



ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕТА СНГ

**В. Герих**  
**И. Кузько**

## **Режимные аспекты интеграции ВИЭ в энергосистеме или НЭ и ВИЭ – двойняшки**

**24.10.2019, ЕЭК, Москва**

**Круглый стол «Создание общих  
энергетических рынков и роль ВИЭ в  
повышении энергетической  
безопасности»**



## Вызовы (проблемы, связанные с внедрением ВИЭ)-1

Для удовлетворения требований **к энергосистемам** по качеству ЭЭ и бесперебойности ее подачи необходима (помимо прочего):

- достаточная с резервированием генерация при максимальных нагрузках;
- возможность снижения генерации до провального потребления;
- приемлемая скорость изменения генерации;
- то же **при нормативных возмущениях** (отключение мощных ЛЭП или энергоблоков).

В зависимости от структуры генерации и размещения ген. объектов (маневренность, тех. минимум) в синхронной зоне (учет возможностей соседей) мало какая ЭЭС удовлетворяет этим условиям **без специальных мер, НЭ.**

✓ **Остро на обеспечение баланса мощности влияет бурный рост в мире переменной генерации (ВЭС и СЭС).**

В предельном случае это значит покрытие максимума потребления без участия ВИЭ и прохождение провала нагрузок при полной генерации на ВИЭ и неизменном составе традиционных энергоблоков. Более того, учитывая аварийные ремонты, указанный состав не единственный. *(В ЭЭС РФ – отдельные регионы.)*

✓ **Особый случай в части баланса – сезонность, напр.. – полярная ночь, сезон дождей.**



## Вызовы-2

- ✓ График генерация на ВИЭ слабо прогнозируем, интегральные показатели (выработка) лучше. Кроме того, генерация может быстро меняться (напр., закат) – соответственно, нужны быстрые резервы. При этом диспетчер энергосистемы эту генерацию не видит, только последствия. *Идея виртуальных электростанций?!*
- ✓ ВИЭ-генерация может иметь разные **допустимые области в координатах  $U, t$  и  $f, t$** ; потребовать **пересмотр некоторых ПА**, доп. сетевое строительство (напр., морские ВЭС, СЭС), впрочем, как и традиционная генерация, к-рую не построишь где угодно.
- ✓ ВИЭ-источники с нулевыми (практически) замыкающими затратами на производство **подрывают экономические стимулы традиционной генерации**. С другой стороны, по условиям работы релейной защиты, регулирования частоты и напряжения нельзя снижать количество энергоблоков ниже определенных уровней.

**Большой вопрос – оптимизация работы самих НЭ. Кроме**



## Вызовы-3

- ✓ ВИЭ-источники, несинхронно подключенные к энергосистеме, создают дополнительные режимные сложности:
- Уменьшают механическую инерцию энергосистемы (ЭЭС) и/или ее отдельных частей, а, значит максимально допустимый переток (МДП или пропускную способность) контролируемых сечений.

Применительно к контр. сечению приведенная инерционность  $T_{J.eq} = \frac{T_{j1} \cdot T_{j2}}{T_{j1} + T_{j2}}$

снижается (*она меньше меньшей*), а, значит, снижается предел динамической устойчивости, не говоря о снижении стабильности частоты. Картину усугубляет др. распределенная генерация, обладающая меньшей инерцией. Каковы нерегулярные колебания мощности в сечении – формула из Методических рекомендаций по устойчивости неприменима.

- Резкие изменения генерации ВИЭ потребуют пересмотр нормативных возмущений – напр., ослабление сечения и небаланс мощности (отключение линии и сброс мощности ВИЭ). **И вообще, требований к устойчивости.**
- Потребуется более частые пересмотры режимных инструкций, учитывая меньшие (в 4 и более раз) сроки строительства ВИЭ объектов в сравнении с



## Последствия

Увеличение доли ВЭС-СЭС в общем объеме пр-ва ЭЭ требует доп. резервов мощности, к-рые зависят от размера энергосистемы, маневренности источников и доли ВИЭ. Кроме того, появляется ряд системных проблем:

- ✓ в область прогнозов попадают не только нагрузки, но и генерация (которая прогнозируется труднее); и даже МДП контролируемых связей;
- ✓ подключение ВЭС к сети приводит к пересмотру мер по обеспечению устойчивости энергосистемы;
- ✓ колебания мощности и отклонения от плана (на рынке) потребовали бы АРЧМ (обязательно) и увеличения его быстродействия за счет большего количества объектов;
- ✓ переменная генерация ВИЭ, кроме доп. резервной мощности, привела к развитию также накопителей ЭЭ;
- ✓ сама ВИЭ-генерация и большие необходимые резервы (вкл. НЭ) приводят к удорожанию ЭЭ;
- ✓ накопители именно ЭЭ потребуют и выпрямителей, и инверторов (ЭЭ можно хранить только на пост. токе).

Механическое представление об емкости хранилища ЭЭ:  $1 \text{ кг.м} = 9,8 \text{ Дж}$ ;  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт.с.}$   
 $1 \text{ кВтч} = 1000 \cdot 3600 = 3600000 \text{ Дж} = 3600000 / 9,8 \text{ кг.м} = 367 \text{ 347 кг.м}$ ;  
 $1 \text{ МВтч} = 367347 \text{ т на } 1 \text{ м или } 3673,47 \text{ т на } 100 \text{ м высоты.}$

В общем, пока «Зелёная энергетика» составляет небольшую долю её можно



## Решения

Основное: Отказ от тезиса о невозможности хранения ЭЭ. Новая отрасль – накопители (накопление ЭЭ в провале потребления и выдача при максимальных нагрузках).

Технически возможны и др. решения (даже традиционные ЭС – они тоже НЭ; или отключение ВИЭ-генераторов с нулевой замыкающей ценой), но НЭ – наименьшее зло, наименее затратное. Как показано ниже, темпы развития НЭ соответствуют темпам ВИЭ (даже опережают).

Устройства (сооружения) по накоплению ЭЭ и ее выдаче в русском языке называются накопителями энергии (НЭ). На англ. – storage = хранение, хранилище.

Сегодня в ЭЭС в качестве НЭ выступают в основном (по разным данным 96-98%) ГАЭС (хранят не непосредственно ЭЭ).

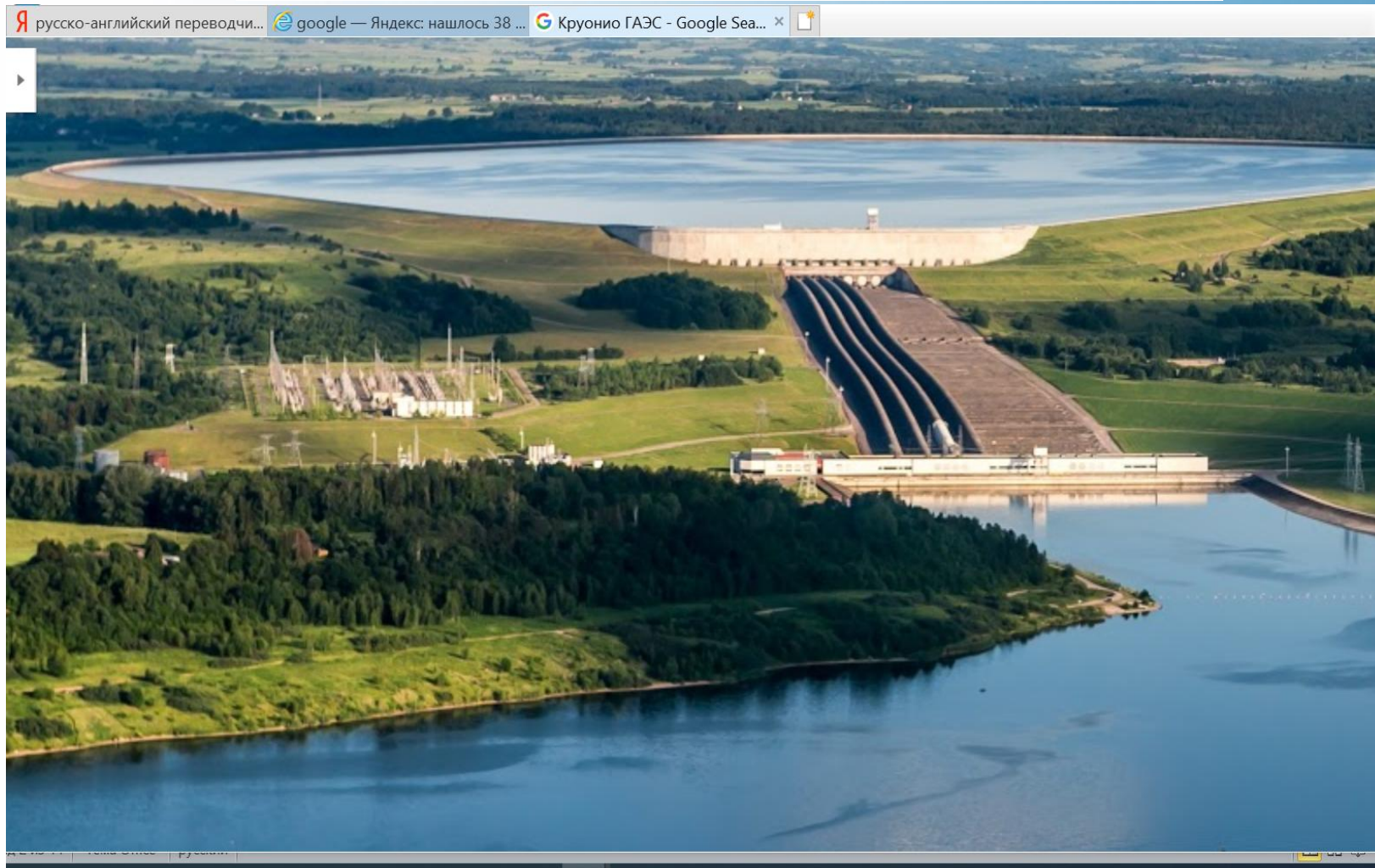
Вдхр ГАЭС требуют специфической местности (рельефа),



ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕТА СНГ

## Круонио ГАЭС – достаточно компактна

*В верхнем бассейне разместится СЭС*



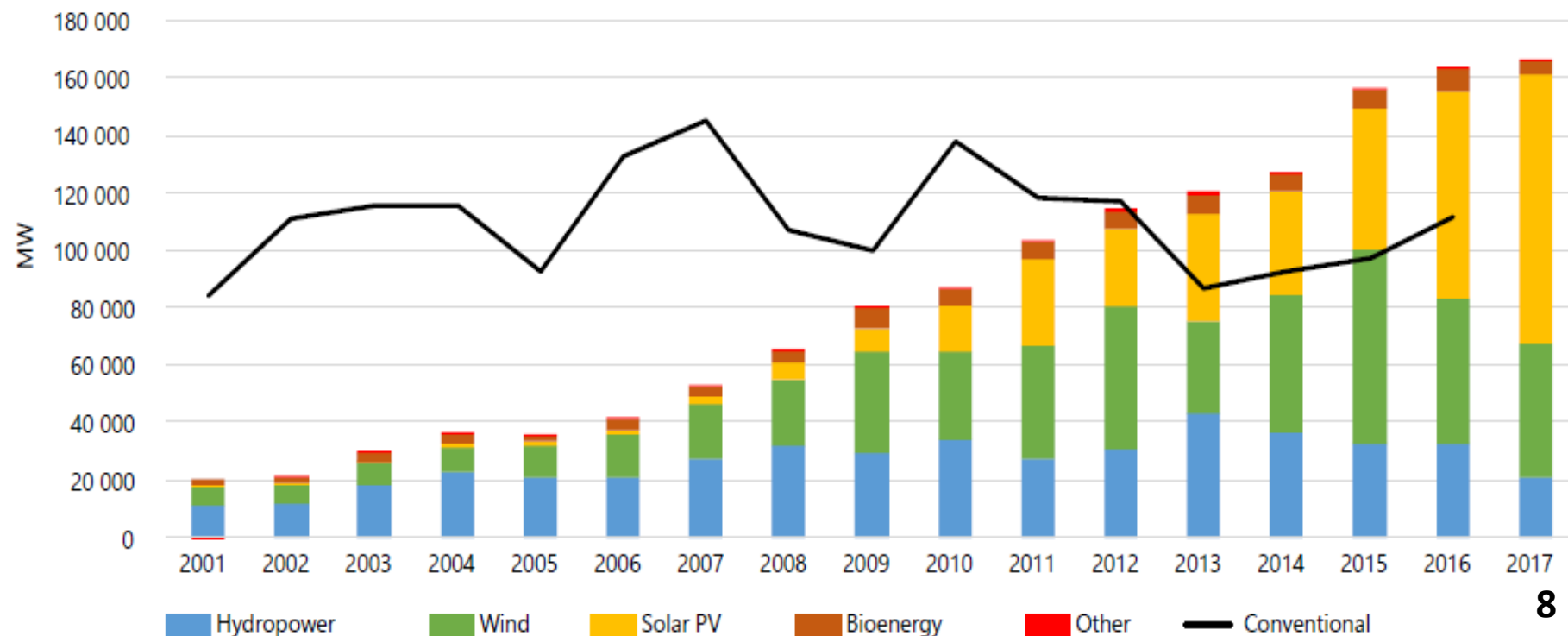


# Прирост мощности ВИЭ в мире

The energy transition



Global capacity addition, 2001-2017







## ВИЭ в разных частях света

### North America

Capacity 366 GW  
Global share 16%  
Change +19 GW  
Growth +5.4%

### Europe

Capacity 536 GW  
Global share 23%  
Change +24 GW  
Growth +4.6%

### Eurasia

Capacity 100 GW  
Global share 4%  
Change +4.1 GW  
Growth +4.3%

### Central America and the Caribbean

Capacity 15 GW  
Global share 1%  
Change +0.8 GW  
Growth +5.5%

### Middle East

Capacity 20 GW  
Global share 1%  
Change +1.3 GW  
Growth +7.1%

### Asia

Capacity 1 024 GW  
Global share 44%  
Change +105 GW  
Growth +11.4%

### South America

Capacity 211 GW  
Global share 9%  
Change +9.4 GW  
Growth +4.7%

### Africa

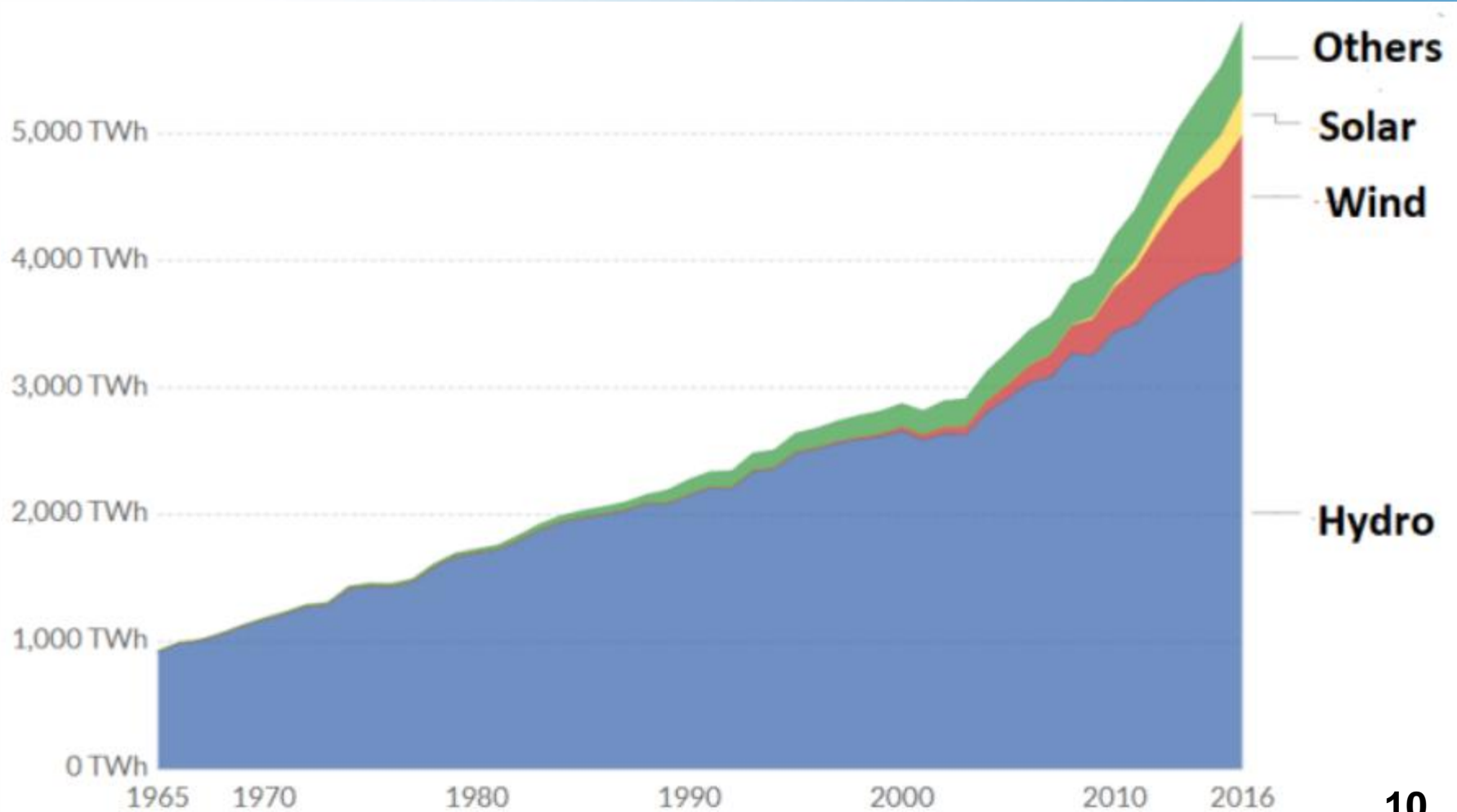
Capacity 46 GW  
Global share 2%  
Change +3.6 GW  
Growth +8.4%

### Oceania

Capacity 32 GW  
Global share 1%  
Change +4.8 GW  
Growth +17.7%



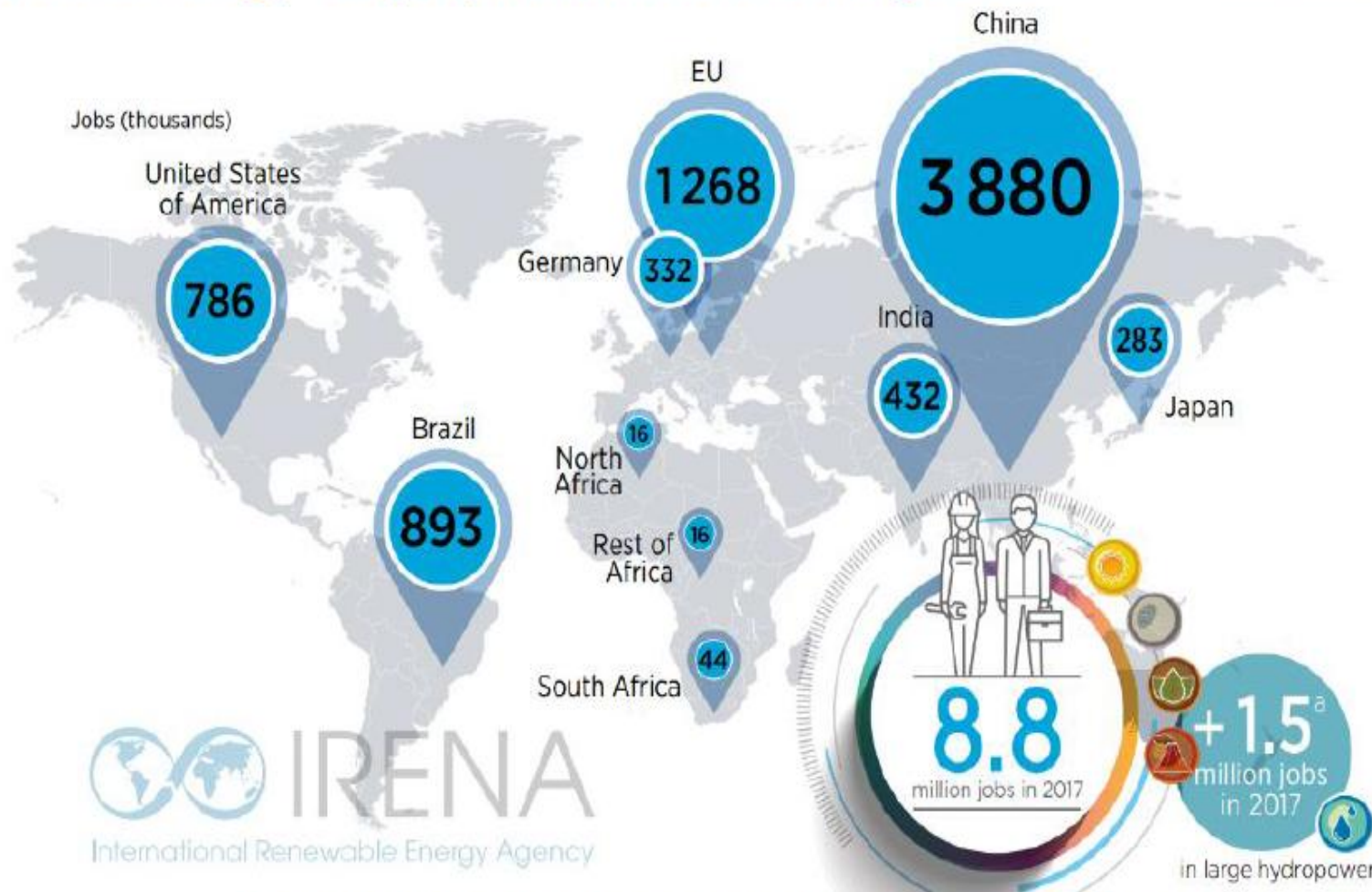
## Динамика потребления ВИЭ в мире (вода, ветер, солнце, др.)





## Раб. Места, тыс. чел.

## Renewable energy employment across the globe



## Ветроэнергетика Европы

По данным ассоциации WindEurope, ВЭС в 2018 г. обеспечили 14% производства ЭЭ в Европе (в 2017 году – 12%). В Дании ВЭС выработали 41% ЭЭ, в Ирландии – 28%, Португалии – 24%, Германии – 21%, Испании – 19%, Великобритании – 18%...

