



# **Трансформация функциональной роли систем хранения энергии в электроэнергетике**

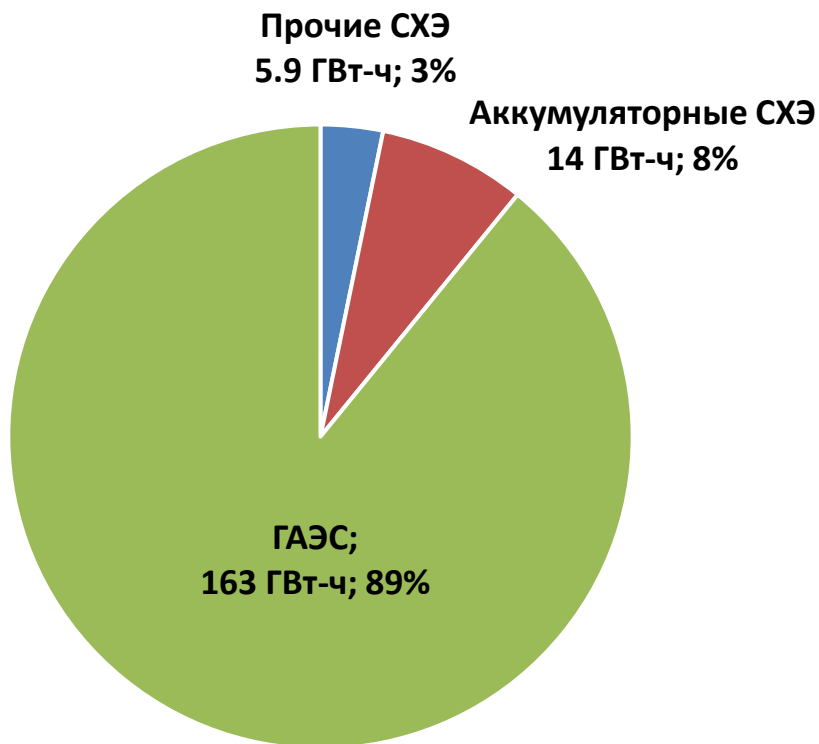
**Масленников А.О.  
ЦЭИ ИМЭМО РАН**

**23 декабря 2021 г.  
ИМЭМО РАН, Москва**

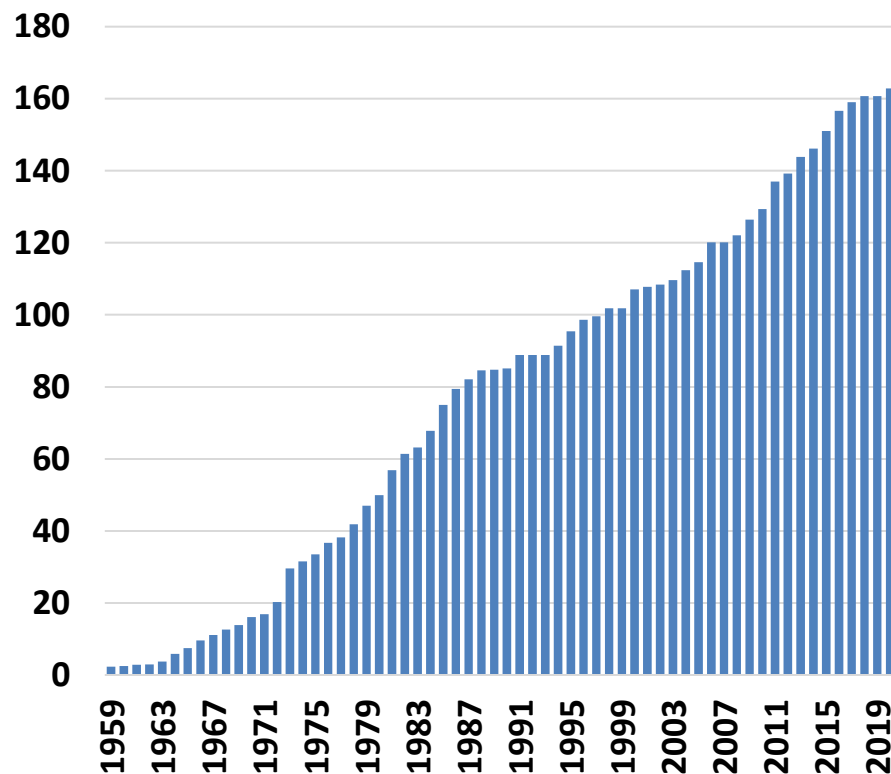


# Сегодня в структуре систем хранения энергии в мире с большим отрывом преобладают ГАЭС

## Структура установленной мощности СХЭ в мире на 2020 г., ГВт-ч и %



## Динамика установленной мощности ГАЭС в мире, ГВт-ч





## По мере продвижения ПВИЭ роль систем хранения для балансировки спроса и предложения электроэнергии быстро возрастает

Доля солнечной и ветровой генерации, %

	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Евросоюз (27 стран), в т.ч.:	0.8	2.4	5.4	12.5	16.9	19.5
Греция	0.8	2.1	5.0	16.4	25.7	33.3
Германия	1.7	4.6	7.9	18.4	28.3	31.7
Испания	2.1	7.2	16.9	22.5	25.5	28.9
Португалия	0.4	3.8	17.4	23.7	28.2	26.0
Бельгия	0.0	0.3	1.9	12.4	14.9	20.1
Великобритания	0.3	0.7	2.7	14.1	23.8	28.3
США	0.2	0.4	2.2	5.3	9.2	11.1
Китай	0.0	0.1	1.2	3.9	8.4	9.4
Мир	<b>0.2</b>	<b>0.6</b>	<b>1.8</b>	<b>4.5</b>	<b>7.9</b>	<b>9.1</b>

Структура установленной мощности ГАЭС в мире на 2020 г., ГВт-ч и %

	ГАЭС		Доля ГАЭС в совокупной мощности
	Число	Мощность, ГВт	
Китай	31	29.4	1.3%
Япония	41	27.4	7.8%
США	38	22.6	2.0%
