

# ФОТОКАТАЛИЗ

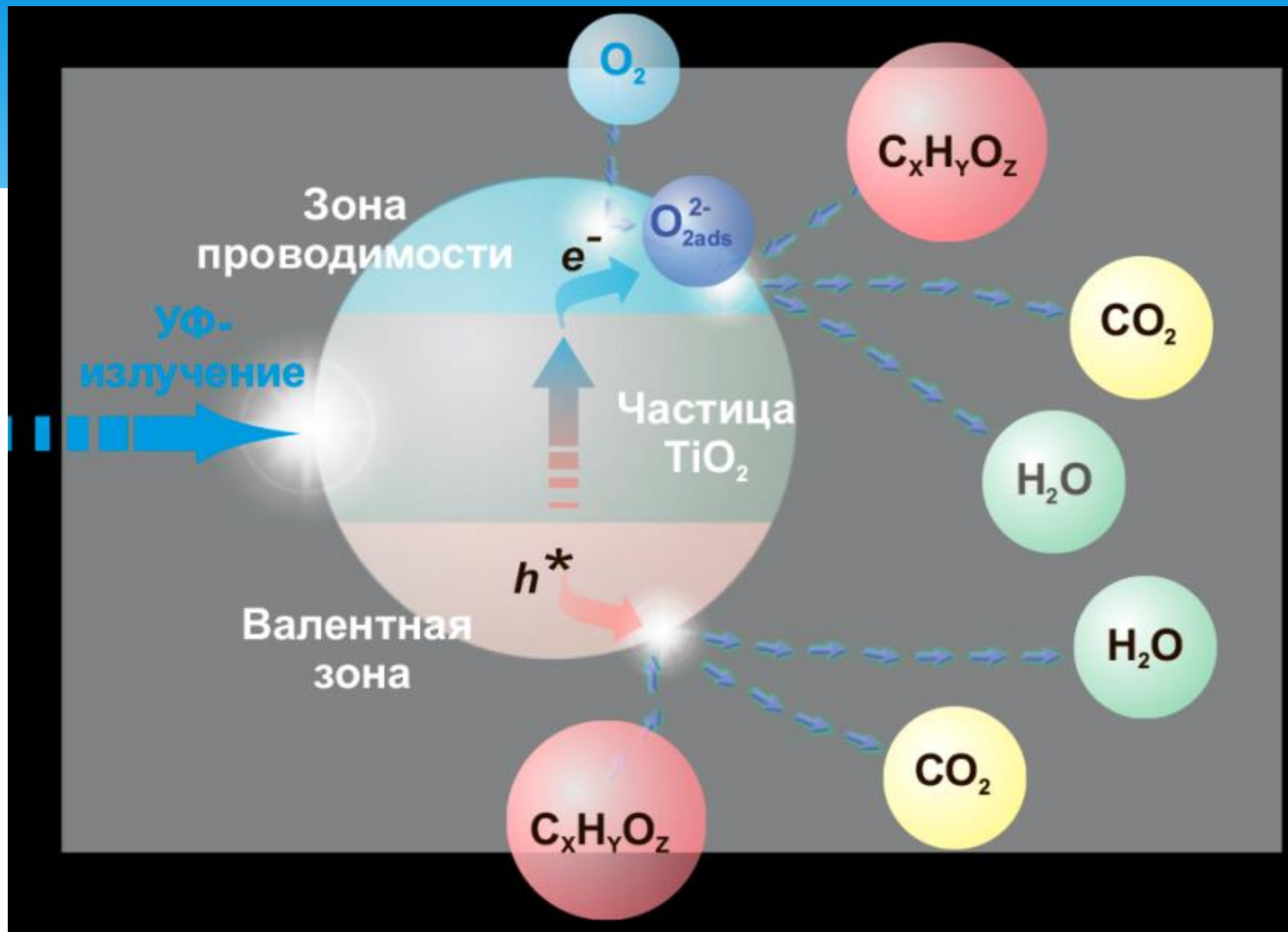
- \* **Фотокатализ** — ускорение химической реакции, обусловленное совместным действием катализатора и облучения светом.
- \* При фотогенерируемом катализе фотокаталитическая активность зависит от способности катализатора создавать пары электрон-дырка, которые генерируют свободные радикалы, способные вступать во вторичные реакции.

