 500°C ПРЕОБЛАДАЕТ

- а) длинноволновое излучение
- б) средне и длинноволновое излучение
- в) коротковолновое излучение
- г) средневолновое излучение

44. К БИОГЕННУМУ ДЕЙСТВИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТНОСИТСЯ

- а) витаминообразующее действие
- б) канцерогенное действие
- в) общестимулирующее действие
- г) мутагенное действие

45. К АБИОГЕННУМУ ДЕЙСТВИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТНОСИТСЯ

- а) витаминообразующее действие
- б) канцерогенное действие
- в) общестимулирующее действие
- г) мутагенное действие

46. РОЛЬ ЭНЕРГИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) обуславливает движение воздушных масс
- б) обуславливает движение водных масс

- в) систему ветров, циклонов, антициклонов
- г) разнообразие климатических зон, погодных условий

47. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- а) глубинное или поверхностное прогревание тканей
- б) ускоряет биохимические реакции
- в) ускоряет ферментативные и иммунобиологические процессы
- г) вызывает сужение капилляров

48. РАЗВИТИЕ РАКА КОЖИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТА ЗАВИСИТ ОТ

- а) цвета кожи
- б) участка облучения
- в) дозы облучения
- г) экспозиции облучения

49. ПРОФИЛАКТИКА АБИОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТА

- а) строгое соблюдение работающими инструкций об опасности УФ-излучения
- б) использование приспособлений с удлиненными ручками
- в) использование очков не пропускающих УФИ
- г) обеспечение адекватной вентиляции для удаления озона

50. В КЛИНИКЕ СВЕТОВОГО ГОЛОДАНИЯ

- а) снижение резистентности стенки (ломкость) капилляров кожи
- б) ослабление активности окислительных ферментов
- в) замедленный рост и развитие детей
- г) снижение защитной функции кожи

51. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ СВЕТОВОГО ГОЛОДАНИЯ

- а) устройство двойного освещения
- б) рационализация питания, особенно по белковому, минеральному, витаминному компонентам
- в) фторирование воды
- г) использование фотариев

52. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПЕРВИЧНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ

- а) острая стадия или обострение всех болезней внутренних органов

- б) зоб диффузный токсический
- в) острая экзема
- г) туберкулез яичников

53. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ КО ВТОРИЧНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ПРОФИЛАКТИК

- а) резкое ухудшение самочувствия
- б) повышение АД выше обычных уровней
- в) головная боль
- г) снижение работоспособности

54. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

- а) увеличение частоты сосудистых катастроф
- б) увеличение частоты психопатий
- в) интенсификация биохимических реакций, метаболизма
- г) генетические мутации

55. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

- а) информирование населения
- б) уменьшение времени облучения солнечными лучами
- в) целенаправленное проведение гигиенического образования и воспитания населения
- г) увеличение коечного фонда в лечебно-профилактических организациях

1	Г	12	Б	23	Г	34	А,Б,В	45	Б,Г
2	В	13	Б,В	24	А	35	Г	46	А,Б,В,Г
3	Б	14	А,Б,В	25	Б	36	Г	47	А,Б,В
4	А	15	В	26	А,Б	37	А,Г	48	А,Б,В,Г
5	В	16	Г	27	А,Б,В,Г	38	Г	49	А,В,Г
6	В	17	Б	28	Б,В,Г	39	А	50	А,Б,В,Г
7	А,Б,Г	18	Г	29	Б	40	В	51	А,Б,В,Г
8	А	19	А,Б	30	А,Б,В	41	Б	52	А,Б,В,Г
9	А,Б,В	20	Г	31	Б	42	В	53	А,Б,В
10	Б	21	А	32	А,Б,Г	43	А	54	А,Б,В
11	А,Б,В	22	А,В,Г	33	А,Б,Г	44	А,В	55	А,Б,В

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (извлечение) СанПиН 2.2.4.3359-16

2.2. Нормируемые показатели и параметры

2.2.1. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- а) температура воздуха;
- б) температура поверхностей <2>;

<2> Учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и тому подобное), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств.

- в) относительная влажность воздуха;
- г) скорость движения воздуха;
- д) интенсивность теплового облучения.