Италия	18	7.1	6.1%
Испания	21	7.0	6.3%
Индия	10	6.8	1.5%
Германия	25	6.1	2.6%
Франция	10	5.8	4.2%
Южная Корея	7	4.7	3.4%
Австрия	17	4.5	16.6%
Швейцария	14	4.2	18.7%
Португалия	12	3.5	16.4%
Остальные страны	71	33.7	1.3%
Мир	<b>315</b>	<b>162.8</b>	<b>2.1%</b>
Справочно: Евросоюз и Великобритания	149	50.9	4.7%



# СХЭ могут выполнять множество различных функций в электроэнергетике

## Функции СХЭ

- Хранение электроэнергии
- Резервная мощность при аварийных отключениях
- Холодный старт электростанций на ископаемом топливе
- Регулирование технических параметров электроснабжения
  - Стабилизация частота электрического тока
  - Выравнивание сетевого напряжения
- Продвижение распределенной генерации среди домохозяйств и в коммерческом секторе («после счетчика»)
- Снижение нагрузки на электросети, отсрочка инвестиций в их модернизацию
- Обеспечение работы зарядных станций для электромобилей

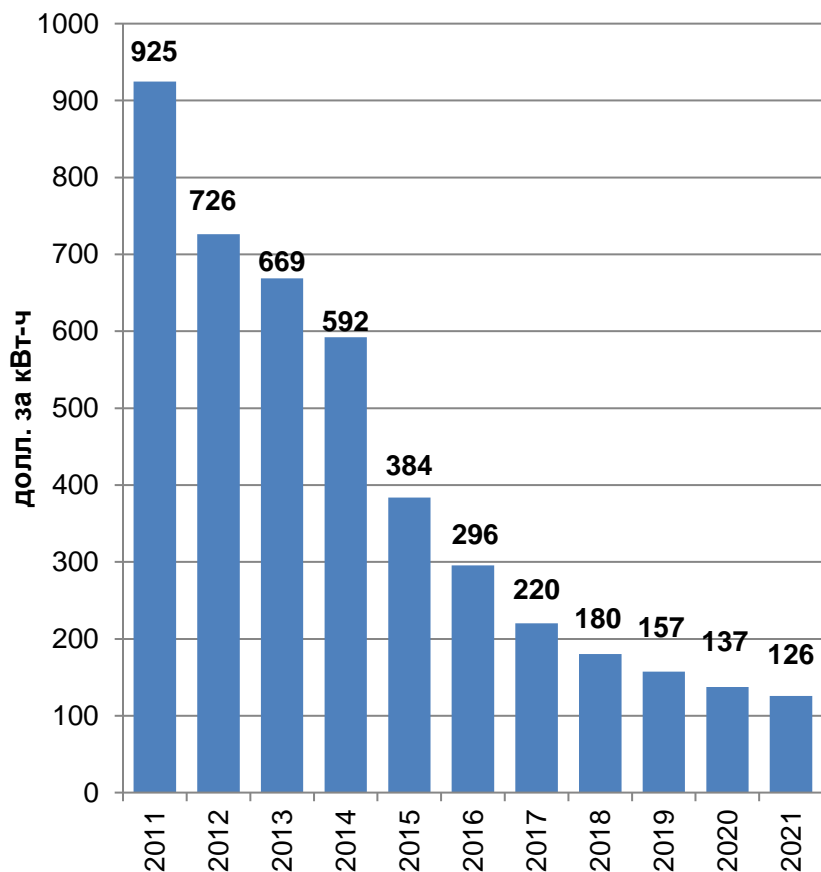
## Виды СХЭ

- Электрохимические (аккумуляторы)
  - Литий-ионные
  - Натрий-ионные
  - Цинк-кислотные
  - Цинковые
  - Проточные батареи
- Электро-механические
  - ГАЭС
  - Системы на сжатом воздухе
  - Маховики
  - Гравитационные установки
- Тепловые
  - Расплавленная соль
  - Камни, керамика
  - Системы фазового перехода
- Химические
  - Водород

