



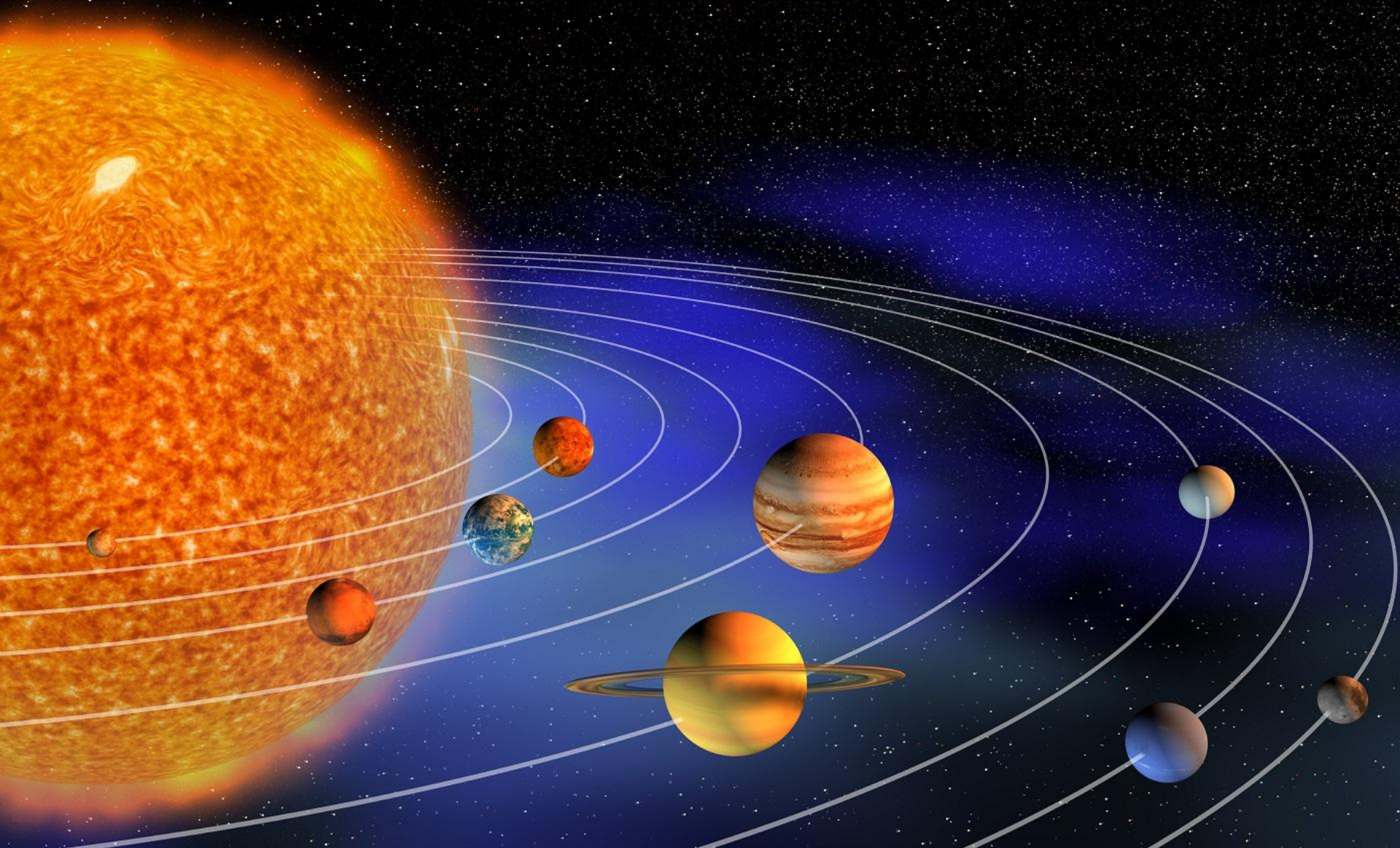
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ТЕХНОЛОГИИ БИОЭНЕРГЕТИКИ

ОТДЕЛЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ И БИОЭНЕРГЕТИКИ
НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



