

Синий спектр света: воздействие на кожу и фотопroteкция

А. С. Круглова, Е. А. Шатохина

ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента России, Москва

РЕЗЮМЕ

Ультрафиолетовое излучение обладает доказанным повреждающим и канцерогенным действием, при этом в настоящее время доказано, что синий спектр видимого света вносит свой вклад в повреждение клеток кожи. Синий свет вызывает антипролиферативный эффект, связанный с окислительным стрессом, нарушение проницаемости эпидермального барьера, активирует воспаление и возникновение выраженной, продолжительной гиперпигментации. В связи с этим при разработке фотозащитных средств необходимо учитывать повреждающее действие и синего света. Первым фотопротектором полного спектра является TriAsorB, который позволяет осуществлять полную защиту кожи от фотоповреждения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: видимый спектр света, синий спектр солнечного излучения, фотопroteкция, TriAsorB.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Blue spectrum of light: Effects on skin and photoprotection

L. S. Kruglova, E. A. Shatohina

Central State Medical Academy of the Administrative Department of the President of Russia, Moscow, Russia

SUMMARY

Ultraviolet radiation has a proven damaging and carcinogenic effect, while the blue spectrum of visible light has now been proven to contribute to damage to skin cells. Blue light causes an antiproliferative effect associated with oxidative stress, disruption of the permeability of the epidermal barrier, activates inflammation and the appearance of pronounced, prolonged hyperpigmentation. In this regard, when developing photoprotective agents, it is necessary to take into account the damaging effect of blue light. The first full spectrum photoprotector is TriAsorB, which allows full protection of the skin from photodamage.

KEY WORDS: visible light spectrum, blue spectrum of solar radiation, photoprotection, TriAsorB.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Актуальность темы

Опасность избыточного ультрафиолетового излучения (УФИ) определяется доказанным повреждающим действием с негативными последствиями (рак кожи, меланома, фотодерматозы, фотостарение). По результатам научных исследований, проведенных ВОЗ, было предложено включить ультрафиолетовое излучение (естественное и искусственное) в список канцерогенных факторов, и 28 июля 2009 года МАИР ВОЗ (Международное агентство по изучению рака) определило УФИ как канцероген [1]. В последние годы внимание научного сообщества было привлечено к изучению других спектров солнечного излучения, в том числе в свете фотоповреждения. Так, активно исследуется голубой спектр (HEV-излучение) видимого света, который, как было показано в многочисленных исследованиях, вносит свой вклад в повреждение пограничных тканей (кожа, слизистые глаз).

Синий свет (коротковолновый видимый свет) — это видимый свет с длинами волн от 400 до 500 нм. Основным источником синего света является солнечный свет, но цифровые экраны, диоды (светодиоды) и люминес-

центное освещение также служат дополнительными источниками данного спектра. Опасения по поводу негативное воздействие синего света на кожу резко возросли за последнее время. Видимый свет, как и любое электромагнитное излучение, обладает энергией, количество энергии фотона зависит от длины волны, более короткие волны являются наиболее высокоэнергетическими. Таким образом, сине-фиолетовый свет — это самая высокоэнергетическая полоса видимого спектра. В связи с этим актуальной является разработка инновационных фотозащитных средств, обладающих широким спектром действия, включая протекцию не только от УФИ, но и голубого света.

Фотозащитная система кожи

Среди факторов естественной фотозащиты человека особое место принадлежит меланину. Количество меланина определяет устойчивость к ультрафиолетовому воздействию и сопряжено с цветом кожи, волос, глаз. Активность меланогенеза и способность кожи к загару легли в основу классификации фототипов — классификации Фитцпатрика (табл. 1).

Среди факторов естественной фотозащиты особенно важна система репарации ДНК. Клетки имеют ряд защитных механизмов, посредством которых они могут восстанавливать повреждения в цепях ДНК. В частности, используется механизм репарации путем выщепления, в ходе которого небольшой участок поврежденной цепи ДНК удаляется и замещается новосинтезированным неповрежденным участком [2]. Многие клетки подключают для репарации ДНК механизм фотореактивации, с помощью которого повреждение может быть исправлено без расщепления молекулы ДНК. При этом с молекулой ДНК, содержащей пиримидиновый димер, связывается фермент. В результате поглощения света (300–500 нм) комплексом «фермент ДНК» фермент активируется и восстанавливает поврежденный участок молекулы, расщепляя димеры с образованием нормальных пиримидиновых оснований [3].