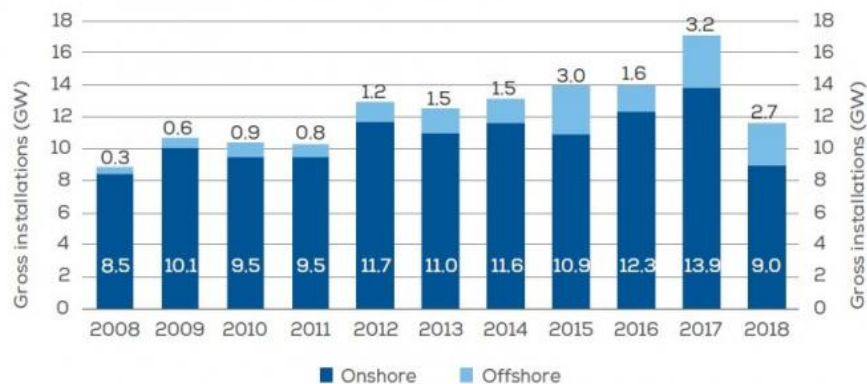
**Уст. мощность ВЭС в 2018 г. выросла на 11,3 ГВт, в т.ч. 8,6 ГВт на суше и 2,65 ГВт на море.** Это на 37% меньше, чем в рекордном 2017 г. и самый низкий результат с 2011 г. (рис. 1) - резкое падение в ФРГ из-за «плохо спланированных аукционов» и «проблем с выдачей разрешений», а также спадом в Великобритании.

Уст. мощность ВЭС достигла 189 ГВт (2-й график), в том числе 171 ГВт наземных ВЭС и 18 ГВт офшорных. Это 2-е место после газовой генерации, **но в т. г., вероятно, будет первой.**

**Средний размер ветротурбины в 2018 году, на материке 2,7 МВт, в офшорной – 6,8 МВт. Средний КИУМ на суше составил 22%, в море – 37%. Имеются уже 10-МВт-ные ветротурбины.**

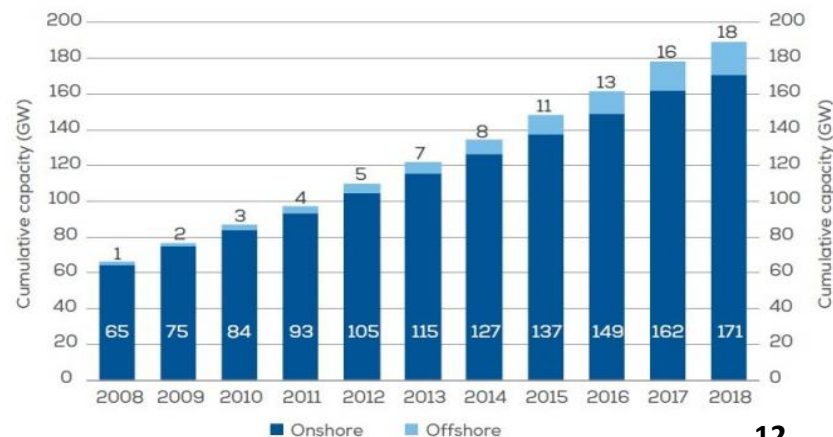
В 2018 г. рынок СЭС вырос на 36%. По оценкам, в 2019 г. отрасль вырастет ещё. Снижение стоимости оборудования, отмена пошлин на китайские солнечные панели, полная конкурентоспособность пром. Фотоэлектрических ЭС будут поддерживать дальнейший рост солнечной энергетики в Европе.

Gross annual onshore and offshore wind installations in Europe



Source: WindEurope

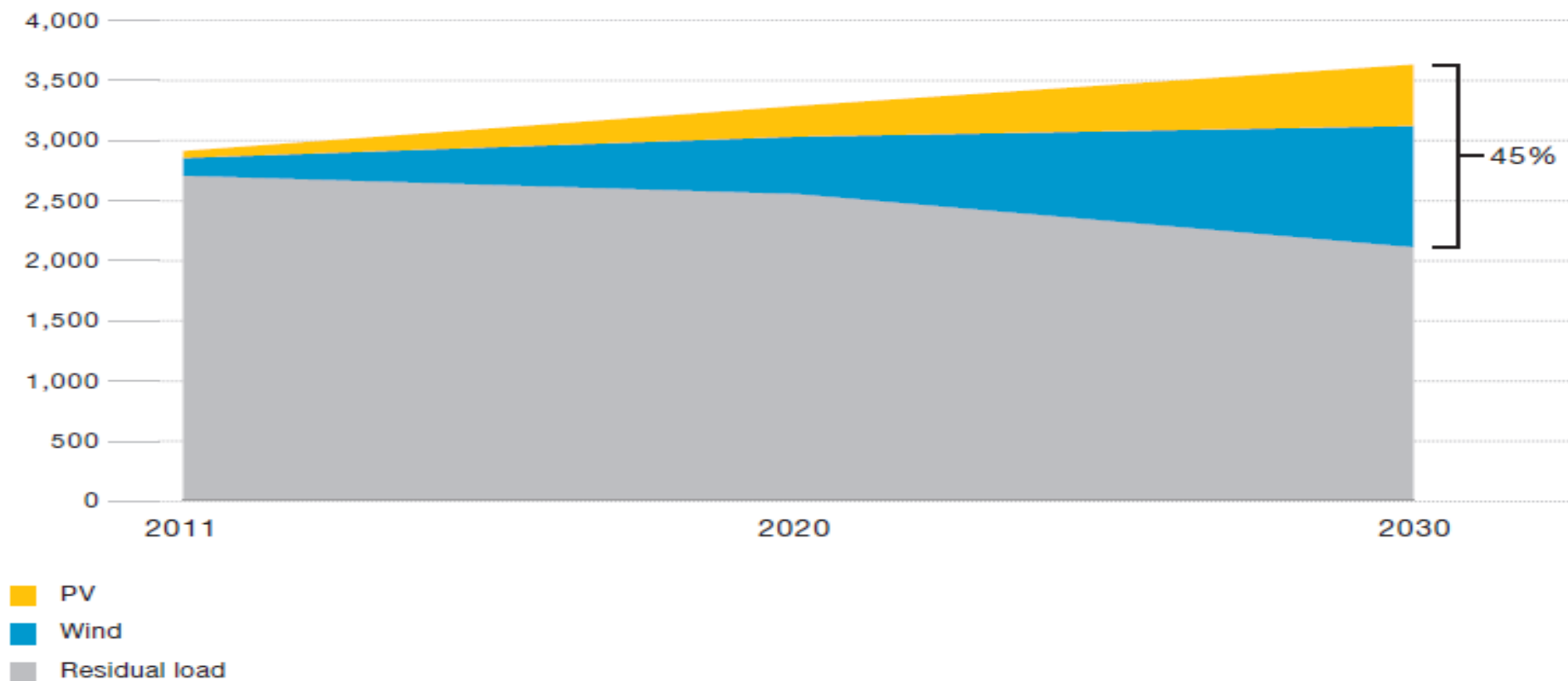
Cumulative onshore and offshore installations in Europe





## Прогноз производства ЭЭ на ВИЭ в Европе до 2030 г.

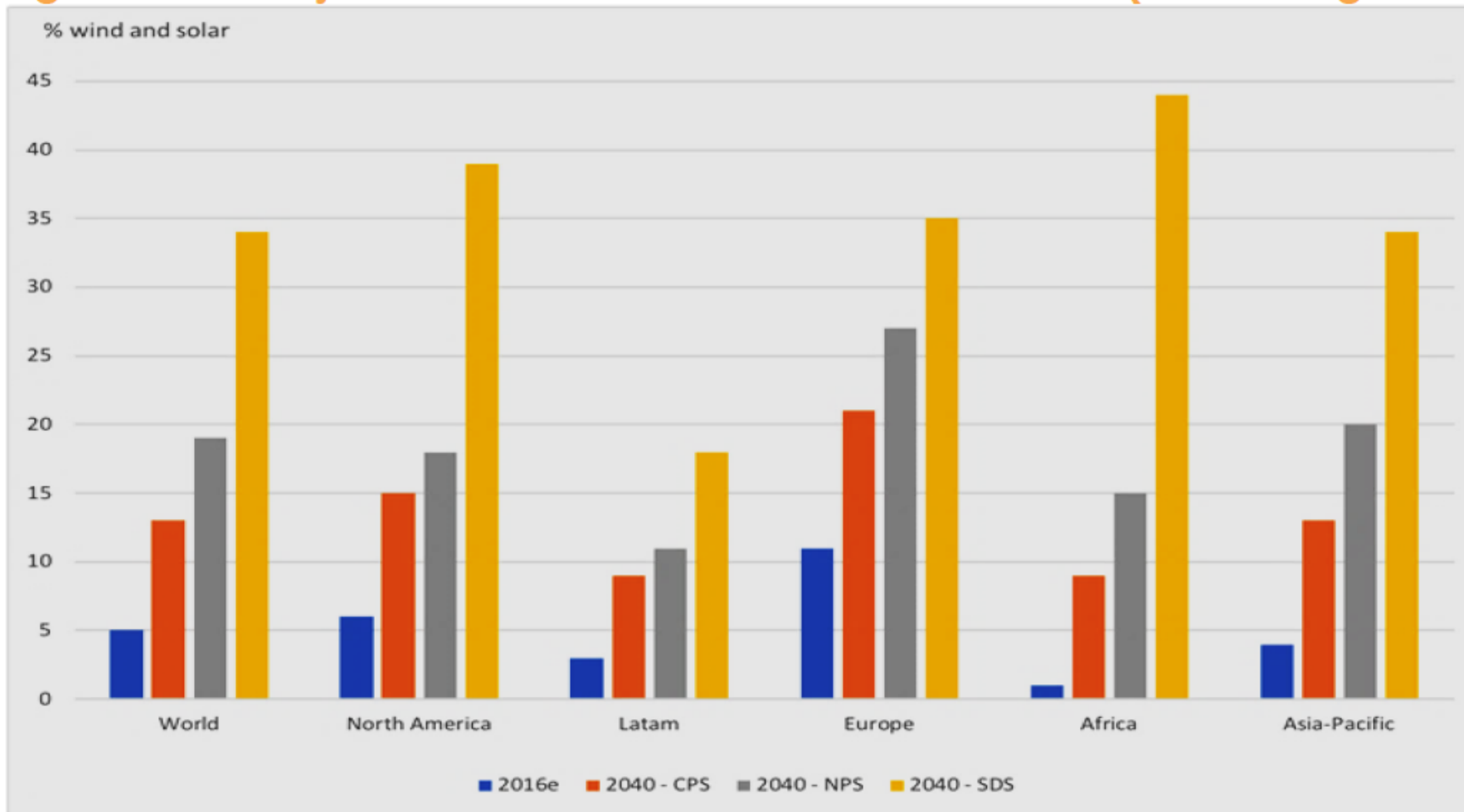
Figure 6 - Projected PV and wind contribution to final EU 27 electricity demand until 2030 (TWh)





## Прогноз доли ВИЭ (ВЭС-СЭС) в мире?! Сомнительный.

Figure 1: IEA Projections for Wind and Solar Market Share (% of total generation)



Source: IEA 2017



## Накопители, как и ВИЭ нерентабельны. Расчет.

Произведен расчет эффективности НЭ большой мощности при покупке ЭЭ в России и ее продаже в Финляндию на фактических данных 2016 г. (с учетом правил обоих рынков).