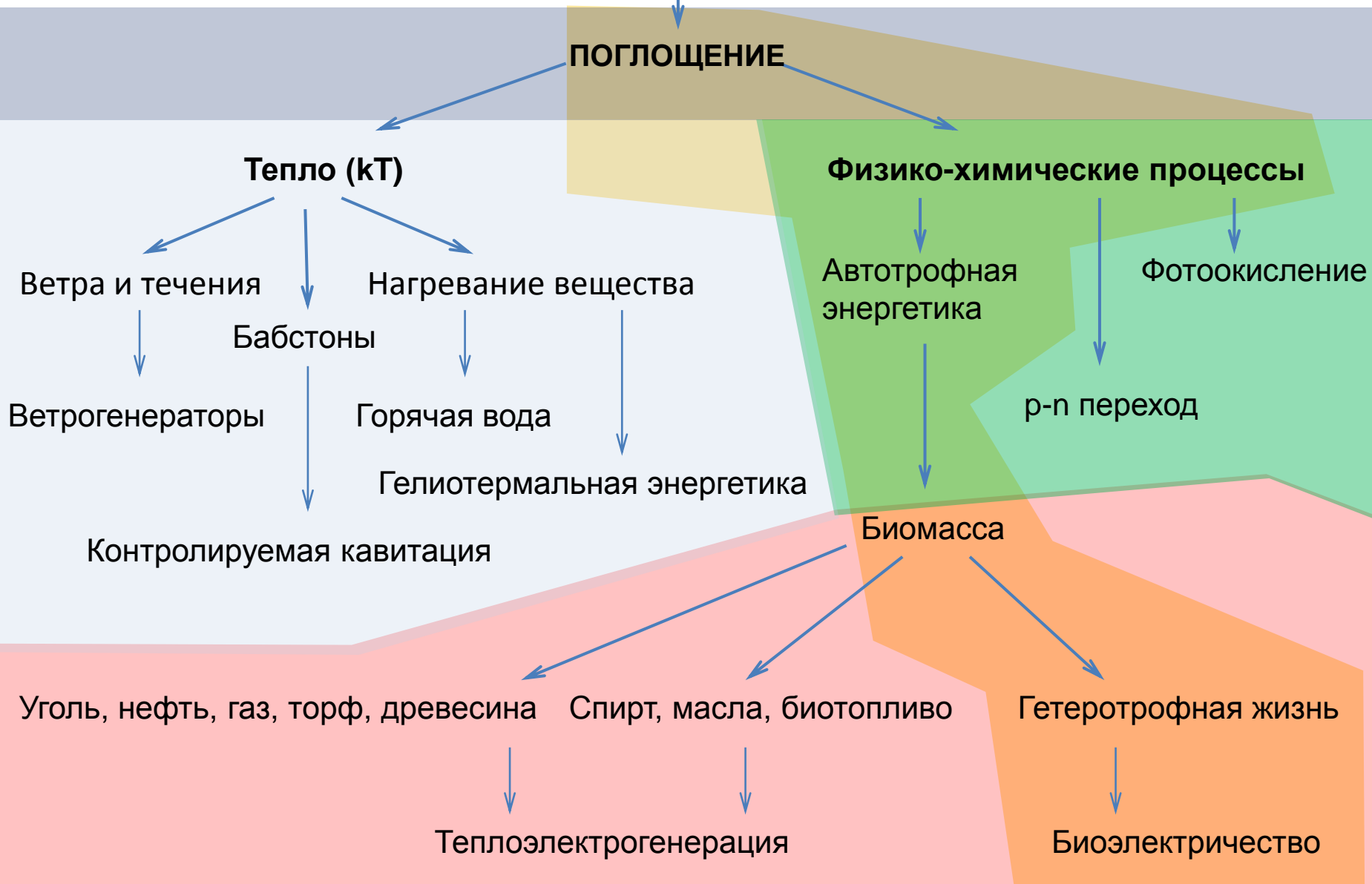
Москва, 2016



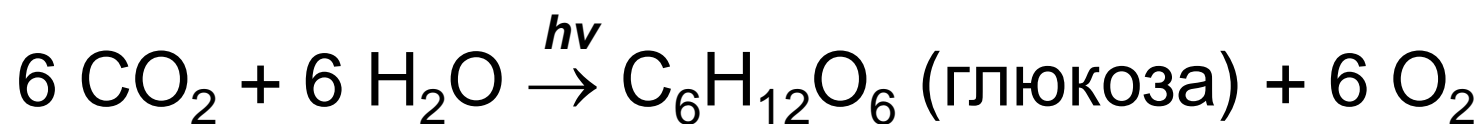
*Земля обменивается энергией с окружающей средой,
обмен веществом пренебрежимо мал.*

