



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

Готовность энергосистем к энергопереходу. Опыт VLRGO (GO15) и СИГРЭ

Ф.Ю. Опадчий

Председатель Правления АО «СО ЕЭС»



АССОЦИАЦИЯ GO15: СОТРУДНИЧЕСТВО С СИГРЭ

2

ОБЪЕДИНЯЮЩАЯ ТЕМА:



Научные разработки, анализ,
обучение и гармонизация



Энергопереход =
готовность + адаптация ЭЭС



Внедрение новых решений
на практике и обмен опытом



2019–2021

Сотрудничество GO15 SWG #2
с СИГРЭ WG C2.25 & WG C4.47
по направлению 'Resilience'



2022

Обновление Меморандума
о взаимопонимании
(Memorandum of Understanding)
между GO15 и СИГРЭ



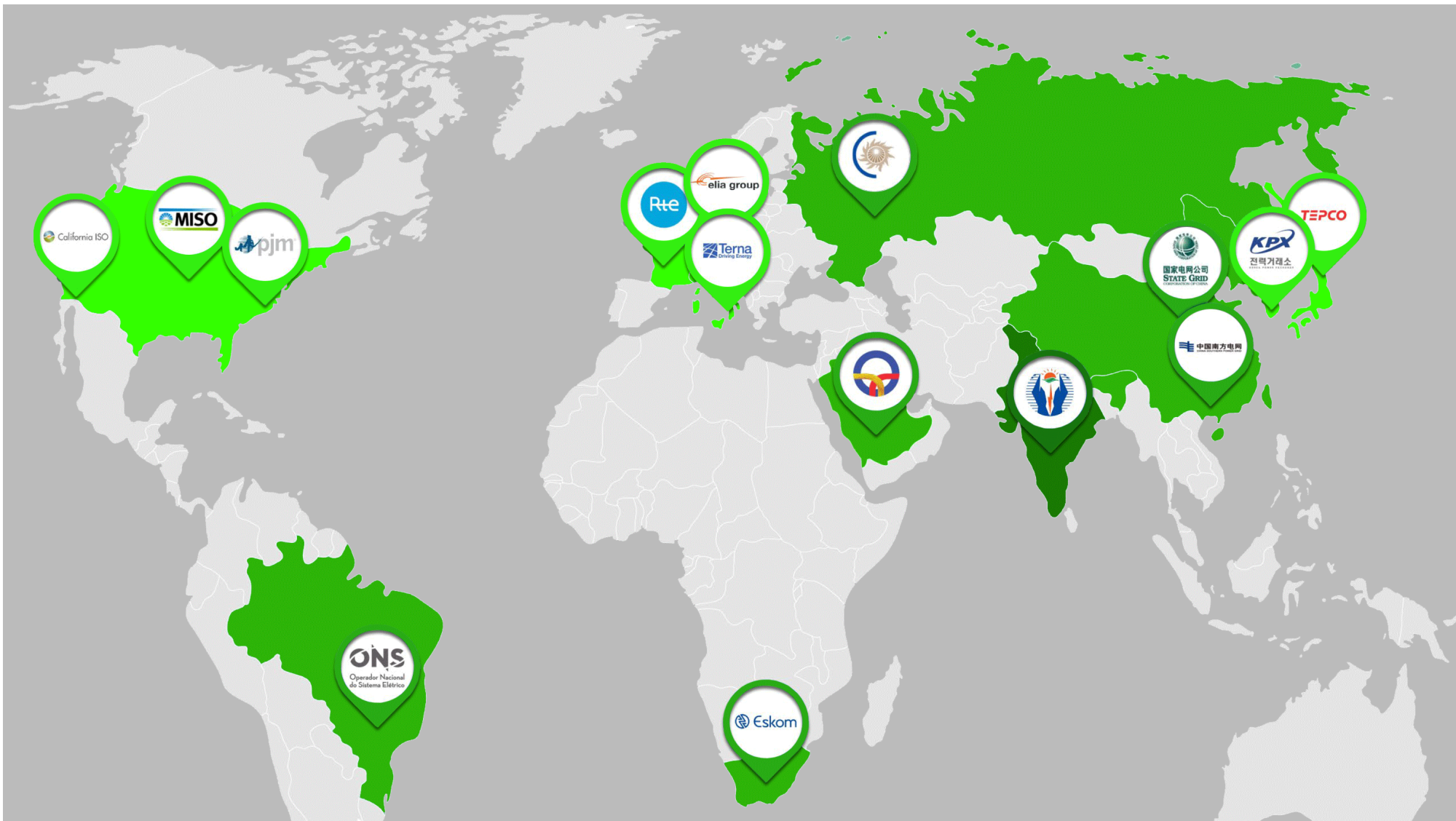
2023–2024 Action Plan

GO15 как ключевой спикер
на Пленарном заседании
в рамках 50-й сессии СИГРЭ
26 августа 2024 г.



ПЛАНЫ ПО ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЧЛЕНОВ GO15

3



Год достижения
«углеродной
нейтральности»:

2050 г.

2060 г.

2070 г.

Члены GO15 -
более 70%
общемирового
потребления



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД: ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ

4



Decarbonization – постепенный отказ от традиционных источников энергии (ископаемого топлива: нефть, каменный уголь, природный газ, торф и др.) и активный переход на ВИЭ*.

* **ВИЭ-генерация** – обширное понятие, не только наиболее популярные ветер и солнце, но и гидроресурсы, что определяет актуальность дальнейшего развития гидроэнергетики.

ЭНЕРГОСИСТЕМА 2050: НА ПУТИ К УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ

СИГРЭ: КЛЮЧЕВЫЕ ИДЕИ 2016



- Супер-сети очень большой протяженности (global super grids)
- Качество электроэнергии и управление спросом
- Цифровизация
- Частные крышные фотоэлектрические панели с микро- и наносетями
- СНЭЭ
- Новые бизнес-модели

УСТОЙЧИВОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ УСКОРЕННОГО ЭНЕРГОПЕРЕХОДА





ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД: ЖИВУЧЕСТЬ ЭЭС

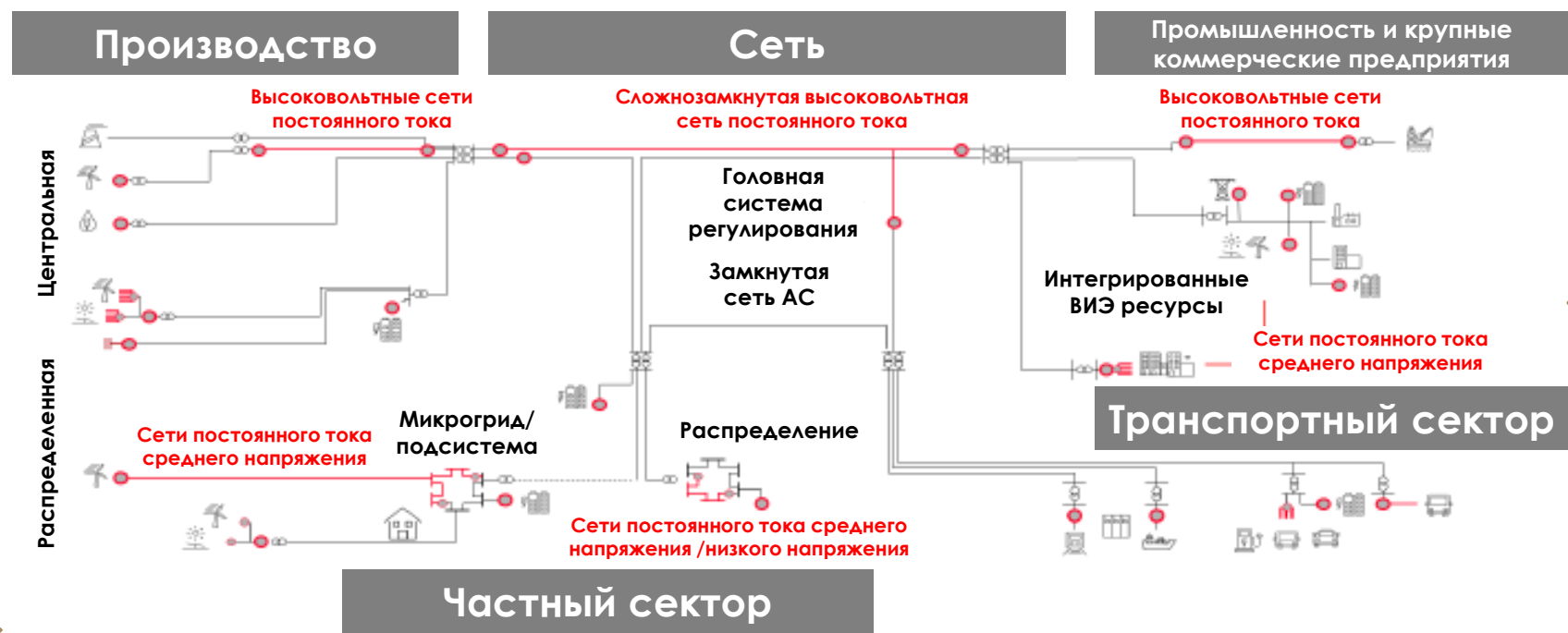
5



Resilience – до настоящего времени нет устоявшегося определения живучести ЭЭС.

Для задач GO15 под **Resilience** понимается способность ЭЭС предвидеть и вовремя реагировать на любые происшествия, от рядовых повседневных событий до повторяющихся и постепенно нарастающих изменений.

СУПЕРСИСТЕМА БУДУЩЕГО / POWER SYSTEM OF SYSTEMS



ЭЭС будущего с новыми элементами и типами нагрузок:

- Сеть постоянного тока высокого, среднего и низкого напряжения
- Microgrid
- ВИЭ
- СНЭЭ на уровне магистральных и распределительных сетей
- Электротранспорт

System of Systems: гибкое управление подсистемами (включение/выключение), встроенные системы постоянного тока и силовые системы, составляющие основу всей ЭЭС.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД: ОБЩИЙ ПОДХОД

6

КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Электрификация транспорта, отопления и других систем жизнеобеспечения



Развитие цифровых технологий управления режимами работы ЭЭС и элементами ЭЭС



Привлечение потребителей, объектов DER и СНЭЭ к **предоставлению услуг для гибкого управления ЭЭС**



