



а с с о ц и а ц и я

НП СОВЕТ РЫНКА

Мировые тенденции развития рынков в электроэнергетике

Долматова Марина
Ассоциация «НП Совет рынка»

19.12.2024



- Мировые энергетические рынки находятся в процессе глубоких изменений, вызванных **декарбонизацией, цифровизацией и децентрализацией**.
- **Энергетический переход** (Energy Transition) требует адаптации существующих моделей рынка для интеграции новых технологий и ресурсов.
- Основной вызов: **баланс** между устойчивостью, надежностью и экономической эффективностью.

Мотивация для исследований и задачи

MISSING MONEY

- Необходимость создания рыночных стимулов и регуляtorики (игровые и оптимизационные задачи для решения проблемы выпадающих доходов)
- Потребность участников рынка в улучшении прогноза и анализа (управление ограничениями и перегрузками, комплексное планирование, прогнозирование цен с учетом развития структуры и модели рынка, лоббирование)

ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

- Интегральное планирование ресурсов на уровне регионов
- Оптимизация структуры генерирующих мощностей с учетом систем хранения
- Demand-side flexibility
- Кросс-национальные интегрированные рынки

КРИЗИС СТОИМОСТИ ЖИЗНИ

- Оценка влияния изменений в электроэнергетике на все сферы жизни
- Вопросы повышения экономической эффективности решений
- Лоббирование

- Изменения в регулировании:
 - Обеспечение бесперебойной работы в условиях климатических, кибер- и технологических рисков.
 - Разработка инструментов для управления шоками (резервные мощности, инновационные контракты).
- Рынки распределенной генерации:
 - Локальная генерация как способ повышения устойчивости к внешним шокам.
 - Примеры успешных проектов: локальные энергосообщества в Европе, США.

- Интеграция распределенных энергетических ресурсов (DER):
 - Преимущества: снижение выбросов, локальная надежность.
 - Проблемы: необходимость учета в рыночных механизмах, сложности управления.
- Новые рынки и формы рынков:
 - Развитие flexibility markets для балансировки спроса и предложения.
 - Новые подходы в тарифообразовании и торговле энергией.

Направление:

Совмещение различных энергетических рынков



ассоциация
НП СОВЕТ РЫНКА

- Hydrogen, natural gas, electricity:
 - Взаимозависимость и необходимость интеграции для снижения выбросов.
 - Технологические и экономические барьеры.
- Глобальная взаимосвязанная энергосистема:
 - Международные проекты: Global Energy Interconnection Development (инициатор - Китай), EuroAsia Interconnector (Кипр-Греция-Израиль), EuroAfrica Interconnector (Кипр-Греция-Египет).
 - Потенциальная выгода: повышение энергоэффективности, снижение издержек.

