

# Energy Storage Technologies: Current and Future Prospects

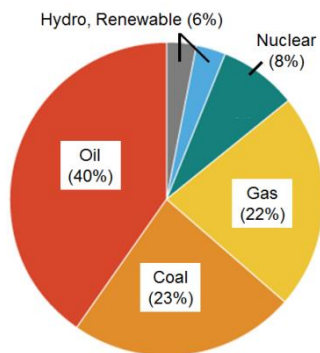
Кейт Дж. Стевенсон, директор,  
Центр Сколтеха по электрохимическому  
хранению энергии

International Renewable Energy  
Congress-XXI

14 October 2016

# Центр по электрохимическому хранению энергии Сколковского института науки и технологий

Использование нефти и газа вредит окружающей среде и истощает природные ресурсы



Мировое потребление энергии



Электрохимическое хранение энергии обеспечивает эффективное использование истощаемых полезных ископаемых

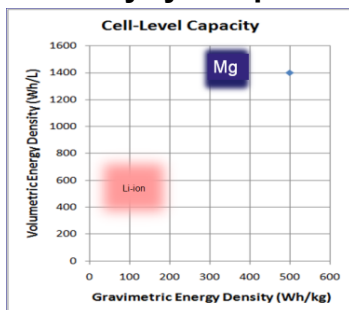


- Распределение энергии на уровне электросетей
- Запасание энергии от альтернативных источников
- Транспорт и мобильные устройства



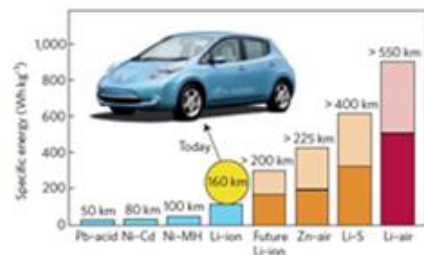
В настоящее время технологии электрохимического хранения энергии не удовлетворяют эти нужды, но есть известные решения.

## Металл-ионные аккумуляторы



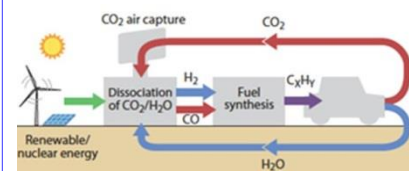
$Mg^{+2}$  vs.  $Li^{+1}$ : четырехкратный рост в емкости и плотности.

## Металл-воздушные аккумуляторы



Li-ион vs. Li-воздух:  
Трехкратный рост.

## Топливные элементы



Увеличение эффективности для стационарных и мобильных применений.