Использование технологий **улавливания углерода**

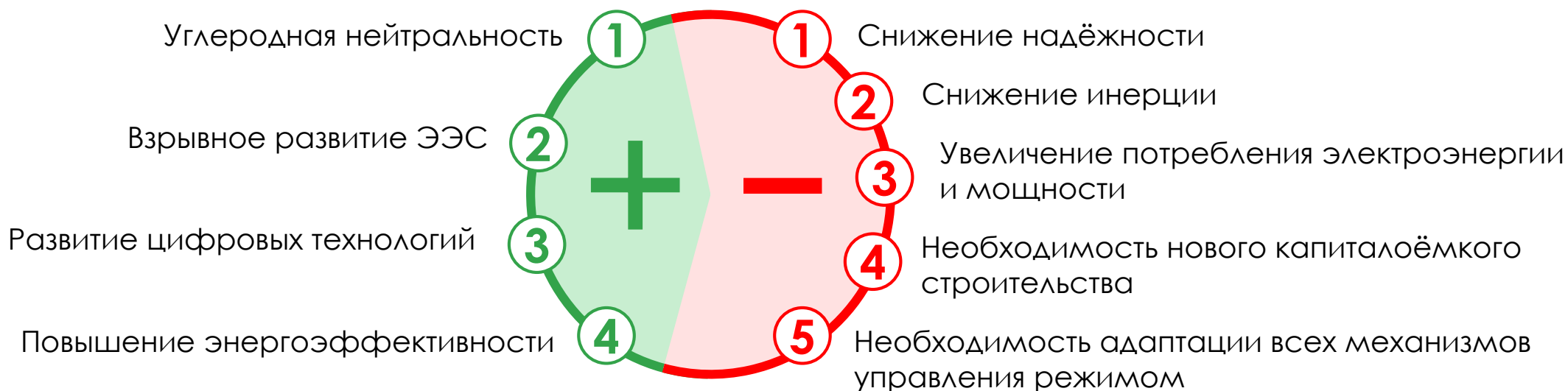


Использование технологий **водородной энергетики**



Повышение энергоэффективности жилого и производственного секторов

ОЖИДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ





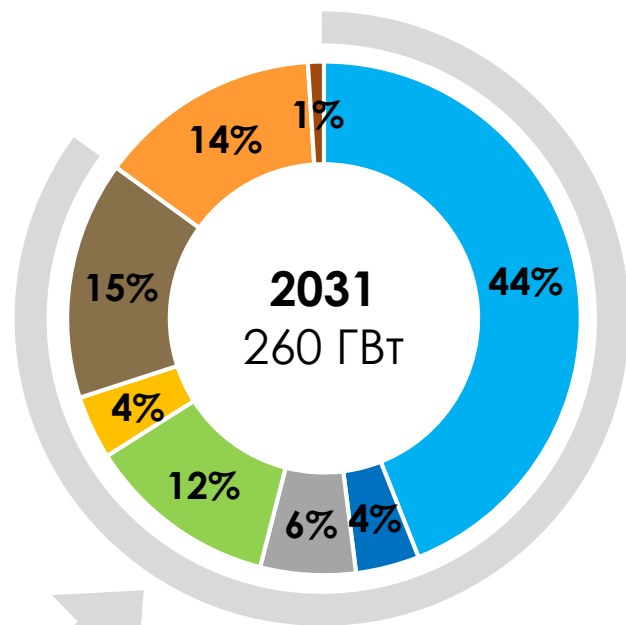
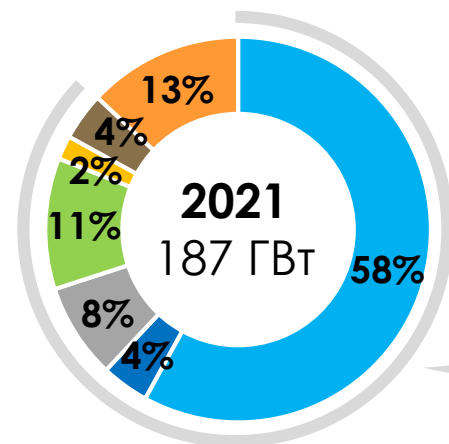
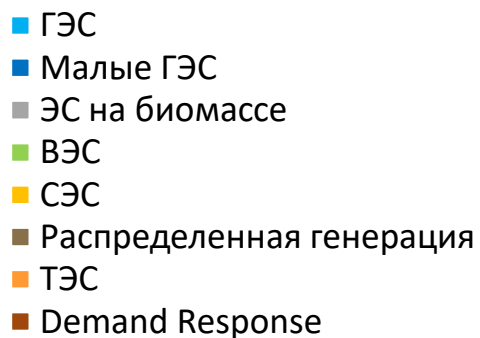
ONS: ВИЭ-ГЕНЕРАЦИЯ В БРАЗИЛИИ

7

БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ (10-летний план развития – 2031)

СУММАРНАЯ УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ

(централизованная генерация + распределенная генерация)



- ОЭС в очень большой по площади стране
- Растущее потребление
- Диспетчеризация на основе ценовых сигналов
- Доминирование гидрогенерации**
- Более 80% установленной мощности на базе ВИЭ**

Бразильская ЭЭС более чем на 80% обеспечена ВИЭ-генерацией.

10-летний план предусматривает сохранение такого высокого показателя в перспективе за счет ВЭС и СЭС.

Основные объёмы ВИЭ – Север и Северо-Восток

Основные центры потребления – Юго-Восток, Центр, Запад

Рекомендации для развития сетей:

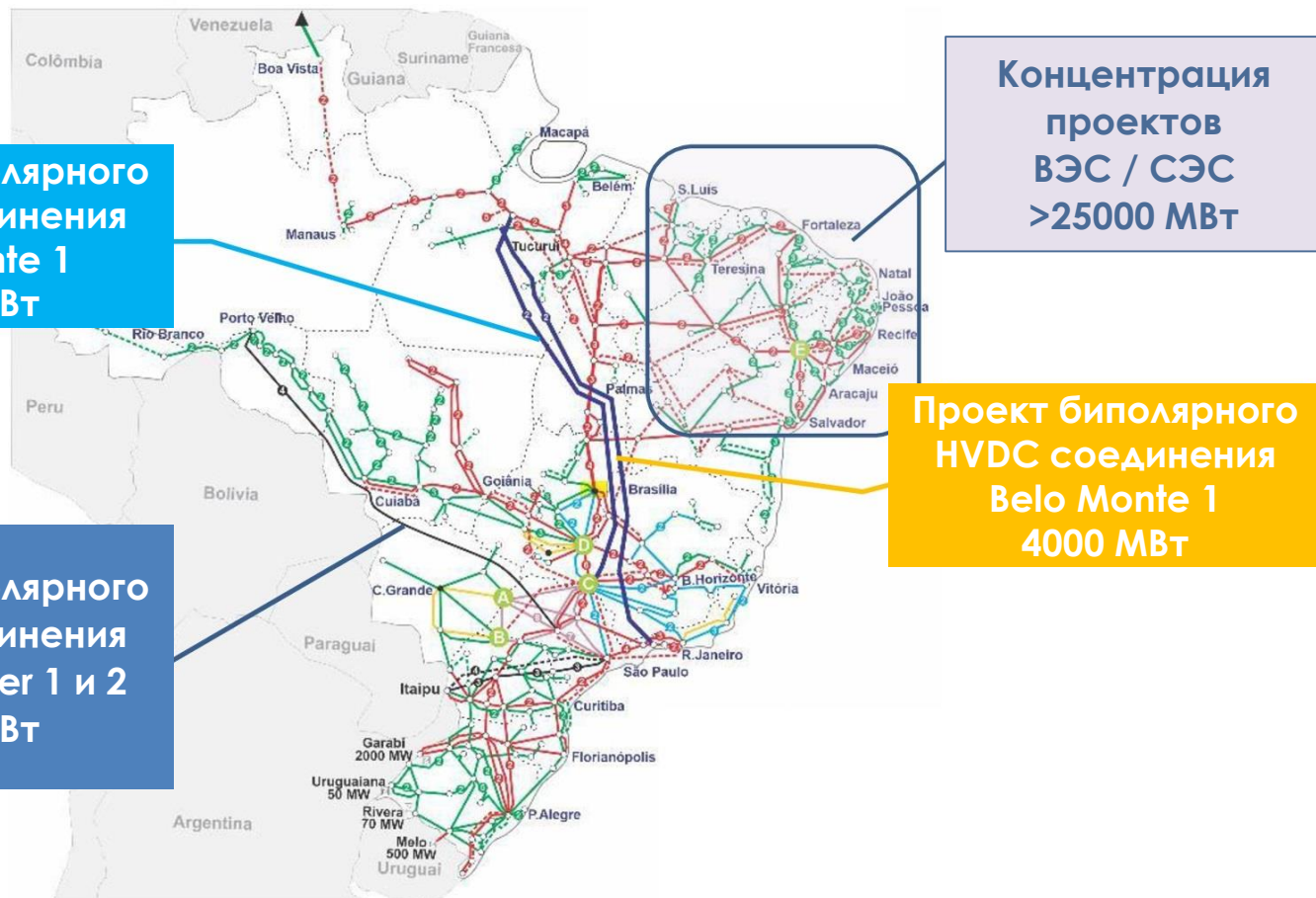
- более 15 000 км новых ЛЭП 500 кВ и 230 кВ
- 12 новых ПС 500 кВ
- HVDC соединение 800 кВ (5 ГВт, 1 500 км) между Севером и Юго-Востоком

