

УДК 666.1.001.5

Халикова Ф.Р. – ассистент

E-mail: khalikova_f@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Методика определения относительной бактерицидной эффективности солнечного облучения на микрофлору жилых помещений

Аннотация

Предложена методика, позволяющая оценить бактерицидную эффективность наиболее активного участка солнечного спектра, в том числе проникающую в помещение в зависимости от географического пункта, прозрачности стекол и графика солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм.

На базе данных по прозрачности стекол в характерных длинах волн представлены значения бактерицидной эффективности солнечного облучения, прошедшие через конкретный тип стекла.

Ключевые слова: инсоляция, солнечный спектр, УФ радиация, относительная бактерицидная эффективность, характерные длины волн, прозрачность стекол, микрофлора жилых помещений.

Под инсоляцией в архитектуре и градостроительстве понимают облучение прямым солнечным светом зданий и территорий застройки. Инсоляция является необходимым санитарно-гигиеническим фактором и одним из главных критериев оценки качества урбанизированной среды. В силу своей высокой энергии солнечная радиация способствует гибели болезнетворных бактерий и вредных микроорганизмов, свойственных жилым помещениям [1, 2, 3]. Однако, различные участки спектра обладают различной энергией, так наибольшей энергией в солнечном спектре обладает ультрафиолетовый участок спектра, который, в свою очередь, подразделяется на три спектральных диапазона А, В и С, бактерицидный эффект которых различен, так: причем диапазон С (200-280 нм) обладает максимальным бактерицидным воздействием; диапазон В (280-320 нм) меньшим бактерицидным воздействием; диапазон А (320-400 нм) только эритемным, загарным и общестимулирующим воздействием на человека.

Кроме этого, в УФ спектре выделяются характерные длины волн, энергия которых различна. Так, энергия длин волн 254, 280 нм обладает максимальным бактерицидным действием на большинство микроорганизмов, 297 нм – наибольший эритемный и антирахитный эффект.

Нижняя граница диапазона УФ спектра, оказывающая бактерицидное воздействие, определяется наиболее короткой длиной волны, достигающей поверхности земли. Однако в этом вопросе нет однозначного мнения, поскольку эта величина определяется прозрачностью и составом атмосферы. В разных литературных источниках эта граница определяется в 300 нм [1, 4, 5]. Вместе с тем, есть информация о том, что в атмосфере крупных городов, за счет промышленных выбросов и разрушения озонового слоя атмосферы, отмечается приход к поверхности земли УФ радиации более коротких длин волн [6]. В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен спектр УФ солнечной радиации в Санкт-Петербурге, полученный измерением на спектро радиометре Научно-производственным предприятием «ТКА». Спектр получен 17.12.12 в 14⁰⁰ при ясном небе.

Таким образом, можно говорить о диапазоне УФ радиации солнца, который имеет высшее бактерицидное воздействие на микрофлору – 220-320 нм.

Анализ практики санации лечебно-профилактических учреждений при воздействии УФ облучения позволил выявить принципы учета энергетических воздействий при облучении микроорганизмов различными длинами волн. Эти принципы использованы для оценки санации жилых помещений.

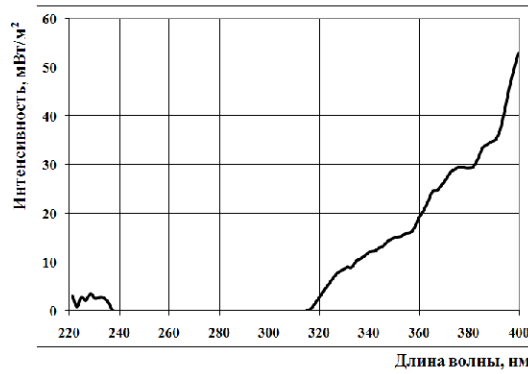


Рис. 1. Спектр УФ радиации солнца в Санкт-Петербурге, полученный на спектро радиометре НТП «ТКА» 17.12.12 в 14⁰⁰

В методику расчета энергетического воздействия принят факт максимального бактерицидного воздействия на микроорганизмы длины волны 254 нм. Это воздействие принято за единицу. Чем дальше отстоит длина волны от 254 нм в ту или другую сторону, тем меньше энергетическое воздействие. То есть вводится коэффициент относительной бактерицидной эффективности (ОБактЭ) (табл. 1). Например, при длине волны 220 нм – 0,84; 254 нм – 1,0; 280 нм – 0,45; 297 нм – 0,26; 320 нм – 0,02 и т.д. (в медицинской практике введена энергетическая единица бактерицидной эффективности (Бакт), 1 Бакт = 1 Вт).