НЭ 1000 МВт с КПД 80% (чтобы продать 1 МВтч надо купить 1,25 МВтч), работающий 5-8 часов/сут. в режиме генерации.

Ночная цена определена как средняя из 5-8 последовательных минимальных часовых цен среднегодового суточного графика. Пиковая цена – аналогично, по 5-8 максимальным ценам. Принимается, что продолжительность заряда и разряда одинаковы.

Работа такого НЭ в ОРЭМ в роли экспортера рентабельна практически в объеме оплаты мощности (ок. 15%). **Экстремум рентабельности можно искать методом интервалов.** При 5 часах больше, чем при 8.

**При увеличении продолжительности генерации минимальная цена покупки увеличивается, а максимальная цена продажи уменьшается.**

### Выводы (не все универсальны) и комментарии

1. Работа накопителя в ОРЭМ в качестве генератора-экспортера с получением оплаты мощности по цене КОМ по реальным данным 2016 г. рентабельна (ок. 15%). (Без учета окупаемости.)

2. Чем меньше продолжительность заряда/разряда, тем рентабельнее купля/продажа ЭЭ (за счет большей разности между пиковыми и ночными ценами). Оптимум по продолжительности можно искать в зависимости от целей, приемлемо 5-6 часов/сут.

3. НЭ как отдельный бизнес никогда не окупится – разность между доходами и расходами лишь покрывает расходы на эксплуатацию;

4. На данных 2016 г. маржа от купли в России и продажи в Финляндии в 7-13 раз (в зависимости от продолжительности работы накопителя в режиме генерации) больше, чем маржа от купли и продажи в России (учитываются инфраструктурные платежи в России и плата за вход в Норд Пул).



## Проблема накопления/сохранения ЭЭ

Накопители как отдельный бизнес по купле/продаже ЭЭ нерентабельны.

**Тем не менее развивается и ВИЭ, и НЭ.**

Разные подходы: Напр., Немецкий НИИ не видит энергосистему Германии в 2050 г. с накопителями. Считают, что сохранение энергии предпочтительно в виде тепловой, без обратного превращения в электрическую. Теплая вода может использоваться для жилищно-коммунальных нужд.

С другой стороны, хранение ЭЭ они видят в метанизации ( $\text{CH}_4$ ) водорода, получаемого из воды путем электролиза.

Подключённые к сети батареи малой емкости или «коммунальные батареи» могут быть экономически целесообразны в сочетании с децентрализованными источниками энергии (напр., домашние НЭ – в приложении).





### Накопители обеспечивают:

- ✓ управление режимами нагрузки — выравнивание суточного графика нагрузки;
- ✓ управление потоками мощности — питание местных нагрузок (вместе с общей сетью);
- ✓ резервирование выпадающей мощности;
- ✓ выравнивание графика генерации ВИЭ;
- ✓ участие в регулировании напряжения и частоты;
- ✓ повышение качества электроэнергии — поддержание стабильности напряжения в т.ч. непосредственно у потребителей, особенно при резко переменном характере нагрузки (источник для бесперебойного электроснабжения);
- ✓ поддержка работы потребителей с режимами частого торможения и пуска, особенно, в режимах рекуперативного торможения;
- ✓ неоднократно ставился вопрос участия НЭ в ПА.
- ✓ Накопители позволяют снизить диапазон регулирования электростанций, работающих в базисном режиме.

**Очень большой вопрос – оптимизация работы НЭ. Не все указанные функции совместимы. Кроме оплаты мощности (в ОРЭМ РФ) возможно участие в рынке ЭЭ?**



## Глобальный рынок систем хранения энергии **до 2024 года** вырастет в **13 раз** (апрель, 2019)

Статистика Консалтинговой компании Wood Mackenzie по разворачиванию систем хранения энергии в мире и прогноз развития рынка до 2024 года: Global energy storage outlook 2019: 2018 year-in-review and outlook to 2024.

Ожидается, что к 2024 году объём рынка систем накопления энергии (СНЭ) в натуральном выражении (накопленным итогом) вырастет в 13 раз — с 12 ГВтч до 158 ГВтч.

За один только 2024 год будет построено 15 ГВт/41 ГВтч НЭ.

Среднегодовой рост емкости СНЭ, установленных в 2019-2024 гг., составит 39%. В 2013-2018 гг. рынок рос в среднем на 74% в год, но он стартовал с нулевого уровня и за это время было установлено «всего» 7 ГВт/12 ГВтч.

В последние годы рынок растёт колоссальными темпами. **В 2018 г. было построено 3,3 ГВт/6 ГВтч**, объемы выросли на 140% по сравнению с 2017 г. Накопленный объём инвестиций в системы хранения энергии, не считая ГАЭС, **к 2024 г. достигнет \$71 млрд.** В одном лишь **2024 г. инвестиции составят \$14 млрд.** На рынке будут доминировать США и Китай, на которые к 2024 г. будет приходиться 54% емкости установленных в мире СНЭ.

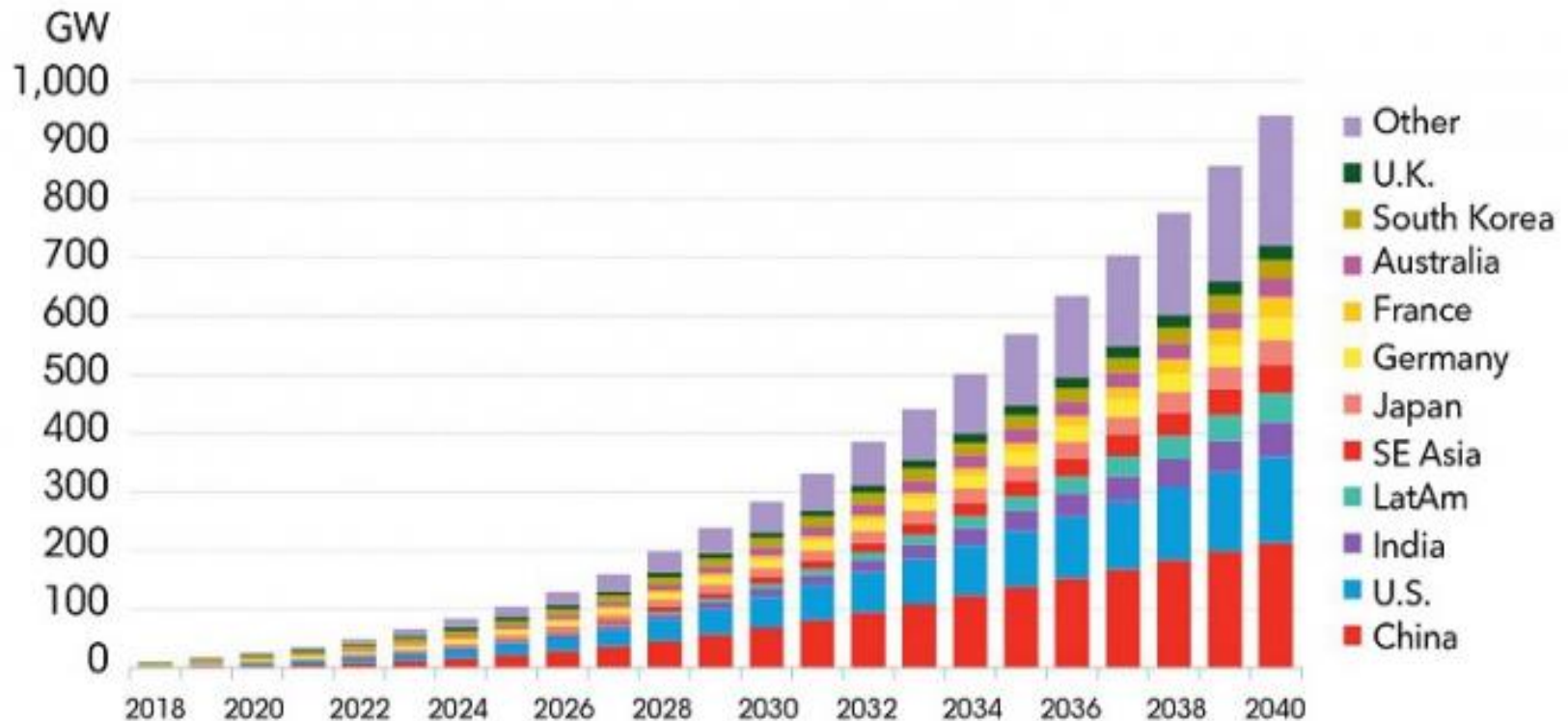
Компания Bloomberg NEF подчеркивает быстрое падение стоимости литий-ионных аккумуляторов, что, разумеется, отразится на темпах их внедрения в мире.



## Развитие накопителей до 2040 г.

К 2040 г. уст. мощность НЭ в мире (*без учёта ГАЭС*) достигнет 942 ГВт, а их ёмкость – 857 ГВтч. Объем инвестиций на данном рынке (суммарно за 22 года) достигнет \$1,2 трлн.

Global cumulative storage deployments





Такой рост (*пред. слайд*) станет возможным в связи с быстрым снижением стоимости батарей. До 2030 г., по прогнозу BNEF, кап. затраты на литий-ионные аккумуляторы снизятся на 52%. 2/3 этих мощностей будут сконцентрированы в девяти странах – Китае, США, Индии, Японии, Германии, Франции, Австралии, Южной Корее и Великобритании (*СНГ и России здесь нет*).

Бурный рост НЭ ожидается и в развивающихся странах, удаленных и изолированных регионах. **Комбинация СЭС, накопителя и дизеля «в дальних углах» дешевле, чем расширение сети или генерация на основе ископаемого топлива.**  
**Считается, что прирост мощности НЭ опережает прирост уст. ген. мощности на основе ВИЭ.**

В Германии доля ВИЭ в производстве ЭЭ в 2018 г. 38%. Рост составил 9,3% по сравнению с аналогичным периодом 2017 г. В том числе солнечная генерация увеличилась на 16%.