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

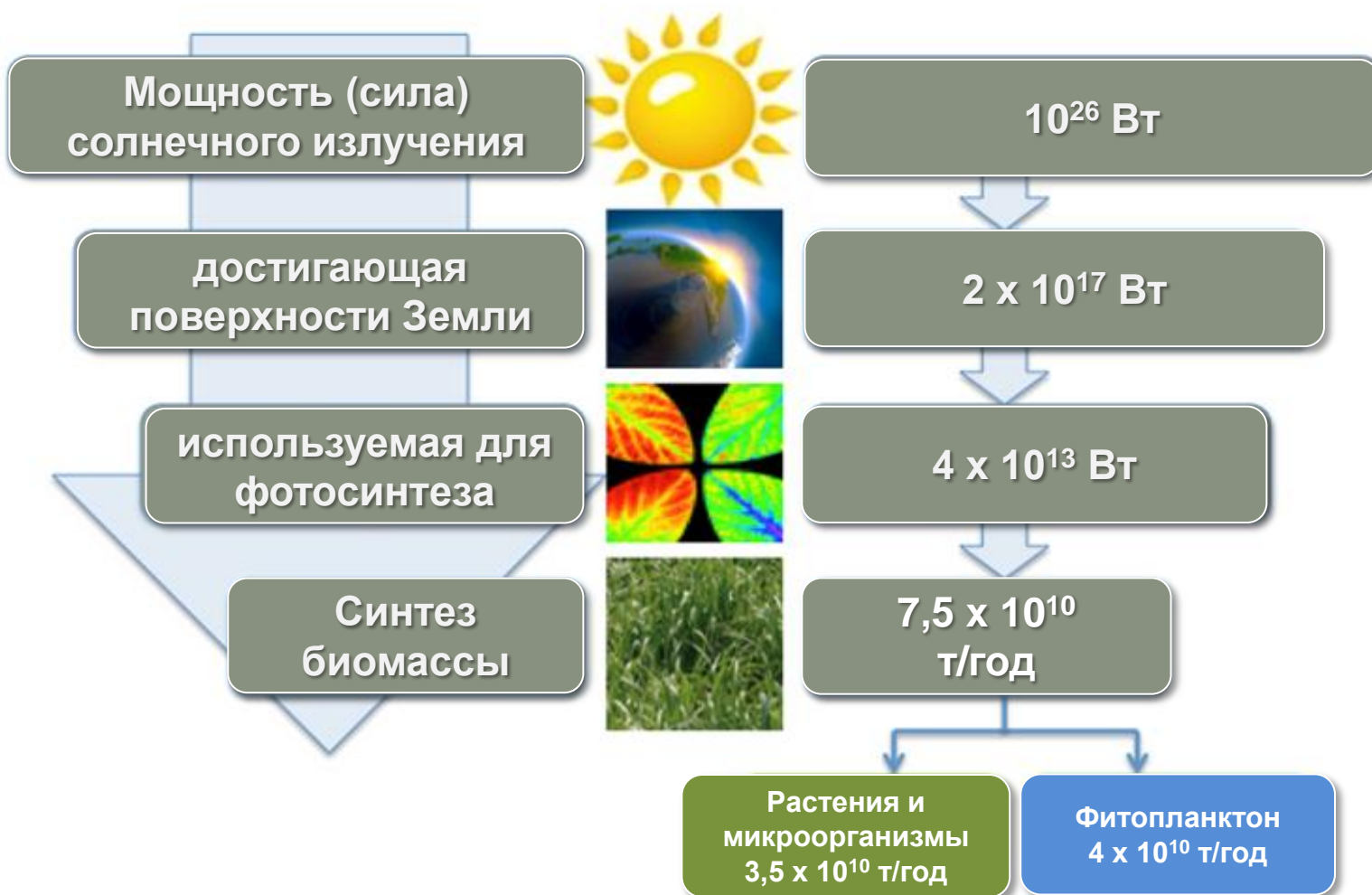
Солнечное излучение



ФОТОСИНТЕЗ – ОСНОВА ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ



$h\nu$ – энергия фотонов



БИОСФЕРА VS ТЕХНОСФЕРА

- Преобразование энергии в машинах, созданных человеком, идет с недостаточно высоким КПД, что приводит к образованию «бросового» тепла и негативным последствиям для экологии.
- Именно в этих аспектах наблюдается принципиальное отличие энергетики живых систем от искусственных..



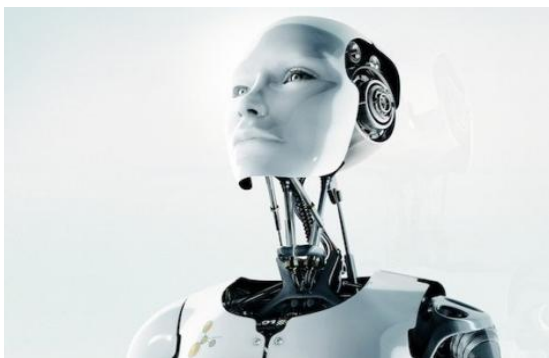
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

■ «Управляемые» насекомые и распределенные сенсоры - перспективное направление в военной разведке.

■ Пиковая мощность устройств, используемых в данных системах: от 100 мкВт до 1 мВт.

→ Требуется миниатюризация устройств и длительность функционирования.

БИОРОБОТЫ И
РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ
СЕНСОРЫ



ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ
МЕДИЦИНСКИЕ
УСТРОЙСТВА

Пример: Программа DARPA-ВАА-14-09.

→ 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

ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ
ЗА СЧЕТ
МЕТАБОЛИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ЖИВЫХ
ОРГАНИЗМАХ

ПЕРЕРАБОТКА
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
С ПОЛУЧЕНИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

СИСТЕМЫ
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ РОБОТОВ

■ 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

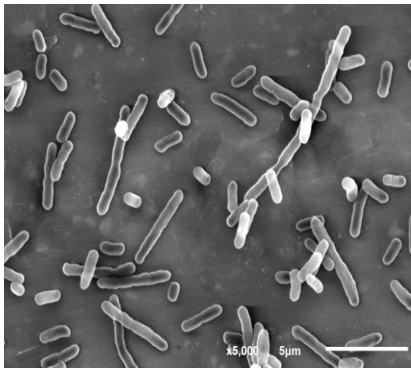
■ Важнейшая задача современной робототехники - **снижение энергопотребления** перспективными роботами.

→ Решение в области применения **универсальных источников энергии**, например, **природоподобных систем**, использующих биоресурсы в качестве топлива.

БИОТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (БТЭ), ИМПЛАНТИРОВАННЫЕ В ЖИВОТНЫХ



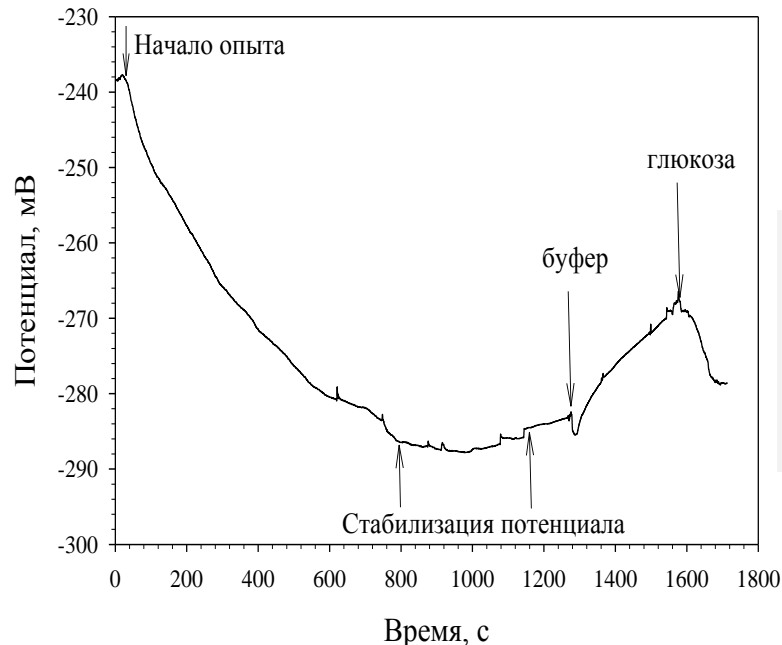
Квазибезмедиаторная система
– использованы
водонерастворимые
медиаторы метилферроцен,
диметилферроцен



Микрофотография
электрода с клетками
Glucanobacter oxydans

- Разработан БТЭ, который был сопряжен с живым организмом и показал способность генерировать электрическую энергию без добавления внешнего топлива. Для окисления использована собственная глюкоза организма животного.
- Графит использован в качестве электродного материала. Клетки *Glucanobacter oxydans* выступали в качестве биокатализаторов.
- В течение нескольких дней БТЭ демонстрировал стабильную выработку электроэнергии. **Мощность – до 50 мкВт; напряжение – 260-280 мВ**

- ➔ БТЭ электроды были имплантированы в травяную лягушку.
- ➔ Площадь поверхности анода и катода - 10 мм²



- Диаграмма генерации потенциала БТЭ, фиксированного в живом организме травяной лягушки.
- Оцененная величина концентрации глюкозы ~ 20 – 30 мМ.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОДИЗЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БИОМАССЫ

→ Разработана технология получения биодизеля с использованием рекомбинантных клеток дрожжей с иммобилизованными на клеточной стенке ферментами, что обеспечивает снижение производственных энергозатрат и капитальных издержек по сравнению с другими подходами. Технология позволяет получать биодизель из различных видов масел, включая липиды фототрофных микроорганизмов.

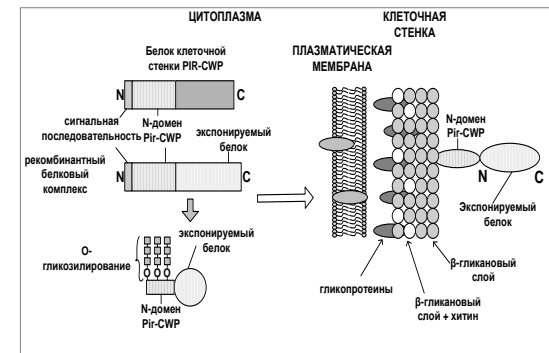


Схема получения рекомбинантного белкового комплекса и его экспозиция на поверхности клеточной стенки

→ Разработана технология высокопродуктивного культивирования в фотобиореакторе биомассы фото-трофных микроорганизмов (микроводорослей) и получения на ее основе полезных биопродуктов: биодизель 3-го поколения, «зеленая» химия, БАВ для фармацевтики, нутрицевтики, космецевтики.



Культивирование биомассы микроводорослей в фотобиореакторе

ПОЛУЧЕНИЕ АВИАЦИОННОГО БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ



➔ **ТЕХНОЛОГИЯ**
находится в процессе
разработки

■ **ЗАДАЧИ К 2020 ГОДУ:**

- Разработать и внедрить на уровне **пилотного производства** гибкую (модульную) интегральную технологию производства авиационного биотоплива на основе переработки микроводорослей, культивируемых в фотобиореакторе.
- Адаптировать технологию к использованию **различных видов возобновляемой биомассы** с целью производства **биотоплива** для нужд гражданской и военной авиации
- Провести **демонстрационные испытания** с использованием авиационного биотоплива в смеси с традиционным топливом в соотношении 50:50

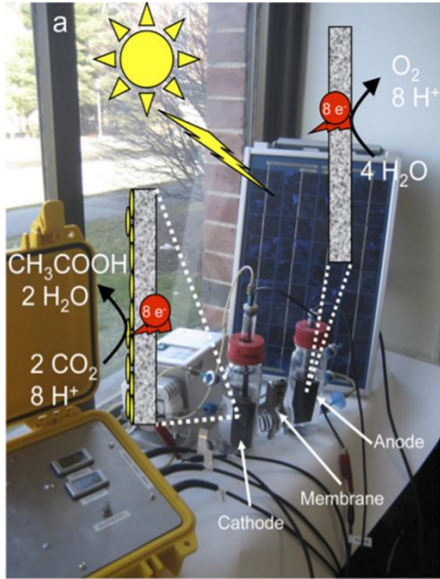
ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ ИЗ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ВОЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

