

# Российско-украинский нанокристаллический диоксид церия защищает от солнечных ожогов

## Что скрывается в тени средств для загара

Солнечные ультрафиолетовые лучи полезны для здоровья, но каким болезненным может быть их избыток, знают, наверное, все. Солнечный ожог, или эритема, — наиболее распространенное острое повреждение кожи ультрафиолетом.

При длительном воздействии УФ-излучение вызывает дегенеративные изменения клеток кожи, фиброзной ткани и кровеносных сосудов. Это приводит к преждевременному старению кожи, фотодерматозам и актиническому кератозу, в наиболее серьезных случаях может развиваться рак кожи.

Самый распространенный способ защиты открытых участков кожи — кремы и лосьоны с УФ-фильтрами, веществами, отражающими, рассеивающими или поглощающими ультрафиолет. Традиционные неорганические компоненты большинства УФ-фильтров — это порошки оксидов титана ( $\text{TiO}_2$ ) или цинка ( $\text{ZnO}$ ).

Но, как оказалось, частицы  $\text{TiO}_2$  могут вызывать поражение нервных клеток, лимфоцитов крови, лимфобластодных клеток. Быстрее эти процессы идут как раз при УФ-облучении, активирующем фоторазложение органических молекул.

Кроме того,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  под действием УФ формируют активные формы кислорода (АФК) — в частности, гидроксильные радикалы, также разрушающие биомолекулы.

## Проверка диоксида церия

Заменой  $\text{TiO}_2$  и  $\text{ZnO}$  мог бы быть нанокристаллический диоксид церия ( $\text{CeO}_2$ , или НДЦ). Во-первых, наночастицы  $\text{CeO}_2$  активно поглощают УФ-излучение. Во-вторых, сами они прозрачны в видимой области спектра (400–800 нм). И в третьих,  $\text{CeO}_2$  уже зарекомендовал себя как неорганический антиоксидант. При переходе в наносостояние он становится дефектным по кислороду и начинает проявлять особые окислительно-восстановительные свойства, в частности, приобретает способность инактивировать АФК.

Теоретически нанокристаллический церий вполне подходил для замены титановых и цинковых порошков. По так называемому SPF (Sun protection factor — мере поглощения УФ) он даже превосходил их. Оставалось проверить теорию экспериментами.

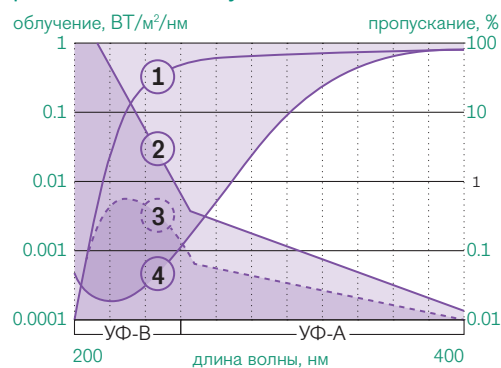
Как показали эти эксперименты, наночастицы  $\text{CeO}_2$  максимально поглощают наиболее опасную «коротковолновую» часть ультрафиолета — УФ-В с длиной волн 280–315 нм [рис. 01].

Что касается биологической активности, то НДЦ не провоцирует фотокатализ и не имеет цитотоксичности (способности вызывать патологические изменения в клетках).

Также он демонстрирует выраженное защитное действие против активных форм кислорода и свободных радикалов, образующихся при УФ-облучении. Это последнее антиоксидантное свойство НДЦ блокирует не прямое УФ-разрушение ДНК.