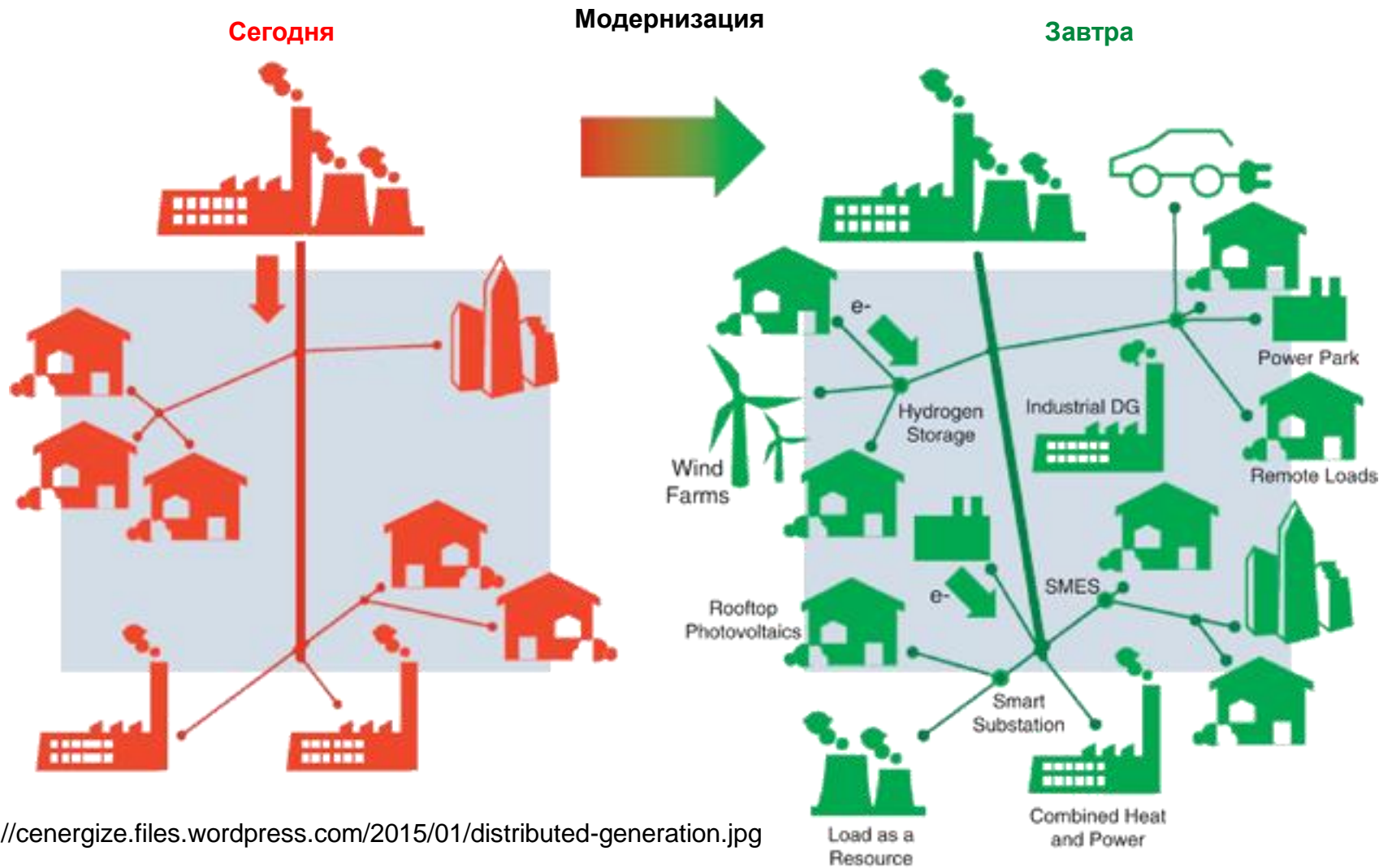
## Проточные батареи



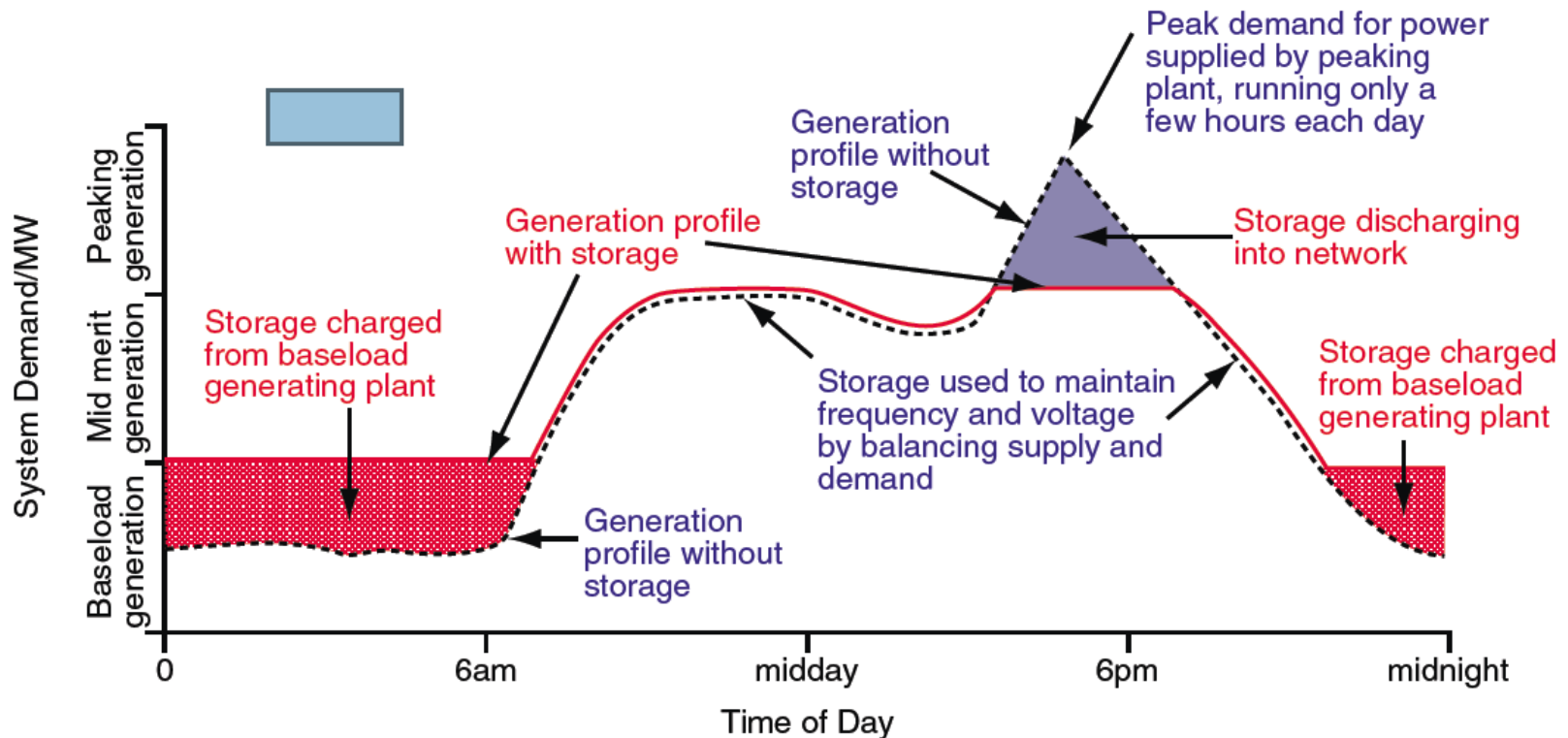
Li-ион технологии на основе суспензии: низкая цена, высокое время жизни, гибкость.



