



*МГУ имени  
М.В.Ломоносова*



*Лаборатория новых материалов  
для солнечной энергетики ФНМ МГУ*

## **Новые материалы для солнечной энергетики**

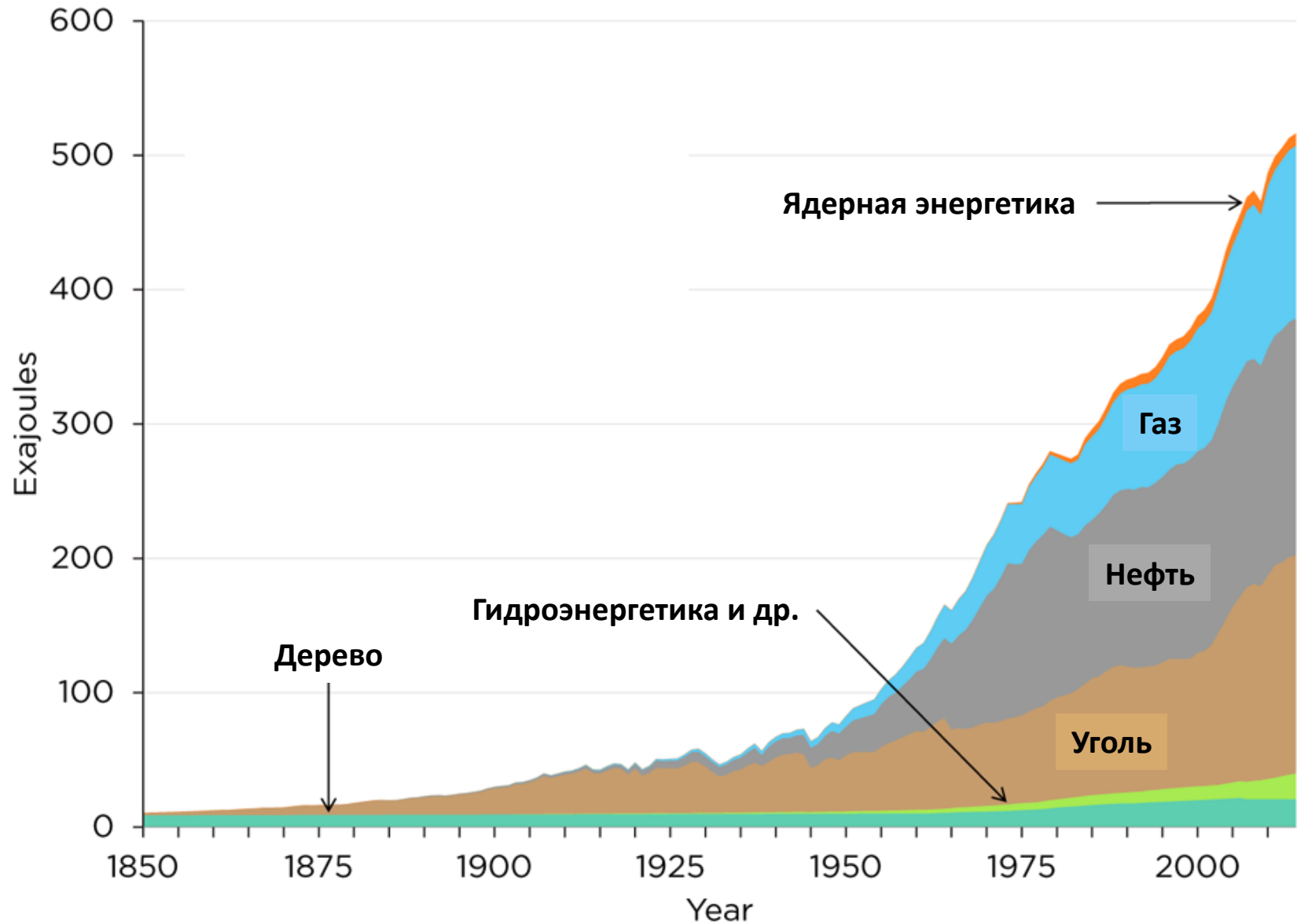
**Петров Андрей Андреевич,  
Фатеев Сергей Анатольевич**