Распределённая генерация

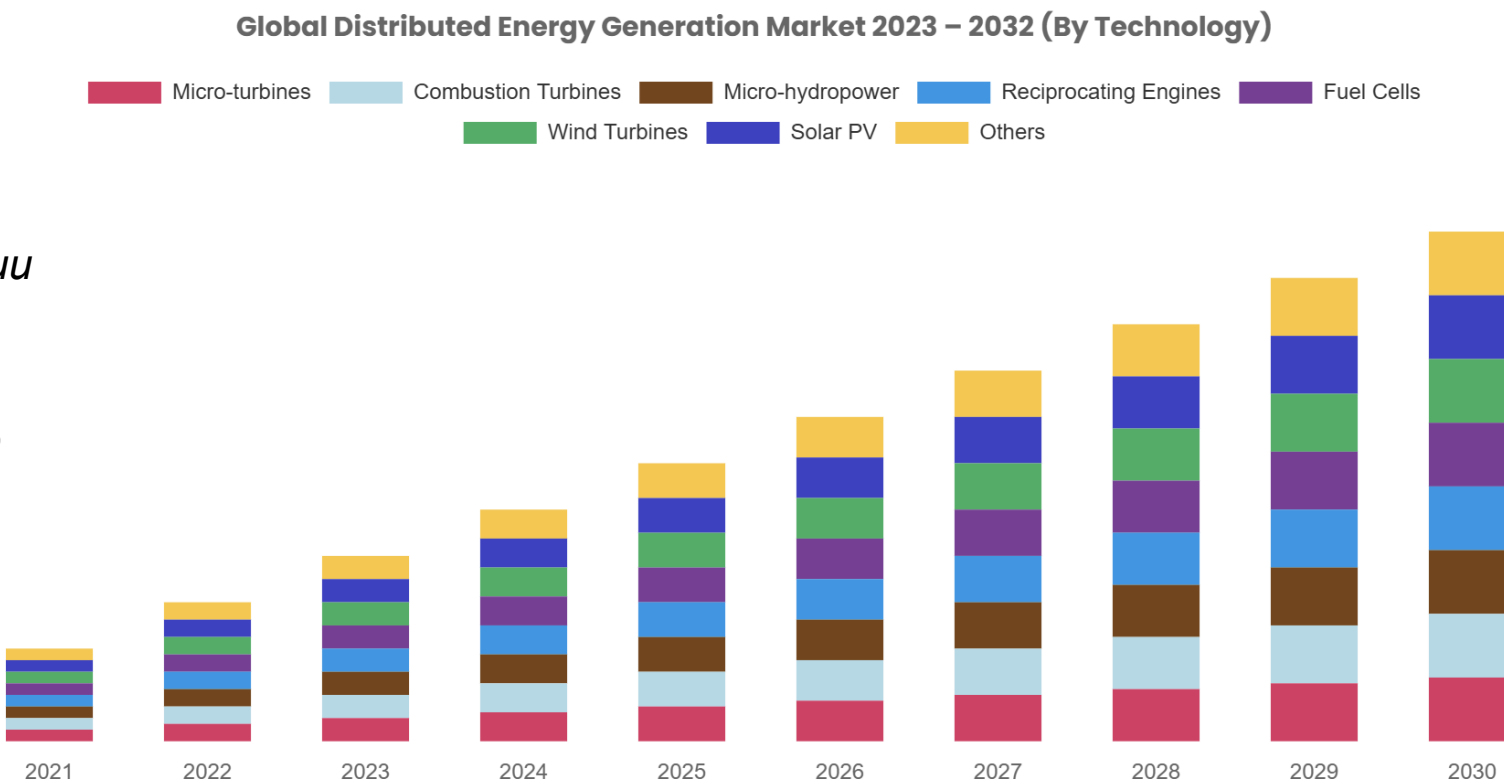
Распределенная генерация

Прогнозы мирового рынка
распределенной генерации
энергии до 2032 года:

✓ Рынок распределенной генерации энергии
в 2022 году оценивался в 285,24 млрд
долларов.

✓ Рынок растет на CAGR 12,4% с 2023 по
2032 год*

✓ Ожидается, что мировой рынок
распределенной генерации энергии
достигнет 918,07 млрд долларов США к
2032 году.



* <https://www.sphericalinsights.com/ru/reports/distributed-energy-generation-market>