Общий объем инвестиций – \$ 10 млрд



ONS: БРАЗИЛЬСКАЯ ЭЭС – РАЗВИТИЕ СЕТЕЙ

8



- Кроме подключения новых объектов ВИЭ **расширение магистральной сети позволит оптимизировать использование уже доступных ресурсов** и увеличить межрегиональные обмены
- **Увеличение пропускной способности между регионам позволит более гибко регулировать работу ГЭС** (снизить необходимость сброса воды на Севере и Северо-Востоке и увеличить емкость водохранилищ на Юго-Востоке и Западе)
- **Сетевое строительство имеет фундаментальное значение при возможной нехватке воды, которая ожидается в перспективе** в связи с изменениями климата

Исследования по развитию сетей включают вопросы интеграции ВЭС и СЭС, и большинство вопросов связаны с неопределенностью их подключения и сроков ввода сопутствующей сетевой инфраструктуры

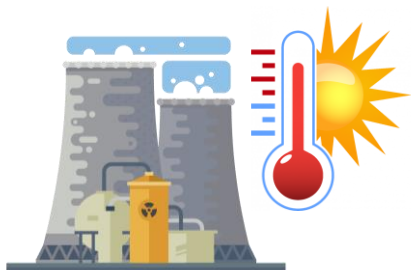


США: ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ 2022–2023 гг.

9



- **Усиление централизации планирования и совершенствование процедуры технологического присоединения** новой генерации



- **Проблемы балансовой надежности:** ухудшение погодных условий относительно прогнозов (особенно усиление жары), дальнейший вывод из эксплуатации традиционной генерации, ограничения в цепочках поставок (сдерживающий фактор увеличения темпов реализации новых вводов)



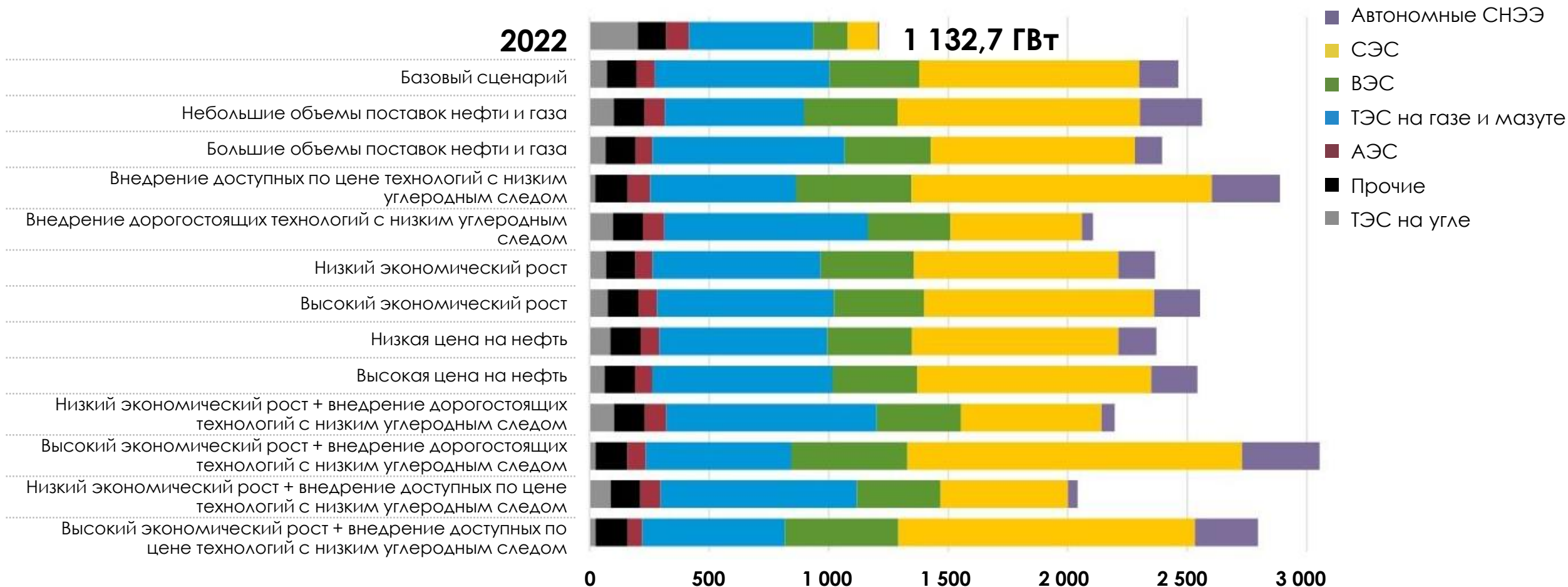
- **Значительный импульс для дальнейшего развития ВИЭ-генерации за счет многочисленных налоговых льгот** (закон 2021 г. о снижении инфляции), но **спад вводов новых СЭС в 2022 г.** из-за нарушений в международной цепочке поставок



США: EIA ANNUAL ENERGY OUTLOOK 2023

10

Суммарная установленная мощность в 2022 г. и по различным сценариям на 2050 г. (ГВт)



Установленная мощность по стране к 2050 г. почти удвоится, чтобы удовлетворить растущий спрос. По оценке EIA (АЕО 2023), большая часть новых вводов будет обеспечена за счет ВИЭ.



Структура генерации в ЭЭС США неравномерна: MISO и PJM – традиционная генерация, CAISO – ВИЭ

Вариант будущего № 1:

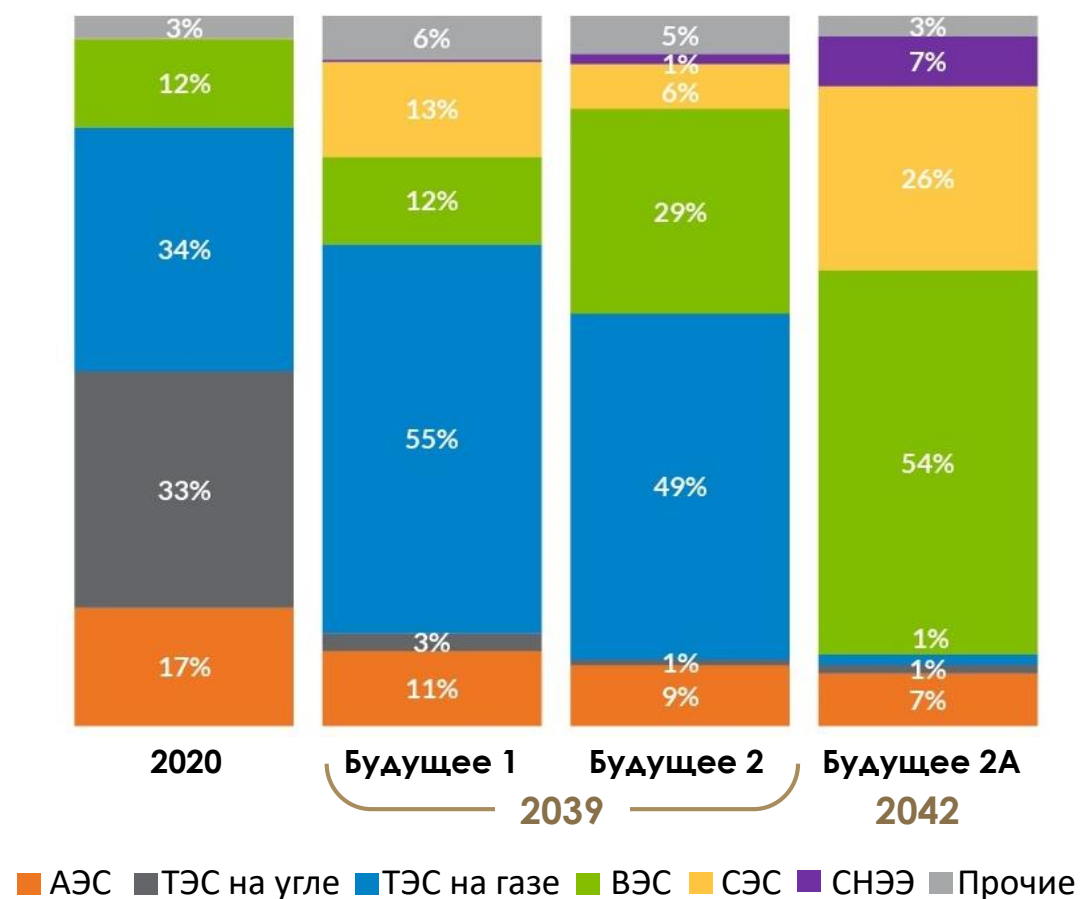
- При планировании учет инвестпрограмм энергокомпаний на 100% и планов по развитию отдельных штатов на 85%
- Сокращение выбросов в соответствии с планами энергокомпаний
- Рост нагрузки в соответствии с тенденциями, сложившимися до 2019 года

Вариант будущего № 2:

- Компании / штаты достигают своих целей по ВИЭ
- Сокращение выбросов на 60% по всей зоне MISO
- Рост потребления на 30% за счет электрификации

! № 2А – те же допущения, что и для № 2, с обновлением целей по ВИЭ и декарбонизации к 2042 г.

СТРУКТУРА ГЕНЕРАЦИИ





MISO: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РЕГИОНЕ (СРЕДНИЙ ЗАПАД И ЮГ)

12

ПРОШЛОЕ

- Прежде всего управляемые ресурсы
- Предсказуемые отключения
- Относительно прогнозируемы погодные условия
- Фокус на энергоснабжение в часы *наибольшей пиковой нагрузки* в летний период

НАСТОЯЩЕЕ

- Изменение структуры генерации
- Менее предсказуемые отключения
- Растущая неопределенность погодных условий
- Повышение взаимозависимости RTOs, штатов и энергокомпаний
- Фокус на энергоснабжение в *наихудший день* каждого сезона

БУДУЩЕЕ

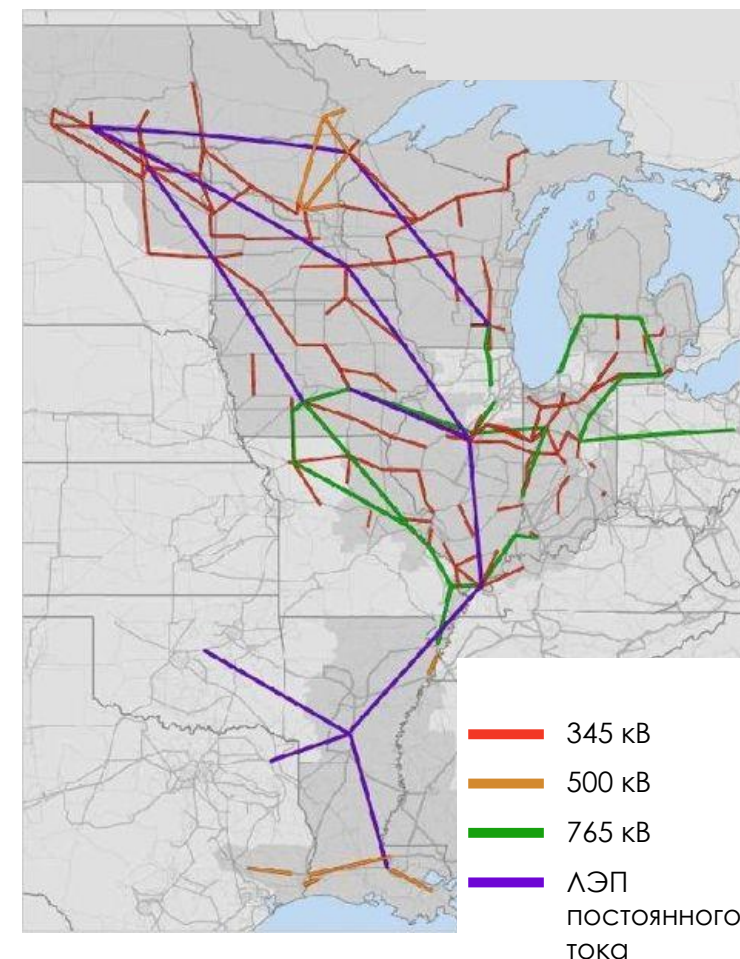
- Прежде всего погодозависимые ресурсы
- Менее предсказуемые отключения или недоступность генерации
- Менее предсказуемые погодные условия
- Растущий дефицит основных показателей надежности
- Рост нагрузки
- Рост важности прогнозов нагрузки и объемов ВИЭ
- Фокус на энергоснабжении в *наихудшую неделю* каждого сезона