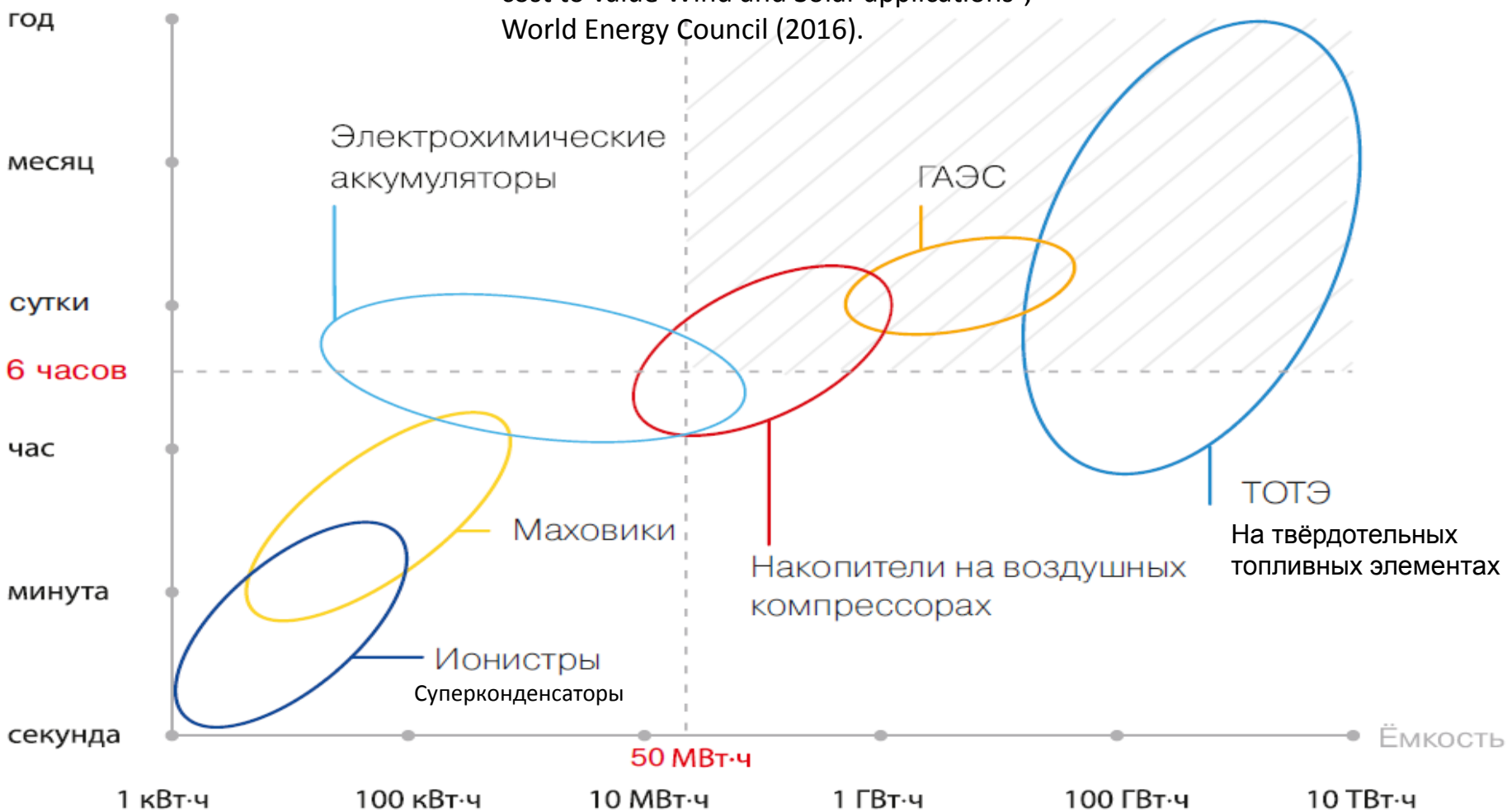
Последовательное сокращение использования угля в электроэнергетике вплоть до полного отказа от него в **долгосрочной перспективе является целью правительства Германии, которое в рамках борьбы против изменения глобального климата хотело бы к 2030 году довести долю «зеленого электричества» до 65%.**



## Типы Накопителей (см. также приложение 1)

Время разряда  
при номинальной мощности  
год  
месяц  
сутки  
6 часов  
час  
минута  
секунда

Из отчёта “World Energy Resources, E-storage: Shifting from cost to value Wind and Solar applications”,  
World Energy Council (2016).





## Пределы ВИЭ.

**Не все считают возможным полностью перейти на ВИЭ** (Ан. Вассерман – ФРГ признала провал программы ВИЭ; ВЭС или СЭС за весь срок службы вырабатывает меньше ЭЭ, чем истрчено на их изготовление. За то суммарные токсичные выбросы всякой дряни больше, чем от ТЭС/АЭС. Нет ВИЭ, и об этом знали заранее.

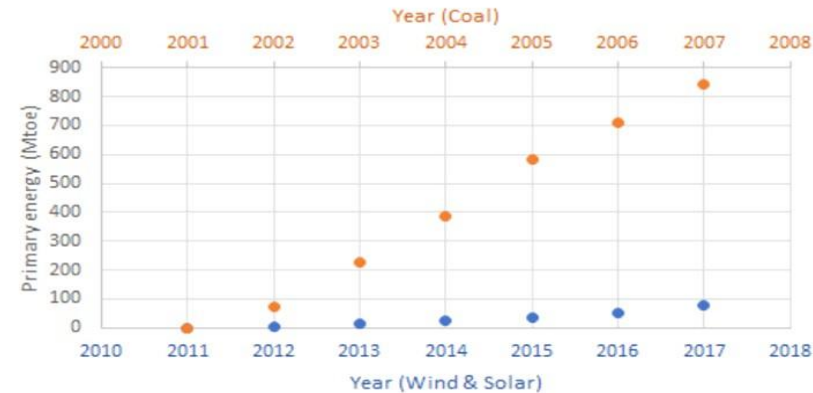
Фундаментальные ограничения, не позволяющие ветру и солнцу окончательно захватить рынок, сводятся к следующим:

➤ нестабильность этих источников, приводящая к резкому падению их ценности и постоянной зависимости от субсидий;

➤ слабая корреляция между доступностью ветровой и солнечной энергии и плотностью населения;

➤ доступных ветровых и солнечных мощностей хватает лишь для удовлетворения 22% мировой потребности в энергии (Шальк Клоете=Schalk Cloete);

➤ нельзя все яйца класть в 1 корзину.



**Рост ВИЭ в Китае в 2010-х в сравнении с ростом угольной энергетики страны десятилетием ранее**

**ВЭС и СЭС, вместе взятые, в 2010-е годы растут 10 раз медленнее угольной энергетики в 2000-х при больших темпах развития.**



ВИЭ – ресурс, к-рый валяется под ногами, но трудно взять.

Энергобезопасность повышают – при больших ценах топлива и нежелании иметь АЭС выбирать легче.

## Благодарим за внимание

К Герих Валентин Платонович  
О Директор Департамента,  
Н Исполком ЭЭС СНГ  
Т 119049, г. Москва, Ленинский проспект, 9  
А т. (495) 710-58-00, доб. 46-63  
К моб. +79853647587  
Т ф. (495) 625-86-05  
Ы e-mail: [gvp@energo-cis.org](mailto:gvp@energo-cis.org)  
[www.energo-cis.ru](http://www.energo-cis.ru)



ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕТА СНГ

# Приложение 1. Накопители разные





## СПИНЭ

Весьма перспективными представляются сверхпроводниковые индуктивные НЭ (СПИНЭ) на основе как высокотемпературных сверхпроводников (азотный уровень), так и традиционных низкотемпературных (гелиевый уровень) сверхпроводящих материалов, характеризующиеся:

- ✓ высокой удельной мощности при достаточно низкой плотности энергии,
- ✓ быстрым реагированием (заряда-разряда),
- ✓ неограниченном числе циклов заряда-разряда,
- ✓ отсутствием движущихся частей,
- ✓ возможности быстрой перезарядки,
- ✓ высоким КПД (> 95%),
- ✓ возможность полной автоматизации ввода и вывода энергии.

В России разработкой СПИНЭ занимается, в частности, ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». С 2013 г. ООО «Центр энергоэффективности Интер РАО» совместно с профильными научными институтами и инжиниринговыми компаниями активно участвует в работе по совершенствованию систем накопления электрической энергии и улучшению технических характеристик сетевых накопителей.

Считается, что в настоящее время нет практических ограничений по созданию агрегатов первого типа мощности до 300-400 МВт и второго типа мощности 800-1600 МВт.

### **Создан первый в мире высокоэффективный ГВт-ный крио-НЭ (июль 2019)**

Британская компания Highview Power ввела в эксплуатацию «первый в мире» сетевой пром. НЭ на основе сжиженного воздуха - 5 МВт/15 МВтч. Компания заявила, что она разработала такую же «криогенную» систему «ГВт-ного размера». Она называется **CRYOBattery**.

Отмечают, что новый НЭ может предложить приведённую стоимость хранения на уровне **140 \$/МВтч** (для 10-часовой системы **200 МВт** и **2 ГВтч**). Для сравнения: **крупные литий-ионные системы - 204-298 \$/МВтч**.

**«Это делает замену пиковых газовых ЭС комбинацией СЭС, ВЭС и НЭ жизнеспособной реальностью и закладывает основу для будущего, где 100% мировой ЭЭ поступает из чистых источников», — исп. директор Highview Power Хавьер Кавада.**



## **Использование сжиженного воздуха для накопления энергии (июнь, 2018)**

Компания Highview Power открыла первый в мире накопитель энергии на основе резервуара для хранения жидкого воздуха промышленной мощности. Эта технология может составить конкуренцию другим типам накопителей.

Технология представляет собой относительно простой процесс, который включает использование непикового или возобновляемого электричества для охлаждения воздуха до  $-196^{\circ}\text{C}$ , после чего он превращается в жидкость, которая может эффективно храниться в изолированных сосудах низкого давления. Когда жидкий воздух высвобождается из этих сосудов, он возвращается в газообразную форму. При этом он быстро расширяется в объеме, приводя в движение турбину, которая связана с генератором.

Технология имеет потенциал для обеспечения более длительного хранения энергии, чем могут предложить батареи. Сейчас, опытная установка в северо-западной Англии вблизи Манчестера – **5 МВт/15 МВтч**. Представители Highview говорят, что технологию можно легко масштабировать до сотен МВт.



## Накопитель компрессорный

Для энергосистем наряду с ГАЭС могут быть использованы накопители на основе сжатого воздуха. Избыточная ЭЭ питает мощные компрессоры, закачивающие воздух под давлением в резервуар (природные подземные полости, солевые каверны). Запасенная энергия пропорциональна произведению

объема хранилища на разность давлений воздуха в заряженном и разряженном состоянии.

Такой НЭ в США – 250 кВт/1 МВтч, давление воздуха в баллонах 200 атм.



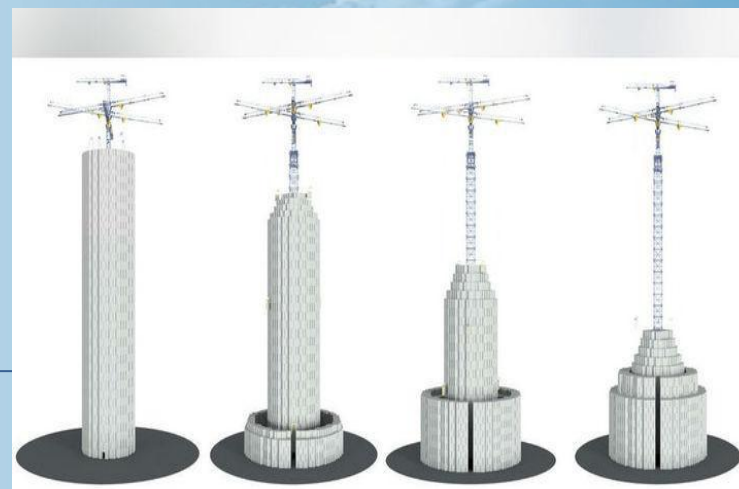
## Гравитационный НЭ-1

Индийская компания Tata Power Company Limited заключила контракт с швейцарской компанией **Energy Vault** на изготовление гравитационного НЭ.