Преимущества энергосистемы от цифровых DER

TSOs

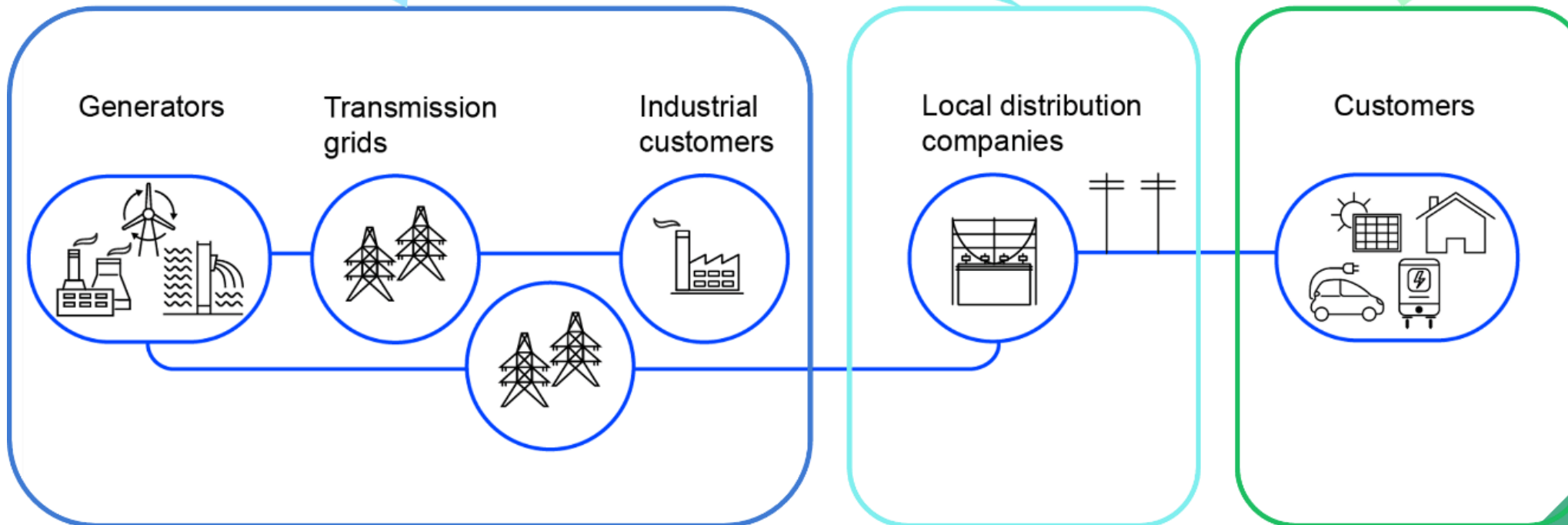
- Peak capacity
- Balancing services
- Congestion management

DSOs

- Grid reinforcement deferral
- Voltage support

Consumers, retailers, etc.

- Portfolio optimisation
- Energy cost savings
- Reduced renewable curtailment



Планирование сети и проектирование энергосистемы с учетом ресурсов гибкости (flexibility)

*CIRED 2025, How are DSOs using flexibility to deliver the low-carbon energy transition now and in the future?

Более широкое понятие flexibility

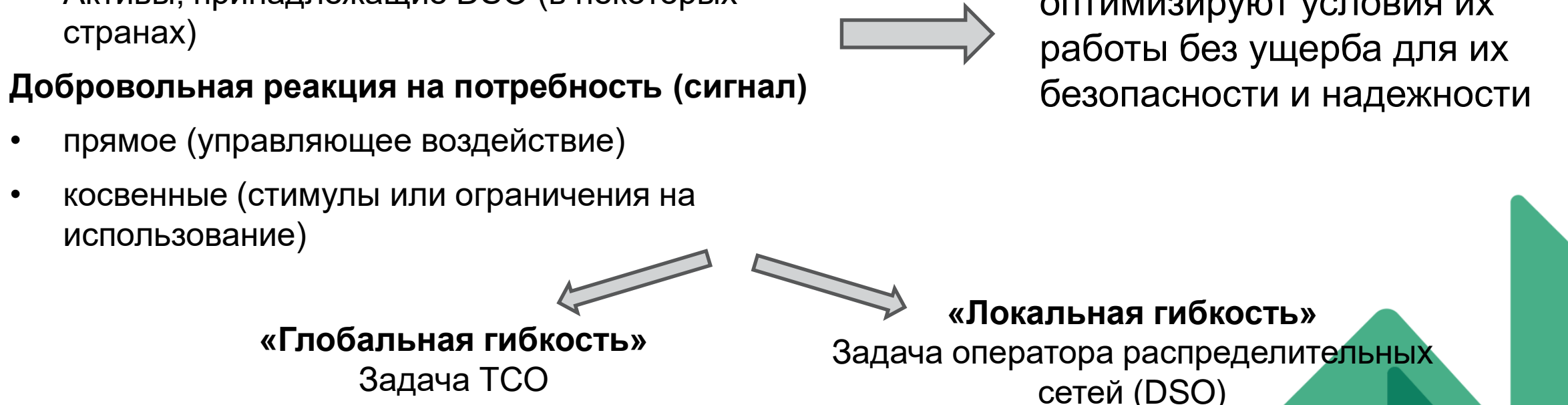
Модуляция (\uparrow или \downarrow) мощности (P & Q)