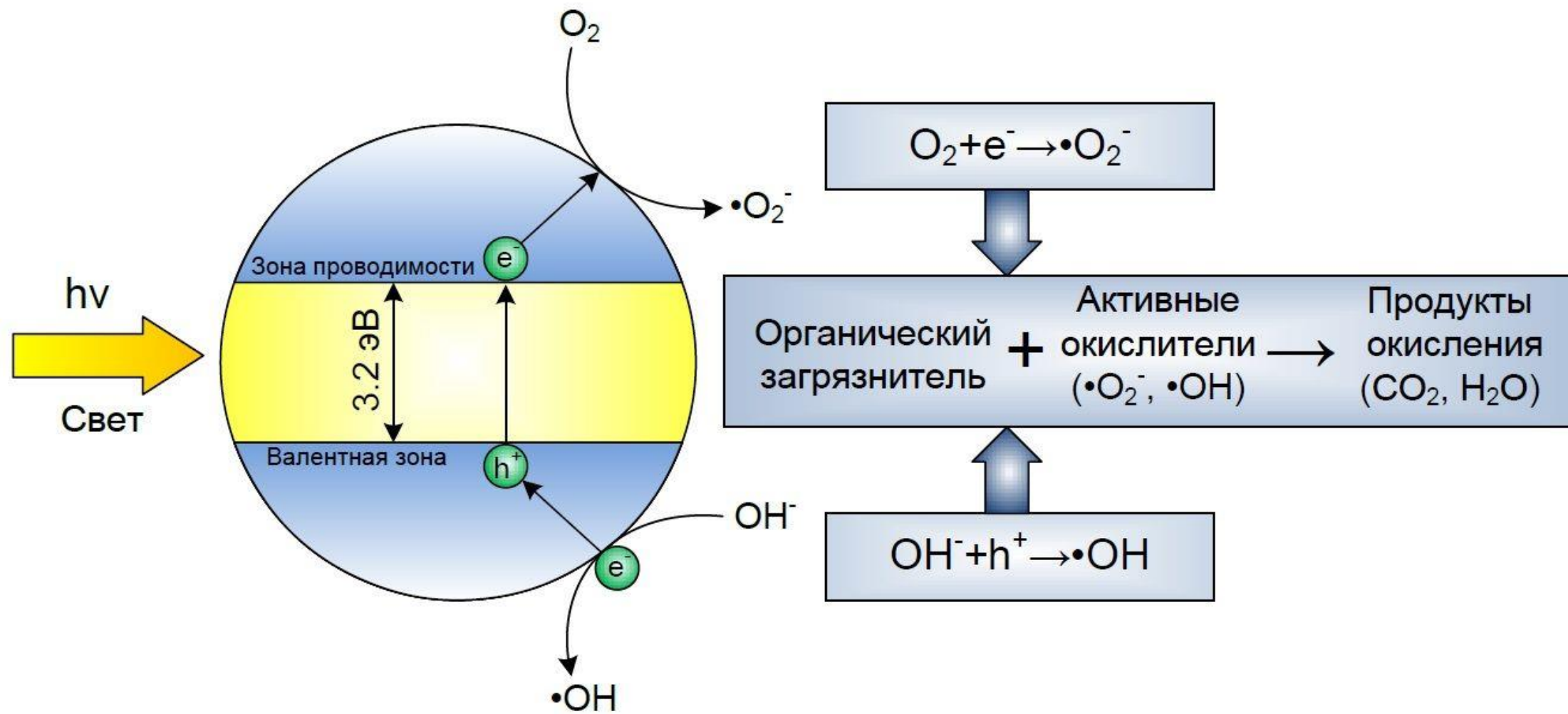


**Акира Фудзисима** (р. 10 марта 1942) - японский химик и президент Токийского научного университета. Он известен значительным вкладом в открытие и исследование фотокаталитических и супергидрофильных свойств диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ).

# Механизм фотокатализа

- \* Фотокатализаторы - полупроводники. Согласно современным представлениям, в таких соединениях электроны могут находиться в двух состояниях: свободном и связанном. В первом состоянии электроны движутся по кристаллической решетке, во втором состоянии -- основном электроны связаны с каким-либо ионом кристаллической решетки и участвуют в образовании химической связи. Для перевода электрона из связанного состояния в свободное необходимо затратить энергию не менее 3,2 эВ. Эта энергия может быть доставлена квантами света с длиной волны более 390 нм. При поглощении кванта света в объеме частицы  $\text{TiO}_2$  образуются свободный электрон ( $e^-$ ) и электронная вакансия - пазон ( $h^+$ ), которые рекомбинируются или мигрируют в полупроводнике, частично локализуясь на структурных дефектах его кристаллической решетки



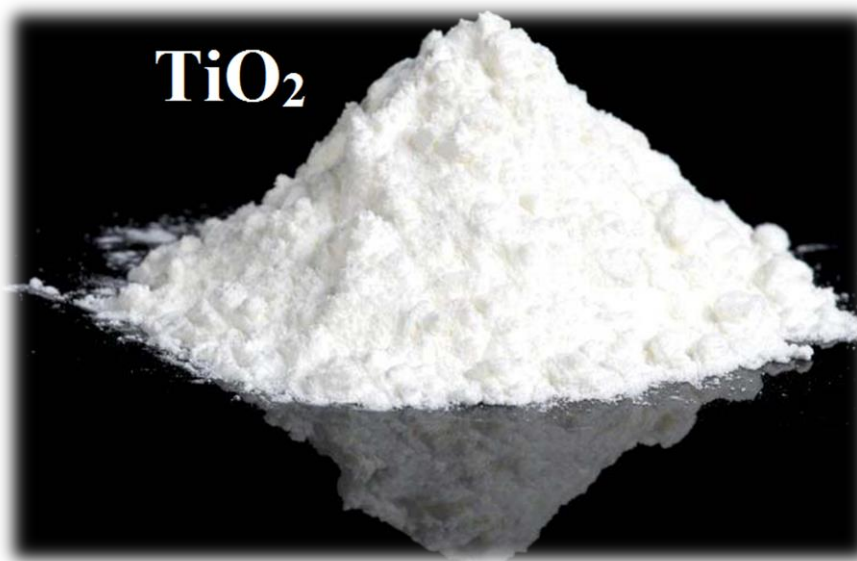


# Примеры фотокатализаторов

$\text{ZnS}$



$\text{TiO}_2$



$\text{WO}_3$



$\text{ZnO}$



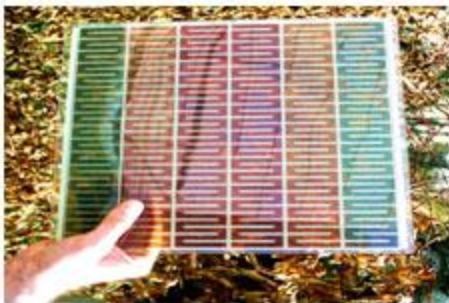
$\text{Fe}_2\text{O}_3$



# Применение фотокатализаторов

- \* Преобразование воды в газообразный водород путем фотокаталитического разделения воды
- \* Использование диоксида титана в самоочищающемся стекле . Свободные радикалы , образующиеся из  $\text{TiO}_2$  окисляют органические вещества
- \* Обеззараживание и дезодорация воздуха
- \* Безреагентное обеззараживание воды
- \* Использование в самостерилизующих фотокаталитических покрытиях (пищевые контейнеры и др.)
- \* Стерилизация хирургических инструментов и удаление нежелательных отпечатков пальцев с чувствительных электрических и оптических компонентов
- \* Разложение сырой нефти
- \* Добавки  $\text{TiO}_2$  в бетонные панели