2.2.11. Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих на рабочих местах от производственных источников (материалов, изделий и прочего), нагретых до температуры не более 600°C, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников, нагретых до температуры не более 600°C

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25 – 50	70
не более 25	100

2.2.12. Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от источников излучения, нагретых до температуры более 600°C (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и другие), не должны превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела с обязательным использованием средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

IX. Ультрафиолетовое излучение

9.1. Общие положения

9.1.1. Настоящие СанПиН распространяются на излучение, создаваемое источниками, имеющими температуру выше 2000°С (электрические дуги, плазма, расплавленный металл, кварцевое стекло и тому подобное), люминесцентными источниками, используемыми в полиграфии, химическом и деревообрабатывающем производстве, сельском хозяйстве, при кино- и телесъемках, дефектоскопии и других отраслях производства, а также в здравоохранении.

9.1.2. Настоящие СанПиН не распространяются на ультрафиолетовое излучение, генерируемое лазерами, используемое для обеззараживания сред при отсутствии обслуживающего персонала, а также применяемое в лечебных и профилактических целях.

9.1.3. Нормативы интенсивности излучения установлены с учетом продолжительности воздействия на работающих, обязательного ношения спецодежды, защищающей от излучения, головных уборов и использования предписанных средств защиты глаз.

9.2. Нормируемые показатели и параметры

9.2.1. Настоящие СанПиН устанавливают временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- а) длинноволновой – 400-315 нм – УФ-А;
- б) средневолновой – 315-280 нм – УФ-В;
- в) коротковолновой – 280-200 нм – УФ-С.

9.2.2. Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

- а) 50,0 Вт/м – для области УФ-А;
- б) 0,05 Вт/м – для области УФ-В;
- в) 0,001 Вт/м – для области УФ-С.

9.2.3. Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м (лицо, шея, кисти рук и так далее), общей продолжительности воздействия излучения, равной 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:

- а) 10,0 Вт/м – для области УФ-А;
- б) 0,01 Вт/м – для области УФ-В.

9.2.4. Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

9.2.5. При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, непронускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и тому подобное), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200-315 нм) не должна превышать 1 Вт/м.

9.2.6. В случае превышения допустимых интенсивностей облучения должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

9.3. *Требования к организации контроля и методам измерения параметров*

9.3.1. Измерения следует производить на рабочем месте на высоте 0,5-1,0 и 1,5 м от пола, размещая приемник перпендикулярно максимуму излучения источника. При наличии нескольких источников следует проводить аналогичные измерения от каждого из них или через каждые 45° по окружности в горизонтальной плоскости. Для измерения интенсивности излучения следует использовать средства измерения.

9.3.2. При оценке результатов измерений следует исходить из того, что интенсивность облучения работающих в любой точке рабочей зоны не должна превышать допустимых величин.

9.3.3. Для контроля облучения следует использовать средства измерений, не подверженные влиянию оптического излучения за пределами диапазона по п.9.2.1.

Приложение 2

МУ 5046-89 Профилактическое ультрафиолетовое облучение людей (с применением искусственных источников ультрафиолетового излучения)

Утверждаю

Заместитель Министра здравоохранения СССР П.И. Герасимов

3 августа 1989 года

Профилактическое ультрафиолетовое облучение людей с применением искусственных источников ультрафиолетового излучения. Му 5046-89.

Ультрафиолетовое излучение является наиболее распространенным постоянно действующим природным физическим фактором. Благодаря своему многообразному влиянию оно давно привлекает к себе внимание биологов и врачей. Естественным источником ультрафиолетового излучения является излучение солнца. Начало использования солнечной радиации с лечебной целью относится к глубокой древности. Письменные указания

о лечебном действии солнечного света можно найти у Геродота 484-425 гг. до н.э. Первым врачом, рекомендовавшим применение солнечных ванн в лечебных целях, а также для профилактики заболеваний, является Гиппократ. Горячим сторонником солнцелечения был выдающийся врач Авиценна XIII в. Почти вся потребность человека в ультрафиолетовом излучении покрывается за счет естественной радиации солнца. Однако содержание ультрафиолетовых лучей в солнечном спектре подвержено большим изменениям сезонные колебания в интенсивности солнечной радиации широта местности и т.д.