Любые гибкие ресурсы

- Устройства потребителя (обогреватели, электромобили и т.д.)
- Активы, принадлежащие DSO (в некоторых странах)

Добровольная реакция на потребность (сигнал)

- прямое (управляющее воздействие)
- косвенные (стимулы или ограничения на использование)



Оператор энергосистемы или другие третьи лица оптимизируют условия их работы без ущерба для их безопасности и надежности

«Глобальная гибкость»
Задача TCO

«Локальная гибкость»
Задача оператора распределительных сетей (DSO)

Усилия в области НИОКР должны поддерживать эволюцию flexibility на основе существующей и разрабатываемой политики и регулирования

- Разработка правильной методологии моделирования и инструментов для интеграции гибкости в планирование
- Технические и экономические инструменты

Разработка правильной **методологии моделирования** и инструментов для интеграции гибкости в планирование

- **Межотраслевые модели** и инструменты интеграции других секторов энергетики.
- **Наблюдаемость** по сети.
- Интеграция в планирование **новых показателей**, связанных с риском, надежностью, неопределенностью, емкостью хостинга и рынком (например, наличие гибкости, готовность согласиться на отказ от обслуживания в течение определенного периода, готовность получать плату за гибкость и т. д.).
- Моделирование и вовлечение **просьюмеров** благодаря гибкому сотрудничеству с сообществом социальных наук.

Технические и экономические инструменты

- **Динамические тарифы** могут изменить ситуацию.
- Совместимость и/или **стандартизация коммуникационных сетей** и протоколов.
- Развитие **рынка flexibility** для ускорения интеграции гибкости.
- Обмен ресурсами flexibility должен осуществляться **вне границ** организации.

Глобальная взаимосвязанная энергосистема:

использование глобального
электроэнергетического потенциала &
sector coupling (H₂, природный газ, электроэнергия)

Глобальная взаимосвязанная и устойчивая энергосистема: ВИЭ, СНЭЭ, HVDC, реагирование на спрос и правила торговли



ассоциация
НП СОВЕТРЫНКА

(WG C1.44)

Балансирование нагрузки:

традиционная генерация (газ, атом)

vs

Мотивация для Interconnection:

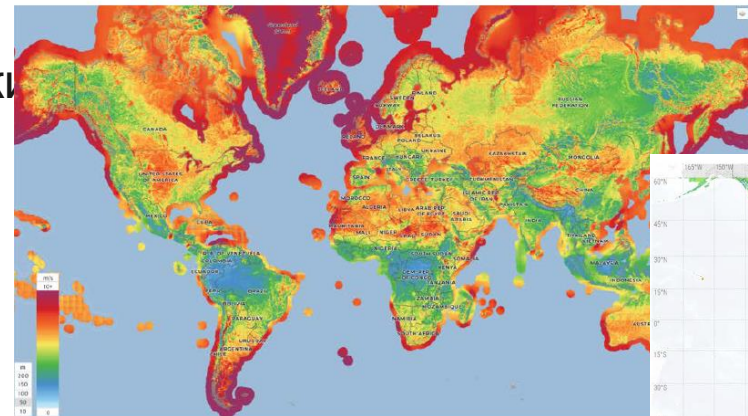
- Различие временных зон и, соответственно, профилей нагрузки
- Сезонность
- Потенциал ВИЭ

Мотивация для систем накопления:

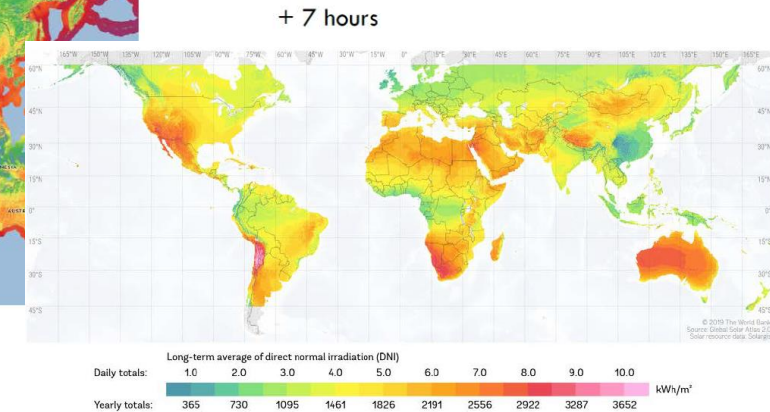
- Выравнивание профиля нагрузки

Мотивация для применения DR:

- Сглаживание пиков (10%)



Wind potential



Solar potential

Глобальная взаимосвязанная и устойчивая энергосистема: ВИЭ, СНЭЭ, HVDC, реагирование на спрос и правила торговли



ассоциация
НП СОВЕТ РЫНКА

(WG C1.44)

Стоимость передачи ээ в сравнении с генерацией:

Выработка электроэнергии $\sim 1000 \text{ M€}/\text{GW}$

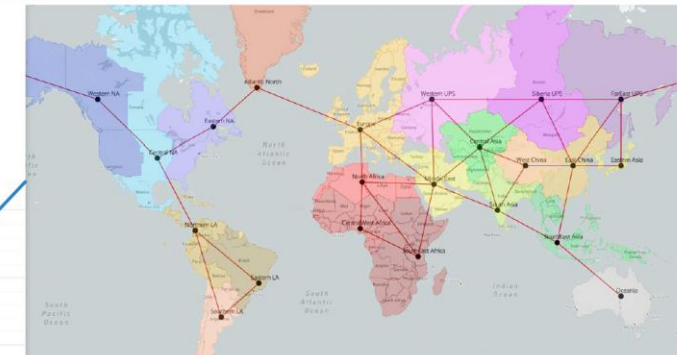
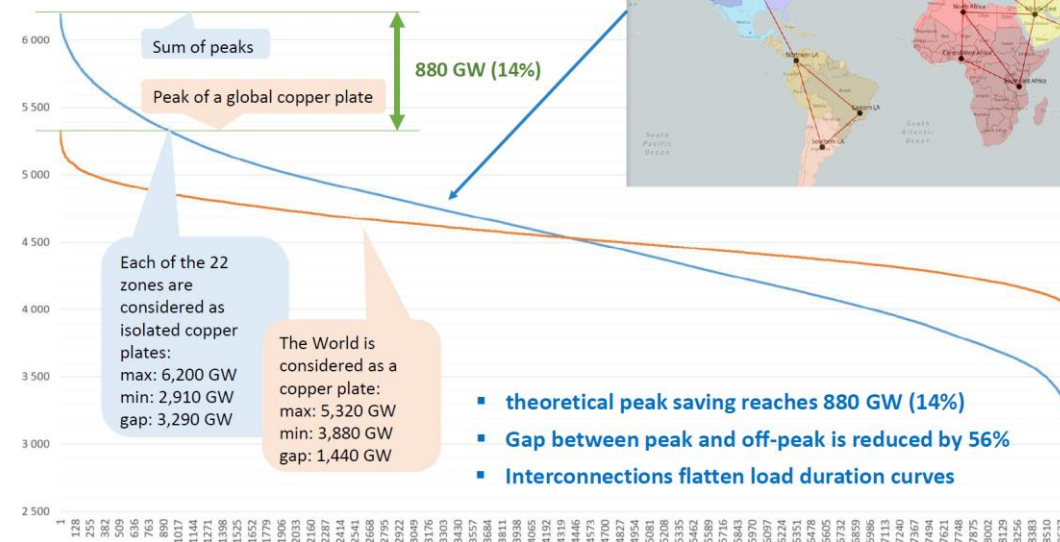
ЛЭП $\sim 1 \text{ M€}/\text{GW}/\text{км}$

Выработка электроэнергии 1 ГВт $\sim 1\,000$ км
линий электропередачи

→ Самой дорогой частью электрических систем является производство электроэнергии. Инвестирование в передачу помогает снизить затраты на генерацию.