**м.н.с. Лаборатории новых материалов  
для солнечной энергетики  
Факультет наук о материалах МГУ**

**22-24/11/2018**



# За последние 50 лет потребление человечеством электроэнергии возросло в 5 раз!





# Какое будущее мы выберем?

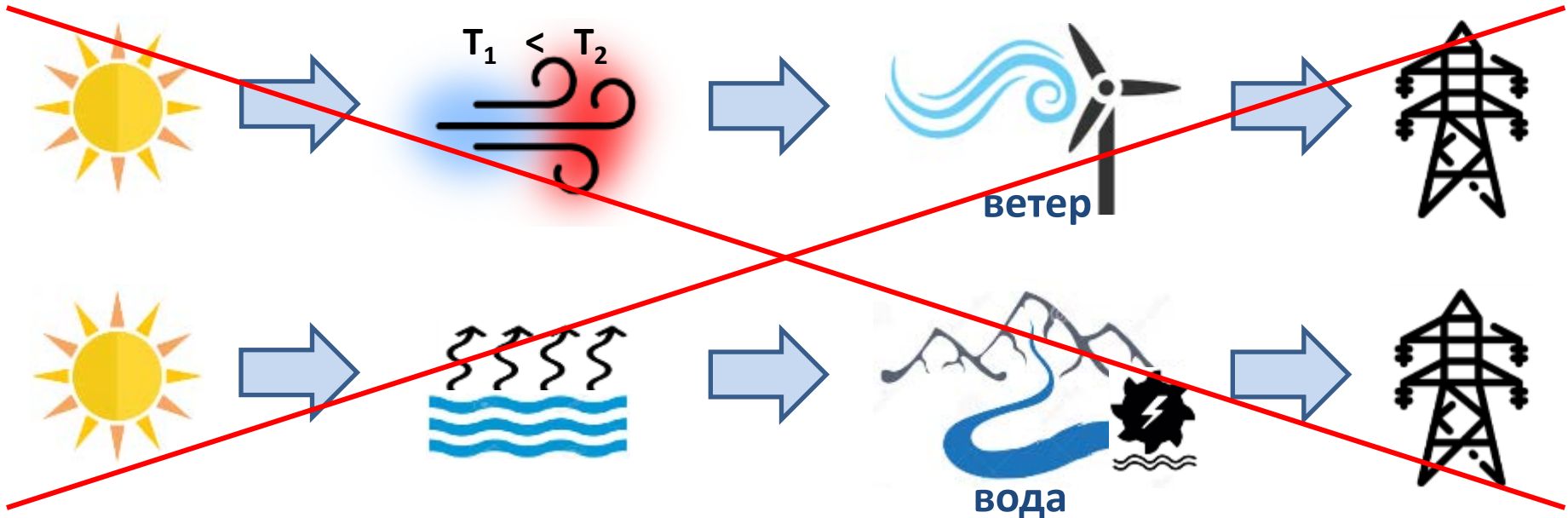




# Солнечные элементы – прямой способ преобразовать энергию солнца в электричество



Солнце – «бесконечный» источник энергии

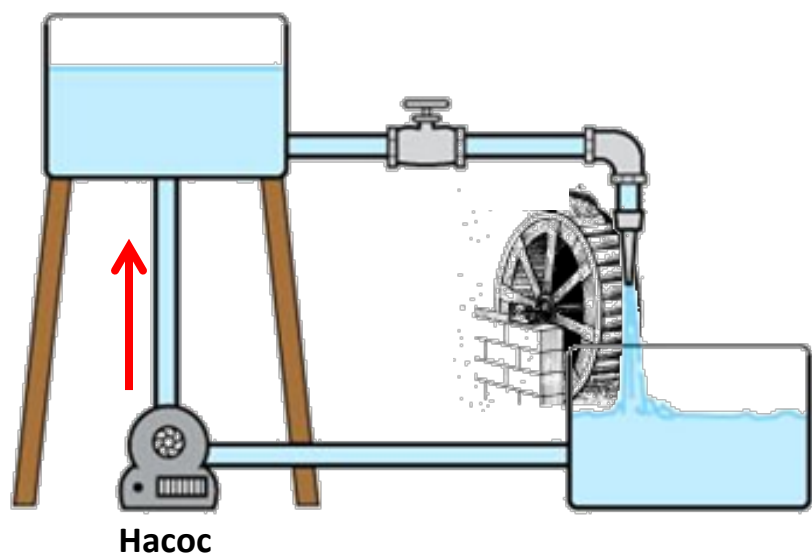




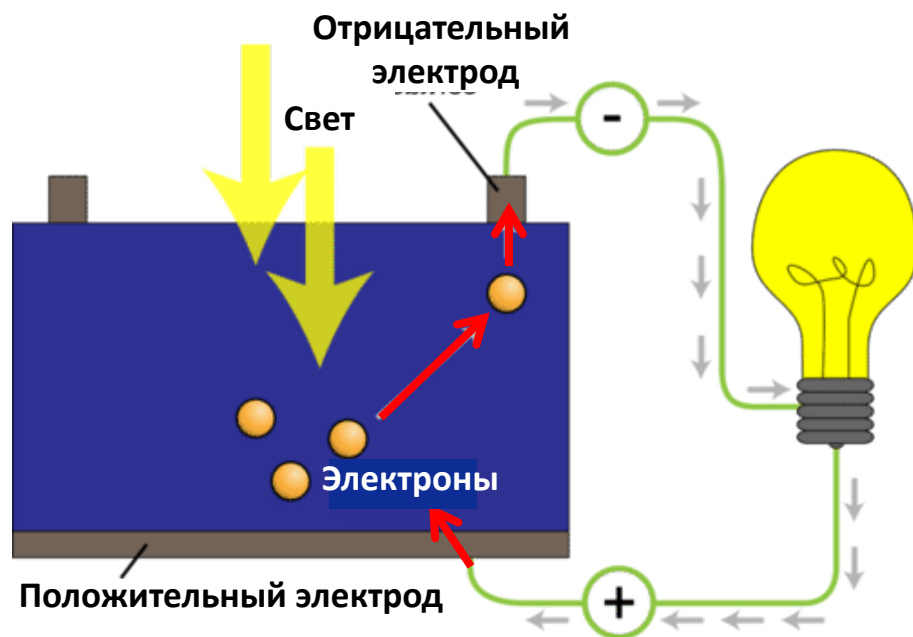
# Солнечный элемент работает подобно водяному насосу: энергия солнечного света передаётся электронам