В условиях города долгое пребывание человека в помещении может вызвать явления ультрафиолетовой недостаточности. А это приводит к нарушению обменных процессов в организме, изменению витаминного баланса, к сдвигу в течение иммунобиологических процессов. Поэтому в целях профилактики и коррекции ультрафиолетовой недостаточности большую роль приобретает ультрафиолетовое облучение искусственными источниками света. Наибольшая интенсивность ультрафиолетового излучения в искусственных источниках света приходится на длины волн от 400 до 280 нм – так называемые длинноволновые ультрафиолетовые излучения ДУФ и 280-180 нм – коротковолновые ультрафиолетовые излучения КУФ. Нужно отметить, что в спектре солнечного излучения, достигающего поверхности земли, содержится больше длинноволновых излучений – более 280 нм. Механизм возникновения биологических реакций в ответ на воздействие ультрафиолетового излучения сложен многообразен и складывается из биофизических гуморальных и нервно-рефлекторных процессов. Поглощенная кожными покровами энергия ультрафиолетового излучения вызывает перегруженность атомов или молекул клеток, переводя их в физически новое состояние, при котором изменяются запас энергии и способность к фотохимическим реакциям. Для разработки общей теории природы первичных механизмов действия ультрафиолетового излучения на живой организм существенное значение имеет тот факт, что при проникновении УФ-излучений в клетку, их энергия оказывает влияние на ядро, состоящее в основном из белков и нуклеиновых кислот.

Эти вещества являются хромофорами, поглощающими УФ-излучение определенной длины волны. Фотохимический процесс начинается с поглощения света молекулами хромофора и перехода их в возбужденное состояние. В результате этого возникают глубокие изменения: в одних случаях фотохимические процессы приводят к распаду крупных молекул – фотолизу, а в других – к образованию более сложных тел – фотосинтезу. Применение биофизических методов исследования позволило установить, что большая часть фотобиологических процессов, протекающих в организме, обусловлена разрушением белков и нуклеиновых кислот, в результате чего в месте

облучения появляются продукты расщепления белковой субстанции, среди которых находятся вещества, обладающие высокой биологической активностью: гистамин, ацетилхолин, биогенные амины и др. Эти вещества, попадая в общий ток крови, разносятся по всему организму и оказывают воздействие на его отдельные органы и различные системы – нервную, эндокринную и др. Большое значение для объяснения механизма действия УФ-излучения имеет разработанная советскими авторами теория о рефлекторном механизме влияния света (А.Е. Щербак 1932, А.Р. Киричинский, 1952, Л.А. Комарова, А.А. Белутин, 1950 и др.). Достаточно сказать, что чувствительность различных участков кожных покровов к воздействию УФ-излучения неодинакова: наиболее чувствительна кожа живота, лица, менее чувствительна кожа конечностей, т.е. выявлена регионарная чувствительность к УФ-излучению, которая регулируется высшими отделами нервной системы.

Развитие эритемы зависит от состояния различных отделов нервной системы. Так, например, повреждение спинного мозга всего поперечника влечет за собой угнетение эритемы ниже повреждения; травма нерва с париетическим синдромом сопровождается ослаблением эритемы, а при явлениях раздражения – усилением ее. Таким образом, можно предположить, что УФ-излучение вызывает раздражение мощного рецепторного поля с последующим возбуждением различных отделов нервной системы и образованием физиологически активных веществ, которые, в свою очередь, оказывают влияние на различные физиологические процессы в организме. В настоящее время большинство исследователей признает единый нейрогуморальный механизм действия УФ-излучений (А.Н. Обросов 1965). При воздействии УФ-излучения на организм человека возникают различные реакции со стороны отдельных органов и систем. Необходимо подчеркнуть, что эти реакции находятся в зависимости от дозы методики воздействия и от длины волны УФ-излучения. Под влиянием последнего изменяются все виды обмена в организме. Длинные УФ-излучения повышают обмен веществ: белковый, углеводный, минеральный. Так, при воздействии УФ-излучения с длиной волны 302-280 нм находящийся в коже 7-дегидрохолестерин превращается в витамин Д, необходимый для нормального обмена кальция и фосфора в организме.

Короткие УФ-излучения, наоборот, разрушают витамин Д, поэтому они не используются в целях общего облучения. Много исследований посвящено воздействию УФ-облучений на белковый обмен веществ. Они показали, что при этом изменяется соотношение белковых фракций, образуются биологически активные вещества. Имеются данные о влиянии УФ-облучений на углеводный обмен. Так, при гипергликемии УФ-облучения способствуют повышению уровня сахара в крови и т.д. Сдвиги в обмене веществ имеют большое значение в формировании об-

щей ответной реакции организма на УФ-облучение. Усиление обмена и изменение окислительно-восстановительных процессов, улучшение нервно-трофических процессов лежат в основе положительного влияния УФ-облучения на организм человека. Ультрафиолетовое облучение стимулирует функцию органов кровообращения, оказывает стимулирующее влияние на состояние иммунологических и защитных свойств организма, нормализует состояние симпатико-адреналовой системы и глюкокортикоидной функции надпочечников. Профилактическое облучение значительно повышает способность организма использовать минеральные и белковые вещества пищи. УФ-облучения оказывают стимулирующее влияние на функцию щитовидной, половых желез. УФ-излучение непосредственно воздействует на нервные рецепторы, понижая их болевую чувствительность. Работами ряда исследователей установлено, что под влиянием УФ-облучений в сравнительно небольших дозах может наблюдаться повышение тонуса коры головного мозга, в то время как большие эритемные дозы порядка 10 биодоз и выше вызывают развитие запредельного торможения в коре больших полушарий головного мозга.