- Приближение производства топлива к подразделениям передового базирования / театру военных действий
- Снижение количества транспортных конвоев с топливом. Снижение потерь при атаках на конвои.
- Повышение мобильности авианосных ударных групп
- Возможность переработки различных видов биомассы обеспечивает достаточную сырьевую базу
- Полезная и экологичная переработка органических (бытовых) отходов

→ Снижение потребления топлива на 1% высвобождает 6 тысяч солдат от охраны конвоев и экономит 6 миллиардов долларов в год (данные МО США)



ЭЛЕКТРОБИОСИНТЕЗ - НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ КОНВЕРСИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В БИОТОПЛИВО



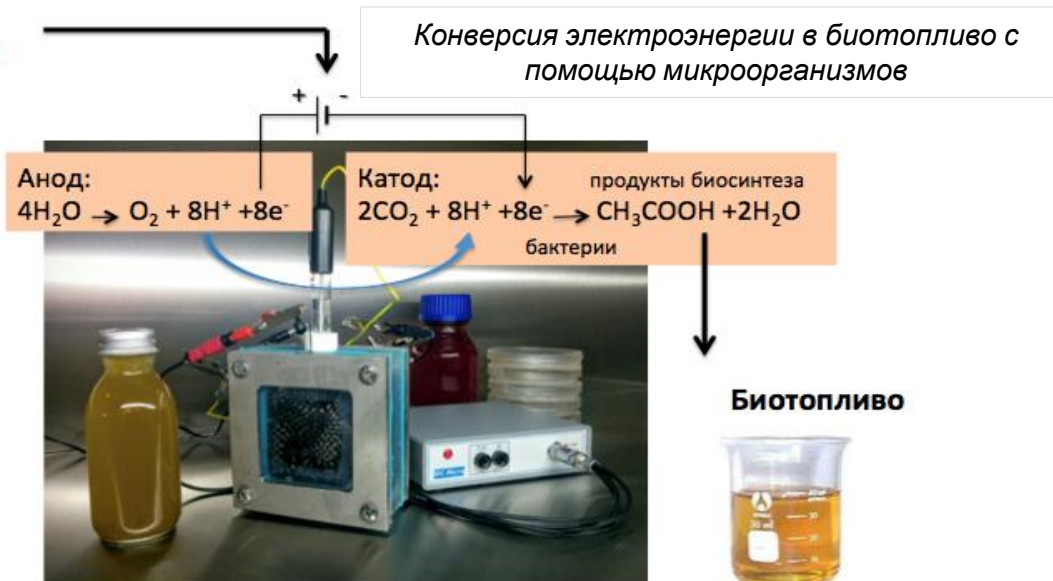
➔ **Электробиосинтез** – прямое получение жидкого биотоплива с использованием микроорганизмов, способных к его синтезу на основе потребления электрического тока.

■ Конверсия солнечной энергии через электробиосинтез в бутанол ~3%, через фотосинтез в этанол эффективность всего ~0.2%

■ Комбинация микроорганизмов, способных к электробиосинтезу, с полупроводниковыми батареями позволяет добиться эффективности конверсии солнечного света, на порядок превосходящей эффективность фотосинтеза (10% и 1% соответственно).

• Технология электробиосинтеза может успешно использоваться в условиях, где эффективное протекание процесса фотосинтеза невозможно из-за неблагоприятного климата (например, **в условиях Арктики**) или отсутствует возможность выделения значительных площадей для роста фотосинтезирующих микроорганизмов (**удаленные и труднодоступные районы, космос** и т. д.).