Таблица 1

Относительная бактерицидная эффективность

Длина волны, нм	320	300	280	254	220	180	100
Относительная бакт. эффективность	0,02	0,08	0,45	1,0	0,84	0,76	0,74

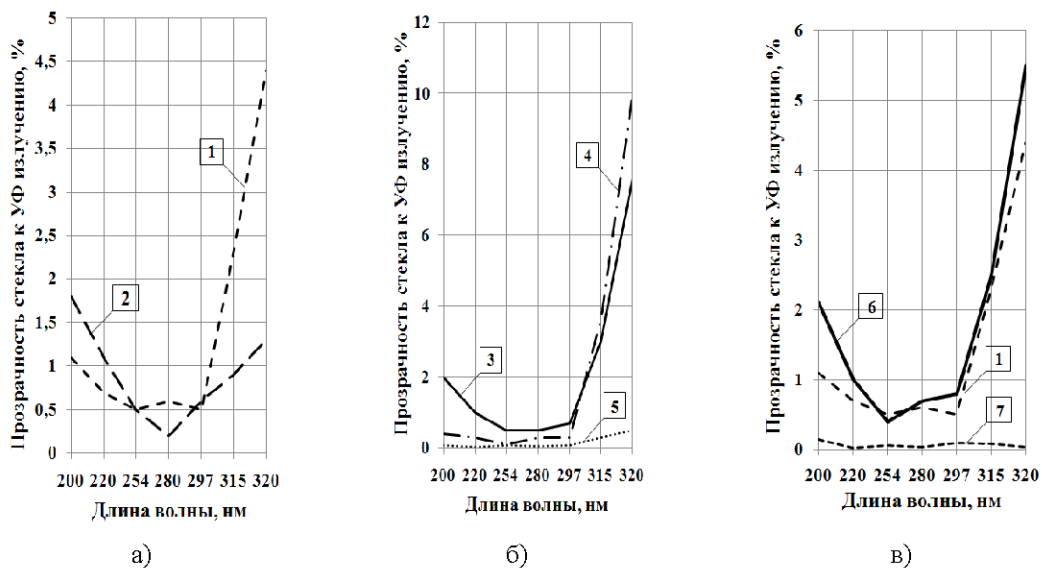


Рис. 2. Прозрачность стекол в характерных длинах волн: а) один тип стекла, разная толщина; б) одна толщина, разный тип стекла; в) разные типы стекол.
 1 – Stopsol Classic Clear 4; 2 – Stopsol Classic Clear 8; 3 – Sunergy Clear 4;
 4 – Саратовское силикатное стекло 4; 5 – Matelux ExtraClear 4; 6 – Stopsol Supersilver Clear 4;
 7 – EcoMatt Color Arctic Blue 4

Численные значения коэффициента ОБактЭ показывают, что энергия длин волн больше 320 нм практически не оказывает бактерицидного воздействия на микрофлору, что подтверждает выбранный диапазон УФ радиации (220-320 нм) для дальнейших исследований.

Данные по прозрачности испытанных стекол по каждой длине волны в диапазоне 220-320 нм, полученные авторами [7] и приведенные на рис. 2, позволили разработать методику определения интенсивности относительного бактерицидного воздействия на микрофлору помещений. Для реализации этой методики требуется график солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм в конкретном географическом пункте. На основе этого графика с помощью компьютерных программ Grafula и Origin Pro составляется математическая модель солнечного спектра, выраженная через функцию (1).

$$f(x) = y_0 + \left(\frac{A_1}{w_1 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_1}{w_1} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_2}{w_2 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_2}{w_2} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_3}{w_3 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_3}{w_3} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_4}{w_4 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_4}{w_4} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_5}{w_5 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_5}{w_5} \right)^2 \right) + \left(\frac{A_6}{w_6 \times \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right) \times \exp \left(-2 \times \left(\frac{x - xc_6}{w_6} \right)^2 \right), \tag{1}$$

где $f(x)$ – интенсивность солнечной радиации (Вт/м²) при длине волны, равной x (нм).