УФ-излучение вызывает изменения со стороны вегетативной нервной системы: короткие УФ-излучения влияют преимущественно на симпатические отделы вегетативной нервной системы, а длинные излучения – на ее парасимпатический отдел. При этом отмечается фазность в характере изменений: в первом периоде после облучения тонус ее повышается благодаря нейтрализации небольших количеств выделившихся в коже продуктов белкового распада, во втором периоде при большом количестве продуктов распада, наступает угнетение функции указанной системы, а затем последующее ее восстановление. Эти наблюдения позволяют оценить значение дозы: очевидно, что умеренные эритемные дозы, сопровождающиеся выделением относительно небольших количеств продуктов распада в коже, ведут к стимулированию симпатико-адреналовой системы (В. Карачевцева А.Н. Обросов 1975). УФ-излучение обладает выраженным бактерицидным действием, особенно коротковолновые УФ-излучения с длиной волны 253-257 нм. Разные виды микроорганизмов обладают различной чувствительностью к УФ-излучению. Наиболее чувствителен к воздействию УФ-излучения золотистый стафилококк, менее чувствительны – спорообразующие микроорганизмы. Бактерицидное действие искусственных источников УФ-излучения широко используется в медицине для санации полости рта и зева, стерилизации воздуха в помещениях. УФ-излучение нашло широкое применение как средство профилактики воздушных инфекций в лечебных учреждениях, операционных палатах и т.д.

Искусственные источники УФ-излучения и типы облучателей.

Светотехническая промышленность выпускает селективные источники, излучающие преимущественно лучи одной области ДУФ или КУФ интегральные, излучающие лучи всех областей УФ-спектра.

Интегральные источники УФ-излучения. К ним относятся: облучатель стационарный ОРК с лампой ДРТ-375, который применяется в целях индивидуальных общих или местных облучений; облучатель кварцевый, настольный, переносной ОКН с лампой ДРТ-220; облучатель для носоглотки ОН с лампой ДРТ-220; облучатель кварцевый большой маячного типа ОКБ с лампой ДРТ-1000 и малый ОКМ с лампой ДРТ-375 для общих групповых облучений.

Селективные источники. К ним относятся: облучатель коротковолновый ультрафиолетовый для местных облучений БОД-9 с двумя лампами ДРБ-8; облучатель эритемный передвижной ОЭП с 9 лампами типа ЛЭ-30 и 2 лампами накаливания по 500 Вт для общих ультрафиолетовых облучений длинными лучами; облучатель коротковолновых УФ-излучений ОКУФ с лампой ДРТ-220, который является источником коротких УФ-лучей и применяется для облучения носоглотки; облучатель бактерицидный передвижной ОБП для дезинфекции воздуха помещений; потолочный ОБП и др.

Дозировка ультрафиолетового излучения. Применение в лечебных и профилактических целях УФ-излучения требует правильного дозирования этого физического фактора. В настоящее время имеется ряд специальных приборов для измерения интенсивности УФ-излучения. К ним относятся ультрафиолетометр УФМ-5 уфометр УФМ-4 и др. Однако для оценки УФ-излучения важно знать не только величины, характеризующие мощность излучения, но и степень вызываемого им биологического эффекта. Поэтому большое распространение имеет метод определения индивидуальной биологической реакции, предложенный Дальфельдом и Горбачевым. По существу, при этом методе определяется минимальная продолжительность времени облучения для получения самой слабой пороговой эритемной реакции. За единицу дозирования при данном методе взята 1 биодоза. Биодозу определяют с помощью дозиметра на расстоянии 50 см от лампы до облучаемой поверхности. Сначала открывают первое отверстие пластины биодозиметра, и находящийся под ним участок кожи облучают 30 с, затем последовательно облучают участки кожи в остальных 5 отверстиях. В результате получают шесть участков кожи, облученных в течение 30 с, 1 мин, 1,5 мин, 2 мин, 2,5 и 3 мин. Оценку полученной биодозы следует производить не ранее чем через 6-8 ч, в амбулаторных условиях – через 20-24 ч.