# Применение фотокатализаторов



Солнечные элементы

Самоочищающиеся  
покрытия

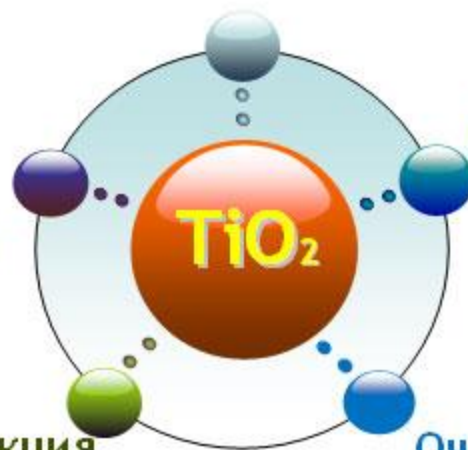


Изделия  
из стекла



Бактерицидные  
экраны

Солнечные  
элементы и  
производство  $H_2$



Очистка воды



Проточная вода

Дезинфекция

Очистка воздуха



Протезирование



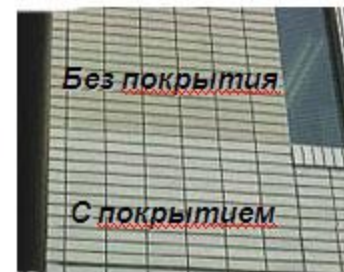
Имплантанты



Транспорт

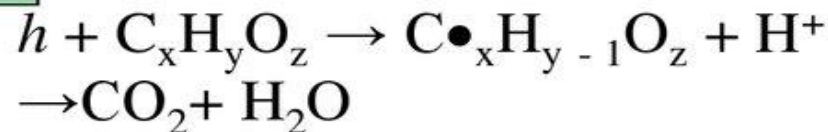
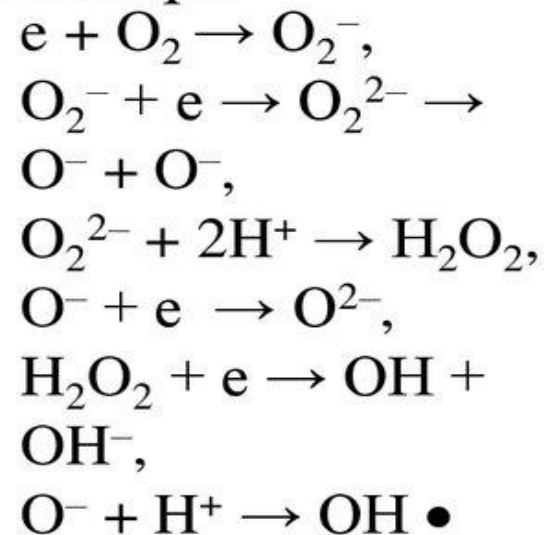
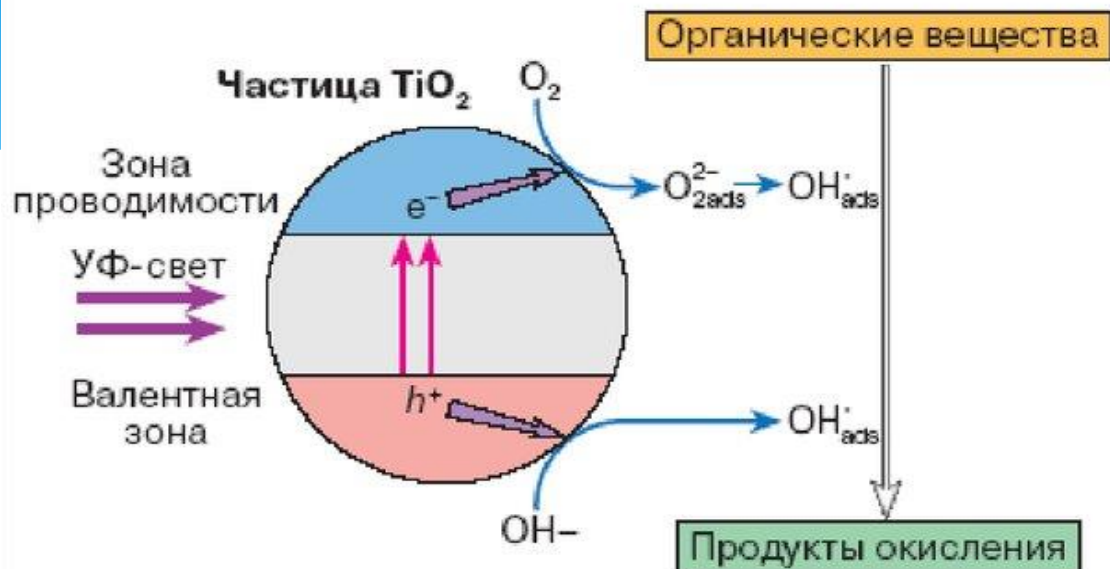


В помещении

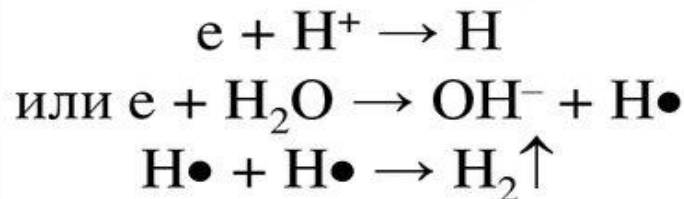


Наружная очистка воздуха

# Принцип действия TiO<sub>2</sub> как фотокатализатора

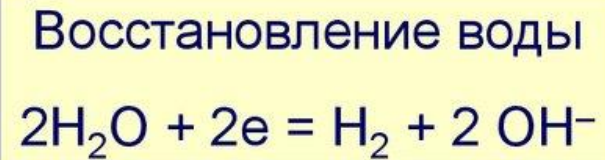
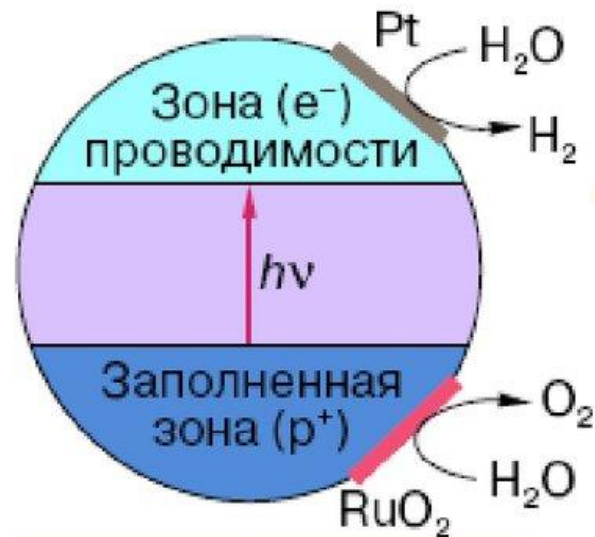