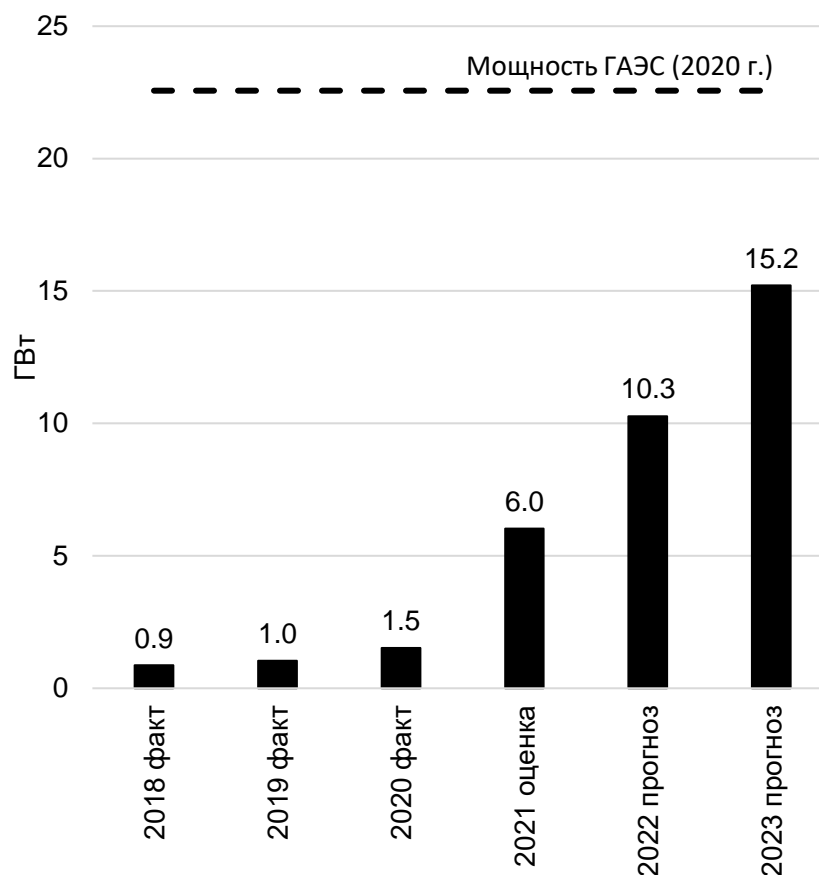


# Продвижение аккумуляторных СХЭ: снижение себестоимости литий-ионных аккумуляторов

## Себестоимость производства литий-ионных аккумуляторов



## США: аккумуляторные СХЭ в электроэнергетике





# Продвижение аккумуляторных СХЭ: меры государственной поддержки

- **США:**
  - 2011 г.: Федеральная комиссия по регулированию в области энергетики (FERC) разрешила операторам СХЭ участвовать в оптовом рынке электроэнергии, а также оказывать системные услуги в электросети
  - 2018 г.: FERC ввела дифференциацию в системе оплаты системной услуги по поддержанию частоты электрического тока в зависимости от качества ее оказания
  - 2021 г.: налоговый вычет для отдельно стоящих СХЭ (30% от объема инвестиций до 2032 г.)
  - Нормативы по внедрению СХЭ в отдельных штатах (Калифорния, Массачусетс и др.)
  - Налоговые вычеты для распределенных систем хранения электроэнергии в секторе домохозяйств на уровне отдельных штатов
- **Великобритания:**
  - Изменение регулирования рынка электроэнергии для повышения доходности аккумуляторных СХЭ
- **Германия:**
  - Продвижение солнечных панелей с аккумуляторами в секторе домохозяйств (в 2020 г. их число превысило 300 тыс., совокупная емкость – 2,3 ГВт-ч)
- **Китай:**
  - 2021 г.: целевая установка 30 ГВт аккумуляторных СХЭ к 2025 г.



## Проблема длительного хранения электроэнергии: решение пока не найдено

- Наиболее перспективны аккумуляторные технологии, хотя конкретное решение еще не найдено
- ГАЭС не смогут обеспечить длительное хранение в необходимых объемах
  - Низкая обеспеченность ГАЭС
  - Жесткая привязка к подходящим географическим локациям
  - Невозможность распределенного использования
  - Экологические вопросы
- Системы хранения на базе водорода: низкий КПД и вопросы безопасности



Спасибо за внимание!