# Распределенные энергосистемы: генерация, регулирование, распределение и хранение в масштабах сети



# Problems with Alt Energy & Renewables: Generation, Regulation, Distribution and Storage on Grid



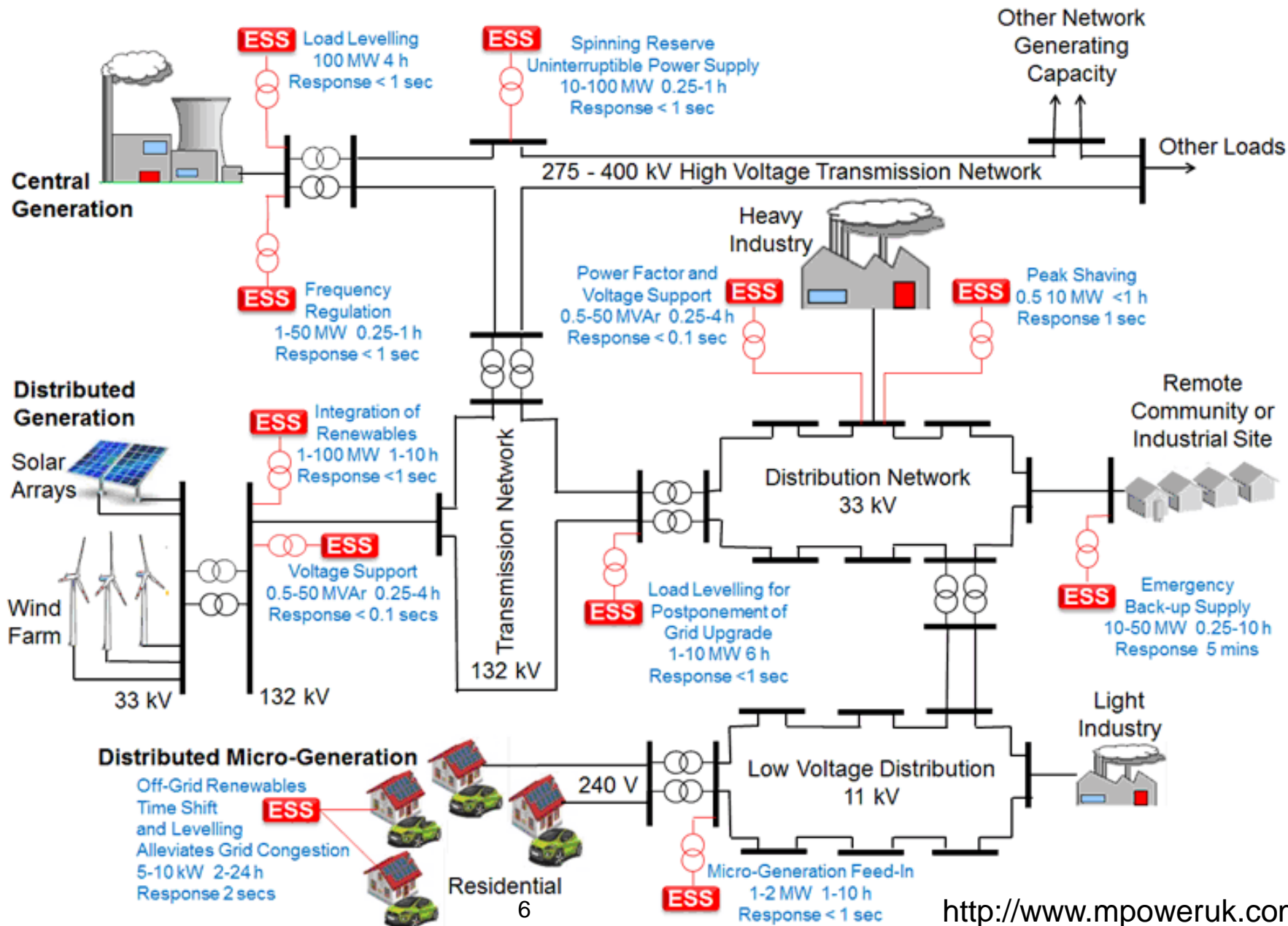
# Выбор технологий для хранения энергии в зависимости от применений