В водных растворах:



Эффективность фотокатализатора: квантовый выход реакции и спектр действия фотокатализатора. Квант. выход  $\Phi = \eta_i \cdot \eta_r$ , где  $\eta_i$  — доля носителей заряда, достигших поверхности,  $\eta_r$  — достигших поверхности и вступивших в полезную реакцию,  $\eta_r = v_r / (v_{sr} + v_r)$

## Фотокаталитическое разложение воды



Катализатор –  
полупроводник

# Практическое использование $\text{TiO}_2$ как фотокатализатора

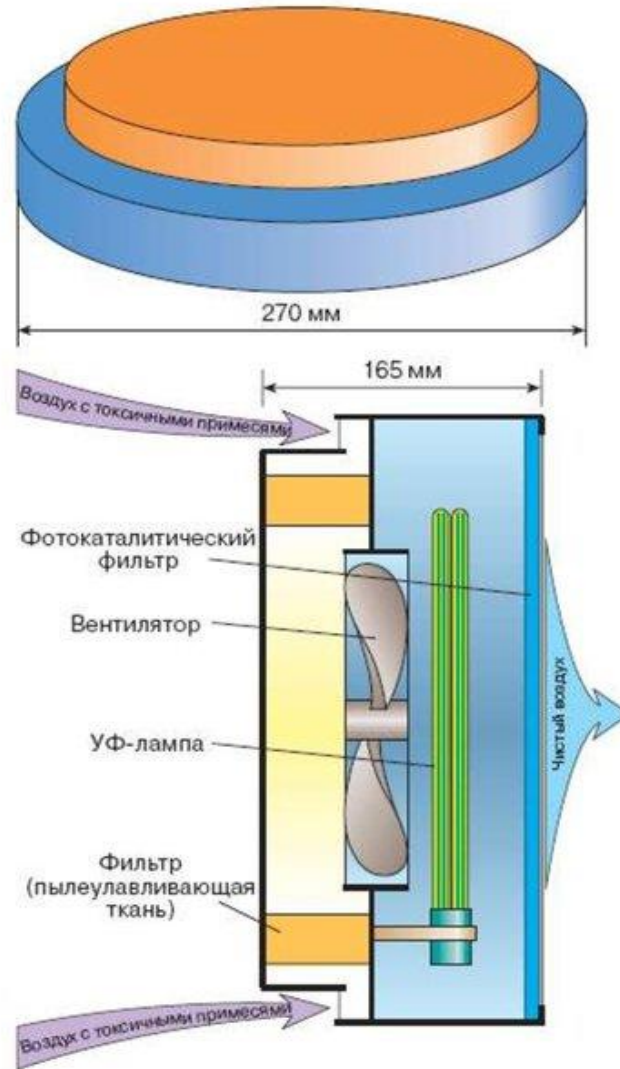


Рис. 2. Фотокаталитический очиститель воздуха

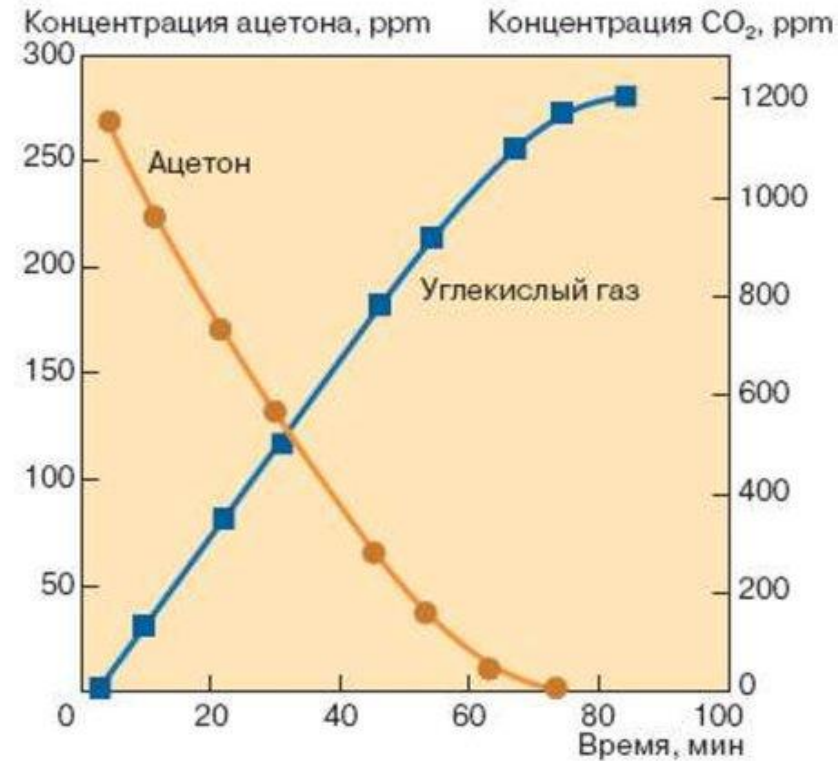
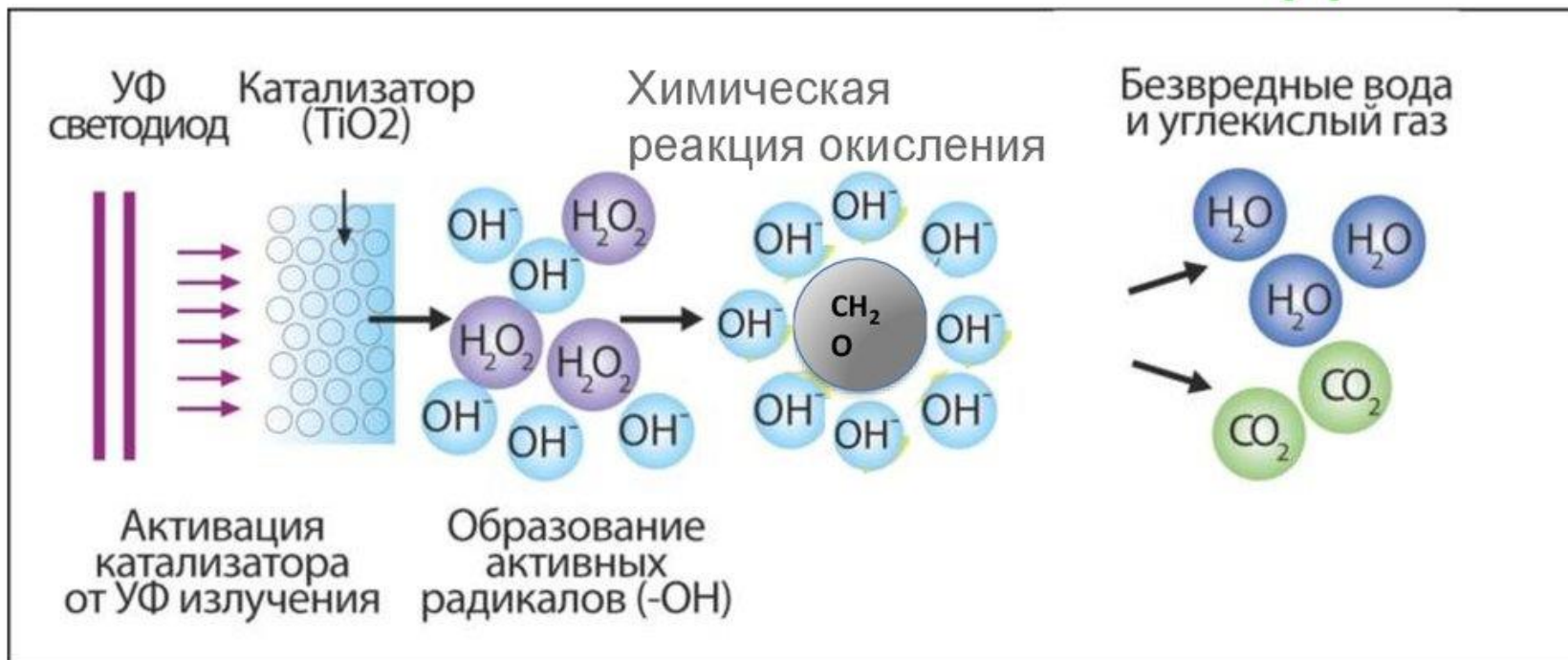