Методика ультрафиолетовых облучений. В настоящее время принято говорить о двух методиках воздействия УФ-излучением: общей

и местной. Они существенно отличаются друг от друга, как по биологическому действию, так и по технике проведения. При общем УФ-облучении воздействию подвергается все обнаженное тело больного, передняя и задняя поверхность. Облучение можно проводить в различных положениях больного: лежа, стоя. При индивидуальных облучениях – на расстоянии 100-75 см от кожной поверхности. При групповых облучениях облучателями маячного типа – на расстоянии 2-3 м. При общем УФ-облучении обычно назначают небольшие дозировки $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{2}$ биодозы, постепенно увеличивая их до 2-3 биодоз.

Существует большое количество схем УФ-облучения. Все они могут быть разделены на три основных типа: основная замедленная и ускоренная. Основная схема назначается больным с достаточно хорошим состоянием нервной и сердечно-сосудистой систем. Облучения начинают с $\frac{1}{4}$ биодозы и постепенно увеличивают до 3 биодоз. Облучение проводят ежедневно или через день, на курс всего 16-20 облучений. Замедленная схема применяется ослабленным больным с пониженным питанием, с выраженными изменениями со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем. Облучения начинают с $\frac{1}{8}$ биодозы, увеличивая 1 биодозу до 2 биодоз, и проводят, как правило, ежедневно реже (через 2 дня).

При назначении ускоренной схемы облучения начинают с $\frac{1}{2}$ биодозы, увеличивая ее до 4 биодоз, проводят через день, на курс всего 15-16 облучений. Ускоренную схему применяют практически здоровым людям. При местном облучении непосредственному воздействию подвергается небольшая площадь кожной поверхности. При местных облучениях – эритемные дозы облучения. В один день эритемными дозами можно облучать участок кожи площадью не более 600 кв. см. Повторные облучения на один и тот же участок кожи проводят через 1-2 дня после предыдущего воздействия, когда образовавшаяся эритема начинает исчезать. Каждое последующее облучение проводят в дозе, превышающей предыдущую в среднем на 50-100%. Один и тот же участок кожи следует облучать не более 3-4 раз. Однако облучение слизистых поверхностей ран и язв проводится многократно – 10-15 облучений и более.

Существует ряд методик для эритемных УФ-облучений. *Облучение места поражения.* При этой методике непосредственному облучению подвергается очаг поражения раны фурункула, зона рожистого воспаления и т.д. Облучение полями. Данная методика заключается в том, что подлежащая облучению область делится на несколько участков – полей. За одну процедуру облучают 1 или 2 поля. Такая методика применяется при облучении грудной клетки при пневмонии, бронхите, плеврите, межреберной невралгии и т.д.

Облучение рефлексогенных зон – воротниковой, трусиковой зоны и др. "Фракционированное" облучение. Для этой методики используют перфорированный локализатор, представляющий собой клеенку размером 30x30 см, на которой выбивается 150-200 отверстий размером 1 кв. см. Локализатор накладывается на участок кожи, который необходимо подвергнуть облучению. Этот метод применяется при некоторых заболеваниях легких: бронхиальная астма, хронический бронхит, пневмония.

Общие показания и противопоказания к применению УФ-излучения. УФ-излучения применяются в целях компенсации ультрафиолетовой естественной недостаточности. Особенно показаны УФ-облучения людям, живущим в северных широтах, в больших промышленных городах, работающим на шахтах и т.д. В компенсации УФ-недостаточности нуждаются больные хроническими заболеваниями легких, ревматизмом и др., которые вынуждены длительное время находиться в помещении. УФ-облучения широко рекомендуются в целях оздоровления и закаливания организма, повышения устойчивости к инфекциям – грипп и др. и вредным воздействиям внешней среды.