С помощью данной функции можно определить интенсивность солнечного спектра по каждой длине волны. Графически эта модель для Санкт-Петербурга, рассчитанная по рис. 1, представлена на рис. 3 (кривая 1).

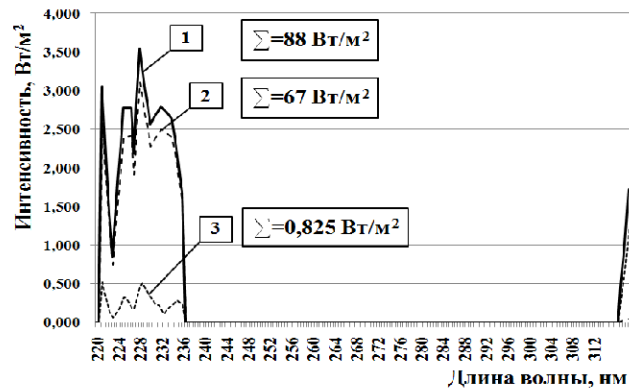


Рис. 3. Интенсивности части солнечного спектра (1), относительной бактерицидной эффективности солнечного спектра (2) и бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через стекло (3)

Далее на основе коэффициентов ОБактЭ, приведенных в табл. 1 для характерных длин волн, определяется бактерицидная эффективность этого участка спектра (кривая 2, рис. 3), а с учетом полученных коэффициентов прозрачности стекла в характерных длинах волн – бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через конкретный тип стекла в помещение (кривая 3, рис. 3). На рис. 3 показаны также значения интенсивности всего диапазона 220-320 нм: 88 Вт/м² – солнечный спектр, 67 Вт/м² – бактерицидная эффективность солнечного спектра, 0,825 Вт/м² – то же, прошедшее через стекло.

Таблица 2

Относительная бактерицидная эффективность солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм

Относительная бактерицидная эффективность солнечного спектра, Вт/м ²	Бактерицидная эффективность облучения, прошедшая через стекло, Вт/м ²			
	Тип стекла			
	Sunergy	Stopsol	Силикатное	Matelux
67	0,4	3,9	0,2	0,03

На базе данных по прозрачности стекол в характерных длинах волн [7] определена бактерицидная эффективность солнечного облучения, прошедшая через конкретный тип

стекла. Бактерицидная эффективность солнечного облучения, прошедшая через разные типы стекол, приведена в табл. 2.

Можно видеть, что для разных типов стекол бактерицидная эффективность облучения будет различной. Так, наименьшее значение зафиксировано у матового стекла Matelux – 0,03 Вт/м², саратовское силикатное стекло пропускает 0,2 Вт/м², энергосберегающее стекло Sunergy – 0,4 Вт/м², через солнцезащитное стекло Stopsol проходит 3,9 Вт/м². Таким образом, в помещения через разные типы стекол проникает от 1 до 5 %.

Разработанная методика позволяет оценить бактерицидную эффективность наиболее активного участка солнечного спектра, в том числе проникающую в помещение в зависимости от географического пункта, прозрачности стекол и графика солнечного спектра в диапазоне 220-320 нм.

В настоящее время использование этой методики затруднено в связи с ограниченными данными по графикам солнечного спектра в различных географических пунктах. Появление таких графиков в дальнейшем позволит получать наиболее объективную информацию по энергетическому воздействию солнечной радиации на микрофлору помещений.