Подъем бетонных блоков на заданную высоту (заряд) и спускание их вниз (разряд) преобразовывает энергию туда/сюда.

НЭ 4 МВт/35 МВтч представляет собой шестисекционный подъемный кран с программным управлением, к-рый в процессе зарядки НЭ формирует башню из бетонных блоков весом 35 т каждый. При разрядке башня разбирается путем перемещения отдельных блоков вниз.

На максимальную мощность накопитель выходит за 2,9 с. КПД достигает 90%, а срок эксплуатации – 30-40 лет. Стоимость гравитационного НЭ ок. \$7,7 млн. 1 кВтч ЭЭ, вырабатываемой накопителем, будет на 50% ниже, чем у НЭ других типов.





## Гравитационный НЭЭ-2

Компания "Энергозапас" (Новосибирск) разработала архитектурную концепцию гравитационного НЭЭ (применяемое название – **твердотельная аккумулирующая электростанция = ТАЭС**), к-рый построят на территории Фонда "Сколково" в Москве. Сооружение – башня цилиндрической формы высотой 80 м с диаметром основания 32 м, 4 МВт/0,5 МВтч. КПД предполагается 80%.

Бахрейн проявил интерес к покупке российского 300-м НЭ. Указанная башня 80 м будет прототипом, на к-ром будут отработаны технологии перед созданием промышленных образцов высотой 300 м и более. РГ НТИ EnergyNet подписала предв. соглашение о сотрудничестве с инвест. компанией Бахрейна Riyadh Group Companies, но для продолжения обсуждения надо сначала увидеть башню 80 м. Стоимость 300-м башни составит более \$1 млрд.

Считают (авторы) считают, что ТАЭС будет превосходить ГАЭС по эффективности.



## Тепловой накопитель

***Впервые в мире: Siemens Gamesa начинает экспл. инновационной системы накопления энергии*** (июнь, 2019)

Системы хранения ЭЭ бывают и brutальными, дешевыми и практичными. Вместо того, чтобы заряжать сложное устройство – электрохимическую батарею, нагревают ЭЭ-й простой камень.

Пилотная установка ETES (electric thermal energy storage) в Гамбурге на месте выведенной из эксплуатации традиционной ЭС преобразует ЭЭ в горячий воздух, используя резистивный нагреватель и воздухоподувку, чтобы нагреть около **1000 т** вулканической породы **до 750°C**.

Накопленная тепловая энергия преобразуется обратно в ЭЭ с помощью паровой турбины. Благодаря эффективной изоляции тепло может храниться в течение недели или дольше.

Siemens Gamesa заявляет, что экспериментальная установка может сохранять до 130 МВтч в течение недели. Эта ЭЭ будет продаваться на рынке местной коммунальной компанией Hamburg Energie.

В системе используется 80% готовых компонентов и существующих мощностей по производству и передаче электроэнергии от выведенной из эксплуатации ЭС, что позволяет держать затраты на очень низком уровне. В пресс-релизе отмечается, что представленная «технология снижает затраты на большие хранилища энергии до долей от обычного для накопителей на основе аккумуляторных батарей уровня».



## **Бактерии могут хранить энергию лучше литий-ионных аккумуляторов (апрель, 2019)**

Исследователи из Стэнфордского университета предлагают подход, основанный на использовании биологических систем.

Идея в том, чтобы применить избыточную ЭЭ (ВИЭ) для расщепления воды на кислород и водород — и передать эти компоненты бактериям. На основе этого водорода, а также углекислого газа из воздуха бактерия *Methanococcus maripaludis* производит метан. Этот газ легко собирать и хранить. А главное — его просто использовать: в моменты пикового спроса или безветренную погоду полученный метан можно сжечь так же, как ископаемые источники топлива.

Еще один существенный плюс — экономия. В отличие от аккумуляторов, метан можно преобразовывать в ЭЭ с помощью существующей инфраструктуры.

Исследователи надеются, что им удастся масштабировать технологию и сделать ее экономически эффективной. Крупнейшая в мире система хранения солнечной энергии создается во Флориде. Установку мощностью порядка 400 МВт построит компания Florida Power & Light.



## Маховиковый накопитель

*Французы строят маховиковый накопитель энергии из бетона (май, 2019)*

Французская компания Voltalia, крупный разработчик проектов в области возобновляемой энергетики, за плечами которой ГВт-ы построенных объектов, взялась за строительство НЭ маховикового типа (flywheel) из бетона. Такое оригинальное решение предложил французский стартап Energiestro.

Система небольшой мощности 10 кВт/10 кВтч будет установлена на площадке Voltalia во Французской Гвиане. Маховиковые системы накапливают кинетическую энергию вращения для последующей выработки электричества.

ENERGIESTRO производит маховик из недорогого материала — напряженного бетона. Раньше такие устройства изготавливались из высокоэффективных, но очень дорогих материалов: углеродных волокон или высокопрочной стали. **Новый материал позволит в десять раз снизить стоимость хранения энергии, считает компания.** Чтобы еще больше снизить стоимость, Energiestro использует вместо дорогих магнитных подшипников простые шариковые подшипники с пассивным магнитным упорным подшипником, который необходим для решения проблемы смазки в вакууме (устройство запатентовано во всем мире). Помимо использования дешевых материалов, преимуществами указанного решения являются неограниченное количество циклов, устойчивость к экстремальным температурам и отсутствие потенциального вреда для окружающей среды.

**По информации сайта Energiestro, комбинация их маховиков и СЭС способна вырабатывать ЭЭ круглосуточно по цене 40 €/МВтч .**





## Домашние накопители энергии-1

### *Европейский рынок домашних накопителей энергии в 2017 году* (май, 2018)

Компания EuPD Research опубликовала исследование европейского рынка домашних накопителей энергии. В 2017 г. в Европе было установлено порядка 50 000 таких устройств, тогда как в предыдущем году объём рынка составил всего 31 000 штук.

Основным потребителем домашних НЭ в Европе является Германия, где в 2017 году было установлено 37000 штук (74%). Италия занимает 10% европейского рынка, Великобритания – 6%. Среди производителей с большим отрывом лидируют Sonnen и LG Chem, занимающие 21% и 20% рынка, соответственно (в 2016 г. компания LG Chem владела всего 10% долей европейского рынка, то есть в 2017-м компания значительно упрочила позиции).

В Германии (в сентябре, 2018) состоялся торжественный запуск 100.000-ного домашнего НЭ (немецкий Союз солнечной энергетики BSW-Solar).

Сегодня в ФРГ каждая вторая СЭС покупается вместе с НЭ, который позволяет существенно увеличить долю собственного потребления солнечного электричества. Ну и для энергосистемы от накопителей большая польза – они сглаживают пики производства и потребления энергии. Рынок (количество НЭ) удваивается каждые 2 года.

Продолжающееся снижение стоимости НЭ может даже ускорить развитие. Ожидается, что отметку в 200 .000 рынок может преодолеть в течение следующих 2 лет.



## Домашние НЭ-2 (февраль, 2019)

Концерн Siemens представил новый продукт, домашний накопитель энергии с литий-ионными аккумуляторами Junelight Smart Battery.

Как сообщает компания, устройство оптимально регулирует процессы загрузки и выгрузки энергии в зависимости от прогноза выработки СЭС, а также от профиля потребления домохозяйства. Все потоки энергии (выработка-хранение-потребление-передача в сеть) доступны для просмотра потребителем в режиме реального времени через мобильное приложение.

Емкость накопителя может быть адаптирована к индивидуальным требованиям. Покупатель имеет возможность установить до **6** акк. **блоков** с чистой емкостью **3,3 кВтч каждый**. То есть максимальная ёмкость составит 19,8 кВтч. Аппаратное обеспечение Junelight Smart Battery стандартно оснащено всеми соответствующими соединениями для будущих расширений функций.

Нефтегазовый концерн Shell объявил о приобретении 100% акций немецкого производителя домашних НЭ «инновационных энергетических услуг» Sonnen (февраль, 2019). В феврале 2019 г. в собственность нефтегазового концерна Shell перешли все 100% акций Sonnen.

Sonnen является одним из крупнейших мировых игроков в области домашнего хранения энергии. В Европе он занимает 1-е место с рыночной долей 21% (2017 год). Sonnen имеет производственные площадки в разных странах. В прошлом году был открыт завод в Австралии с плановым объемом выпуска 10 000 НЭ/год. Во всех этих странах присутствует и Shell.

Поскольку нефтегазовый концерн всё больше диверсифицируется, становясь энергетической компанией, возможна синергия.

«Sonnen позволит предложить больший выбор клиентам, к-рые ищут надежную, доступную и более чистую энергию», — сказал Марк Гейнсборо, исп. вице-президент Shell по новой энергетике. «Вместе мы сможем ускорить создание ориентированной на клиента энергосистемы в поддержку стратегии Shell по предложению более чистых энергетических решений для клиентов».

Продукт в продаже в Германии и на рынке Австрии с апреля 2019 г.



## Домашние НЭ-3 (сентябрь, 2018)

### *Домашние системы хранения энергии бьют рекорды популярности в США*

Колоссальный рост рынка сдерживают только перебои в поставке аккумуляторов — производители не справляются с возрастающим спросом. **Ажиотаж мешает снизить цены**, но покупателей это не смущает. Согласно отчету Wood Mackenzie Power & Renewables лидерами рынка стали Калифорния и Гавайи — в совокупности на них приходится 72% всех установленных домашних НЭ. Скорее всего, они и дальше сохранят свои позиции, хотя шанс потеснить эти два штата будут у Массачусетса и Аризоны, если они начнут активнее развиваться в этом направлении, пишет PV Magazine. По последним данным, во 2-м кв. 2018 г. домовладельцы США установили системы хранения энергии на 156,5 МВтч. Это на 24% больше, чем за 1-й кв. 2018. А по сравнению со 2-м кв. 2017 рост составил рекордные 200%.

Существующих производственных мощностей сейчас не хватает, чтобы обеспечить беспрецедентный спрос. В частности, Tesla временно приостановила производство Powerwall, чтобы сконцентрировать все ресурсы на выпуске Model 3. А для покупки конкурирующих систем хранения энергии от Sharp Smart Storage приходится за полгода записываться в лист ожидания. Из-за этого цены на аккумуляторы снижаются не так заметно, как ранее прогнозировали эксперты. По данным Wood Mackenzie, системы хранения в нынешнем году станут дешевле всего на 5% (см. рисунок ниже).



## Бывш. Западный Берлин

Крупнейшим в Европе накопителем на основе кислотно-свинцовых батарей, использовавшимся с 1987 по 1992 год для регулирования частоты в островной энергосистеме и как мгновенный резерв мощности, является установка в энергокомпании BEWAG в Западном Берлине. Мощность двухмодульной аккумулирующей системы – 17 МВт (2 x 8,5 МВт), запасаемая энергия – 14,4 МВтч, время работы – 20 мин.