Применение в лечебных целях УФ-излучения при заболеваниях внутренних органов основано на их десенсибилизирующем действии, противовоспалительном, обезболивающем и т.д. Так, например, УФ-облучения широко применяются при заболеваниях дыхательного аппарата: пневмонии, бронхите, бронхиальной астме. При пневмонии проводят облучение грудной клетки пятью полями по одному полю в день. Начинают облучение с 3 биодоз, дважды облучают каждое поле, на курс – 10 облучений. При бронхиальной астме облучают грудную клетку восемью полями по одному полю в день (3-5 биодоз). Облучение 2 тура рекомендуется проводить в период ремиссии, когда лабильность вегетативной нервной системы уменьшается по сравнению с острым периодом заболевания. При бронхите облучают грудную клетку 5 – 6 полями 2-5 биодоз на каждое поле; ежедневно облучают одно поле на курс – 12-15 облучений. При бронхоэктатической болезни в период ремиссии применяются общие УФ-облучения по основной схеме с 1/4 до 3 биодоз, ежедневно или через день на курс – 15-16 процедур. При плеврите экссудативном после исчезновения острых явлений и при отсутствии сердечной недостаточности применяют общие УФ-облучения по основной или замедленной схеме на курс – всего 15-20 процедур. При сухом плеврите УФ-облучению подвергают соответствующую половину грудной клетки: 2-4 биодозы через день, на курс – 6-9 облучений. В 1934 г. в клинике проф. В.Ф. Зеленина в Московском областном институте физиотерапии и физиопрофилактики была разработана методика эритемотерапии при лечении острого ревматизма.

В настоящее время эритемотерапия нашла широкое применение в комплексном лечении сердечно-сосудистой формы ревматизма и инфекционного неспецифического полиартрита в острой подострой и хронической стадиях заболевания при активности процесса I-II степени. При наличии резко выраженного болевого синдрома воздействие УФ-облучением начинают с области пораженных суставов. Ежедневно облучают два сустава каждый – 2-4 раза в эритемной дозировке от 2-10 биодоз. Облучение суставов целесообразно чередовать с облучением кожи соответствующих рефлексогенных зон: воротниковой зоны при поражении суставов рук и пояснично-крестцовой – при поражении суставов ног. Так как в патогенезе ревматизма немаловажное значение придается очагам инфекции, локализованным в тонзиллярных лимфоузлах, рекомендуется проводить ультрафиолетовое облучение миндалин, как в острой, так и в хронической стадиях заболевания. Для этого применяют облучения носоглотки с помощью специальных тубусов. Облучение миндалин начинают с 1 биодозы, при повторных облучениях дозу увеличивают на 1/2 биодозы максимально до 3 биодоз на каждую миндалину, на курс – всего 10-12 облучений.

Представляет несомненный интерес применение эритемных доз ультрафиолетового облучения больным язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки. УФ-облучения применяют при язвенной болезни, выраженном болевом синдроме. Они оказывают не только обезболивающее действие, но и стимулируют рубцевание язвы. Облучение проводится полупоясом тремя полями: область 12-перстной кишки, боковая поверхность поясницы и области позвоночника. Облучают три поля за одну процедуру с 3 до 6 биодоз. Каждое поле облучают три раза. Облучение проводят с интервалом в 1-2 дня. Противопоказаниями к применению ультрафиолетового излучения при язвенной болезни 12-перстной кишки являются каллезные и пенетрирующие язвы. Для нормализующего действия секреторной и двигательной функции желудка применяют УФ-облучения при гастритах. С целью противовоспалительного антиспастического и обезболивающего действия их применяют и при холецистите по методике УФ-облучения при язвенной болезни.

Широкое распространение получили УФ-облучения в период вспышек гриппа: они оказывают весьма эффективное действие, поэтому их проводят в массовом порядке в целях профилактики. Для этого применяют облучение носоглотки короткими УФ-излучениями с 1 до 2 биодоз, на курс – 3 профилактических и 10 лечебных облучений, а также общие облучения. УФ-облучение применяется для болеутоляющего действия при заболеваниях нервной системы, для противовоспалительного действия при последствиях травм и ряде других хирургических заболеваний. УФ-облучение ши-

роко применяется в комплексном лечении заболеваний уха, горла, носа, при которых используется противовоспалительное десенсибилизирующее и бактерицидное действие лучей. Противопоказания к применению УФ-излучения: злокачественные опухоли, склонность к кровотечениям, активный туберкулез легких, заболевания крови, функциональная недостаточность почек, повышенная нервная возбудимость, выраженная кахексия, гипертиреоз, генерализованный дерматит, натуральная оспа, красная волчанка, сердечно-сосудистая недостаточность II-III степени, тяжелая форма атеросклероза, малярия. Не следует совмещать эритемотерапию с парафинотерапией, грязелечением, ваннами, электрофорезом, массажем на ту же область. Общие УФ-облучения не рекомендуется сочетать с радоновыми ваннами. УФ-облучения нельзя назначать в тот день, когда больному проводят гемотрансфузию или рентгенодиагностику.