Рис. 3. Кинетические кривые исчезновения ацетона и накопления  $\text{CO}_2$  в замкнутом объеме 190 л с фото-реактором, аналогичным изображенному на рис. 2

1. Очистка воздуха от органических примесей.
2. Очистка воды от органических примесей.
3. Самоочищающиеся зеркала и стекла.

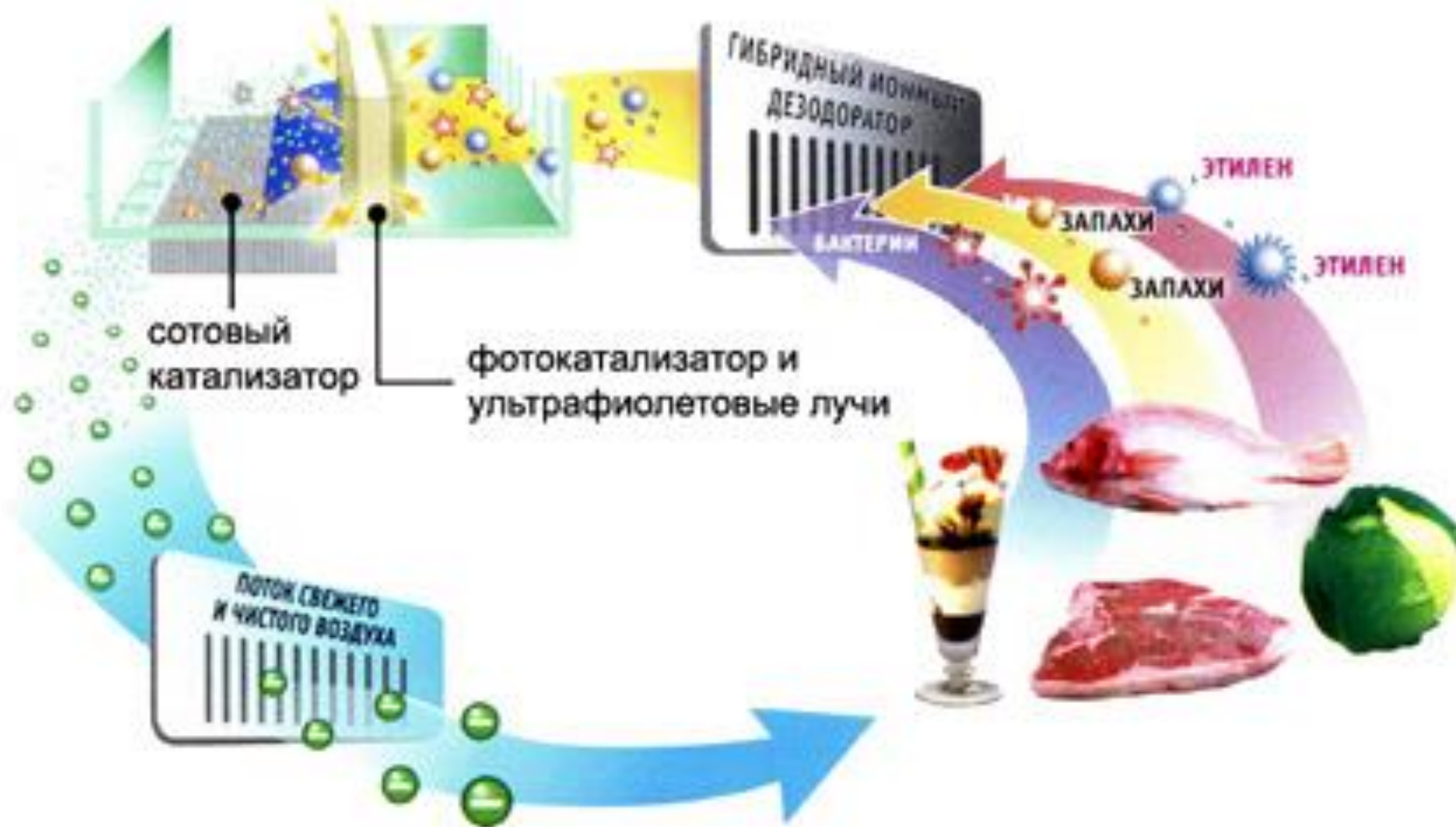


# ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА

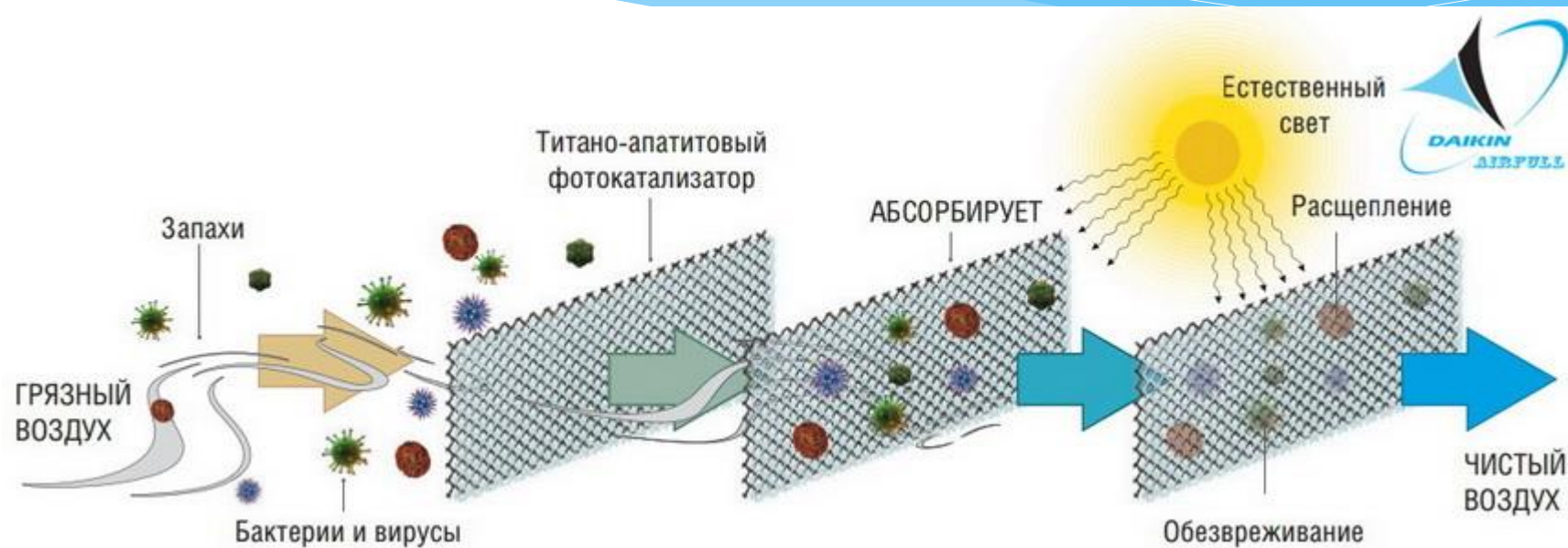


При воздействии излучения УФ-светодиодного модуля на катализатор образуются натуральные вещества с высокой окислительной способностью (гидроксидные радикалы ( $\text{OH}^-$ )), которые разлагают все попавшие на поверхность катализатора загрязняющие вещества на безвредные (в основном воду и углекислый газ).