## Устройства накопления энергии в электросетях

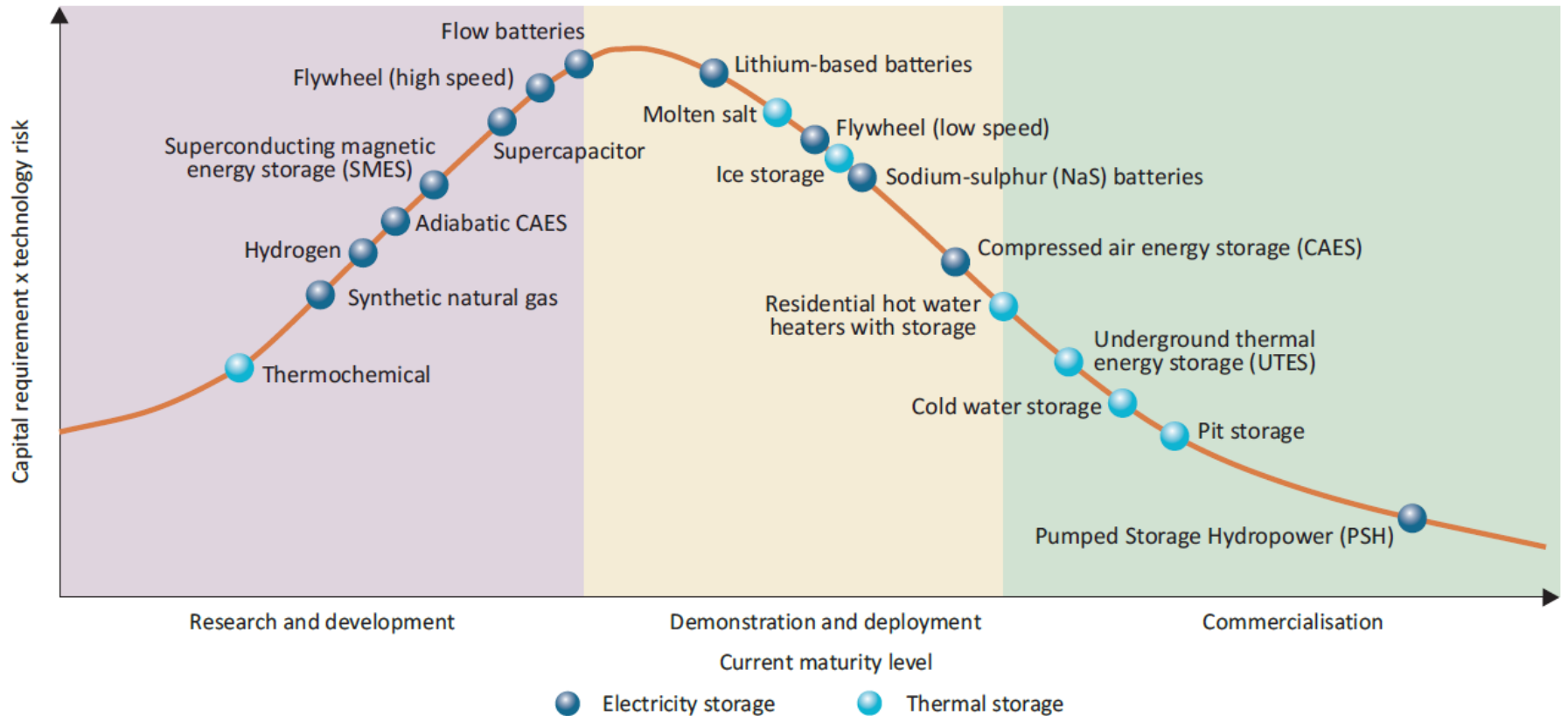


<http://www.mpoweruk.com>

# Системы хранения энергии и потребители энергии в электросетях



# Состояние развития технологий хранения энергии



Source: Decourt, B. and R. Debarre (2013), "Electricity storage", *Factbook*, Schlumberger Business Consulting Energy Institute, Paris, France and Paksoy, H. (2013), "Thermal Energy Storage Today" presented at the IEA Energy Storage Technology Roadmap Stakeholder Engagement Workshop, Paris, France, 14 February.