Приложение 3

Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях 23 февраля 1988 г. N 4557-88

1. Общие положения

1.1. Настоящие Нормы устанавливают допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах (облученность) от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

длинноволновой	–	400 – 315 нм	–	УФ-А
средневолновой	–	315 – 280 нм	–	УФ-В
коротковолновой	–	280 – 200 нм	–	УФ-С

и содержат требования к методам контроля и оценки.

1.2. Нормативы распространяются на излучение, создаваемое источниками, имеющими температуру выше 2000°С (электрические дуги, плазма, расплавленный металл, кварцевое стекло и т.п.), люминесцентными источниками, используемыми в полиграфии, химическом и деревообрабатывающем производстве, сельском хозяйстве, при кино- и телесъемках, дефектоскопии и других отраслях производства, а также в здравоохранении.

1.3. Нормативы не распространяются на ультрафиолетовое излучение, генерируемое лазерами, используемое для обеззараживания сред при отсутствии обслуживающего персонала, а также применяемое в лечебных и профилактических целях.

1.4. Нормативы интенсивности излучения установлены с учетом продолжительности воздействия на работающих, обязательного ношения спецодежды, защищающей от излучения, головных уборов и исполь-

зования средств защиты глаз (ГОСТ 12.4.080-79 "ССБТ. Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве").

2. Допустимые интенсивности ультрафиолетового излучения (облучения).

2.1.1. Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин – не должна превышать.

$50,0 \text{ Вт/м}^2$	-	для области УФ-А
$0,05 \text{ Вт/м}^2$	-	для области УФ-В
$0,001 \text{ Вт/м}^2$	-	для области УФ-С.

2.1.2. Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50% рабочей смены и длительность однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать.

$10,0 \text{ Вт/м}^2$	-	для области УФ-А;
$0,01 \text{ Вт/м}^2$	-	для области УФ-В.

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

2.2. При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, непронускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и т.п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200 – 315 нм) не должна превышать 1 Вт/м^2 .

2.3. В случае превышения допустимых интенсивностей облучения, приведенных в разд. 2, должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих.

3. Требования к методам контроля интенсивности ультрафиолетового излучения (облучения).

3.1. Интенсивность облучения работающих должна измеряться на постоянных и непостоянных рабочих местах, периодически, не реже 1 раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также при приемке в эксплуатацию нового оборудования и технологии при внесении технических изменений в конструкцию действующего оборудования, при организации новых рабочих мест.

3.2. Измерения следует производить на рабочем месте на высоте 0,5 – 1,0 и 1,5 м от пола, размещая приемник перпендикулярно максимуму излучения источника. При наличии нескольких источников следует проводить

аналогичные измерения от каждого из них или через каждые 45° по окружности в горизонтальной плоскости.

3.3. Для измерения интенсивности излучения следует использовать приборы типа спектрорадиометров с известной спектральной чувствительностью. Погрешность измерений не должна превышать 10%.

3.4. При оценке результатов измерений следует исходить из того, что интенсивность облучения работающих в любой точке рабочей зоны не должна превышать допустимых величин, указанных в разд. 2.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ультрафиолетовое излучение – электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны от 200 до 400 нм и частотой от 10(13) Пц до 10(16) Пц, подразделяемое в зависимости от биологической активности на область УФ-А (400 – 315 нм), УФ-В (315 – 280 нм) и УФ-С (280 – 200 нм). Относится к области неионизирующих излучений.

Интенсивность излучения (облучения) – поверхностная плотность потока энергии, падающая на единицу облучаемой площади. Измеряется в энергетических единицах – Вт/м², Вт/см² (1 Вт/м² – 10(-4) Вт/см², 1 кал/см² – мин-6970 Вт/м²) на рабочем месте.

Допустимая интенсивность излучения (облучения) – величина облучения, которая при воздействии на человека в течение рабочей смены и в процессе трудовой деятельности не вызывает у работающих функциональных, а также острых повреждений, приводящих к нарушению состояния здоровья непосредственно в период работы или в отдаленные сроки.

Постоянное рабочее мест – место, на котором работающий находится большую часть (более 50% или более 2 ч непрерывно) своего рабочего времени. Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона (СН микроклимата произ. пом. N 4088-86).

