



**III КОНГРЕСС  
МОЛОДЫХ  
УЧЕНЫХ**



МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



Совет при Президенте Российской Федерации  
по науке и образованию  
Координационный совет по делам молодежи  
в научной и образовательной сферах

 **РОСКОНГРЕСС**  
Время действовать

Оператор проведения  
Десятилетия науки и технологий

 национальные  
**ПРИОРИТЕТЫ**

# ПРИРОДОПОДОБНЫЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Р.Г. Василев**

д.б.н., профессор

**НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Сириус, 2023



## III КОНГРЕСС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



Совет при Президенте Российской Федерации  
по науке и образованию  
Координационный совет по делам молодежи  
в научной и образовательной сферах

 РОСКОНГРЕСС  
Время действовать

Оператор проведения  
Десятилетия науки и технологий

 национальные  
ПРИОРИТЕТЫ

- **Энергетический сегмент техносферы** – основа техногенной цивилизации и главный деструктивный фактор по отношению к биосфере. Именно с реформирования энергетики на основе природоподобных технологий в направлении «зеленой», низкоуглеродной энергетики должна осуществляться трансформация техносферы в биосферосовместимую (природоподобную).
- **Природоподобные биоэнергетические технологии** – использование живых организмов, их компонентов и принципов функционирования для производства энергии и топлива.



# III КОНГРЕСС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



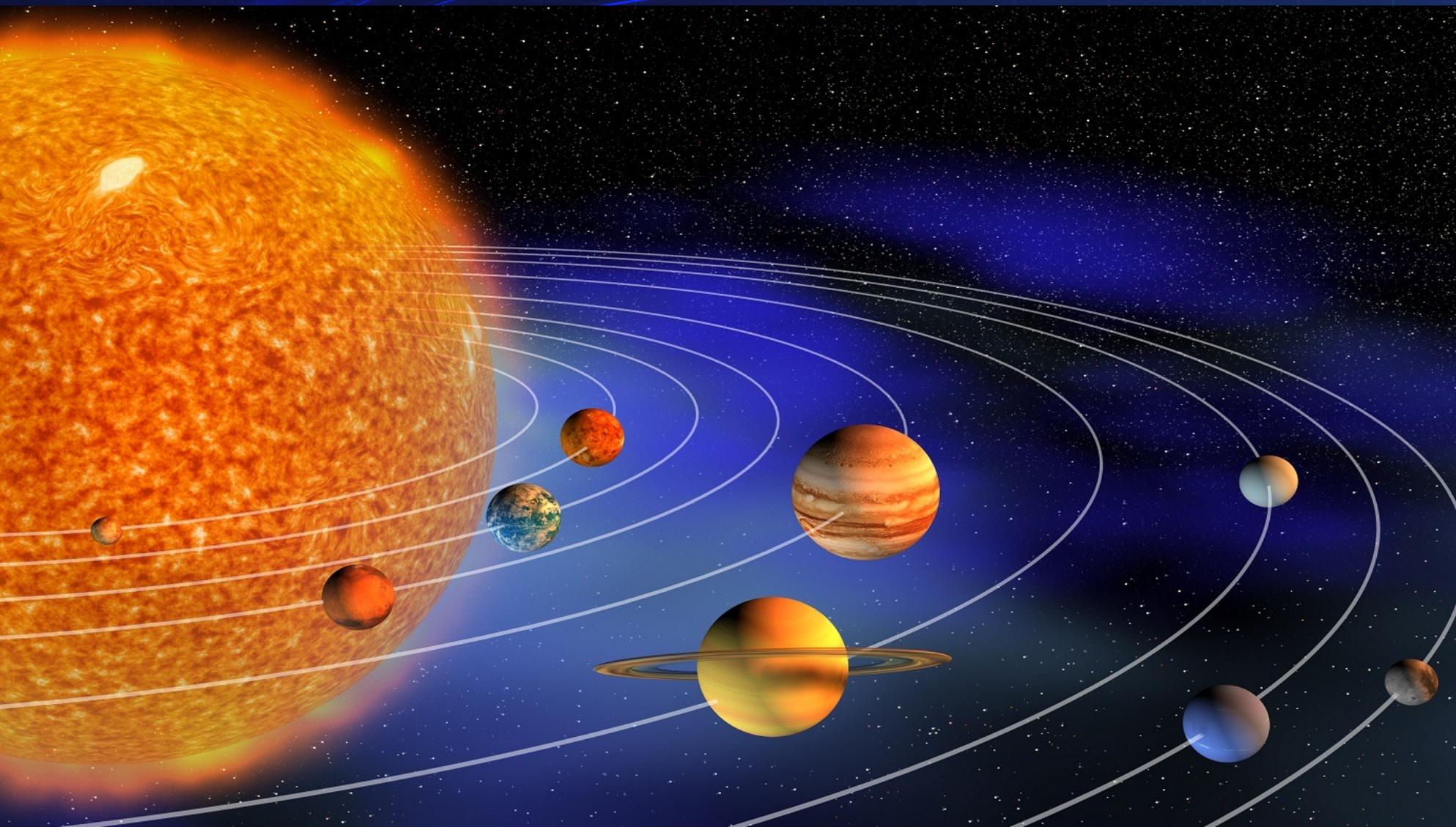
Совет при Президенте Российской Федерации  
по науке и образованию