### Водяной насос



### Солнечный элемент







# Свет – это электромагнитное излучение



- **Фотон** – минимальная «порция» света
- Разные фотоны обладают разной энергией
- Энергия фотона связана с частотой излучения и длиной волны

$$E = h\nu$$

$E$  [Дж] – энергия

$h$  [Дж·м] – постоянная Планка

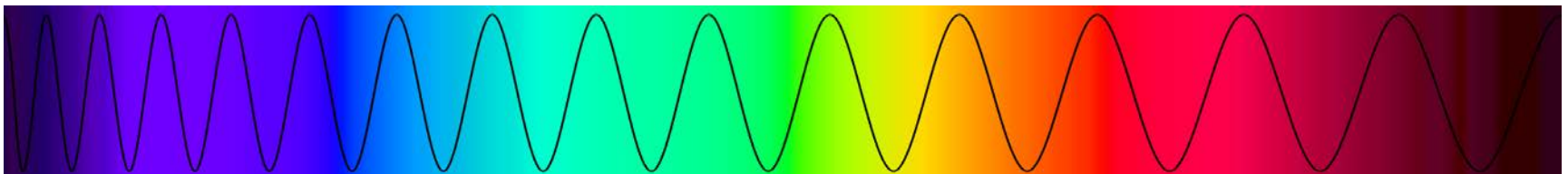
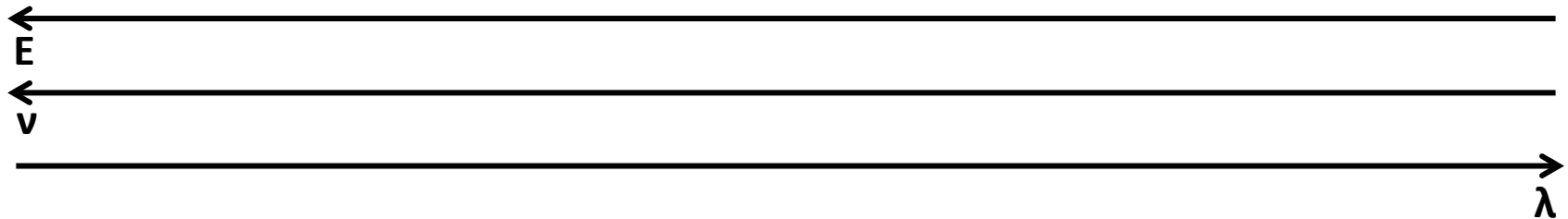
$\nu$  [м] – частота