Непостоянное рабочее место – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50% или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени (СН микроклимата произ. пом. N 4088-86).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 432 с.
2. Большаков А.М. Общая гигиена : учебник для фармацевтических институтов и фармацевтических факультетов медицинских вузов. – М.: Медицина, 2002. 384 с.
3. Большаков А.М. Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене: учебное пособие для фармацевтических вузов и фармацевтических факультетов медицинских вузов. 2-е изд., дополн. и испр. – М.: Медицина, 2005. 272 с.
4. Галанин Н.Ф. Лучистая энергия и ее гигиеническое значение. – Л.: Медицина, 1969. 182 с.
5. Гигиена : учебник / под ред. Г.И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР. 2002. 608 с.
6. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека: учебник / под ред. Ю.П. Пивоварова. 2-е изд., дополн. и испр. – М.: «Академия», 2006. 528 с.
7. Пивоваров Ю.П., Королик В.В. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене и основам экологии человека. 2-е изд., дополн. и испр. – М.: «Академия» 2006. 512 с.

Дополнительная

1. Алфимов Н.Н. Тепловые поражения у личного состава кораблей в низких широтах / Н.Н. Алфимов, Г.Н. Новожилов, М.И. Емельяненко // Воен.-мед. журн. 1972. № 7. С. 81-86.
2. Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Шукин В.К. Термодинамика и теплопередача. Учеб. для авиац. вузов. 3-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. 480 с.
3. Буйлин А.И., Ларюшин, Никитина М.В. Светолазерная терапия. Руководство для врачей. – Тверь: Триада. 2004. 256 с.
4. Гвозденко Л.А. Гигиеническое значение оптического излучения нагретых тел в условиях современного производства: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Киев, 1987. 42 с.
5. Гвозденко Л.А. О критериях оценки повреждающих эффектов инфракрасного излучения // Гигиена и санитария. 1989. № 11. С. 20-24.
6. Шульгин И.А. Растение и солнце. – М.: Наука, 2000. 18 с.

НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Методические указания по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях: № 11-16/03-06. Утверждены Минздравмедпромом 28.02.1995 г.
2. Об обеспечении единства измерений: Закон РФ от 27 апреля 1993 г. № 4871-1.
3. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях: Р 3.1.683-98.
4. Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы загородных стационарных учреждений отдыха и оздоровления детей: СанПиН 2.4.4.1204—03.
5. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях: СН-4557—88.
6. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах СанПиН 2.2.4.3359-16

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	3
Введение	4
Глава 1. Гигиеническое значение, методы измерения и оценки теплового (инфракрасного) излучения.	6
Природа инфракрасного излучения	6
Действие инфракрасного излучения	8
Естественные и искусственные источники ИФК-излучения	12
Применение инфракрасного излучения	17
Приборы для измерения и методы оценки лучистой энергии.	21
Глава 2. Физиолого-гигиеническое значение ультрафиолетового излучения	29
Гигиеническое значение ультрафиолетовой радиации	29
Природа ультрафиолетового излучения	30
Влияние ультрафиолетового излучения на биосферу	30
Действие ультрафиолетового излучения на клетку	32
Действие ультрафиолетового излучения на кожу.	33
Положительные аспекты действия УФЛ	37
Негативное (абиогенное) воздействие ультрафиолетового облучения.	37
Канцерогенное действие ультрафиолетового излучения	39
Мутагенное действие ультрафиолета	40
Бактерицидное действие ультрафиолета.	41
Ультрафиолетовая недостаточность (световое голодание).	41
Методы определения интенсивности ультрафиолетовой радиации и ее биодозы при профилактическом и лечебном облучении	43
Применение искусственных источников коротковолнового ультрафиолетового излучения для обеззараживания объектов внешней среды	55
Использование ультрафиолетового излучения в различных областях	57
Использование УФИ в лечебных целях	60
Защита от ультрафиолетового излучения.	63
Ситуационные задачи	65
Тестовые задания	70
Приложение	80
Термины и определения	92
Список литературы	93

Учебное издание

Черток Алевтина Геннадьевна,
Транковская Лидия Викторовна,
Ковальчук Виктор Калинович,
Семанив Елена Валентиновна,
Грицина Ольга Павловна

**ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
СПЕКТРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
И ЕГО ИСКУССТВЕННЫХ АНАЛОГОВ**

Научный редактор В.М. Черток
Редактор И.М. Забавникова
Корректор И.М. Луговая
Верстка Т.В. Петерсон

Подписано в печать 28.05.2018.
Формат 60×84/16. Усл.-печ. л. 6.
Тираж 100 экз. Заказ № 529.

Издательство «Медицина ДВ»
690600, г. Владивосток, пр. Острякова, 4

Отпечатано в типографии «Рея»
690600, г. Владивосток, ул. Днепровская, 42б