Координационный совет по делам молодежи  
в научной и образовательной сферах

РОСКОНГРЕСС  
Время действовать

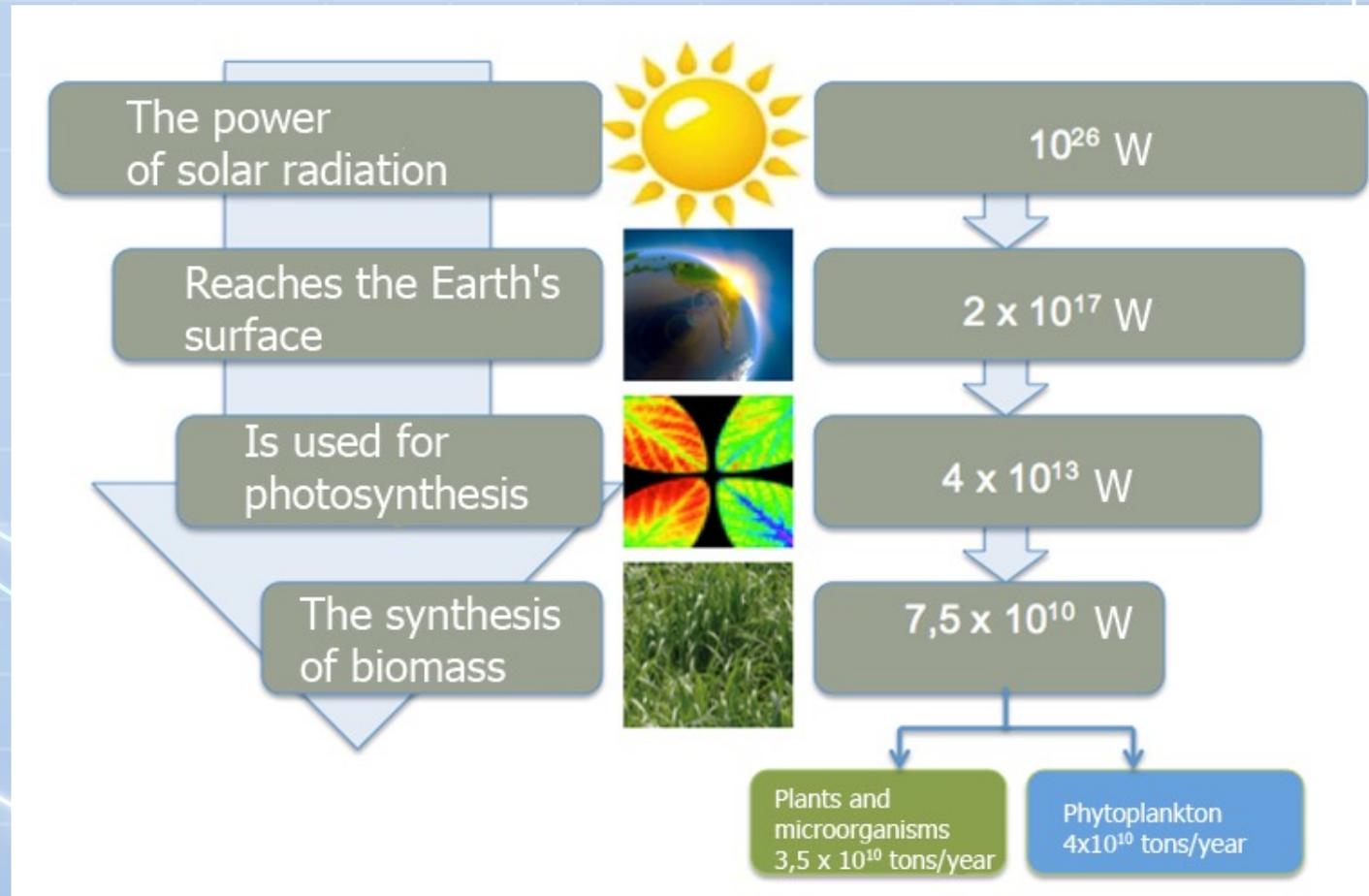
Оператор проведения  
Десятилетия науки и технологий