Список литературы

1. Беликова В.К. Естественная ультрафиолетовая радиация и ее бактерицидное значение; под ред. Н.М. Данцига // Ультрафиолетовое излучение / Медицина. – М., 1966, сб. 4. – С. 322-326.
2. Лукомская К.А. Микробиология с основами вирусологии: учеб. пособие. – М.: Просвещение, 1987. – С. 158-161.
3. МУ 2.3.975-00. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами: утв. Глав. гос. сан. врачом РФ Г.Г. Онищенко от 19.05.00 и введ. 01.08.00.
4. Беликова В.К. Бактерицидное значение излучения солнца, проникающего в помещение // Гигиена и санитария, 1957, № 11. – С. 8-15.
5. Белинский В.А. Ультрафиолетовая радиация Солнца и неба. – М., 1968. – 135 с.
6. Методы определения интенсивности и профилактической дозы ультрафиолетовой радиации // EcoloLife.ru: экологический портал. 2010. URL: <http://www.ecololife.ru/study-3-2.html> (дата обращения: 09.04.2012).
7. Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н. Экспериментальные исследования проникновения УФ радиации через оконные стекла // Научно-технический журнал. Вестник МГСУ, 2011, № 3, Т. 2. – С. 30-35.

Khalikova F.R. – assistant

E-mail: khalikova_f@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Method of determining the relative bactericidal efficiency of solar radiation on the indoor environment

Resume

Insolation is a necessary hygiene factor and one of the main criteria for assessing the quality of urban environment. Because of its high-energy solar radiation contributes to the death of pathogenic bacteria and harmful microorganisms inherent in the living quarters. However, different areas have different energy spectrum, as the highest energy in the solar spectrum has an ultraviolet (UV) portion of the spectrum in the range of from 220 to 320 nm reaches the earth's surface.

Furthermore, in the UV spectrum are characteristic wavelengths whose energy varies. Thus, the maximum bactericidal effects on microorganisms have a wavelength of 254 nm, the impact energy which is taken as unity. The farther the wavelength of 254 nm in one direction or another, the

less energy impact. That is, the coefficient of relative input bactericidal efficiency. For example, at a wavelength of 220 nm – 0,84, 254 nm – 1,0, at 280 nm – 0,45, 297 nm – 0,26, 320 nm – 0,02 etc.

Data for the tested glass transparency for each wavelength in the range 220-320 nm allowed to develop methodology for determining the relative intensity of bactericidal effects on the microflora improvement. To implement this technique requires chart of the solar spectrum in the range 220-320 nm in a particular geographic location, the coefficients of the transparency of glass in the characteristic wavelengths and ratios OBaktE.

This technique allows us to estimate the bactericidal effectiveness of the most active part of the solar spectrum, including penetration into the room, depending on the geographical point, transparency of glass and graphics of the solar spectrum in the range of 220-320 nm.

Keywords: insolation, solar spectrum, UV radiation, the relative bactericidal efficiency, characteristic wavelengths, the transparency of glass, the indoor environment.

References

1. Belikova V.K. Natural ultraviolet radiation and its bactericidal value, ed. N.M. Danzig // *Ultraviolet radiation / Medicine*. – M., 1966, sb. 4. – P. 322-326.
2. Lukomskaya K.A. *Microbiology of the basics of virology: tutorial*. – M.: Education, 1987. – P. 158-161.
3. MU 2.3.975-00. The use of ultraviolet germicidal radiation for air decontamination organizations, the food industry, catering and food trade: approved Chapters state health doctor of the Russian Federation from 19.05.00 G.G. Onischenko and introduced 01.08.00.
4. Belikova V.K. Bactericidal value of solar radiation penetrating the space // *Hygiene and sanitation*, 1957, № 11. – P. 8-15.
5. Belinsky V.A. *Ultraviolet radiation of the sun and sky*. – M., 1968. – 135 p.
6. Methods for determining the intensity and prophylactic dose of ultraviolet radiation // *EcoloLife.ru: Environmental portal*. 2010. URL: <http://www.ecololife.ru/study-3-2.html> (reference date: 09.04.2012).
7. Khalikova F.R., Kupriyanov V.N. Experimental studies of the penetration of UV radiation through window glass // *Scientific and technical journal. Bulletin MGSU*, 2011, № 3, T. 2. – P. 30-35.