Спектры солнечного излучения и механизмы повреждающего действия

Воздействие солнечного излучения на кожу зависит от энергии, длины волны и степени проникновения испускаемых лучей через кожу. УФА-лучи составляют 95 % всего ультрафиолета. Достигают клеток дермы. Лучи провоцируют мутации ДНК, пигментацию кожи, аллергические реакции, фотостарение и чрезмерную активацию белка-онкосупрессора p53. УФВ-лучи составляют 5 % всего УФ-спектра, который доходит до поверхности Земли. УФВ-лучи проникают сквозь эпидермис. Благодаря им кожа не только приобретает загар, но и может получить солнечные ожоги, а также при многочисленных ожогах – повреждения ДНК клеток кожи. УФС-лучи отражаются озоновым слоем. С воздействием данного вида лучей могут столкнуться разве что представители отдельных профессий (сварщики и летчики). УФ-лучи этого спектра вызывает активацию белка p53. Видимый свет, особенно HEV-спектр, может вызывать мутации ДНК клеток кожи, а также усиливает вредное воздействие УФ-излучения. ИР (инфракрасные) – лучи составляют около 40 % всех солнечных лучей, достигающих Земли. Проникают за пределы дермы, в подкожные ткани, провоцируют образование свободных радикалов. Снижают эластичность кожи и приводят к фотостарению [4].

Видимый свет, как и УФ-лучи, стимулирует выработку меланина, по всей видимости, за счет диапазона длин волн, соответствующих сине-фиолетовому излучению близкого по спектру к УФ-лучам. Пигментация, вызванная этим излучением, более интенсивная и стойкая по сравнению с пигментацией, вызванной УФВ-лучами. Синее излучение, в отличие от зеленого, красного и инфракрасного, является причиной существенно более выраженного окислительного стресса в коже [5].

Основной признанный механизм повреждающего действия солнечного излучения – это свободнорадикальные реакции, при этом 50 % свободных радикалов генерируется видимым светом и 25 % клеточных повреждений в результате воздействия солнца вызваны синим светом [5]. Под воздействием УФА-излучения и синего света карбо-

Таблица 1
Классификация фототипов кожи Фитцпатрика

Тип кожи	Клинические признаки
1-й тип (кельтский)	Белая кожа, веснушки, светлые глаза и светлые или рыжие волосы. Они всегда обгорают, никогда при этом не загорают
2-й тип (светлокожий европейский)	Светлая кожа, голубые, серые или зеленые глаза и русые или каштановые волосы. Загорают минимально, часто при этом обгорая
3-й тип (темнокожий европейский)	Смугловатая кожа, темно-русые или каштановые волосы, серые или светло-карие глаза. Загорают постепенно и равномерно, обгорают незначительно
4-й тип (средиземноморский)	Оливковая кожа, темные волосы и темно-карие глаза (азиаты). Всегда загорают, обгорая лишь в редких случаях
5-й тип (индонезийский)	Темные волосы и глаза. Приобретают интенсивный загар (индусы, испанцы и др.), обгорают исключительно редко
6-й тип (афроамериканский)	Представители негроидной расы, невосприимчивые к ультрафиолету и неподверженные солнечным ожогам

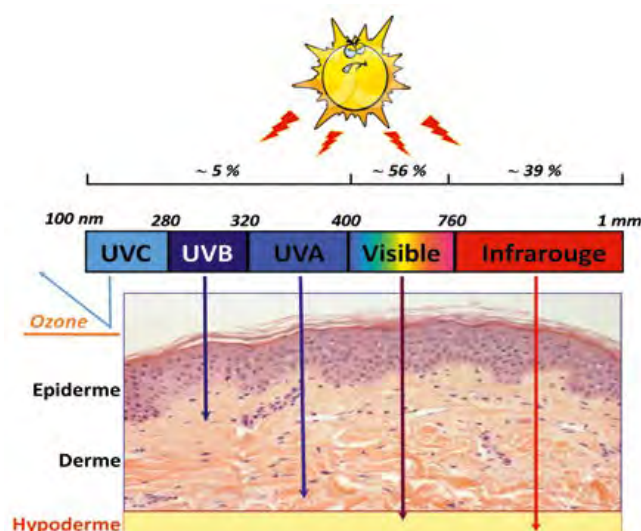


Рисунок 1. Спектры солнечного излучения и глубина проникновения.