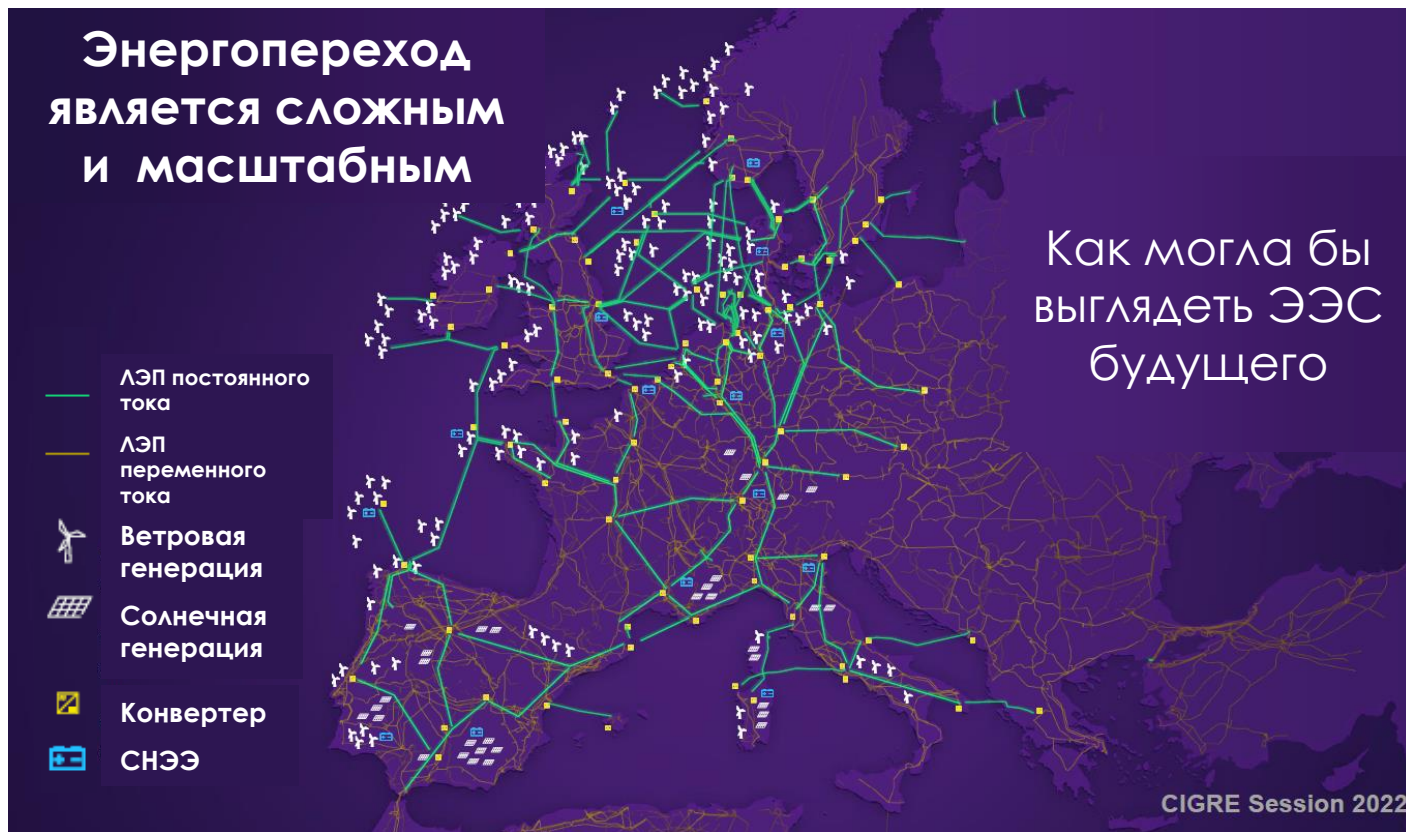
ДИНАМИКА ПОДАЧИ ЗАЯВОК НА ТЕХПРИСОЕДИНЕНИЕ



- В 2022 г. MISO объявил о новом рекорде для присоединения – **≈171 ГВт на основе 956 заявок**
- **Масштабное строительство новых ЛЭП на севере** в рамках Long Range Transmission Planning (L RTP), т.е. связанных с обеспечением надежности магистральной сети
- **Увеличение пропускной способности** необходимо и для присоединения новых мощностей, и для усиления связей между северной и южной частью ЭЭС

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПЛАН L RTP





TYNDP 2022 – 16 проектов строительства ГАЭС к 2035 г.

- Строительство (1) крупных объектов ВИЭ и СНЭЭ, в том числе в море, (2) сетей постоянного тока, (3) ГАЭС
- Вывод из работы блоков АЭС в одних странах (например, в Германии) и планы по строительству в других (например, во Франции, Венгрии и др.)

ЭНЕРГЕТИКА ЕС 2030

Пакет законодательных предложений, принятый в 2021 г., Fit-for-55 2030 (-55 % выбросов CO₂) устанавливает в ЕС новые задачи для энергетического сектора, которые могут быть полностью выполнены за счёт скоординированных действий.