Basis:

Sum of the 22 load duration curves versus the theoretical global load duration curve



33

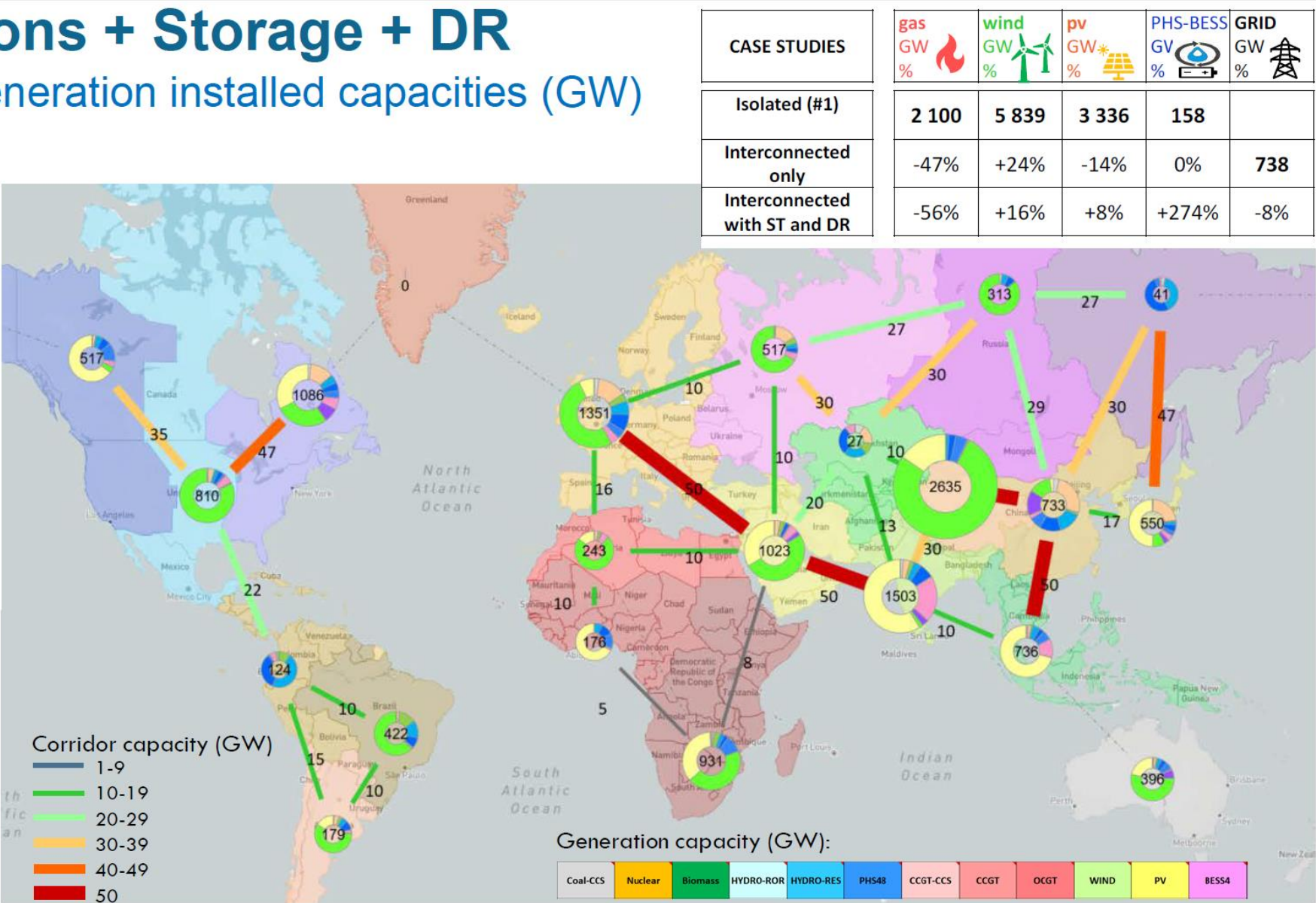
Эффекты от объединения: сглаживание пика (-14%), сглаживание неравномерности (-56%)