низированные белки образуют активные формы кислорода через реакцию фотосенсибилизации I типа [6]. При этом синий свет является причиной существенно более выраженного окислительного стресса в коже и вызывает менее интенсивное окисление, по сравнению с УФА, в среднем в четыре раза, но фотонов синей области спектра по меньшей мере в два раза больше [7]. Совокупное поглощение кожей синего спектра излучения вызывает повреждение клеток кожи, которое впоследствии может привести к более быстрому старению и раку кожи. Были получены данные, неоспоримо подтверждающие токсическое действие на кожу доз облучения голубым светом, эквивалентным воздействию солнечных лучей в течение 1 часа (при 30 Дж/см²) [8].

Следует отметить, что накопление продуктов окисления в тканях играет важную роль в фотостарении и развитии онкологических заболеваний кожи [9]. Известно, что УФ- и синее

излучение вызывают фотохимические дозозависимые реакции, в результате которых образуются свободные радикалы, которые действуют на все основные компоненты клеток – липиды, ДНК и белки. Кроме того, эти продукты окисления способствуют усилению механизмов фотоокисления, образуя, в свою очередь, другие активированные формы кислорода под действием УФА- и синего излучения [10]. Более того, синий свет вызывает антипролиферативный [32] эффект, связанный с окислительным стрессом [33–35], нарушение проницаемости эпидермального барьера [36], воспаление [37] и выраженную и продолжительную гиперпигментацию [38]. Совсем недавно было показано, что синий свет также связан с разрушением циркадного ритма в клетках кожи [39].

Последние исследования показали, что синий свет может быть как вредным, так и полезным для кожи, в зависимости от интенсивности и длины волны. Так, низкоэнергетическое воздействие и малое время облучения могут использоваться для лечения кожных заболеваний (акне, псориаз, рубцы), однако воздействие высокоэнергетического синего света может увеличить количество повреждений ДНК, приводить к гибели клеток, травме, повреждению глаз, кожного барьера и фотостарению [11, 12].

Целью исследования С. Votta и соавт. была оценка генотоксичности видимого света и ее сравнение с генотоксичностью УФА-излучения. Результаты исследования показывают, что видимый свет вызывает образование разрывов ДНК кератиноцитов (метод ДНК-комет), а также хромосомные мутации в овоцитах хомяков (микроядерный тест). Повреждения, безусловно, менее серьезные (в два раза) по сравнению с вызванными УФА-лучами, но эти данные указывают на то, что в долгосрочной перспективе для кожи было бы полезно уменьшить воздействие видимого света, особенно с короткими длинами волн, характерными для сине-фиолетового HEV-излучения (400–450 нм) [13].

В другой статье авторы опубликовали данные о влиянии видимого света на пигментацию кожи. Из этой серии клинических исследований можно отметить следующие аспекты:

- эффект гиперпигментации после воздействия видимого света, по всей видимости, сосредоточен в узком диапазоне длин волн, соответствующих сине-фиолетовому излучению;
- пигментация, вызванная этим излучением, более интенсивная и стойкая по сравнению с пигментацией, вызванной УФВ-лучами;
- имеются убедительные экспериментальные данные, подтверждающие ключевую роль синего света в нарушении пигментации кожи;
- необходимо проведение дальнейших клинических исследований для оценки влияния фильтрации сине-фиолетового света в борьбе против появления пигментных пятен [14].

В 2020 году был опубликован литературный обзор по теме воздействия видимого света на кожу, а также выделены области дерматологии, в которых видимый свет может играть важную роль [15]. Авторы сделали следующие выводы:

- видимый свет синего диапазона вызывает значимые фотобиологические эффекты и оказывает влияние на такие кожные заболевания, как меланодермия, поствоспалительная гиперпигментация, солнечная крапивница и эритропоэтическая протопорфирия;
- при использовании фотозащитных средств необходимо учитывать повреждающее действие видимого света, находящегося за пределами ультрафиолетового спектра;
- в обзоре приводится пример солнцезащитного фильтра полного спектра TriAsorB производства компании Pierre Fabre.