# Требования по емкости и потреблению (мощности) для различных применений

Область применения	Выравнивание пиков потребления и генерации	Резервная мощность	Интеграция возобновляемых источников	Повышение качества энергии
Разрядная мощность	от < 1 МВт до сотен МВт	1 – 200 МВт	от 20 кВт до 10 МВт	от 1 кВт до 20 МВт
Время отклика	< 10 мин	от < 10 мс до < 10 мин	< 1 с	< 20 мс
Накопленная энергия	от 1 МВт·ч до 1000 МВт·ч	от 1 МВт·ч до 1000 МВт·ч	от 10 кВт·ч до 200 МВт·ч	от 50 кВт·ч до 500 кВт·ч
Потребность в высокой производительности	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая
Потребность в продолжительном сроке эксплуатации	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя



# Основные требования к накопителям энергии

## ТРАНСПОРТ

**\$100/кВт × ч**

**400 Вт × ч/кг 400 Вт × ч/л**

**800 Вт/кг 800 Вт/л**

**1000 циклов**

**80% DoD C/5**

**15 лет срок службы**

**EUCAR**

## СЕТИ

**\$100/кВт × ч**

**95% эффективность**  
цикла при C/5

**7000 циклов C/5**

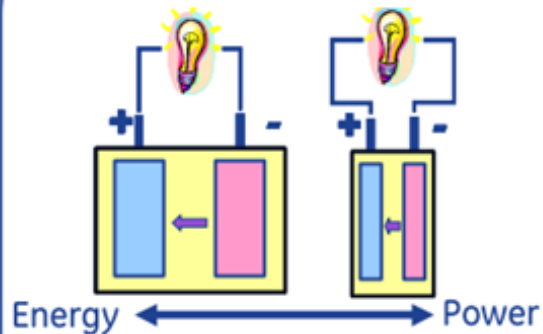
**20 лет срок службы**

**Безопасность**  
эквивалентна газовой  
турбине



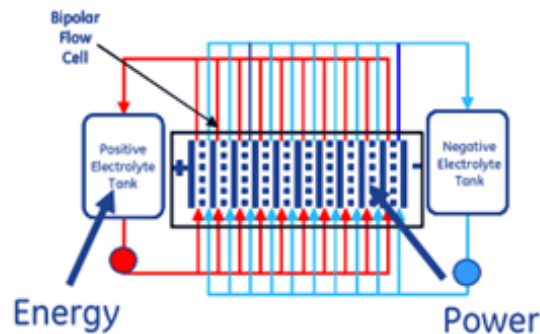
# Новые перспективы: поточные батареи и обратимые топливные элементы

## Вторичные ХИТ



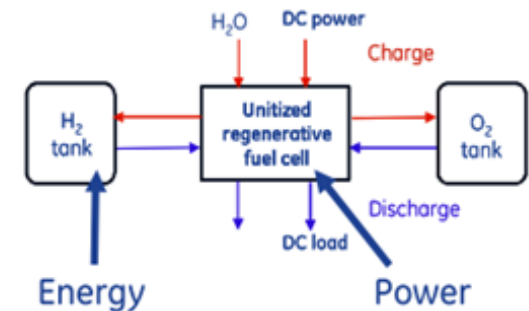
1. Энергия и мощность связаны
2. Умеренная плотность энергии (50-240 Вт·ч/кг)
3. Высокая кулоновская эффективность (65-90%)
4. Причина деградации – электроды
5. Линейное масштабирование
6. Умеренная стоимость
7. Развитая технология

## Поточные батареи



1. Энергия и мощность разделены
2. Невысокая плотность энергии (10-50 Вт·ч/кг)
3. Высокая кулоновская эффективность (65-80%)
4. Причина деградации – мембраны
5. Нелинейное масштабирование (сборки ячеек)
6. Низкая стоимость
7. Развивающаяся технология

## Обратимые топливные элементы



1. Энергия и мощность разделены
2. Высокая плотность энергии (450-500 Вт·ч/кг)
3. Низкая кулоновская эффективность (35-50%)
4. Причина деградации – катализатор
5. Нелинейное масштабирование (сборки ячеек)
6. Высокая стоимость
7. Новая технология