Источники электроэнергии



Солнечная энергия **100%**

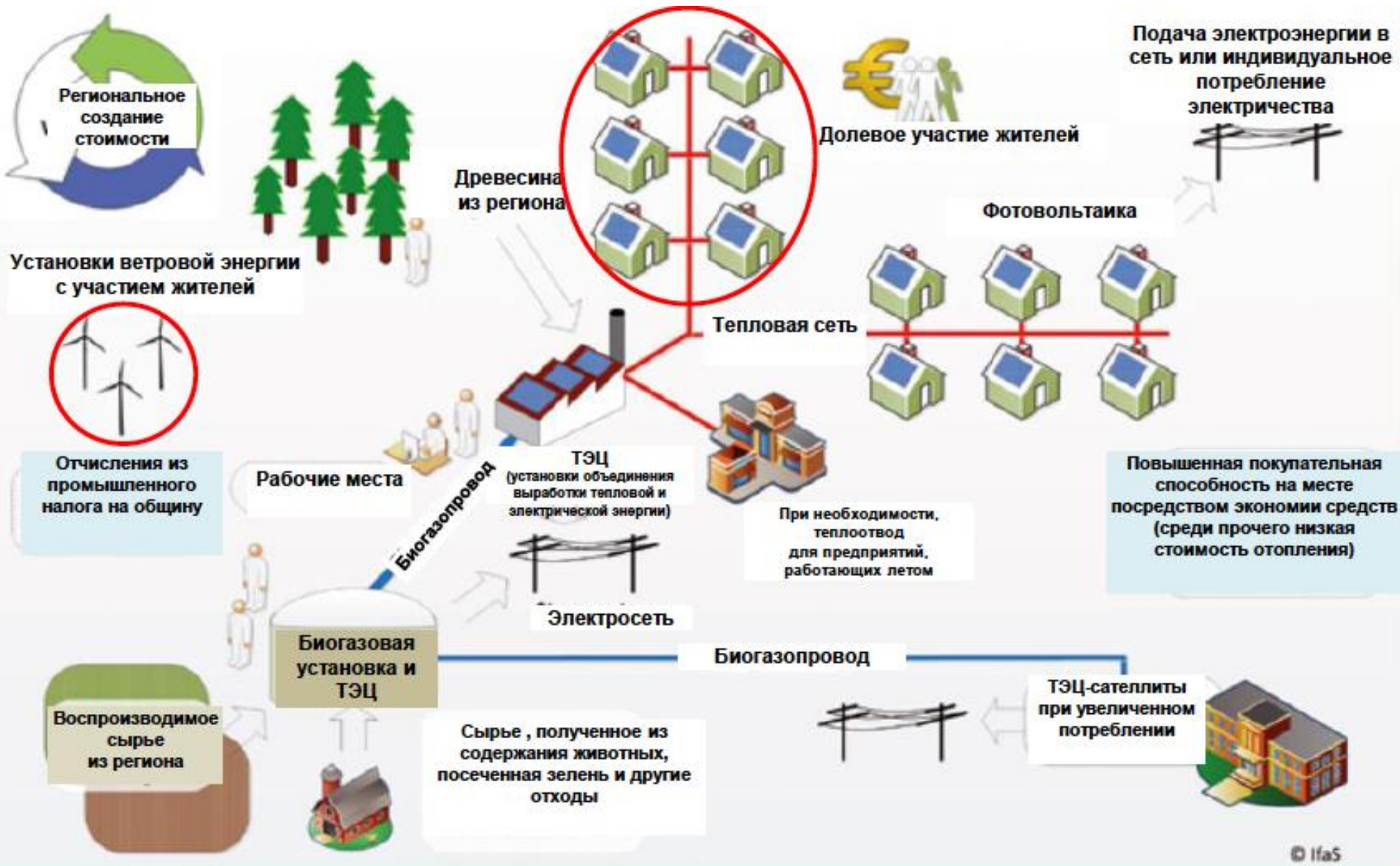
Лабораторные ФЭ **44,7%**

ФЭ **15%**

1%

ФЭ - фотозлемент

МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ДЕРЕВНИ С КОМПЛЕКСНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАССЫ И ДРУГИХ ВИЭ



ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

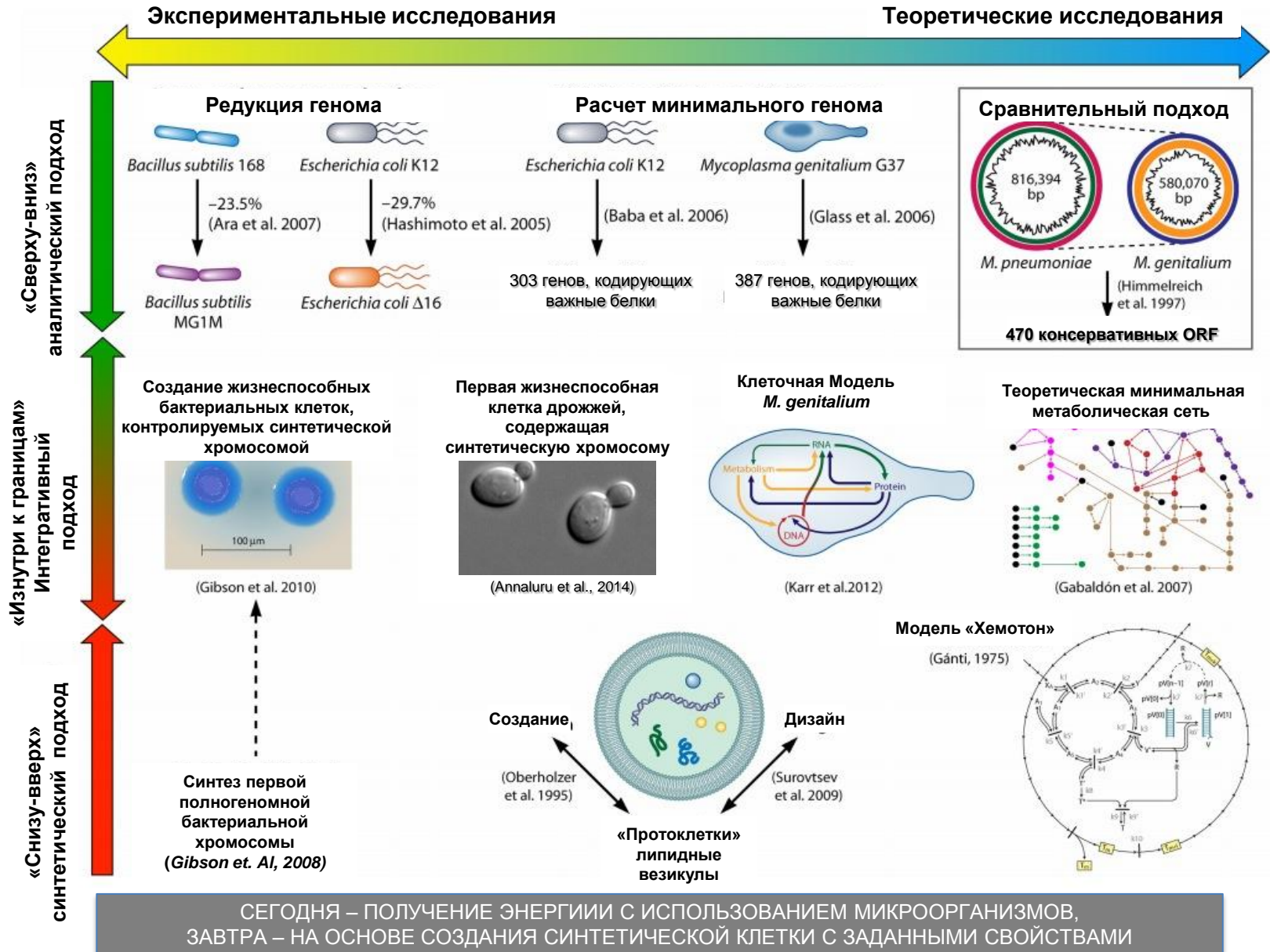
- «Биоинтеллектуальное» здание в Гамбурге. С освещаемой стороны здания расположено 129 фотобиореакторов.