Фотопротекция

Наиболее привычный и понятный sun protection factor – SPF (был одобрен в 1978 году Управлением по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств министерства здравоохранения и социальных служб США – US Food and Drug Administration, FDA). Это коэффициент, выражающий отношение МЭД (минимальная эритемная доза) защищенной УФ-фильтром кожи к МЭД незащищенной кожи. SPF ориентирован на эритемный эффект, вызванный УФВ-излучением [16]. Поскольку повреждающее действие УФА не связано с эритемой, SPF не дает никакой информации о защищенности от УФА-излучения. В настоящее время используется несколько показателей, в основе которых заложена выраженность моментальной и отсроченной пигментации кожи, возникающей в ответ на действие УФА-лучей, защищенную и незащищенную фотопротектором (immediate pigment darkening, IPD; persistent pigment darkening, PPD).

Для европейских производителей фотозащитных средств сегодня существует единая классификация Colipa, оценивающая допустимые значения SPF: низкая фотозащита – 2–4–6; средняя фотозащита – 8–10–12; высокая фотозащита – 15–20–25; очень высокая фотозащита – 30–40–50; максимальная фотозащита – 50+ [17].

В солнцезащитных средствах используются две группы соединений, отличающихся по механизму защитного действия. Первая – это экраны, являющиеся по химической природе минеральными соединениями. Они отражают и преломляют солнечные лучи и, как правило, работают на поверхности кожи. К ним относятся диоксид цинка (ZnO), диоксид титана (TiO₂), оксид железа (FeO, Fe₃O₄).

Другая группа – химические фильтры, которые представляют собой органические соединения. Они поглощают ультрафиолет, преобразуются в фотоизомеры. Поглощенная энергия при обратном процессе высвобождается уже в безопасном длинноволновом излучении.

Фотозащитные компоненты характеризуются спектральными свойствами: поглощением ± широкого спектра УФ-излучения; химической стабильностью к свету, воздуху, влажности, теплу; закреплением в роговых слоях кожи; водостойкостью, универсальностью, безопасностью (табл. 2).

Ранние исследования по разработке фотозащитных средств были сосредоточены на УФ-излучении, которое имеет самую высокую энергию фотонов и наибольшее воздействие на кожу, хотя на этот диапазон волн приходится всего 5% солнечного спектра. Хорошо известно, что УФВ (290–320 нм) вызывает эритему, пигментацию, иммуносупрессию,

Таблица 2
Фотозащитные фильтры

Органические / химические фильтры		Неорганические / физические фильтры	
Основное фотозащитное действие органических фильтров – поглощение UV		Поглощают, отражают и рассеивают УФ- и видимое излучение с помощью тонкого слоя из частиц инертного металла, который формирует непрозрачный барьер	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Высокая эффективность	Ограниченное действие по времени – прекращают действовать, поглотив определенное число фотонов	Нет фототоксических реакций	Ограниченная водостойкость – смываются водой!
Легко интегрируются в конечный продукт	Риск фотоаллергической или фототоксической реакции	Сравнительно высокая фотостабильность	Тяжело интегрировать в конечный продукт
Легкая текстура продукта			Часто ограниченная косметическая привлекательность продуктов

изменения внеклеточного матрикса, коллагена, ремоделирование эластиновой сети, но также инициируют канцерогенез и может вызывать специфическую мутацию в результате фотоповреждений ДНК [18, 19]. Однако УФА (320–400 нм), особенно длинные лучи УФА1 (340–400 нм), также способны индуцировать повреждение ДНК. Более того, установлено, что у части ДНК повреждение, вызванное УФА, опосредовано образованием активных форм кислорода (АФК) [20, 21]. Таким образом, солнцезащитные кремы были первоначально разработаны для защиты против лучей УФВ- и УФА-лучей, чтобы обеспечить фотозащиту широкого спектра. Недавние данные показали, что как видимый (400–700 нм), так и инфракрасный (ИК, 700–2500 нм) диапазоны волн оказывают вредное воздействие на кожу, а антиоксиданты могут предотвращать это. Основными активными компонентами фотозащитных средств с антиоксидантной активностью являются витамины С и Е, которые также могут быть полезны для борьбы с окислительным стрессом, вызванным синим светом [20, 21].

В этом контексте очевидно, что фотозащита широкого спектра остается серьезной проблемой и разработка инновационных солнцезащитных фильтров широкого спектра является актуальной. Недавно была открыта группа 1,2,4-триазинов, которые могут использоваться для улучшения эффективности защиты от солнечного излучения. Представители этой группы триазинов представляют собой гетероциклические соединения, несущие

триазиновый каркас, в котором три углеродно-водородных звена в бензольном кольце замещены атомами азота [22–24]. Это 5,6,5',6'-тетрафенил-3,3'-(1,4-фенилен) бис получил название TriAsorB (CAS No.°55514–22–2). Он был одобрен научным комитетом по безопасности потребителей (SCCS), а его токсикологическое досье доступно на сайте Европейской комиссии (<https://echa.europa.eu/регистрационное-досье/-/зарегистрированное-досье/6106>). Лабораторные исследования показали, что TriAsorB является безопасным для использования в качестве солнцезащитного фильтра в солнцезащитных продуктах в концентрации до 5%.