# Дезодорация воздуха



# Обеззараживание воздуха

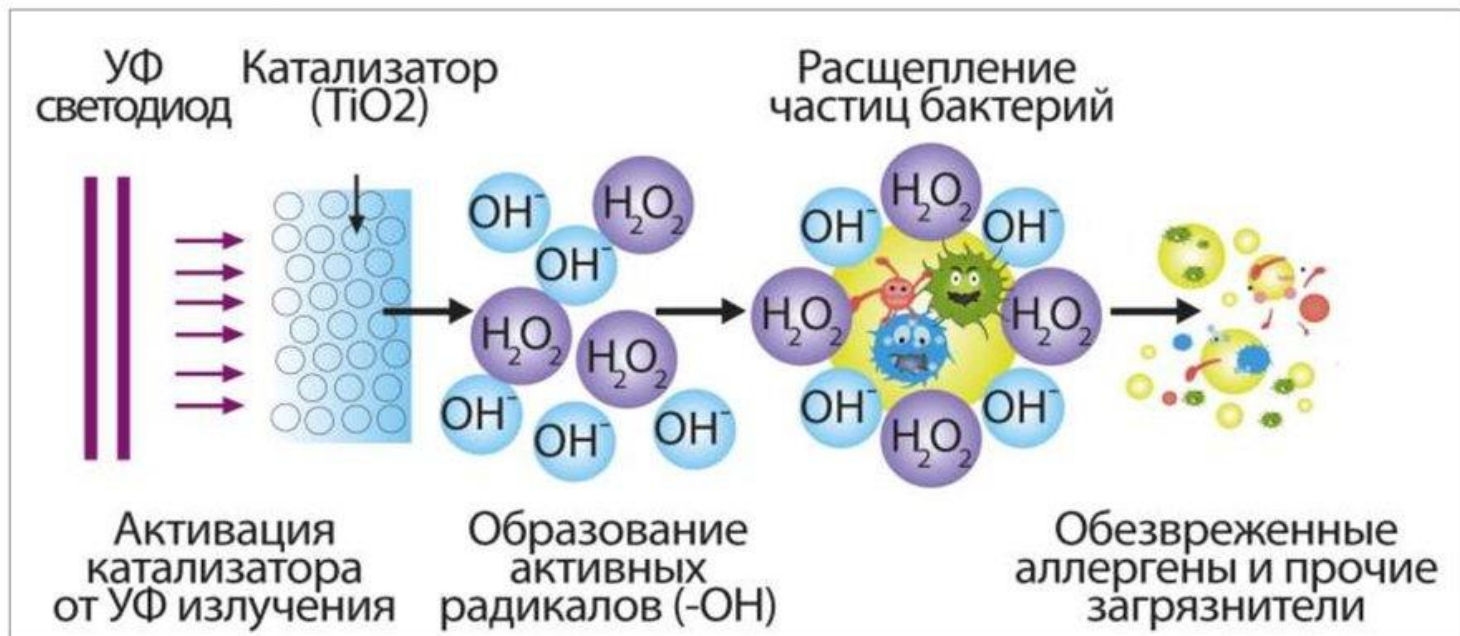




## ОТЛИЧИЕ ПРЯМОГО УФ-СВЕТА ОТ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ

В процессе фотокатаза в воздухе образуются молекулы ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА, известной своим антисептическим действием. Образовавшиеся окислители РАЗРУШАЮТ внешнюю оболочку микроорганизмов и аллергенов.

**Именно поэтому бактерицидное действие фотокатализа гораздо эффективнее прямого воздействия УФ-излучения.**



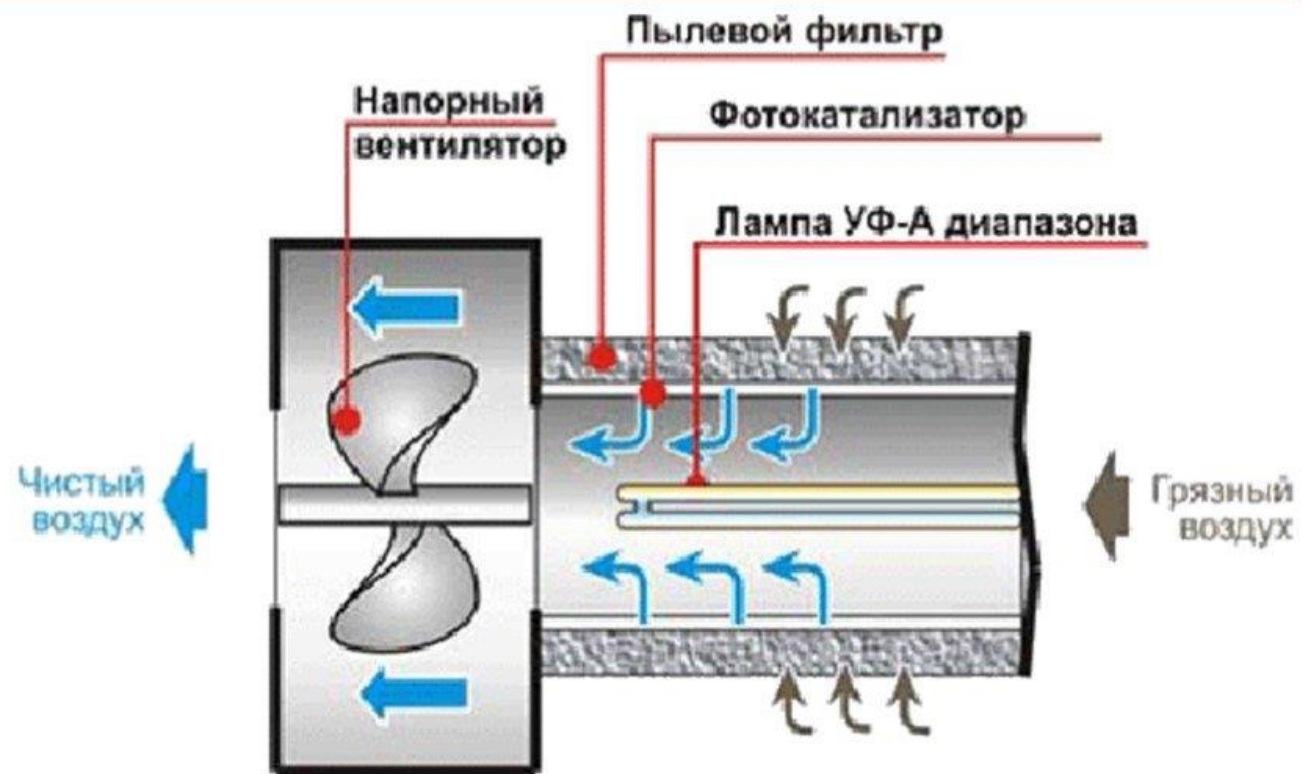