национальные  
ПРИОРИТЕТЫ



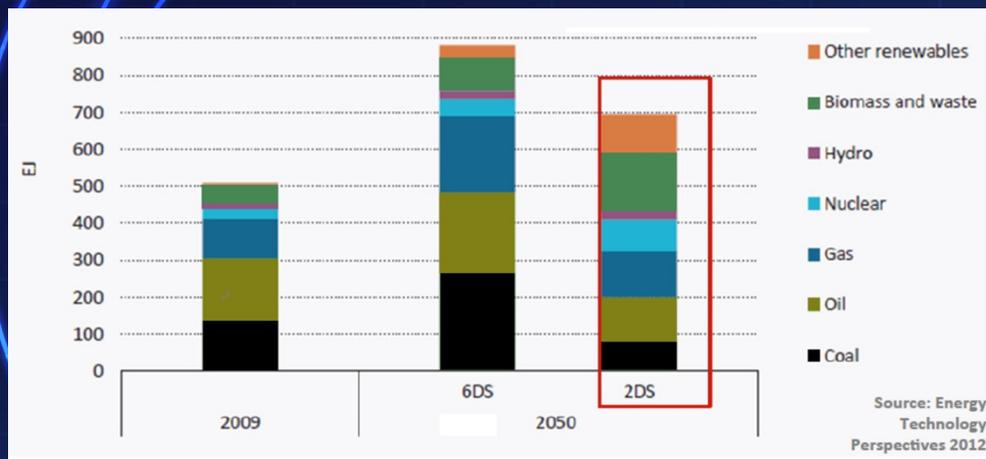
*Основной приток энергии на планету Земля идет от звезды Солнце, по большей части, - в виде электромагнитного излучения (ЭМИ).*

## СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ



## ВОЗРАСТАЮЩАЯ РОЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ

Различные источники топлива в общем объеме генерации первичной энергии



По прогнозам IEA, в 2050 г.  
27% транспортного сектора будет работать на биотопливе



- При реализации сценария  $< 2^{\circ}\text{C}$  доля биоэнергетики в общем объеме генерации первичной энергии составит 24% к 2050 г.
- Основные источники биомассы для энергетики: органические отходы, фототрофные микроорганизмы, клетки-фабрики
- Биоэнергетика и биосеквестрация углекислого газа – ключевые направления низкоуглеродной энергетики

# БИОРЕФАЙНИНГ: СЫРЬЁ – ТЕХНОЛОГИИ – ПРОДУКТЫ



# СОЛНЕЧНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И СОЛНЕЧНЫЙ ВОДОРОД

Существуют 2 способа использования солнечной энергии:

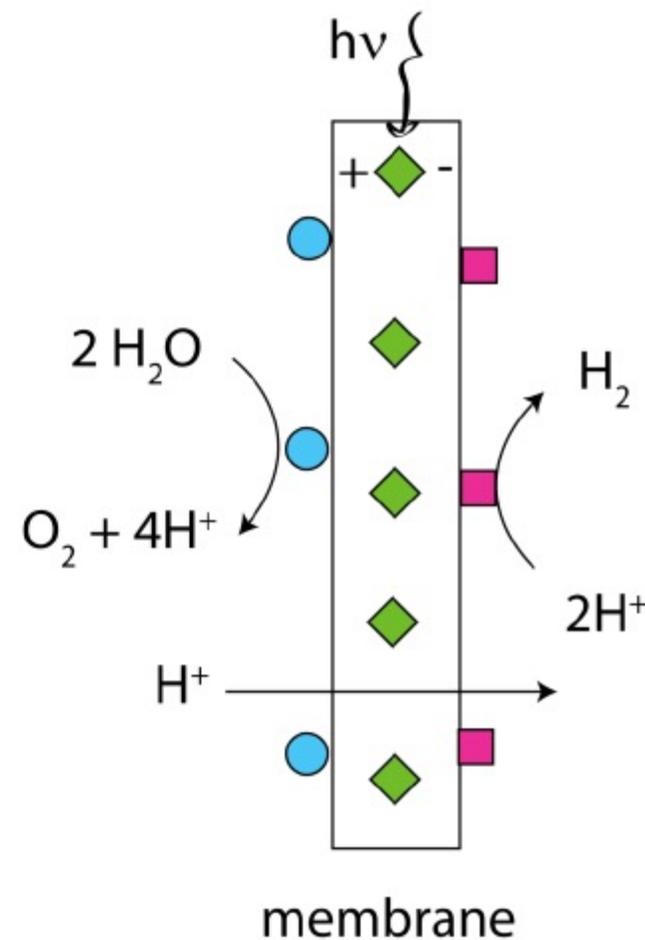
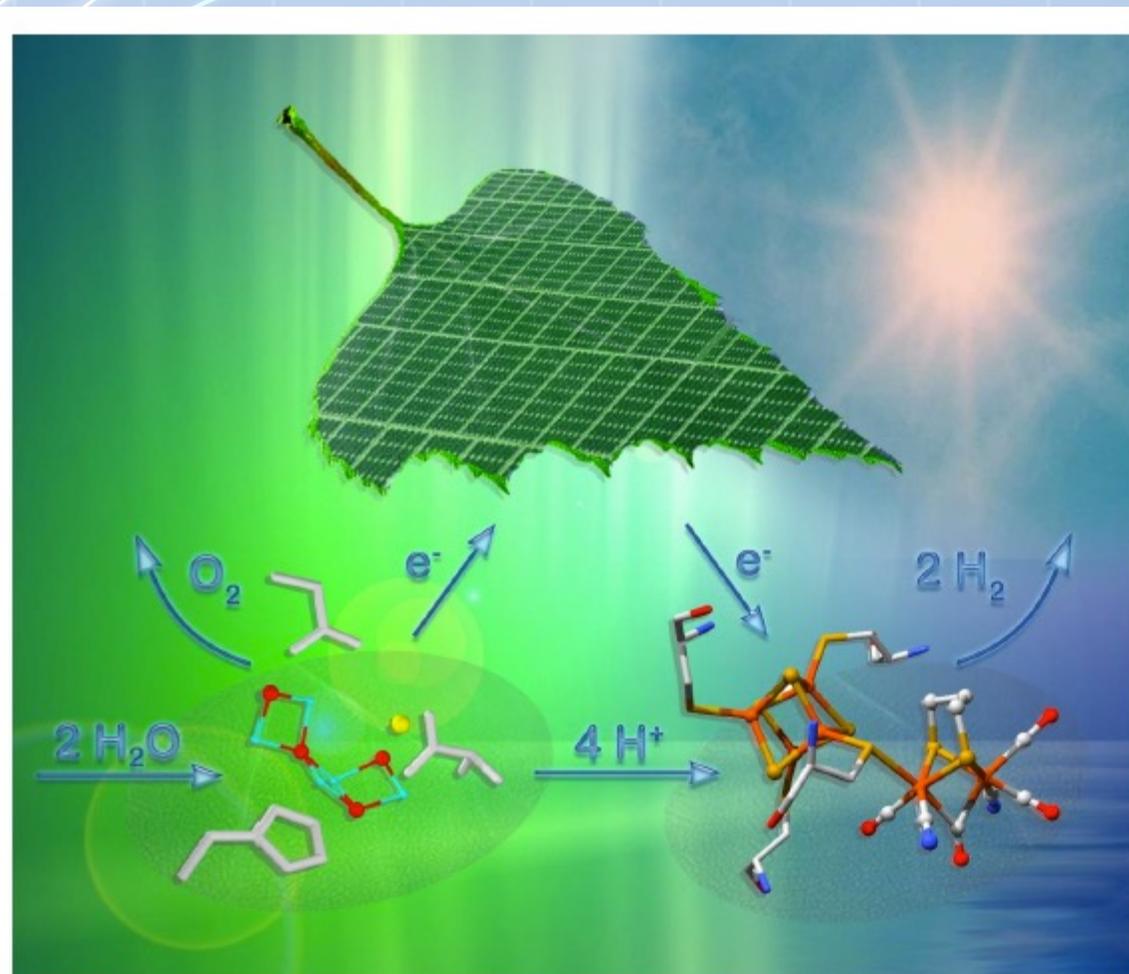
(1) Прямая конверсия солнечной энергии  
в электрическую.



(2) Использование солнечной энергии  
для выделения молекулярного  
фотоводорода из воды.



# ИСКУССТВЕННЫЙ ФОТОСИНТЕЗ – ИСКУССТВЕННЫЙ ЛИСТ



# БИОЭКОПОСЕЛЕНИЕ – МОДЕЛЬ ЖИЗНЕУСТРОЙСТВА НА ПРИНЦИПАХ СОЦИОБИОТЕХНОСФЕРНОГО РАЗВИТИЯ

Биоэкопоселение – поселение малого масштаба, в значительной мере обеспечивающее себя продовольствием, электро- и теплоэнергией и утилизирующее свои отходы с применением природоподобных технологий

1). Самообеспечение базовыми ресурсами (тепло, электроэнергия, продукты питания), прежде всего за счет биотехнологических производств

2). Акцент на экологичность создаваемых биотехнологических производств и минимизацию отходов деятельности биоэкополиса

3). Небольшие размеры: численность населения 400 – 1000 человек

## Гармония трех составляющих



# ОСНОВНЫЕ БЛОКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТА «БИОЭКОПОСЕЛЕНИЕ»

## ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРИРОДОПОДОБНЫЕ

Автономное энергообеспечение на основе местных ресурсов (электричество, тепло, моторное топливо)

Обеспечение продуктами питания локального производства

Переработка отходов (жизне)деятельности

Новые виды транспортных коммуникаций и связи

## СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ

Социальные услуги (медицина, образование)

Социоэкономические технологии (преобразующие инвестиции, блокчейн и др.)