Глобальная взаимосвязанная и устойчивая энергосистема: ВИЭ, СНЭЭ, HVDC, реагирование на спрос и правила торговли

Interconnections + Storage + DR

Optimal grid and generation installed capacities (GW)

- **Interconnections limited to main lands**
- Main grid backbone:
 - “Europe – ME – S.Asia”
 - North America zones
- Global grid installed capacity: 677 GW (5% of prod capacity)
- Yearly interconnection cost: 32 G€/yr (1,7% of system cost)



Глобальная взаимосвязанная и устойчивая энергосистема: дальнейшее развитие



ВИЭ, СНЭЭ, HVDC, DR ++ H2 (2024-2026 гг.)

На основе анализа рабочих групп С1.44 (глобальная энергосистема) и С1.48 (водород) основная цель РГ С1.50 заключается в проведении количественного предварительного технико-экономического обоснования **глобальной энергетической системы**, включающей электричество и **зеленый водород**, к 2050 году.

В этом предварительном технико-экономическом обосновании должны быть изучены экономические затраты и выгоды:

- ✓ **взаимодействия между цепочками поставок** электроэнергии и водорода, включая производство, конверсию, транспортировку и хранение;
- ✓ **хранения и транспортировки** электроэнергии и H2 между **континентами**.

PS1: Характеристики устойчивого рынка и режим его регулирования

- Рынок, реагирующий на динамические изменения рыночной среды и способный противостоять внешним шокам.
- Какие рынки и правила доказали свою устойчивость и по-прежнему эффективны и успешны.
- Управление и институциональные механизмы, способствующие устойчивости: кто принимает решения и берет на себя риски.

PS2: Подготовка к будущему с движущимися целями

- Инновационные подходы к рынкам и регулированию для достижения целей климатической и энергетической политики.
- Дизайн и структура рынков электроэнергии для поддержки капиталоемких, климатически нейтральных инвестиций.
- Рыночные и регулятивные механизмы для поставок, спроса и хранения, которые функционируют при передаче, распределении и ресурсах счетчиков.

PS3: Развивающиеся рынки и формы рынков

- Рынки и регулирование, учитывающие характеристики электроэнергии, которые потребители ожидают от отрасли.
- Рыночные подходы к интеграции сообществ и распределенных ресурсов.
- Новые рыночные подходы для преодоления барьеров и ограничений существующих рыночных моделей

PS1: Проектирование рынков и нерыночные подходы для поддержки энергетического перехода

- Обеспечение достаточности ресурсов и поддержка инвестиционных решений
- Распределение затрат на энергетический переход: кому принадлежит? кто платит?
- Компромиссы между рынками и регулированием.

PS2: Разработка надежных ценовых сигналов и регулирования по всей цепочке создания стоимости

- Инструменты и подходы к устойчивости рынков при неблагоприятных событиях и шоках
- Согласованные сквозные ценовые сигналы для интеграции новых технологий, распределенных энергетических ресурсов и энергетических сообществ

PS3: Применение практического опыта решения возникающих проблем

- Интеграция различных рынков электроэнергии с подходами к сокращению выбросов и долгосрочными контрактами.
- Модели рынков и рыночные механизмы для борьбы с растущей краткосрочной неопределенностью.
- Аналитика данных для задач рынков электроэнергии, их мониторинга и обеспечения прозрачности.

→Смещение акцентов тематик на более прикладные, сфокусированные на методах и подходах.

Спасибо за внимание