## Электрификация грузовых транспортных средств

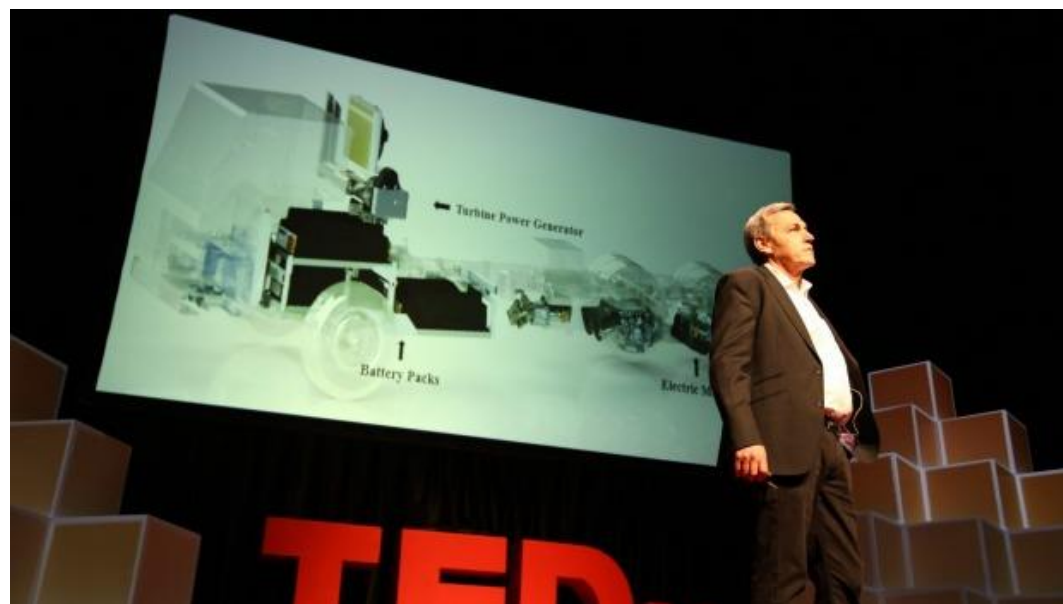
Из 2.2 миллионов среднегрузных транспортных средств в США ежегодно около 10% заменяют силовой агрегат. Это означает выпуск около 250 000 двигателей и систем трансмиссии.

Мусоровозы проходят около 200 км в день, делая 1000 остановок и расходуя около 6 литров топлива на км

Электрические силовые агрегаты компании Wrightspeed могут обеспечить экономию на топливе около \$35,000 на одно транспортное средство, и еще \$8,000 на обслуживании



<http://www.wrightspeed.com/>



# Amazon Installing Massive Wind Farms



A 253-megawatt (MW) wind farm in Scurry County, Texas  
Generates 1,000,000 megawatt hours (MWh) of wind energy.

Boasts more than 100 turbines, each with a rotor diameter twice as long as the wingspan of a Boeing 747

Amazon has announced large wind and solar farms in Indiana, North Carolina, Ohio, and Virginia, and now Texas. Together, the five projects will generate more than 2.6 million MWh of renewable energy each year, or enough to power more than 240,000 US homes