Социокультурные технологии. Формирование социума и работа с молодежью



# ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВЕ ФИТОТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Фитотрон** – это высокоэффективная замкнутая система с контролируруемыми климатическими параметрами, использующая возобновляемые источники энергии, для выращивания сельскохозяйственных и технических культур

## → Преимущества фитотронных технологий:

- Независимость от климатических условий;
- Получение нескольких урожаев в год;
- Минимизация потерь в урожайности от вредителей;
- Низкие трудозатраты;
- Высокая степень автоматизации;
- Низкий расход воды за счет рециркуляции;
- Отсутствие затрат на удобрения, инсектициды и гербициды.

## → Фитотрон решает следующие задачи:

- накопление возобновляемой энергии в виде биомассы;
- обеспечение продуктами питания населения;
- обеспечение кормами животных;
- создание искусственной экосистемы замкнутого типа для поддержания бесперебойного функционирования системы жизнеобеспечения



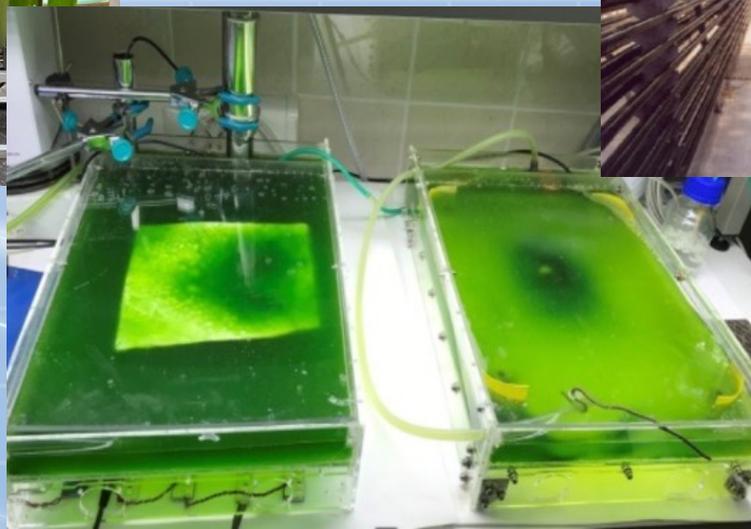
# ФОТОБИОРЕАКТОРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ ФОТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ



Плоские  
горизонтальные  
фотобиореакторы  
с добавлением  
светоотражающего  
материала



**Вертикальный фотобиореактор** с освещением снаружи и внутри слоя культивирования. Освещение внутри слоя обеспечивается за счет оптоволоконного бокового свечения, что позволяет достичь больших концентраций биомассы по сравнению с другими вариантами



**Промышленные фотобиореакторы** позволяют создавать целые микроводорослевые фермы для выращивания биомассы в больших объемах

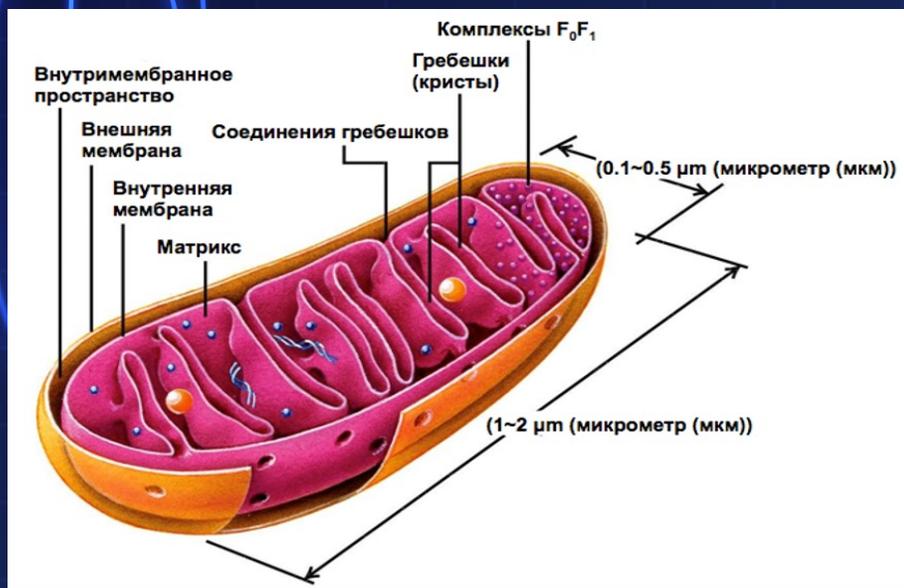


## ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

- ✦ Перенос энергии в энерготрансформирующих мембранах митохондрий, хлоропластов и бактерий осуществляется **бездиссипативно**
- ✦ КПД энергетических молекулярных машин клеток близок к 100%
- ✦ Важная роль **сверхслабых биологических полей и излучений**