## **В Японии разработаны самовосстанавливающиеся батареи** (май, 2019)

У современных аккумуляторов есть две наиболее важные характеристики — емкость и срок службы. Японские инженеры разработали новый материал, способный значительно увеличить и то, и другое.

Большинство современных батарей — литий-ионные, но есть и другие, например, натриевые. Оба типа способны аккумулировать большой объем энергии, но страдают от одного и того же недостатка: частые циклы зарядки и разрядки со временем существенно сокращают их емкость.

В ходе зарядки и разрядки слои металла разрушаются, появляются трещины или хлопья — так называемый дефект упаковки. Он возникает из-за того, что материал сдерживает слабая **вандерваальсова сила** (межатомное притяжение), которую легко преодолевает нагрузка, возникающая во время использования батареи.

Профессор *Ацуо Ямада* и его коллеги продемонстрировали, что, если изготовить батарею из материала  $\text{Na}_2\text{RuO}_3$ , происходит нечто неожиданное — не только уменьшается разрушительное воздействие циклов зарядки и разрядки, но и слои металла начинают самостоятельно восстанавливаться. Это происходит благодаря сдерживающей слои кулоновской силе, которая намного сильнее вандерваальсовой.

«Это значит, что у батарей значительно возрастет срок службы, а также что их можно будет подвергать таким нагрузкам, которые сейчас разрушают их, — говорит *Ямада*. — Повышение энергетической плотности батарей — крайне важная задача для электрического транспорта».



ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕТА СНГ

# Приложение 2

## О развитии ВИЭ-генерации



## Космическая СЭС

Китай приступил к разработке первой космической СЭС на высоте **36 000 км над Землей**, где независимо от времени суток, метеоусловий и атмосферы, она сможет эффективно и постоянно собирать солнечную энергию для последующей ее передачи на наземные станции.

ЭЭ будет преобразовываться в микроволны или лазерный луч для передачи на специальные коллекторы на Земле. Космическая СЭС сможет обеспечивать поставку ЭЭ практически постоянно и **в 6 раз** эффективнее, чем на Земле.

В 2021-2025 г.г. в стратосферу планируется запустить несколько компактных прототипов для сбора солнечной энергии и проведения испытаний по ее передаче на наземный коллектор. К 2030 г. хотят вывести на околоземную орбиту электростанцию МВт-ного класса, а к 2050 г. – ГВт-ного.

Отмечается, что главная проблема — это вес станции, к-рый, согласно текущим оценкам, будет составлять ок. 1000 т. (вес МКС, напр., 400 т).



## Новое в ВИЭ-генерации-1

В Германии интересный пилотный проект с использованием **двусторонних солнечных фотоэлектрических модулей**. 5700 двусторонних панелей, вмонтированные в 2800 монтажных профилей, выдают 2 МВт. **Вертикальная установка модулей и их ориентация на восток и запад позволяет существенно сдвинуть пики выработки — с середины дня на утренние и вечерние часы**. Пробная эксплуатация показала, что объект вырабатывает примерно на 10% больше электроэнергии, чем обычная СЭС с использованием односторонних модулей и их ориентацией на Юг.

У данной конфигурации есть ещё ряд преимуществ. Лишь 10% земельного участка площадью около **10 га**, на котором расположена станция, использовано под размещение генерирующих устройства. Остальная площадь может быть использована в с/х целях. **Вертикальное размещение солнечных панелей практически полностью снимает проблему их загрязнения, что увеличивает выработку и снижает операционные затраты**. Доля двусторонних модулей на рынке, по оценкам специалистов, будет быстро расти и уже через 10 лет дорастёт до 30-35%.







## Новое в ВИЭ-генерации-2

В Великобритании разработали турбину, которая ловит ветер со всех сторон, за что Британия в этом году присудила Премию Джеймса Дайсона ее двум инженерам за прототип ветряной турбины, способной улавливать ветер вне зависимости от его направления, в том числе **и вертикально, что наблюдается, например, в городах.**

Турбина «O-Wind Turbine» — шар диаметром 25 см, внутри которого расположены оси. Геометрическая структура лопастей вращает сферу, с какой бы стороны ни дул ветер. Дальнейшая работа — найти способ удешевить конструкцию. Отмечается, что в Великобритании за первые три месяца 2018 энергия ветра дала больше ЭЭ, чем все восемь АЭС, и уступила только природному газу.





## СЭС на шпалах

Компания Bankset Energy Corporation (Лондон) заявляет амбициозные планы установить колоссальные объемы мощностей СЭС на шпалах железных дорог по всему миру.

Реализован первый (пилотный) проект в Швейцарии. В Германии начат другой — по установке 200 МВт на 1000-км участке ж.д.

Компания также работает над проектами в Великобритании, США, Франции, Китае и Италии. Глава компании утверждает, что она может осваивать 1000 км за 1-4 месяца. Технология довольно проста - солнечные модули собственного дизайна устанавливаются на ж.д. шпалы.

При этом существуют разные варианты операционной модели. Снабжение электричеством вокзалов, передача электричества на ж.д. ЛЭП, передача ЭЭ в локальную или национальную сеть и т.д.





## Плавучие электростанции-1

Крупнейшая плавучая СЭС 40 МВт в Китае. Это экономия земли при высокой плотности населения, а также естественное охлаждение. СЭС расположена на затопленном бывшем угольном месторождении, малопригодном для др. целей место. Глубина – 4-10 м.



1-я в мире плавучая ВЭС 30 МВт (5 по 6 МВт ветряных турбин), введенная в эксплуатацию в прошлом году в шотландских водах, успешно работает.

Во-1-х, она удачно пережила штормовую погоду, в том числе декабрьский ураган «Каролина», когда скорость ветра превышала 160 км/час, а высота волн достигала 8,2 метра.

Во-2-х, **КИУМ** превысил прогнозные расчеты, и в среднем за ноябрь-январь **составил 65%** (что соизмеримо с КИУМ ТЭС, а **оффшорные ВЭС на фиксированном фундаменте, зимой показывают КИУМ в интервале 45-60%**). Компания Statoil видит большие перспективы плавучих ВЭС, поскольку 80% офшорного ветрового потенциала находится над большими глубинами.





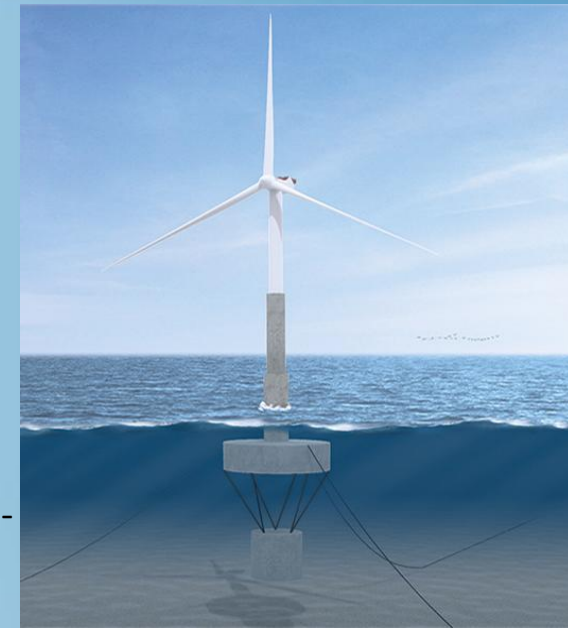
## Плавучие электростанции-2

В прибрежных водах Испании, вблизи Канар, установлена 1-я в мире телескопическая ветротурбина, использующая самостоятельно дрейфующую за счет гравитации основу и самоподнимающуюся телескопическую башню, сделанные из бетона, которые можно полностью собрать в порту и отбуксировать к месту. Прототипом послужила турбина компании Siemens-Gamesa мощностью 5 МВт – башня из трех секций.

Технология является центральным элементом проекта H2020 PELICAN, реализуемого испанской инжиниринговой компанией Esteyco. Проект на 70% финансируется Еврокомиссией в рамках программы Horizon 2020 в части ВИЭ-генерации. **Цель проекта - установить донную морскую ветряную турбину без участия дорогостоящих судов большой грузоподъемности.** Все компоненты собраны на суше, и турбина отбуксирована к месту установки, что более эффективно и экономно.

Отмечается, что **в России, помимо плавучей АЭС (ПАТЭС Ломоносов), может появиться и плавучая ТЭС на сжиженном газе мощностью 50-60 МВт (ПТЭС-50), конкурс на разработку проекта за 45 МР** объявило ЦКБ «Айсберг». Исполнитель должен описать перспективы ПТЭС-50, ее цену и затраты на обслуживание. Проект разрабатывается **«в интересах «Интер РАО»** (Минпромторг), где подтвердили возможность участия в конкурсе. Эксперты отмечают, что за рубежом также разрабатывают ПТЭС на СПГ.

Компании Японии, Германии, США, Южной Кореи, Китая инвестируют в разработку ПТЭС на СПГ до 500 МВт. **Основной технологический вызов - объединение хранения и регазификации СПГ с полномасштабной ТЭС.**





## Плавучая СЭС на Круонио ГАЭС (Литва)

Литовское агентство поддержки бизнеса планирует выделить €235.000 на проект строительства экспериментальной плавучей СЭС на площадке Круонио ГАЭС уст. мощностью 900 МВт, находящейся в управлении литовского гос. предприятия Lietuvos Energijos.

ГАЭС дает 94% резервов мощности в стране, что обеспечивает балансовую надежность.

Плавучая СЭС будет разработана Lietuvos Energijos совместно с учеными Каунасского техн. университета (КТУ). На начальном этапе планируется установить экспериментальную СЭС 60 кВт в верхнем бьефе ГАЭС и разработать алгоритм управления СЭС с учетом постоянно регистрируемых показателей работы энергосистемы и физических параметров функционирования ГАЭС.