Исследования оценки эффективности TriAsorB были сосредоточены на оптических свойствах солнцезащитного фильтра от УФ-И до ИК-спектра (290–2500 нм), особенно в длинном УФА1 и синем диапазоне. Кроме того, фотозащитная эффективность TriAsorB сравнивалась с Tinosorb S®, солнцезащитным фильтром широкого спектра УФВ + А, который в настоящее время используется в солнцезащитных продуктах. Повреждения ДНК оценивали с помощью реконструированного эпидермиса человека (RHE). 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозин (8OHdG) определялся для оценки фотозащиты TriAsorB от окислительного стресса, вызванного синим светом. Наконец, генопротекция TriAsorB была проанализирована путем измерения циклобутан-пиримидиновой кислоты, димера (CPD), пиримидиновых фотопродуктов (64PP) и их изомеров (Dew) [25].

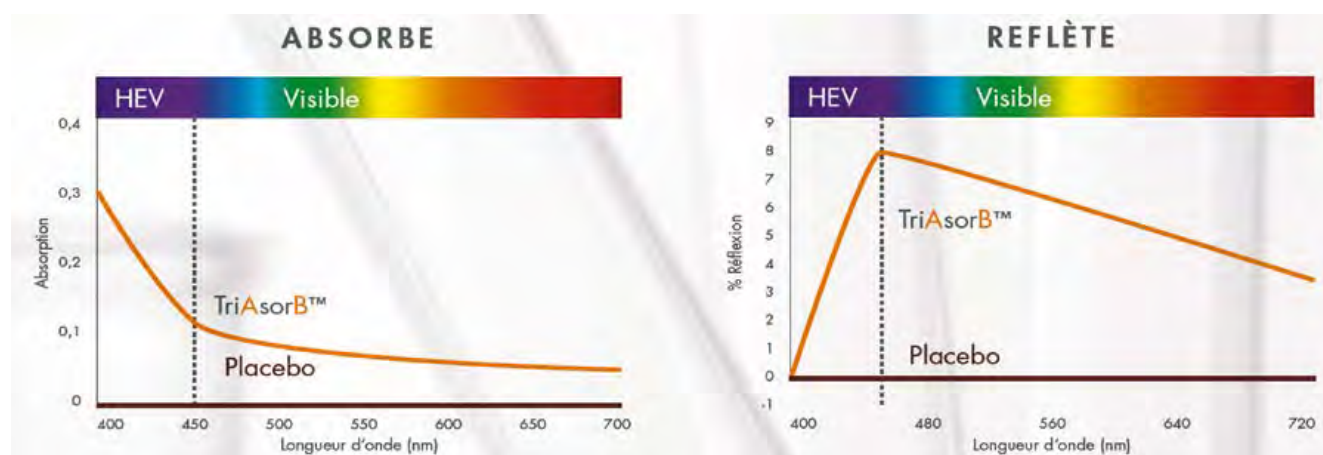


Рисунок 2. Спектр поглощения и отражения TriAsorB™.

В заключение исследования было показано, что TriAsorB не имеет риска для здоровья человека и представляет собой новое поколение нерастворимых органических солнцезащитных средств, эффективных против УФВ + УФА и синего света. Он может использоваться в сочетании с другими солнцезащитными фильтрами, такими как Tino sorb S[®], а также с антиоксидантами (витамин С, Е) для обеспечения эффективной фотозащиты кожи. TriAsorB предотвращает повреждение ДНК, вызванное SSR и, в частности, защищает кожу от окислительных повреждений, вызванных НЕV-излучением. Он может быть включен в состав средств по уходу за кожей для максимальной генопротекции. При воздействии солнечных лучей для профилактики фотоповреждения, в том числе немеланомного рака кожи, TriAsorB отдельно или в сочетании с существующими солнцезащитными фильтрами может обеспечить дополнительную защиту от более длинных волн в УФА1-лучей и спектра синего света [25].