# Механизм фотокаталитической дезинфекции

Эффективность очистки от бактерий и вирусов – **99,9%**

- 1 • Захват микроорганизмов на поверхности фотокатализатора
- 2 • Разрушение клеточной мембраны ОН радикалами
- 3 • Вытекание внутриклеточной жидкости и гибель микроорганизма
- 4 • Полное окисление органического вещества клетки до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$



## Система очистки уникального каталитического фильтра



# Фотокаталитические покрытия стекол

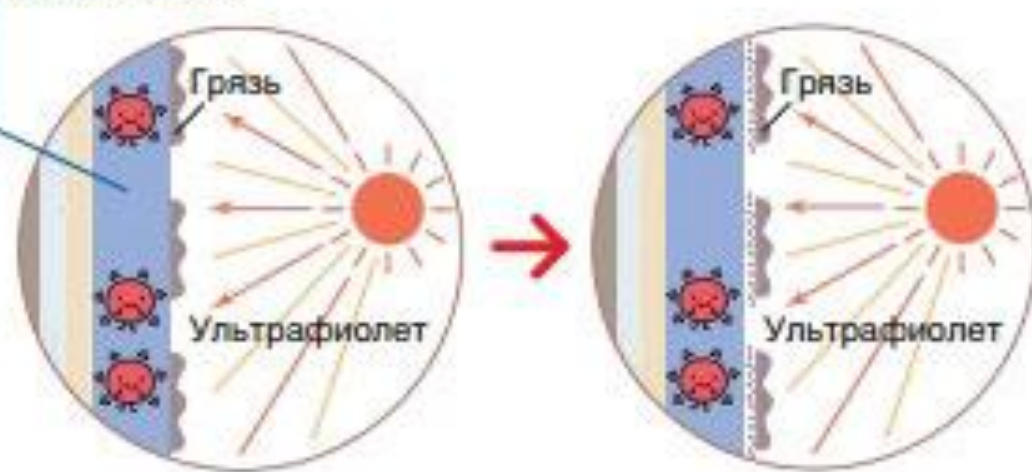


Различные виды грязи разрушаются под воздействием фотокатализаторов.