ПРОЕКТ «ЗЕЛЕНый ГОРОД»: НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫЕ ОТДЕЛОМ БИОТЕХНОЛОГИЙ И БИОЭНЕРГЕТИКИ СОВМЕСТНО С ДРУГИМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ККНБИКСТ И ККСНИ

Направление исследований в рамках проекта	Подразделение соисполнитель	Выполняемые соисполнителем работы
Высокоэффективные фотобиореакторы	<i>Отделение наноматериалов</i>	Участие в работе по созданию новых оптических материалов
	<i>Отдел геномики</i>	Полногеномное секвенирование новых потенциально промышленно интересных штаммов фототрофных микроорганизмов
	<i>ЦОД и ИТ</i>	Математическое моделирование процессов протекающих в фотобиореакторах
	<i>КИСИ</i>	Структурные исследования новых материалов и участие в изучении взаимодействия микроорганизмов с ними
Высокоэффективные фитотроны	<i>Отделение наноматериалов</i>	Участие в работе по созданию новых оптических материалов
	<i>КИСИ</i>	Структурные исследования новых материалов и участие в изучении взаимодействия микроорганизмов с ними
Биологическая очистка ливневых вод	<i>Отделение наноматериалов</i>	Участие в разработке новых материалов носителей биомассы
	<i>КИСИ</i>	Структурные исследования новых материалов и участие в изучении взаимодействия микроорганизмов с ними
Разработка биосенсоров опасных соединений	<i>Отделение наноматериалов</i>	Материалы для электродных биосенсоров
	<i>Отделение наноэлектроники</i>	Микрофлюидные системы для биосенсоров
Разработка микробных БТЭ для получения электроэнергии из насыщенных органикой сточных вод.	<i>Отделение наноматериалов</i>	Материалы для электродных биосенсоров
	<i>Отделение наноэлектроники</i>	Микрофлюидные системы для биосенсоров
Разработка умных систем контроля и управления для создаваемых технологических решений	<i>ЦОД</i>	Симуляция процессов с использованием разработанных математических моделей

СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ – ПРИМЕР КОНВЕРГЕНЦИИ НАУК В БИОЛОГИИ



МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ – ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

→ Природные молекулярные машины – белки, способные конвертировать энергию, хранящуюся в АТФ или создаваемую за счет ионного градиента (мембранных преобразований с участием ферментных систем внешних стимулов незлектрической природы в электрические сигналы), – в механическую работу