Инфраструктура



СНЭЭ



ВИЭ

-55%

Сокращение выбросов CO₂



>65%

Доля ВИЭ в потреблении



+ >500 ГВт

ВИЭ

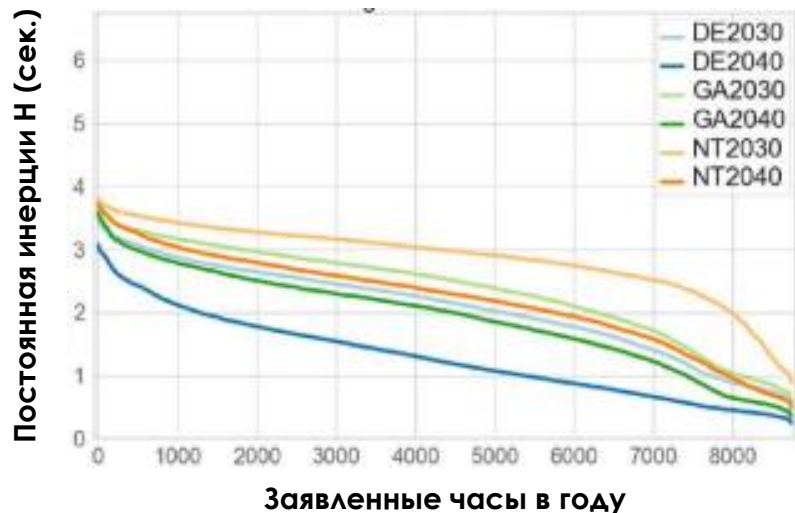




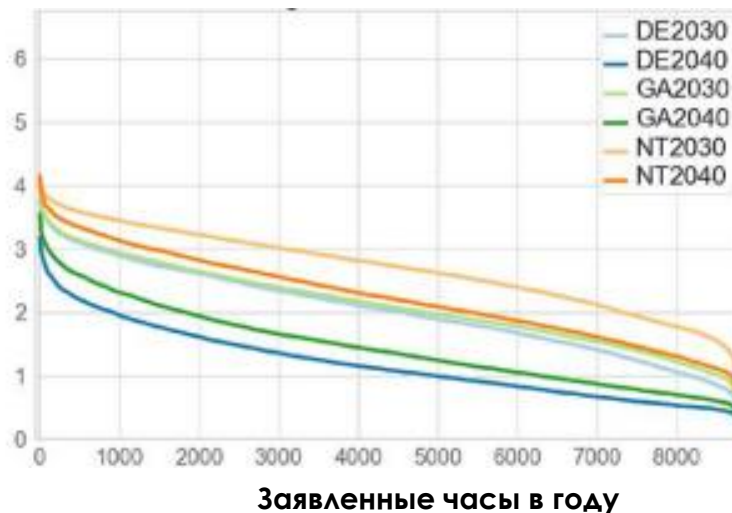
СЛЕДСТВИЕ – СНИЖЕНИЕ ИНЕРЦИИ

14

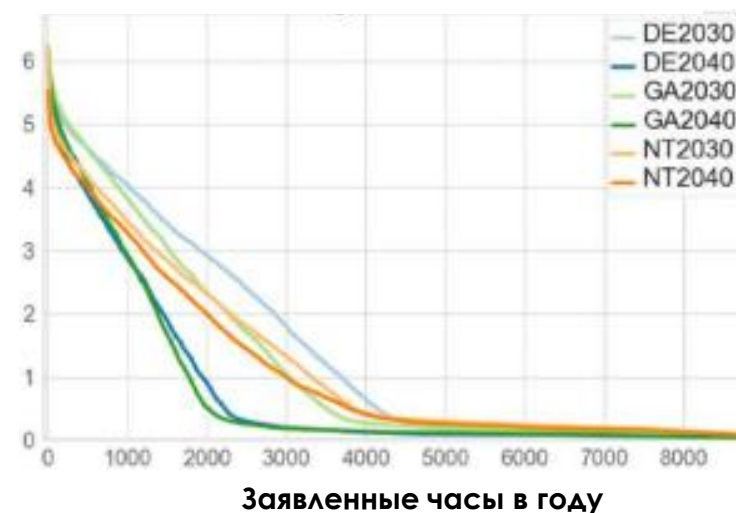
СКАНДИНАВСКИЙ РЕГИОН



ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЕВРОПА



ИРЛАНДИЯ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ И СЕВЕРНАЯ ИРЛАНДИЯ



Сценарии развития генерации:

- **DE2030,2040 (distributed energy)** – доминирующее развитие распределенной генерации, в т.ч. ВИЭ, у потребителей, достижение углеродной нейтральности к 2050 году
- **NT2030,2040 (national trends)** – развитие генерации в соответствии с национальной энергетической и климатической политикой
- **GA2030,2040 (global ambition)** – доминирующее развитие низкоуглеродной генерации, в т.ч. крупных объектов генерации ВИЭ, достижение углеродной нейтральности к 2050 году

Изменение структуры
генерирующих
мощностей
энергосистем,
изменение инерции и
скорости изменения
частоты



МЕРОПРИЯТИЯ:

- **Пересмотр роли АЭС** в структуре генерирующих мощностей как низкоуглеродного источника электроэнергии
- **Строительство ГАЭС**
- **Строительство синхронных компенсаторов**
- **Предоставление СНЭЭ системных услуг** по регулированию частоты
- Необходимость оценки инерции (постоянной инерции) в перспективных планах развития ЭЭС и в процессе планирования и управления

ГЭС, ГАЭС – традиционная + «зеленая» + перспективная!!!



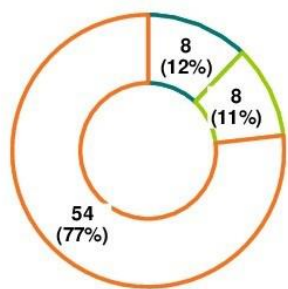
TERNA: ВИЭ-ГЕНЕРАЦИЯ В ИТАЛИИ

15

ТЕХПРИСОЕДИНЕНИЕ СЭС И ВЭС

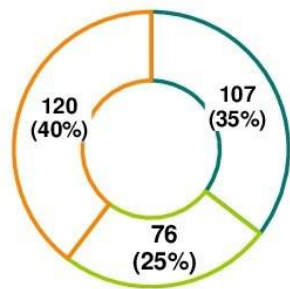
Заявки, полученные на январь 2023 г., значительно отличаются от **базового сценария «Fit-for-55 2030»** и по количеству, и по сочетанию технологий.

Реализация этих заявок в некоторых областях, отличающихся от базового сценария, может привести к необходимости в дополнительном развитии инфраструктуры.