# California Strikes Huge Battery Deal With Tesla

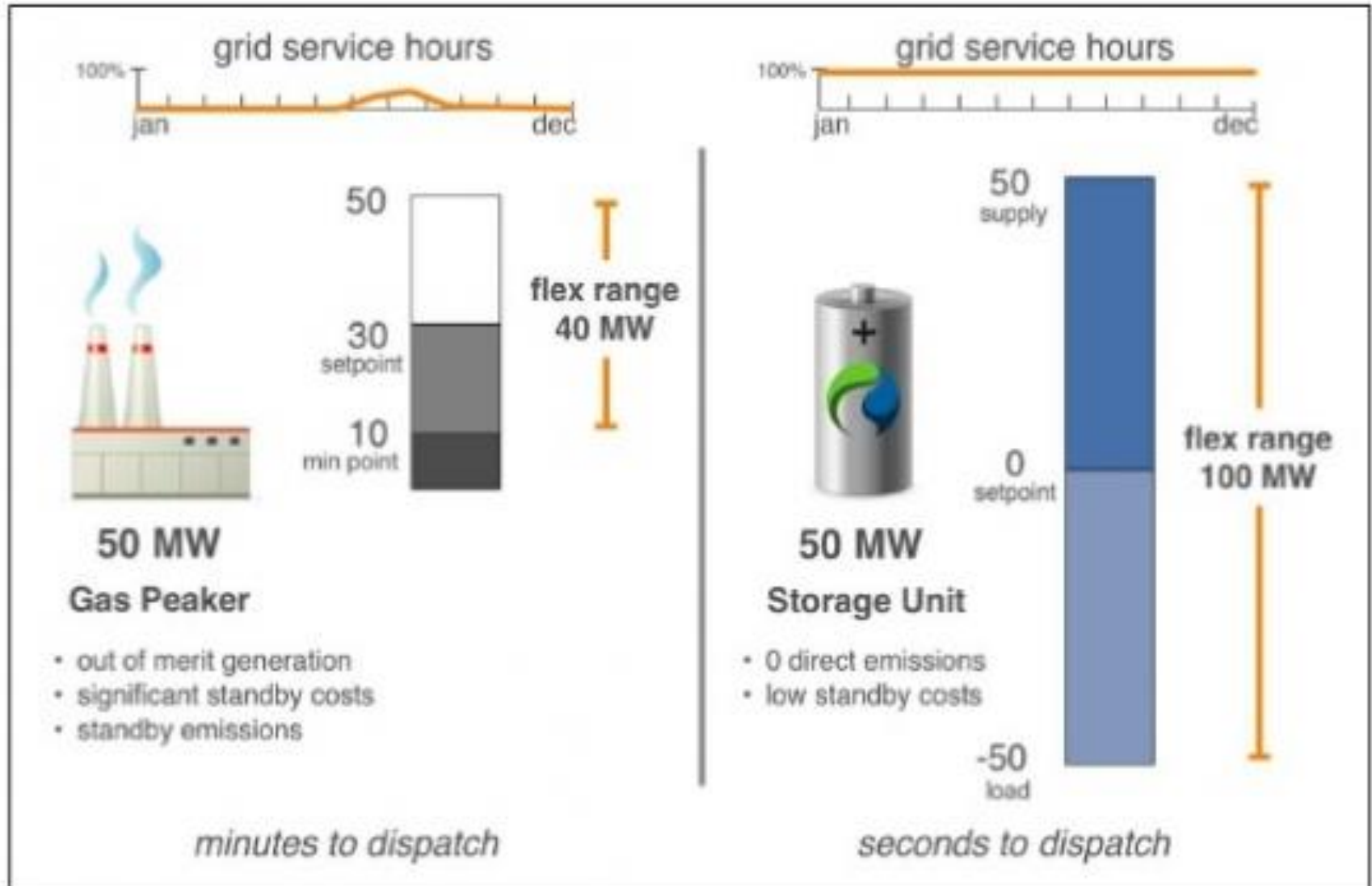


20 MW of batteries to plug into one of its substations and provide energy during peak grid times. Provides enough power for 2,500 homes daily or 1,000 Tesla cars.

Edison has been adding both energy storage and energy efficiency measures following the gas leak last year at Aliso Canyon, CA. Aliso Canyon provided fuel to natural gas power plants that generated energy during peak grid times (called peaker power plants)

<http://fortune.com/2016/09/15/tesla-grid-battery-project>

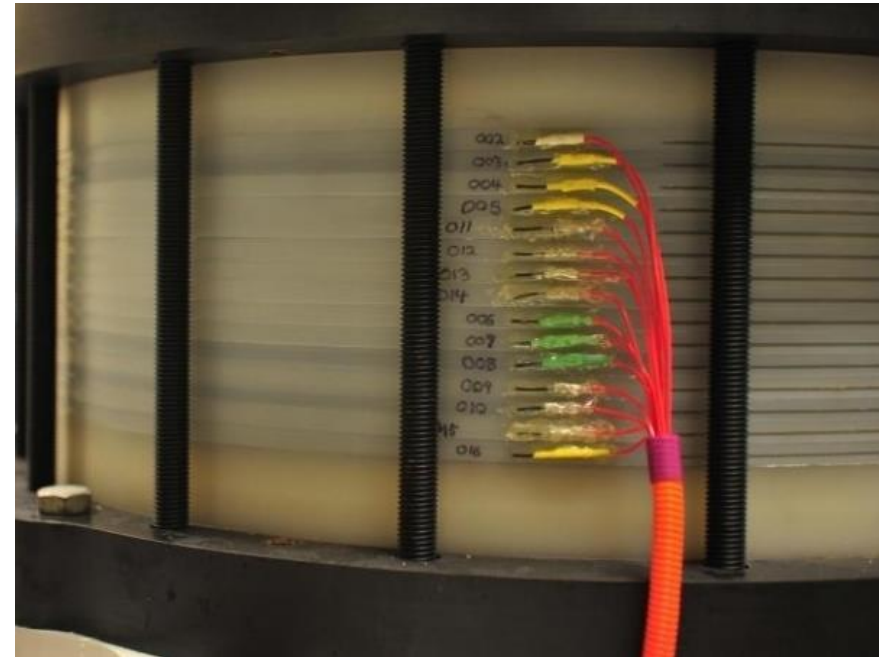
# Distributed Energy Systems: Demand Management



# Новые перспективы: поточные батареи

**Primus Power инвестирует \$25M в поточные редокс-батареи в Казахстане**

Проект рассчитан на создание 25 МВт, 100 МВт·ч накопителей в Центральной Азии





# Сетевые энергетические системы

## Гибкость энергосетей

- Увеличить мощность перегруженных областей без ущерба окружающей среде
- Увеличить гибкость быстрых емкостей для решения неожиданных проблем с энергоснабжения
- Обеспечить более эффективные дополнительные сервисы



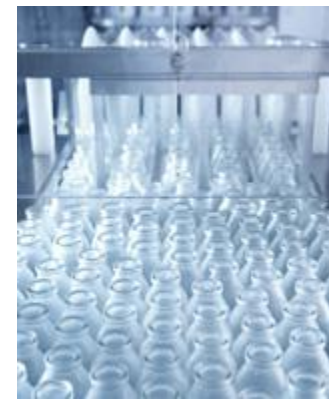
## Интеграция возобновляемых источников

- Обеспечить более высокий процент возобновляемых источников при сохранении стабильности
- Уменьшить расходы объединения энергосистем и обеспечить