$$\lambda = c/\nu$$

$c$  [м/сек] – скорость света

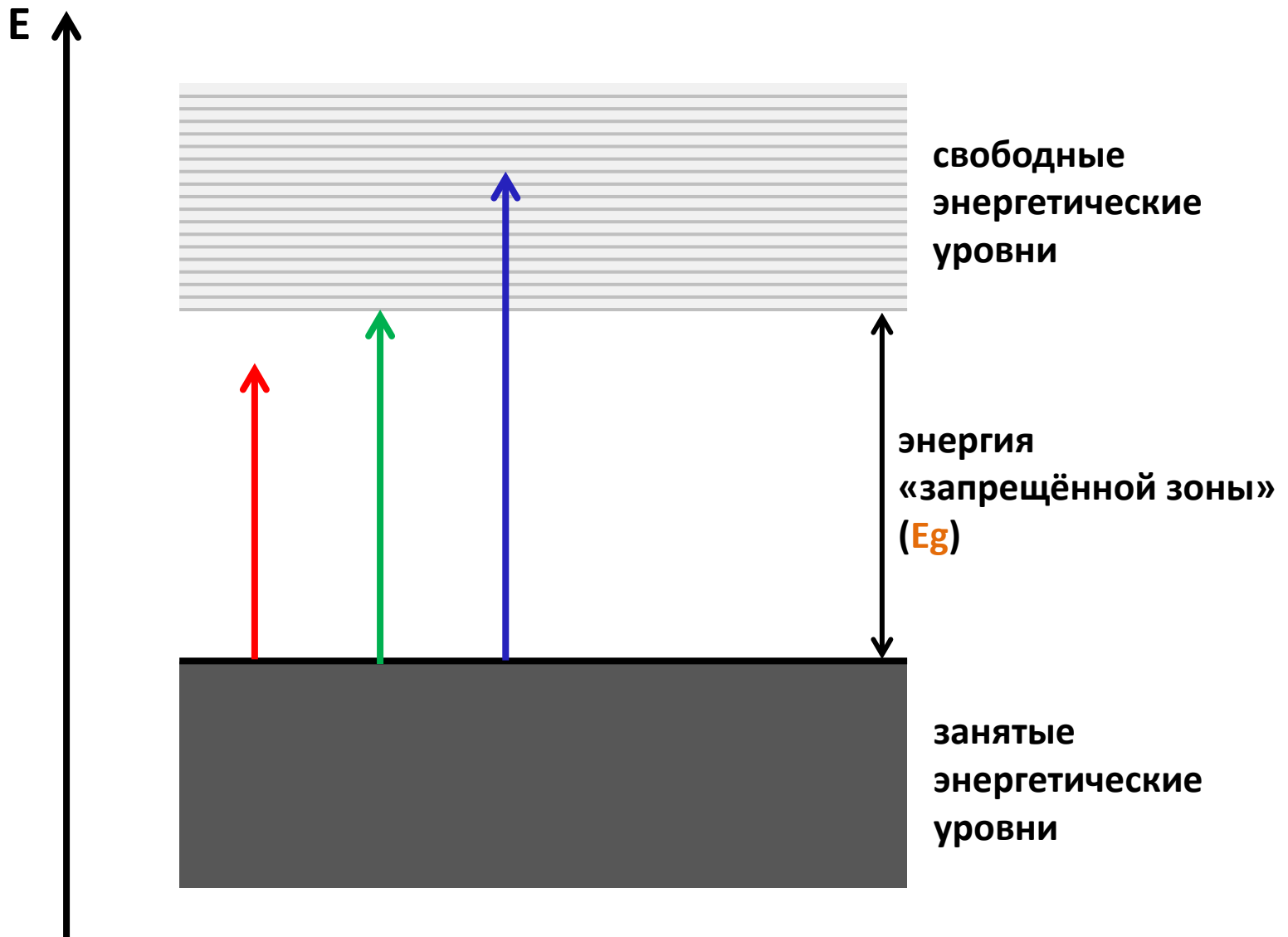
$\lambda$  [м] – длина волны

$\nu$  [1/сек] – частота



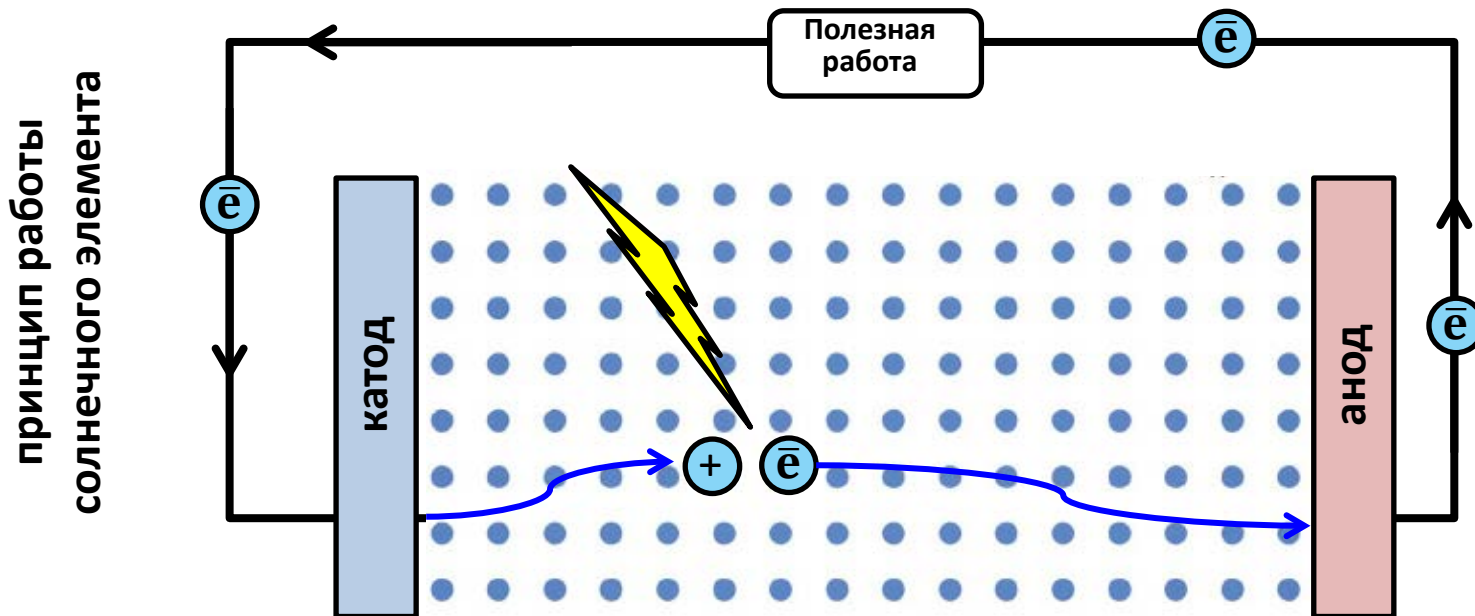


Полупроводниковый материал поглощает фотоны, энергия которых больше значения  $E_g$





# Как в материале возникает электрический ток под действием света?







# Какие свойства материалов наиболее важны для применения в солнечных элементах?



Материал		Коэффициент поглощения	Электропроводность	Можно использовать в солнечном элементе?
Si		$10^4$	0.02	
GaAs, InP, InAs		$>10^4$	0.03	
$I_2$		$\approx 10^4$	0.0004	
CdSe, CdTe, PbS		$10^5$	0.008-0.01	
$CH_3NH_3PbI_3$		до $10^5$	до 0.03	



# Какие свойства материалов наиболее важны для применения в солнечных элементах?



Материал		Коэффициент поглощения	Электропроводность	Можно использовать в солнечном элементе?
Si		$10^4$	0.02	✓
GaAs, InP, InAs		$>10^4$	0.03	✓
I <sub>2</sub>		$\approx 10^4$	0.0004	✗
CdSe, CdTe, PbS		$10^5$	0.008-0.01	?
CH <sub>3</sub> NH <sub>3</sub> PbI <sub>3</sub>		до $10^5$	до 0.03	✓



# На основе различных полупроводников создают солнечные элементы разных типов



Si



Кремниевые

КПД = 14-20%

GaAs,  
InP



Гетеропереходные

КПД > 25%

CdSe,  
CdTe



На основе квантовых точек

КПД ≈ 12 %

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$



Перовскитные

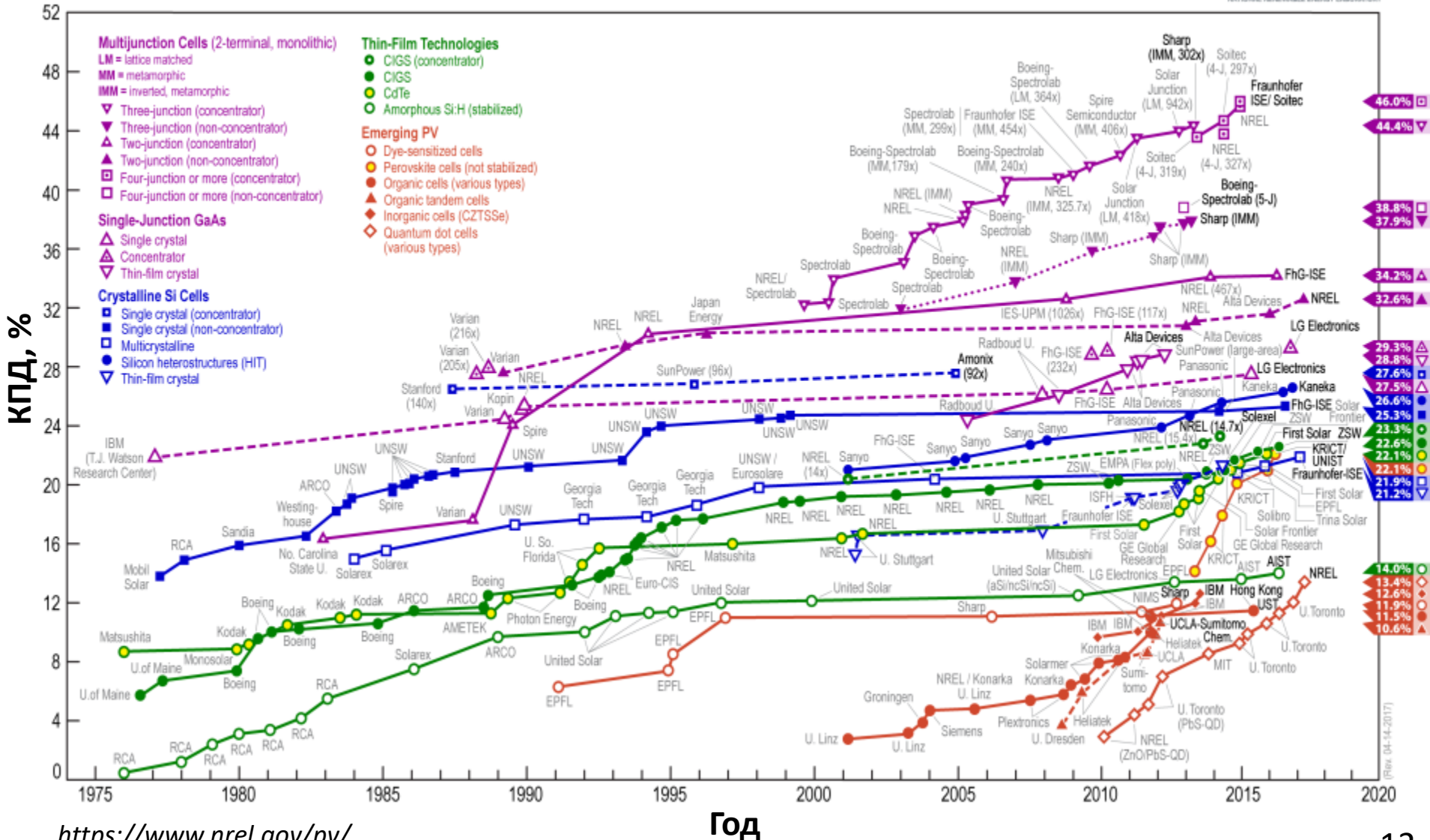
КПД ≈ 20 %



# С каждым годом появляются и совершенствуются всё новые типы солнечных элементов

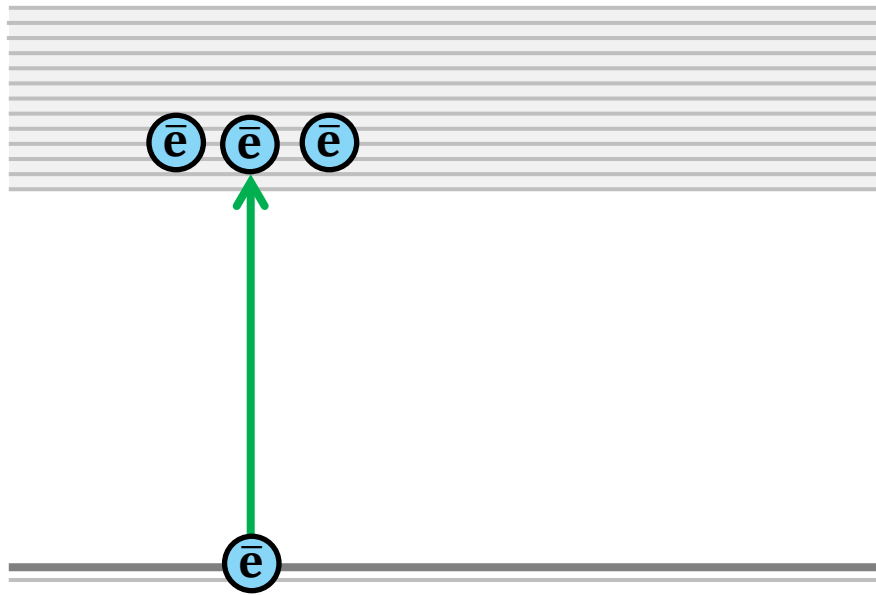


## Best Research-Cell Efficiencies



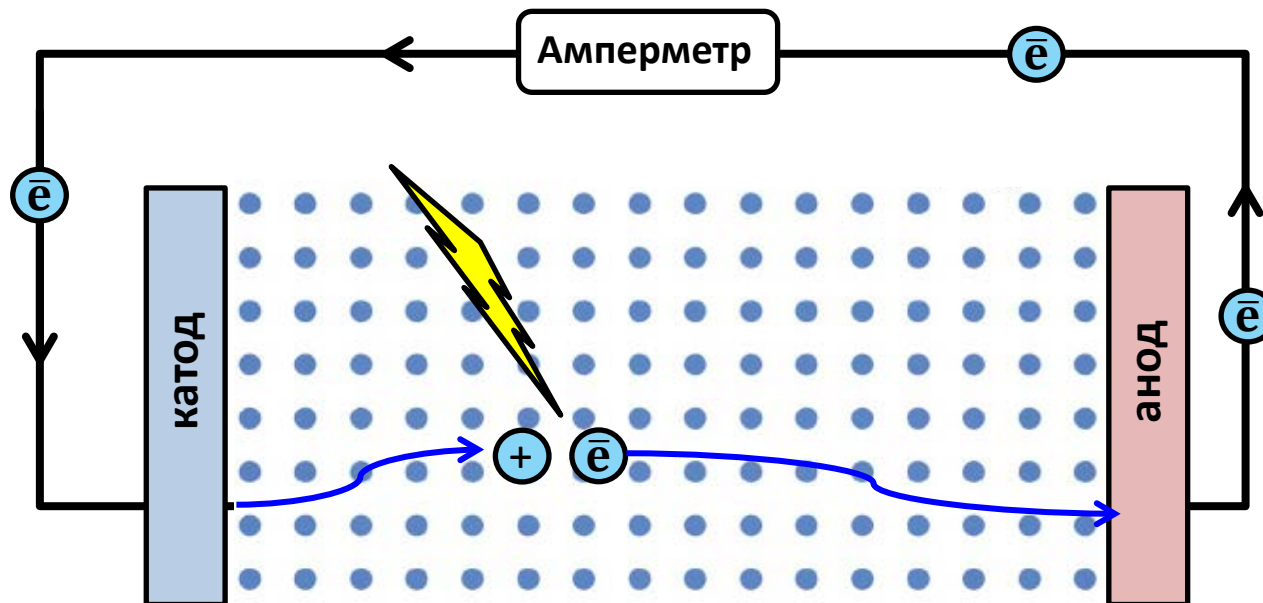


# Как изменится ток в цепи, если в материале будет возникать больше электронов?



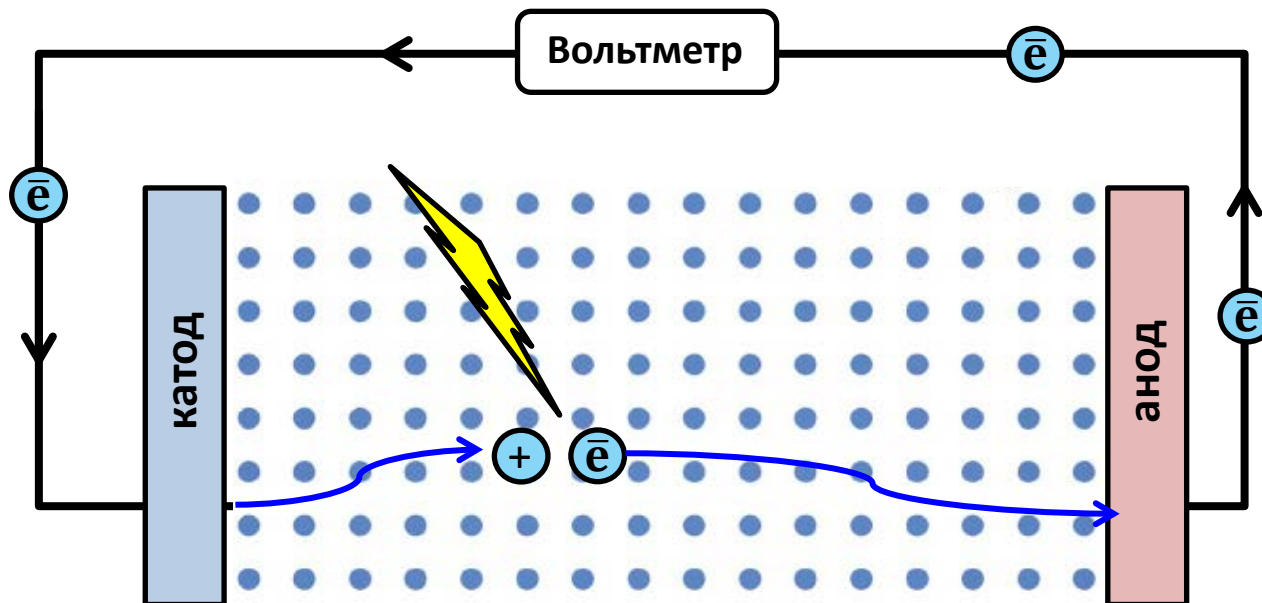
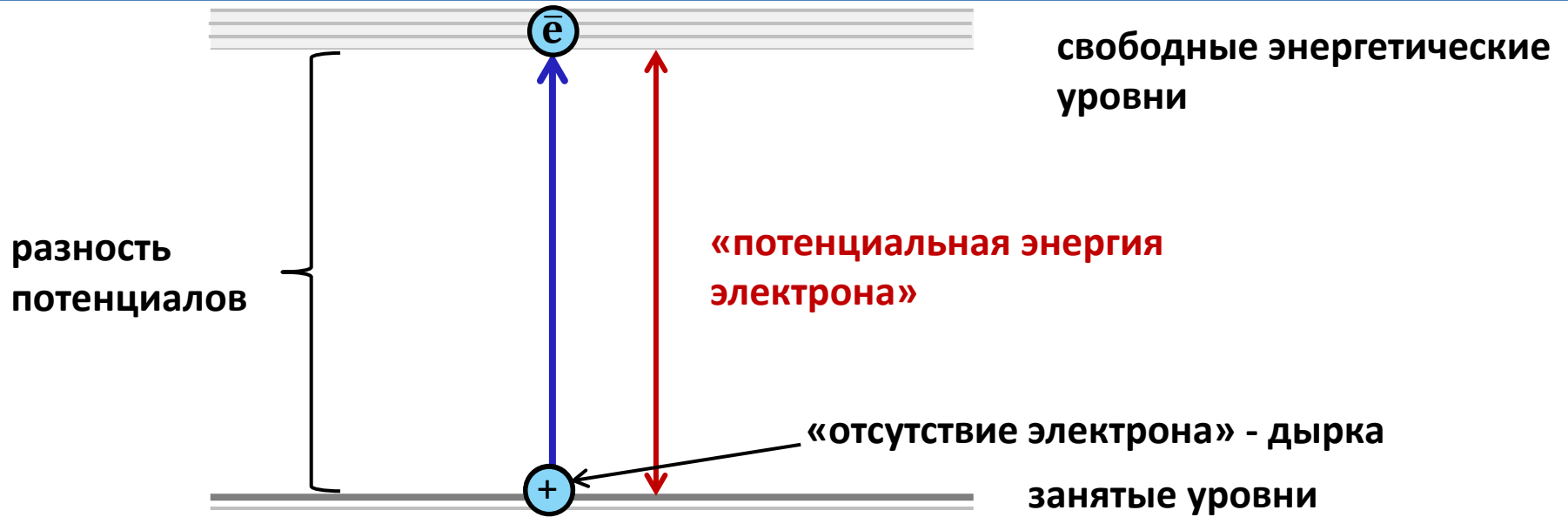
свободные энергетические уровни

занятые уровни





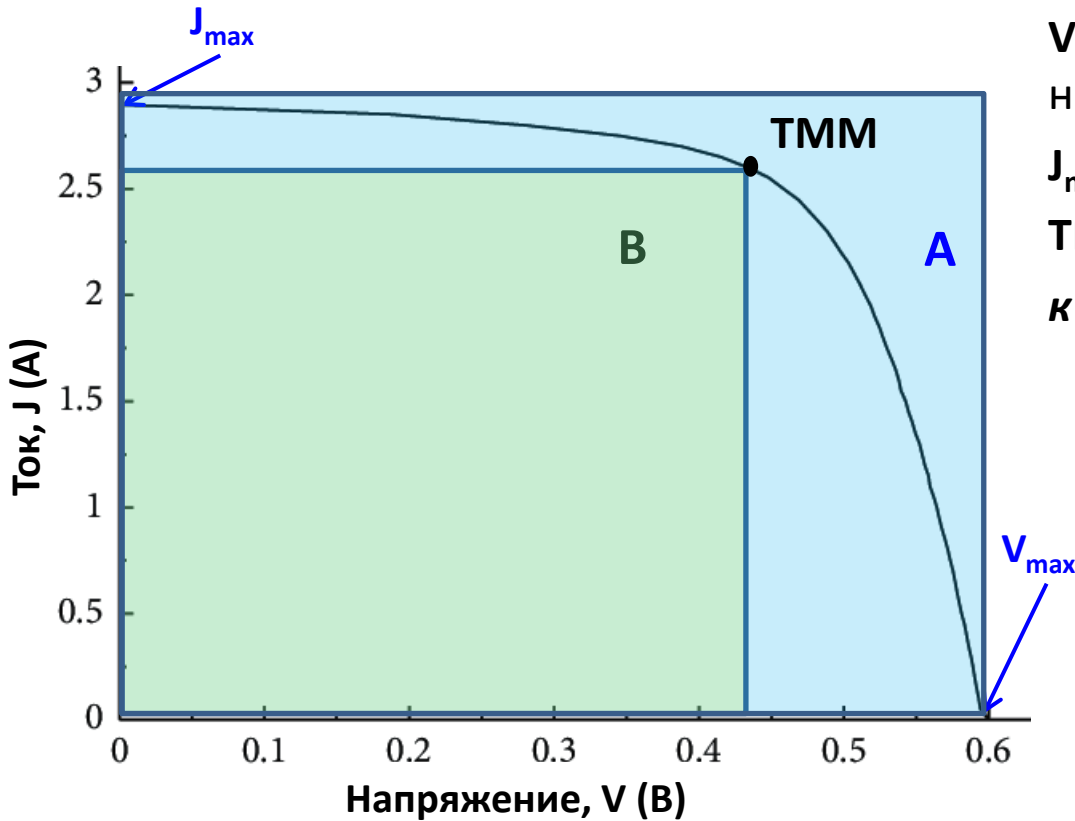
# Как изменится напряжение, если электроны будут обладать большей энергией?







# Какие факторы определяют КПД солнечного элемента?



- $V_{\max}$  – разность потенциалов / напряжение солнечного элемента
- $J_{\max}$  – ток солнечного элемента
- TMM** – точка максимальной мощности
- $\kappa$  – коэффициент заполнения



$$\kappa = \frac{I_{mp} * V_{mp}}{I_{sc} * V_{oc}} = \frac{S_A}{S_B}$$

$$\text{КПД} = \frac{P_{mp}}{P_{sun}} * 100\% = \kappa * V_{\max} * J_{\max}$$