# МИТОХОНДРИЯ – ЦЕНТРАЛЬНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ЗВЕНО КЛЕТКИ

→ Главная функция митохондрий – синтез АТФ, т. е. преобразование энергии в форму, пригодную для обеспечения большинства функций организма

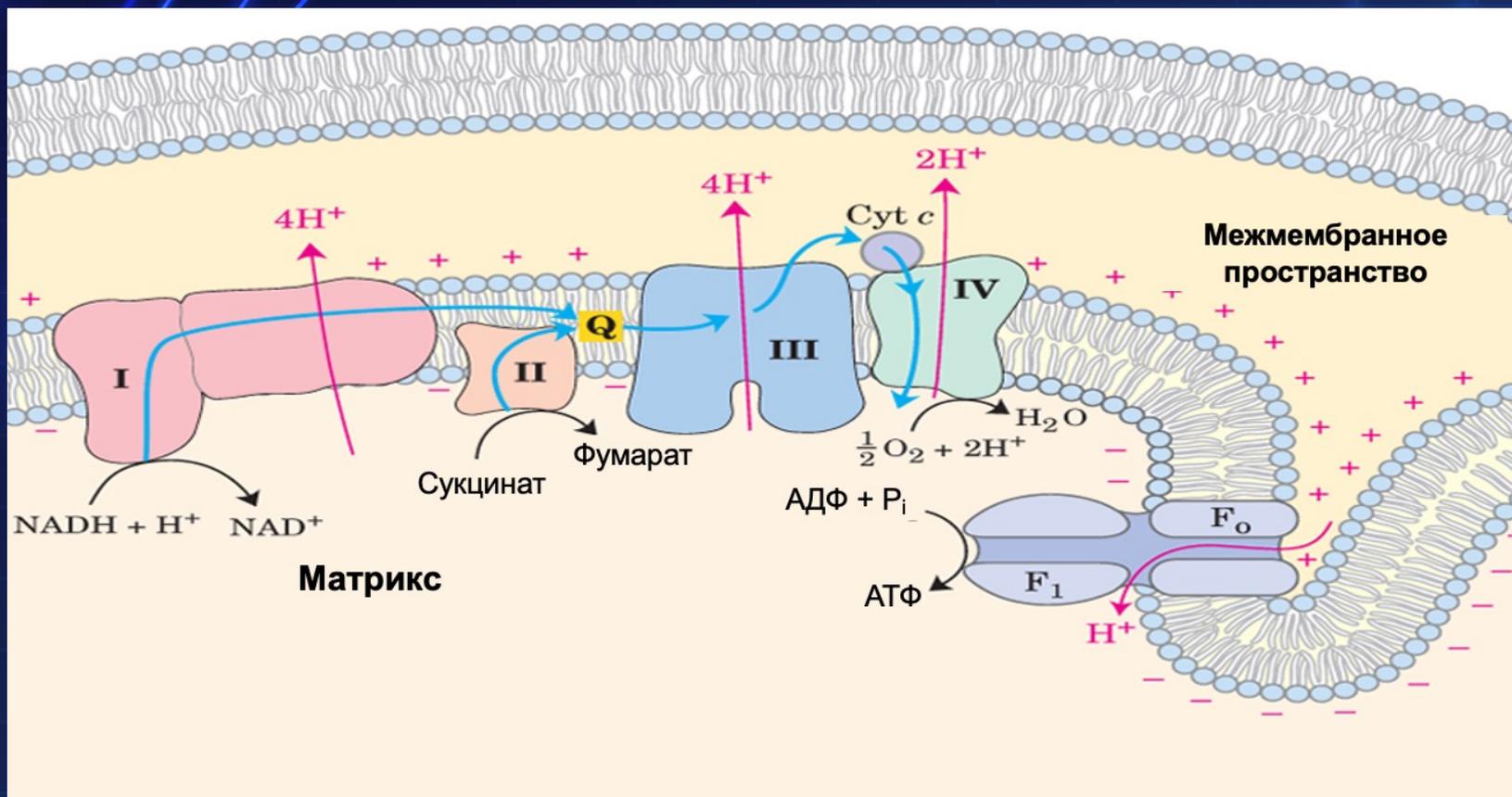


СТРУКТУРА МИТОХОНДРИИ

→ Митохондрии выполняют также следующие функции:

- Поддержание ионного гомеостаза клетки;
- Метаболизм жирных кислот и аминокислот;
- Собственная транскрипция и трансляция;
- Программируемая гибель клеток (апоптоз);
- Индукция воспаления

# ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ – ПРОЦЕСС СИНТЕЗА АТФ ЗА СЧЕТ ЭНЕРГИИ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



1. Бездиссипативный перенос энергии по электронтранспортной цепи (комплексы I-IV)
2. КПД молекулярной машины АТФ-синтазы составляет ~100%.
3. Основные параметры машины: скорость вращения ~100 Hz, мощность ~20 pN-nm

# ЭНЕРГИЯ, ВЫСВОБОЖДАЕМАЯ ПРИ ПЕРЕНОСЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ДЫХАТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ, ПРОМЕЖУТОЧНО ЗАПАСАЕТСЯ В ВИДЕ ПРОТОННОГО ГРАДИЕНТА

$[H^+]_P \ll \gg = C_2$        $[H^+]_N \ll \rightarrow = C_1$

«Протонный насос»

$$\Delta G = RT \ln (C_2/C_1) + Z F \Delta \psi$$

$$= 2,3RT \Delta pH + F \Delta \psi$$

→ В двух компартментах митохондриального пространства, отделенных друг от друга внутренней мембраной, за счет энергии переноса электронов создается разность концентрации протонов и зарядов, то есть возникает **градиент рН ( $\Delta pH$ )** и **мембранный потенциал ( $\Delta \psi$ )**.

- Результирующий эффект – **протон-движущая сила ( $\Delta G$ )** - рассчитывается по формуле.
- Роль протонных помп в митохондриях выполняют **I, III и IV комплексы**.

# ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (БТЭ)

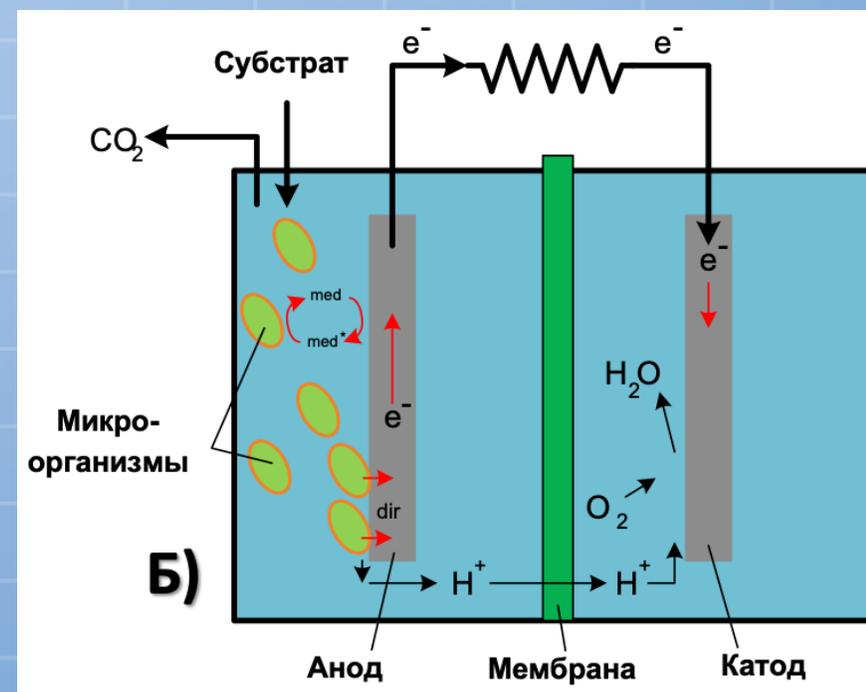
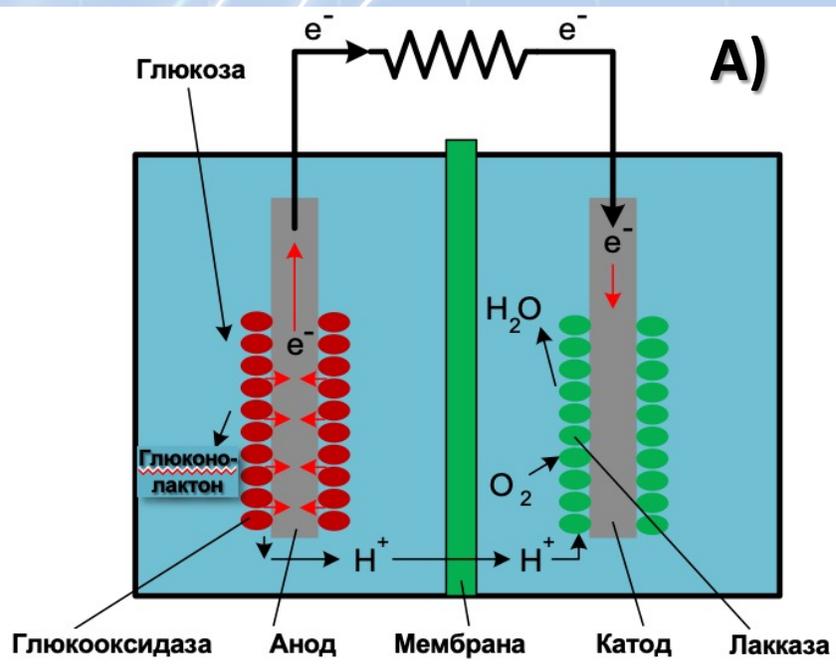
## Схемы работы биотопливного элемента (БТЭ)