Заключение

При выборе фотозащитного средства следует учитывать не только факторы защиты от УФВ- и УФА-излучения, но и возможность защиты от видимого света (400–500 нм). Исследования последних лет показали, что защита от синего спектра может осуществляться с помощью минеральных фильтров (отражают свет) и антиоксидантов, которые, однако, недостаточно активны в отношении защиты от синего спектра. Крем Intense Protect 50+ Avene – первый фотопротектор ультраширокого спектра действия, содержащий фильтры от УФВ-, УФА-излучения и синего света, разработанный в лаборатории Pierre Fabre, содержит активный ингредиент TriAsorB[™]. TriAsorB[™] – это первый органический фильтр-«биомиметик» действия меланина в отношении УФА-лучей и синего спектра видимого света, который высокоэффективно защищает кожу, предотвращает образование свободных радикалов. Это принципиально новый уровень фотопротекции благодаря инновационному комплексу TriAsorB[™] позволяет полно осуществлять спектральную защиту от фотоповреждения.

Список литературы / References

- Kruglova L. S. Солнце – актуальные правила фотозащиты. *Kosmetik international*. М. 2011. № 3. С. 110–117.
Kruglova L. S. The sun – current rules for photoprotection. *Cosmetic international*. М. 2011. No. 3. P. 110–117.
- Mahmoud B. H., Ruvalo E., Hensel C. L., Liu Y., Owen M. R., Kollias N., Lim H. W., Hamzavi I. H. Impact of long-wavelength UVA and visible light on melanocompetent skin. *J Invest Dermatol*. 2010 Aug; 130 (8): 2092–7.

- Nakazawa K., Sahuc F., Damour O., Collombel C., Nakazawa H. Regulatory effects of heat on normal human melanocyte growth and melanogenesis: comparative study with UVB. *J Invest Dermatol*. 1998 Jun; 110 (6): 972–7.
- Kruglova L. S., Kotenko K. V., Korzhazhina N. B., Turbovskaya S. N. Физиотерапия в дерматологии. Москва. ГЭОТАР. 2016. 304 с.
- Kruglova L. S., Kotenko K. V., Korzhazhina N. B., Turbovskaya S. N. Physiotherapy in dermatology. Moscow. GEOTAR. 2016. 304 p.
- Fourtanier A., Moyal D., Seité S. Sunscreens containing the broad-spectrum UVA absorber, Mexoryl SX, prevent the cutaneous detrimental effects of UV exposure: a review of clinical study results. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2008 Aug; 24 (4): 164–74.
- Mendrok-Edinger C., Gadsinski K., Schuetz R. Into the blue: novel test reveals blue light damage, protection strategies. *Cosmet Toiletries*. 2018; 12–29.
- Regazzetti C., Sormani L., Deboyle D., et al. Melanocytes sense blue light and regulate pigmentation through Opsin-3. *J Invest Dermatol*. 2018; 138 (1): 171–178.
- Mendrok-Edinger C., Gadsinski K., Schuetz R. Into the blue: novel test reveals blue light damage, protection strategies. *Cosmet Toiletries*. 2018; 12–29.
- Holtz R. Testing tactics in skin: a view of visible light protection. *Cosmet Toiletries*. 2018; 133 (2): 40–45.
- Opländer C., Hidding S., Werners F. B., Born M., Pallua N., Suschek C. V. Effects of blue light irradiation on human dermal fibroblasts. *J Photochem Photobiol B*. 2011; 103 (2): 118–125.
- Coats J. G., Maktabi B., Abou-Dahech M. S., Baki G. Blue Light Protection, Part I: Effects of blue light on the skin. *J Cosmet Dermatol*. 2021 Mar; 20 (3): 714–717.
- Zou L., Dai J. Blue light and eye health. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*. 2015; 51 (1): 65–69. Pissavini M., Pujos M., Doucet O. Total exposure: the future of sun care is full light protection. *Cosmet Toiletries*. 2018; 133 (4): 26–34.
- Botta C., Di Giorgio C., Sabatier A. S., De Méo M. Genotoxicity of visible light (400–800 nm) and photoprotection assessment of ectoin, L-ergothioneine and mannitol and four sunscreens. *J Photochem Photobiol B*. 2008 Apr 25; 91 (1): 24–34.
- Duteil L., Cardot-Leccia N., Queille-Roussel C., Maubert Y., Harmelin Y., Boukari F., Ambroselli D., Lacour J. P., Passeron T. Differences in visible light-induced pigmentation according to wavelengths: a clinical and histological study in comparison with UVB exposure. *Pigment Cell Melanoma Res*. 2014 Sep; 27 (5): 822–6.
- Narla S., Kohli I., Hamzavi I. H., Lim H. W. Visible light in photodermatology. *Photochem Photobiol Sci*. 2020 Jan 22; 19 (1): 99–104.
- Ou-Yang H., Stanfield J., Cole C., Appa Y., Rigel D. High SPF sunscreens (SPF ≥ 70) may provide ultraviolet protection above minimal recommended levels by adequately compensating for lower sunscreen user application amounts. *J Am Acad Dermatol*. 2012; 67 (6): 1220–1227.
- Bimczok R., Gers-Barlag H., Mundt C., et al. Influence of applied quantity of sunscreen products on the sun protection factor – a multicenter study organized by the DGK Task Force Sun Protection. *Skin Pharmacol Physiol*. 2007; 20 (1): 57–64.
- Douki T., Sage E. Dewar valence isomers, the third type of environmentally relevant DNA photoproducts induced by solar radiation. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2016. 15, 24–30.
- Mouret S., Baudouin C., Charveron M., Favier A., Cadet J., Douki T. Cyclobutane pyrimidine dimers are predominant DNA lesions in whole human skin exposed to UVA radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006. 103, 13765–13770.
- Bickers D. R., Athar M. Oxidative stress in the pathogenesis of skin disease. *The Journal of Investigative Dermatology*. 2006. 126, 2565–2575.
- Birch-Machin M. A., Bowman A. Oxidative stress and ageing. *British Journal of Dermatology*. 2016. 175, P. 26–29.
- Kumar R., Sirohi T. S., Singh H., Yadav R., Roy R. K., Chaudhary A., Pandeya S. N. 1,2,4-triazine analogs as novel class of therapeutic agents. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*. 2014. 14, 168–207.
- Cascioferro S., Parrino B., Spano V., Carbone A., Montalbano A., Barraja P., Dana P., Cirincione G. An overview on the recent developments of 1,2,4 triazine derivative anticancer compounds. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2017. 142, 328–375.
- Verma T., Sinha M., Bansai N. Heterocyclic compounds bearing triazine scaffold and their biological significance: A review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2020. 20, 4–28.
- Bacqueville D., Jacques-Jamin C., Dromigny H., Boyer F., Brunel Y., Ferret P. J., Redoulès D., Douki T., Bessou-Touya S., Duplan H. Phenylene Bis-Diphenyltriazine (TriAsorB), a new sunfilter protecting the skin against both UVB + UVA and blue light radiations. *Photochem Photobiol Sci*. 2021 Nov; 20 (11): 1475–1486.