+70 ГВт

Увеличение ВИЭ
Fit-for-55 2030¹



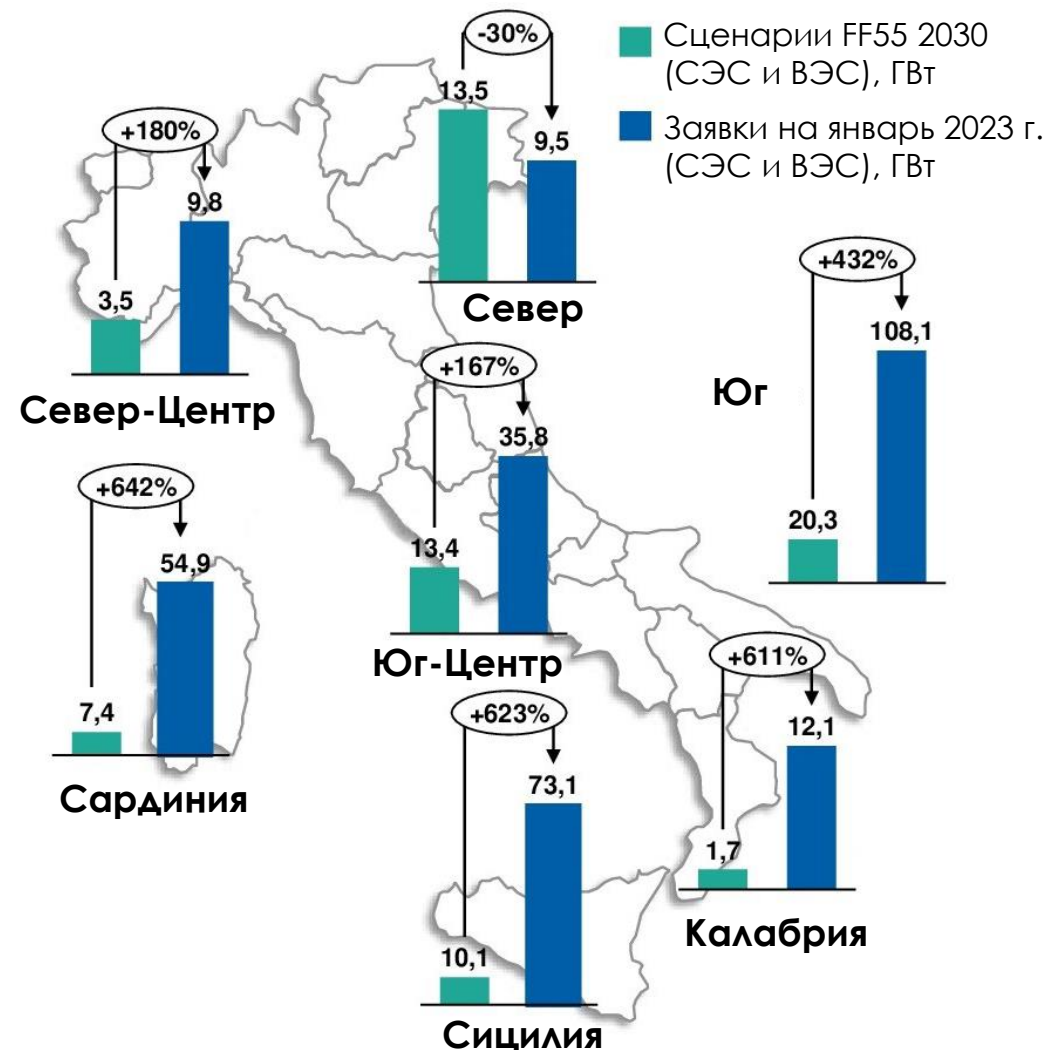
+303 ГВт

Заявки на присоединение
(Январь 2023)

Морские ВЭС

Наземные ВЭС

СЭС²



1. Сценарий Fit-for-55 2030 по сравнению с 2019 г.
2. Суммарно распределенные и промышленного масштаба



TERNA: ТЕКУЩИЕ ПРОЕКТЫ И HYPERGRID

16



Географическое положение Италии – естественный хаб Средиземноморья для трансграничных поставок.

Одна из самых сильных «электрических» границ в Европе:

- 26 действующих соединений
- 3 строящихся
- 7 на этапах планирования и согласования

План по развитию 2023 г.:

- «Беспрецедентные усилия» в области планирования и строительства ввиду масштабной декарбонизации и одновременно поддержания требуемого качества работы ЭЭС (efficiency / security / resilience)
- Объем инвестиций – более € 21 млрд (на 17 % выше, чем в плане 2021 г.)



АНАЛИЗ НА ПЕРИОД ДО 2050 г. С УЧЁТОМ ЭНЕРГОКРИЗИСА:

- Текущие экономические и политические условия требуют сокращения объемов использования ископаемого топлива, но не позволят выйти из неблагоприятной ситуации, спровоцированной кризисом
- Энергопереход к 2050 г. невозможен без масштабной электрификации, т.е. перехода к использованию электричества в качестве основного источника энергии в ключевых секторах экономики (транспорт, ЖКХ и т.д.)

ПРОГРАММНЫЙ ДОКУМЕНТ RTE

«Будущее электроэнергетики 2050»:

- Необходимость развития атомной энергетики и значительного увеличения объемов производства электроэнергии
- Декларируемая декарбонизация как стимул для модернизации и реконструкции производственных мощностей, внедрения СНЭЭ, снижения зависимости от иностранных энергоносителей
- Удвоение спроса к 2030 г. ввиду расширения производства «зеленого» водорода, электрификации (в первую очередь, транспорта и ЖКХ), реализации программ по развитию промышленности и реиндустриализации страны в целом
- Проявление «энергетической сознательности» (более «осознанного» потребления) и в бытовом секторе, и в промышленности (иначе спрос вырастет более чем вдвое)

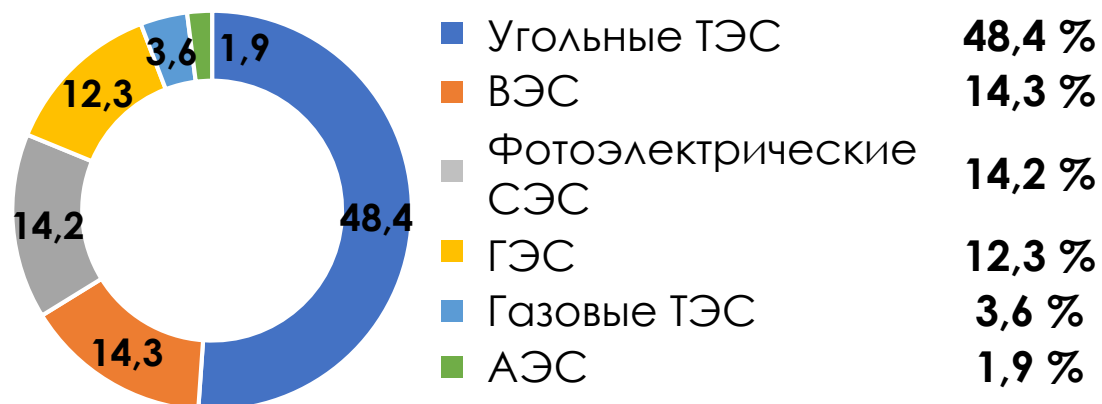


КИТАЙ: «ЛИДЕР ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

18

SGCC (ГЭК Китая):

- Проблема обеспечения быстро растущего спроса
- Регулирование нагрузки – в основном, угольная и гидрогенерация
- Структура установленной мощности (%):



Государственная администрация по энергетике (National Energy Administration), ответственная за разработку и реализацию государственной политики в отрасли, в течение 2023 г. планирует:

- ускорить согласование и строительство новых угольных шахт, чтобы обеспечивать базовую нагрузку при пиках потребления
- увеличить мощность ВЭС и СЭС на 160 ГВт к концу 2023 г. (на 13,5 % больше, чем в 2022 г.)
- довести долю ВЭС и СЭС в общей структуре потребления до 15,3 % (с 13,8 %), долю ископаемого топлива – до 18,3 % (с 17,4 %)

Пиковый спрос летом 2023 г. может превысить 1,36 млрд кВт, что значительно выше показателя прошлого года



1. Существующий **процесс ускорения энергоперехода не должен отражаться на надежности работы ЭЭС** и обеспечения электроснабжения потребителей
2. С учётом декарбонизации ЭЭС **необходимо создание, развитие и укрупнение на рынках системных сервисов**, которые предусматривают активное вовлечение самых разных типов ресурсов и потребителей, подключение дополнительных участников (потребители, СНЭЭ, электромобили)
3. Выбор состава генерирующего оборудования при краткосрочном планировании будет зависеть не только от рыночных сигналов, но и от **обеспечения достаточной инерции ЭЭС**
4. Роль **межсистемных и межгосударственных связей** возрастает для покрытия **различных небалансов**, в том числе в аварийных ситуациях
5. Появление новых типов потребителей (электромобили, электрификация теплоснабжения) требует **создание новых верифицированных методик прогнозирования потребления** электрической энергии и мощности



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

20



www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России

Спасибо за внимание!

Ф.Ю. Опадчий

Председатель Правления АО «СО ЕЭС»