## Управление в зависимости от потребностей

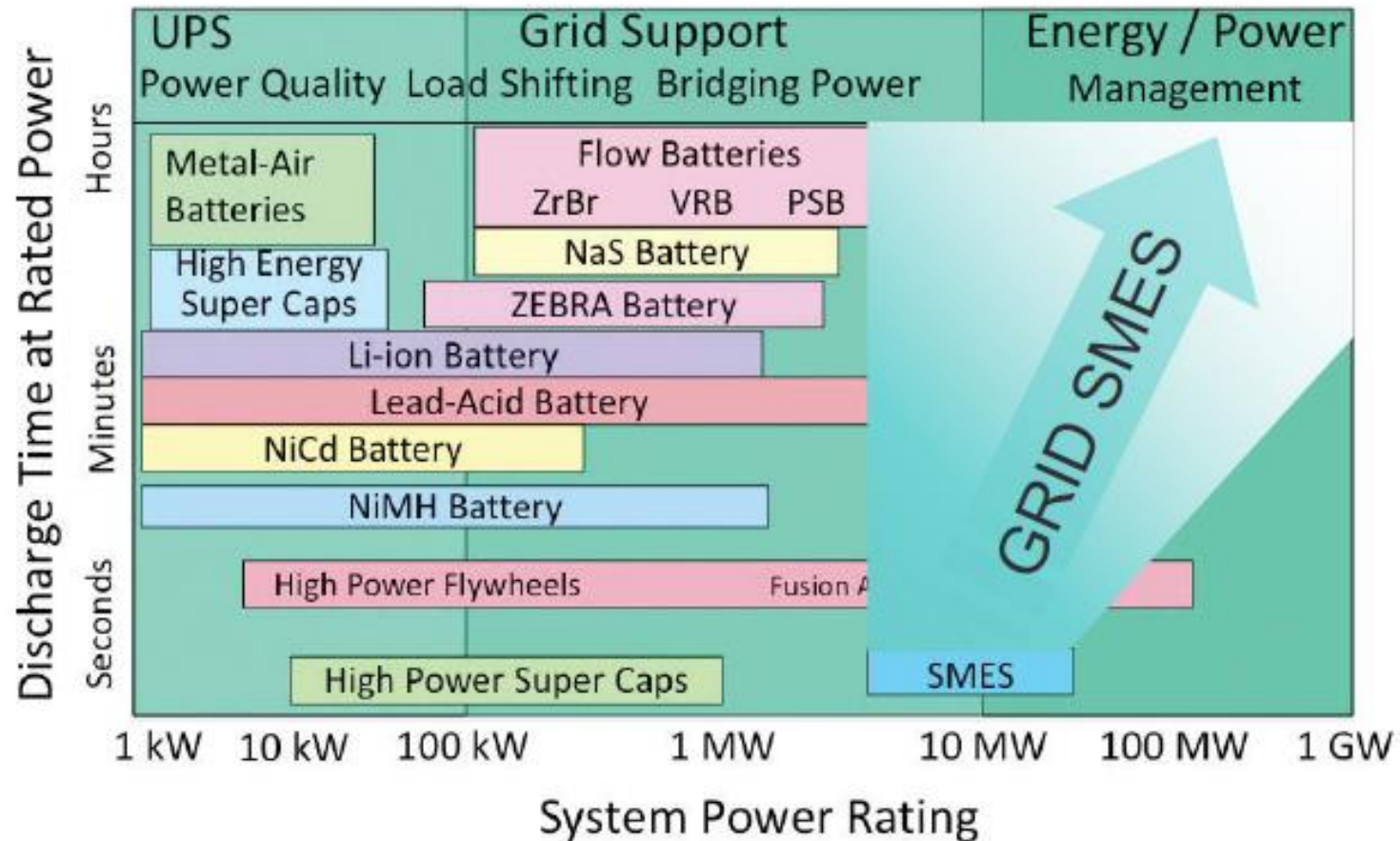
- Уменьшить стоимость обслуживания и ускорить объединение энергосистем вблизи возобновляемых источников энергии
- Увеличить эффективность и интеграцию возобновляемых источников в микросетях и в удалении от электросетей
- необходимые вспомогательные сервисы





# Energy Storage Option Depends upon Application

## Energy Storage Options





Кейт Дж. Стевенсон,  
профессор & директор

**Контактная информация:  
Сколковский институт науки и технологий  
Ул. Нобеля, д. 3,  
Москва, Россия, 143026**

**E-mail: [k.stevenson@skoltech.ru](mailto:k.stevenson@skoltech.ru)**

**Web Page: <http://faculty.skoltech.ru/Faculty/Keith-Stevenson>**