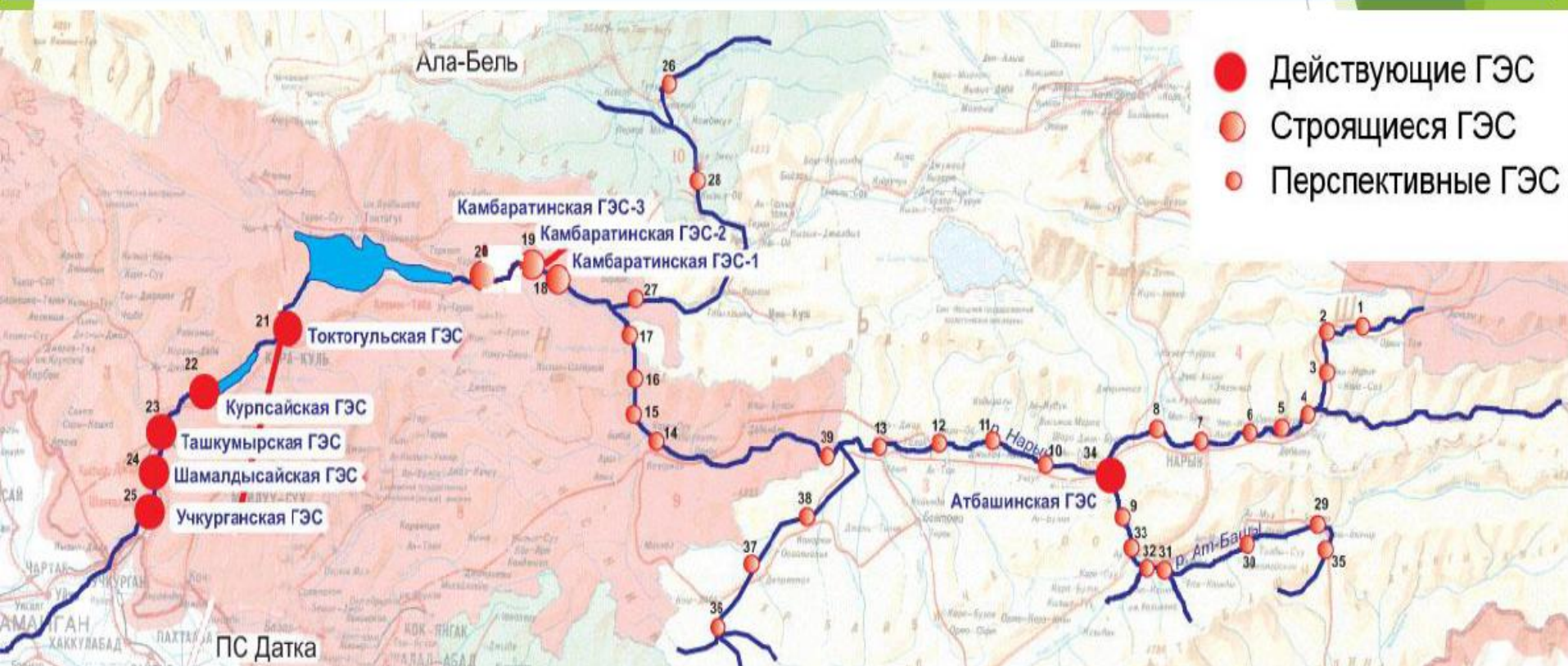
Основной этап реализации проекта планируется завершить к концу 2021 г. В будущем для размещения фотоэлектрических модулей СЭС будет использоваться весь верхний резервуар ГАЭС, более 300 га. СЭС будет сконструирована с учетом обеспечения устойчивости к воздействию льда и волн, а также к изменениям уровня воды в резервуаре ГАЭС.

Макс. мощность плавучей СЭС может составить 200-250 МВт. В сочетании с емкостными накопителями энергии использование СЭС позволит Lietuvos Energijos предоставлять надежные услуги по регулированию частоты и предоставлению резервов мощности, что имеет ключевое значение для Литвы как до, так и после 2025 г., когда планируется синхронное присоединение энергосистемы страны к континентальной европейской энергосистеме.



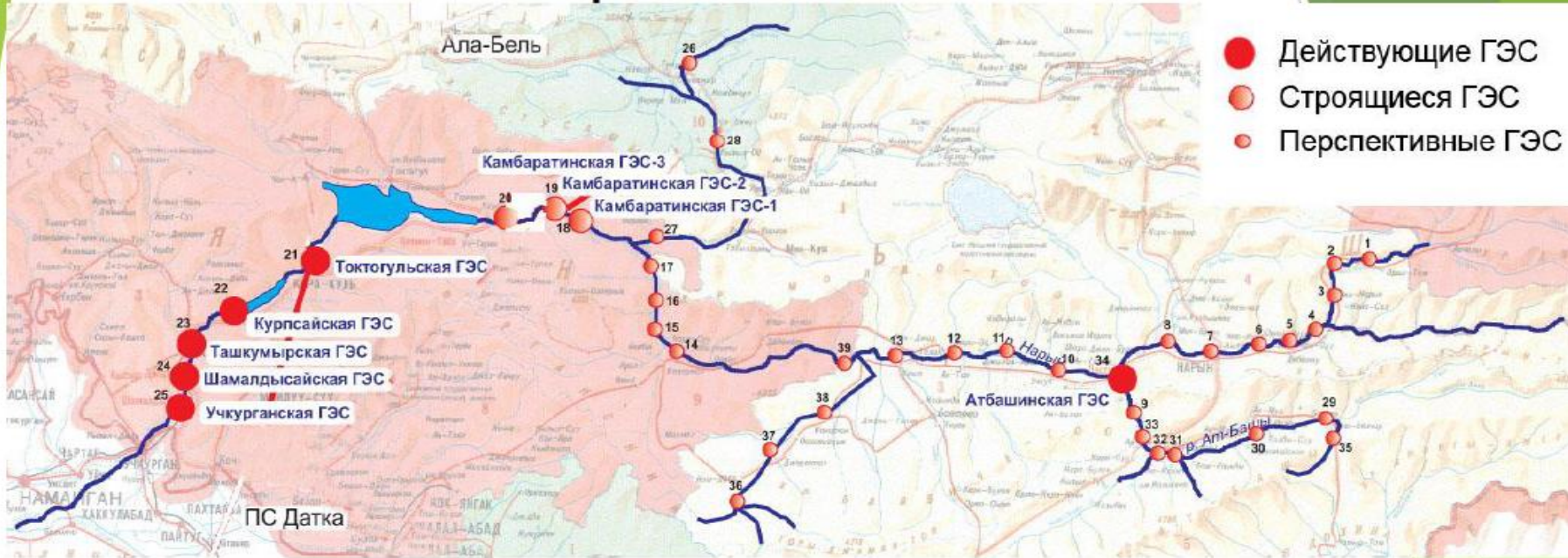
## КР – большой гидро-потенциал-1.

### Расположение ГЭС на р. Нарын





## КР – большой гидро-потенциал-2. Перспективные ГЭС



Камбаратинская ГЭС- 1	1860 МВт
Верхненарынский каскад (8 ед.)	529,5 МВт
Куланакский каскад (5 ед.)	439 МВт
Казарманский каскад (4 ед.)	1,160 МВт
Суусамыр-кокоммеренский каскад (3 ед.)	1,305 МВт
Каскад на р. Атбаши (6 ед.)	237,2 МВт
Каскад на р. Алабуге (4 ед.)	414 МВт
Малые ГЭС (63 ед.)	258 МВт





## **ВИЭ в России-1 (Историческая справка по ВЭС)**

Россия имеет богатую историю развития ветроэнергетики: в 1930-е годы страна уже имела 1-й в мире н.-и. центр энергии ветра. В 1914—1918 гг. русские ученые во главе с Н.Е. Жуковским создают теорию ветродвигателей и теорию поведения лопасти в воздушном потоке.

Теория представила основу для современной аэродинамики, был получен критерий Жуковского-Бетца, максимальный коэфф. использования энергии ветра ветроколесом.

В 1931 г. в СССР около г. Балаклавы (Крым) была построена опытная ВЭС Д-30, имевшая ветроколесо диаметром 30 м и асинхронный генератор 400 кВт.

На тот момент в мире не существовало подобных аналогов. В 40-50-е гг. было выпущено более 40 000 ветродвигателей 50-100 кВт для колхозов и совхозов.

После энергокризиса 1973 г. для экономии ТЭР в СССР была принята Госпрограмма развития ветроэнергетики, которая начала успешно реализовываться с 80-х гг., при государственном финансировании. Основной целью программы было создание ВЭС МВт-ного класса и массового производства ВЭУ 100-300 кВт.

В конце 80-х годов в СССР была спроектирована и построена отечественная ВЭУ «Радуга-1» 1 МВт. Однако, изменение социально-экономических отношений в России и низкие цены на нефть отодвинуло развитие ветроэнергетики на второй план и прервало ее развитие в России.

(Мощность ветропарков в Крыму, построенных под административным управлением Украины, составляет 87,8 МВт.)





## ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОВЕТА СНГ

### ВИЭ в РОССИИ-2

По данным “Ъ”, инвесторы в ВИЭ спорят о распределении объемов поддержки отрасли до **2035 года**. На СЭС – 35%; на ВЭС – 65% (30% на 70% по мощности вводов). «Хевел» просит увеличить долю СЭС хотя бы до 45%. Инвесторы в миниГЭС тоже недовольны, им только **Р30 млрд**.

Поддержка ВИЭ в РФ идет за счет повышенных выплат с ОРЭМ: договоры на поставку зеленой мощности (ДПМ ВИЭ) гарантируют возврат инвестиций за 15 лет. Программа кончается в 2024 году, инвесторы в ВИЭ лоббируют ее продление до 2035 года, при этом к ним будут предъявлены требования по экспорту оборудования и повышению уровня локализации. **Объем инвестиций в сектор МЭ предлагает ограничить Р400 млрд** (в ценах 2021 г.), из которых лишь Р30 млрд направить на поддержку мини-ГЭС. На ВЭС можно направить Р 240,5 млрд, на СЭС — Р129,5 млрд (35%/65%). В пересчете до 2050 года (с возвратом инвестиций за 15 лет) нагрузка на ОРЭМ составит Р 690–800 млрд.

Расчеты «Роснано» (развивает ВЭС вместе с Fortum), глава к-рой Анатолий Чубайс возглавляет недавно созданную Ассоциацию развития ВИЭ (АРВЭ), почти совпадают с расчетами Минэнерго. «Роснано» предлагает построить 4,95 ГВт ВЭС и 2,14 ГВт СЭС (т.е. 70%/30%). Но «Хевеле» предлагая увеличить долю для СЭС до 45%. Всего, по мнению компании, отрасли нужно 8,1 ГВт новых мощностей — 3,7 ГВт СЭС и 4,4 ГВт ВЭС. [МЭ предлагает построить только 5 ГВт до 2035 года](#)

В Ассоциации солнечной энергетики считают, что при предложенном МЭ России сценарии, исходя из имеющегося объема производства оборудования 700 МВт/год это лишит отрасль эффекта масштаба. «Инвестпрограммы в развитие технологий будут свернуты, ряд производств закроется, в итоге достижения отрасли за почти десятилетний период будут потеряны».

В «Роснано» говорят, что КИУМ у ВЭС в 2 раза выше, чем у СЭС, а одноставочная цена ЭЭ в 2 раза ниже. Кроме того, отмечают в «Роснано», для СЭС существует **розничный рынок**, доступ на который закрыт для ВЭС из-за мультиМВт-ного класса оборудования.

Минимальный размер программы поддержки, при котором сектор получит импульс к дальнейшему развитию, — 900 МВт ежегодно, говорят в АРВЭ.

**Инвесторы в мини-ГЭС претендуют на Р 206,7 млрд и готовы построить 1857 МВт до 2035 г.**



## ВИЭ в России-3

В России утвержден нац. стандарт «Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок».

Соответствующий приказ подписан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Стандарт разработан АО «Ветроэнергетическая отдельная генерирующая компания» (АО «ВетроОГК», входит в контур АО «НоваВинд», ГК «Росатом») с привлечением АО «НТЦ ЕЭС», инфраструктурных организаций и экспертного сообщества.

**Документ устанавливает системные требования не только к ВЭС как к объекту генерации в составе энергосистемы, но и к АСУТП ВЭС, ее схеме выдачи мощности, длительности работы ВЭУ при различных уровнях напряжения и многое другое.**

Это позволит исключить предъявления избыточных требований для компаний-производителей оборудования и эксплуатирующих организаций.

АО «ВетроОГК» как базовая организация подкомитета ПК-5 «Распределенная генерация (включая ВИЭ)» и дальше продолжит работу по стандартизации, способствующую развитию ВИЭ в России.