Статья поступила / Received 15.03.22

Получена после рецензирования / Revised 30.03.22

Принята в печать / Accepted 04.04.22

Сведения об авторах

Круглова Лариса Сергеевна, д.м.н., проф., зав. кафедрой дерматовенерологии и косметологии. E-mail: kruglovals@mail.ru. eLibrary SPIN: 1107-4372. ORCID: 0000-0002-5044-5265

Шатохина Евгения Афанасьевна, д.м.н., проф. кафедры дерматовенерологии и косметологии. ORCID: 0000-0002-0238-6563

ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия»
Управления делами Президента России, Москва

Автор для переписки: Круглова Лариса Сергеевна. E-mail: kruglovals@mail.ru

About authors

Kruglova Larisa S., DM Sci (habil.), professor, head of Dept of Dermatovenereology and Cosmetology. E-mail: kruglovals@mail.ru. E-mail: kruglovals@mail.ru. SPIN: 1107-4372. ORCID: 0000-0002-5044-5265

Shatikhina Evgenia A., DM Sci (habil.), professor at Dept of Dermatovenereology and Cosmetology. ORCID: 0000-0002-0238-6563

Central State Medical Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Kruglova Larisa S. E-mail: kruglovals@mail.ru

Для цитирования: Круглова Л. С., Шатохина Е. А. Синий спектр света: воздействие на кожу и фотопротекция. *Медицинский алфавит*. 2022; (8): 12–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-8-12-16>.

For citation: Kruglova L. S., Shatikhina E. A. Blue spectrum of light: effects on the skin and Photoprotection. *Medical alphabet*. 2022; (8): 12–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-8-12-16>.