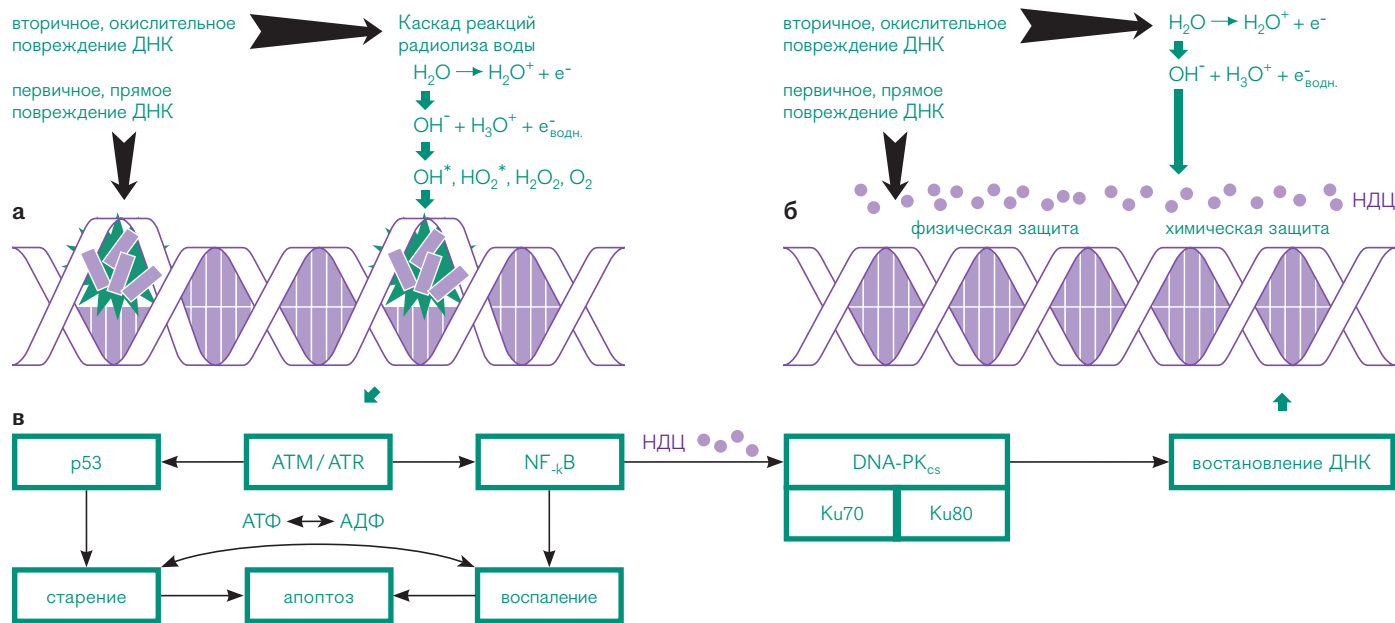
Более того, наночастицы церия, как оказалось, ускоряют восстановление поврежденной ДНК, направляя деятельность киназ (киназы — разновидность ферментов) в нужное русло [рис. 02].

## рис. 01 → Физическая защита нанокристаллическим церием от УФ-излучения



Стандартный спектр солнечного излучения — кривая ①. Спектр излучения, вызывающего солнечный ожог кожи (эритему), — ②. Результирующий «эффективный спектр» — ③. Спектр пропускания 5% дисперсии  $\text{CeO}_2$  в слое 20 мкм — ④.

## рис. 02 → УФ-разрушение ДНК



**а прямое повреждение** УФ-излучение воздействует непосредственно на спираль дезоксирибонуклеиновых кислот. Происходит разрыв цепи или, наоборот, сшивание нуклеотидов в мутагенные димеры. Облученные клетки могут передавать радиационные повреждения соседним или дочерним клеткам.

**б не прямое повреждение** Даже небольшие дозы УФ-радиации способны запустить каскад реакций радиолитического разложения воды, в результате чего генерируются пероксид водорода, свободные радикалы и другие активные формы кислорода, разрушающие ДНК за счет вторичного окислительного действия.

**в реакция организма** В обоих случаях нарушение целостности ДНК вызывает активацию сигнальных протеинкиназ ATM и ATR, с помощью которых клетка пытается «оценить урон». В зависимости от степени повреждения ДНК киназы запускают механизмы воспалительного отклика, старения, остановки клеточного цикла, а при необратимых нарушениях структуры ДНК — и самоуничтожения клетки (апоптоза). Одновременно с помощью протеинкиназы DNA-PK включается механизм восстановления ДНК. Баланс процессов апоптоза и восстановления зависит от степени повреждения ДНК и активности соответствующих киназ.

текст	<b>Владимир Иванов</b> доктор химических наук, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН
	<b>Александр Щербаков</b> кандидат химических наук, Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины
	<b>Владимир Козик</b> доктор технических наук, Национальный исследовательский Томский государственный университет

## Многообещающий наночерий

Полученные данные открывают перспективу использования наночастиц  $\text{CeO}_2$  не только в составе профилактических мазей и спреев, защищающих от УФ-облучения, но и в качестве терапевтических препаратов при лечении ожогов. Дальнейшие исследования в этом направлении уже показали, что в качестве стабилизатора при синтезе наночастиц диоксида церия может быть использован пантенол (провитамин  $\text{B}_5$ ). То есть получается композиция двух веществ с защитными свойствами.

Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности Томского государственного университета при поддержке Российского научного фонда (проект 14-13-01373).