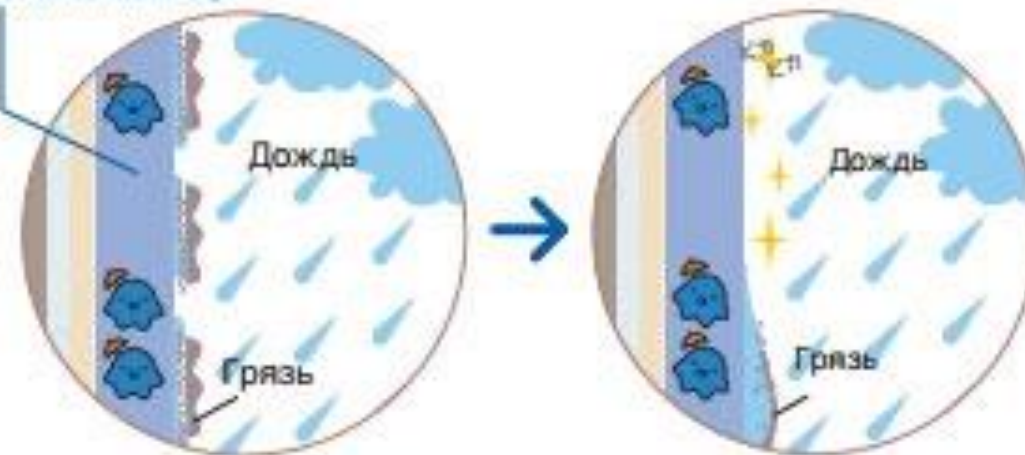


Во время дождя вода проникает под грязь и смывает ее.

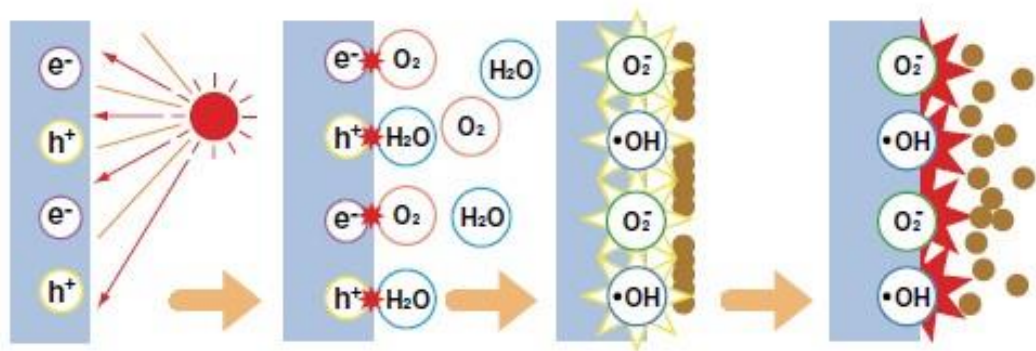
Фотокатализаторы



Фотокатализаторы

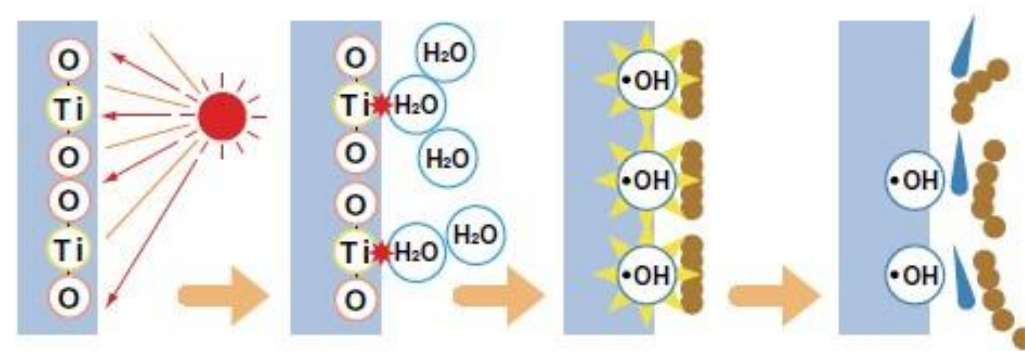


### Механизм разрушения грязи



1. Фотокатализаторы  $\text{TiO}_2$  реагируют на ультрафиолетовые лучи
2. Кислород вступает во взаимодействие со свободными электронами, а частички воды – с положительными ионами.
3. Оксид титана отдает кислород, на поверхности панели образуются: ион кислорода, радикальный гидроксид, остатки влаги, которые образуют двойной активный защитный слой, отталкивающий грязь.
4. Этот механизм не дает грязи прилипнуть к поверхности панели.

### Механизм смывания грязи водой



1. Фотокатализаторы  $\text{TiO}_2$  взаимодействуют с молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ , содержащимися в воздухе.
2. Вследствие данной реакции возникает  $\text{OH}$ .
3.  $\text{OH}$  позволяет воде проникнуть под слой грязи и смыть ее.

\* Действие фотокатализаторов может различаться в зависимости от окружающих условий и видов грязи. Грязь также легко смывается с помощью губки, нейтрального моющего средства и воды.

# Преимущества фотокатализаторов

- \* Экологичность
- \* Низкие температуры работы
- \* Низкая энергоемкость
- \* Работают при любых концентрациях конвертируемых веществ
- \* Безопасность
- \* Универсальность применения

# Недостатки фотокатализаторов

- \* Используют только 10% солнечного света (ультрафиолет)
- \* Требуют равномерного освещения поверхности катализатора светом
- \* Низкая производительность. Работают только тонкие покрытия, невозможно использовать в крупнотоннажных промышленных процессах