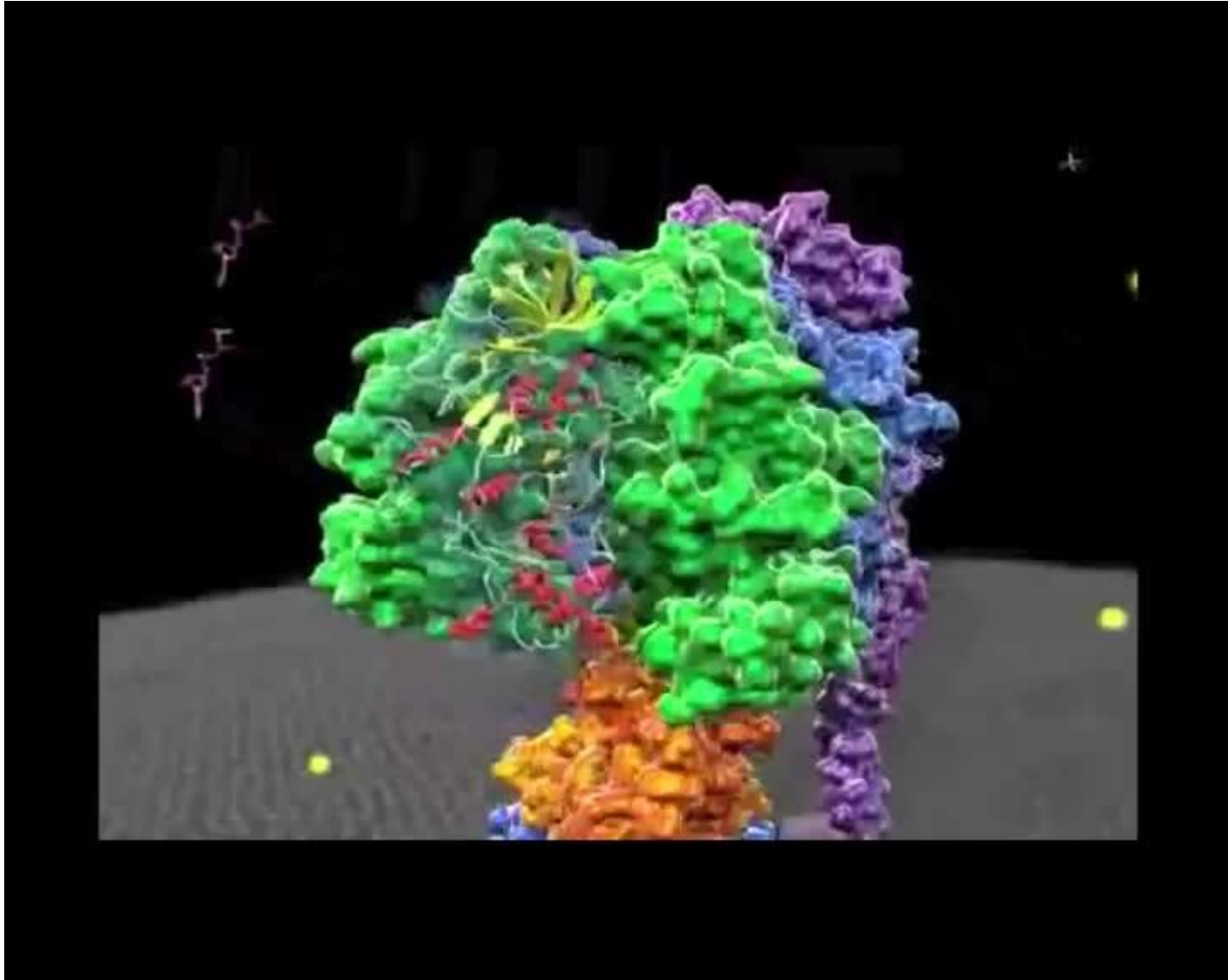
■ Виды:

- Цитоскелетные моторные белки (миозин, кинезин, динеин)
- Полимеризационные моторы (актин, микротрубочки, протеин RecA)
- Ионные помпы (Na-K насос и др.)
- Роторные моторы (АТФ-синтаза, бактериальный флагеллярный мотор)
- ДНК моторы (РНК-полимеразы, геликазы)

■ Функции:

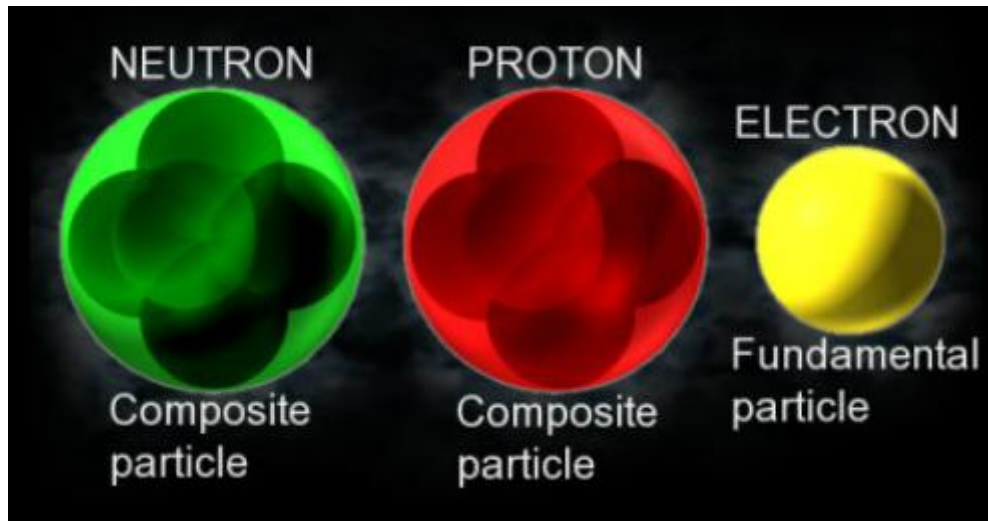
- Сокращение волокон и мышц (актин-миозин)
- Движение клетки (актин-миозин)
- Деление клетки (актин-миозин)
- Разделение хромосом (микротрубочки, динеин)
- Транспорт (микротрубочки, кинезин/динеин)
- Бактериальный хемотаксис (флагеллярный мотор)
- Хранение энергии в АТФ (АТФ-синтаза)

МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ АТФ-СИНТАЗА – МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МОТОР НА ПРОТОНАХ



ПРОТОН ИЛИ ЭЛЕКТРОН?

- Очевидно, что использование алгоритмики и энергии в суперкомпьютере в существенной мере отличается от механизмов функционирования живых систем. При этом, в созданной людьми технике основным носителем заряда является **электрон**, тогда как в биологических системах - это **протон** – частица, имеющая заряд, массу и спин.
- Передача информации в созданных человеком системах происходит по принципу 0 или 1, с помощью все тех же **электронов или квантов света**. В живых системах для передачи информации используются **протоны и ионы**, каждый из которых благодаря заряду, массе и спину может передавать гораздо большее количество информации за одно счетное событие.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

г. Москва

Тел. +7 (499) 196-7100 (доб. 3265)

E-mail: Vasilov_RG@nrcki.ru

www.nrcki.ru