А) с ферментами

Б) с клетками микроорганизмов  
в качестве катализатора

■ В роли субстрата  
выступает **ГЛЮКОЗА**.

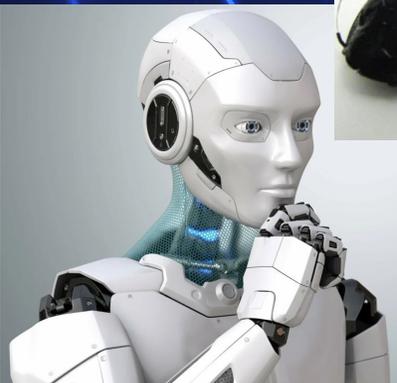
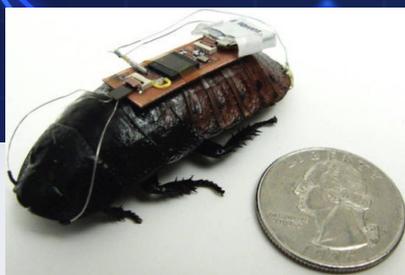
■ Генерация энергии за  
счет окисления глюкозы  
на топливных элементах  
получила название —  
**ГЛЮКОНИКА**.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

- «Управляемые» насекомые и распределенные сенсоры - перспективное направление в **военной разведке**.
- Пиковая мощность устройств, используемых в днных системах: **от 100 мкВт до 1 мВт**.
- Требуется **миниатюризация** устройств и **длительность функционирования**.

## БИОРОБОТЫ И РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СЕНСОРЫ



## ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ УСТРОЙСТВА

### ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

Пример:

→ Разработка устройств для **длительной имплантации** (до 3 лет) – для реабилитации страдающих такими состояниями, как:

- *Посттравматический стресс;*
- *Депрессия;*
- *Пограничные расстройства личности;*
- *Тревожные состояния;*
- *Фибромиалгия / хроническая боль*

## ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

## СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РОБОТОВ

- Важнейшая задача современной робототехники - **снижение энергопотребления** перспективными роботами.
- Решения - в области применения **универсальных источников энергии**, например, **природоподобных систем**, использующих биоресурсы в качестве топлива.

- Эффективная **микробиологическая конверсия** органических отходов с использованием **микробного биотопливного элемента (МБТЭ)**.

→ **Задачи:**

- **Подбор** максимально эффективного **сообщества микроорганизмов**
- **Масштабирование технологий** в промышленных условиях с созданием установок для переработки значительных объемов органических отходов



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Биоэнергетические природоподобные технологии являются важным направлением преобразования техносферы в биосферосовместимую, позволяют организовать автономное жизнеобеспечение на отдаленных и труднодоступных территориях на принципах углеродной нейтральности и безотходности, служат основой формирования устойчивого социобиотехносферного развития.
2. Циркулярная модель с интегрированными биотехнологиями и природоподобными технологиями значительно сокращает антропогенную нагрузку, обеспечивает экономический рост на принципах ресурсосбережения и представляет собой наиболее эффективный подход к хозяйственному освоению территорий.
3. Новые перспективные биоэнергетические технологии, основанные на принципах преобразования энергии в живых системах, позволят кардинально снизить энергоемкость техносферы и негативное воздействие на природные экосистемы.



# III КОНГРЕСС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



МИНОБРНАУКИ  
РОССИИ



Совет при Президенте Российской Федерации  
по науке и образованию  
Координационный совет по делам молодежи  
в научной и образовательной сферах

 РОСКОНГРЕСС  
Время действовать

Оператор проведения  
Десятилетия науки и технологий

 национальные  
ПРИОРИТЕТЫ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !**