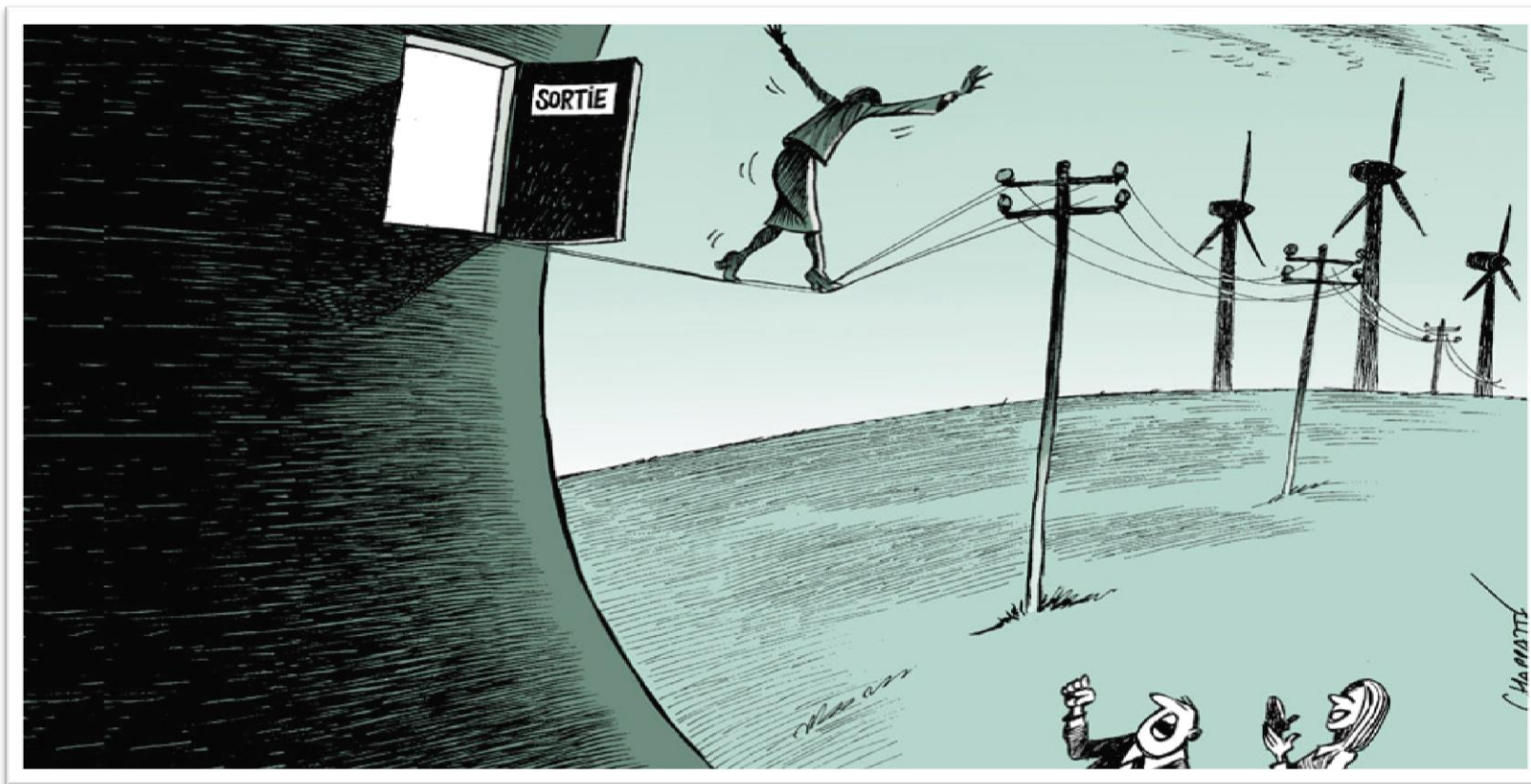


Современные технологические и экономические тренды в электроэнергетике

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ОТВЕТЫ НА НИХ



Самый важный факт для мировой энергетики

потребитель меняется



меняются его запросы



Но сама энергетика, увы,
меняться не торопится



Сложился комплекс причин и драйверов перехода к новому укладу в энергетике

Причины



Рост спроса



Рост требований потребителей



Потепление климата



Новый инвест. цикл



Новая урбанизация

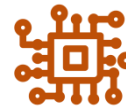
Драйверы



Распределенная Энергетика в т. ч. ВИЭ, СНЭ



Активные потребители



Цифровизация инфраструктуры, активов



Интеллектуализация управления



Цифровые и финансовые технологии

Декарбонизация – Диджитализация – Децентрализация

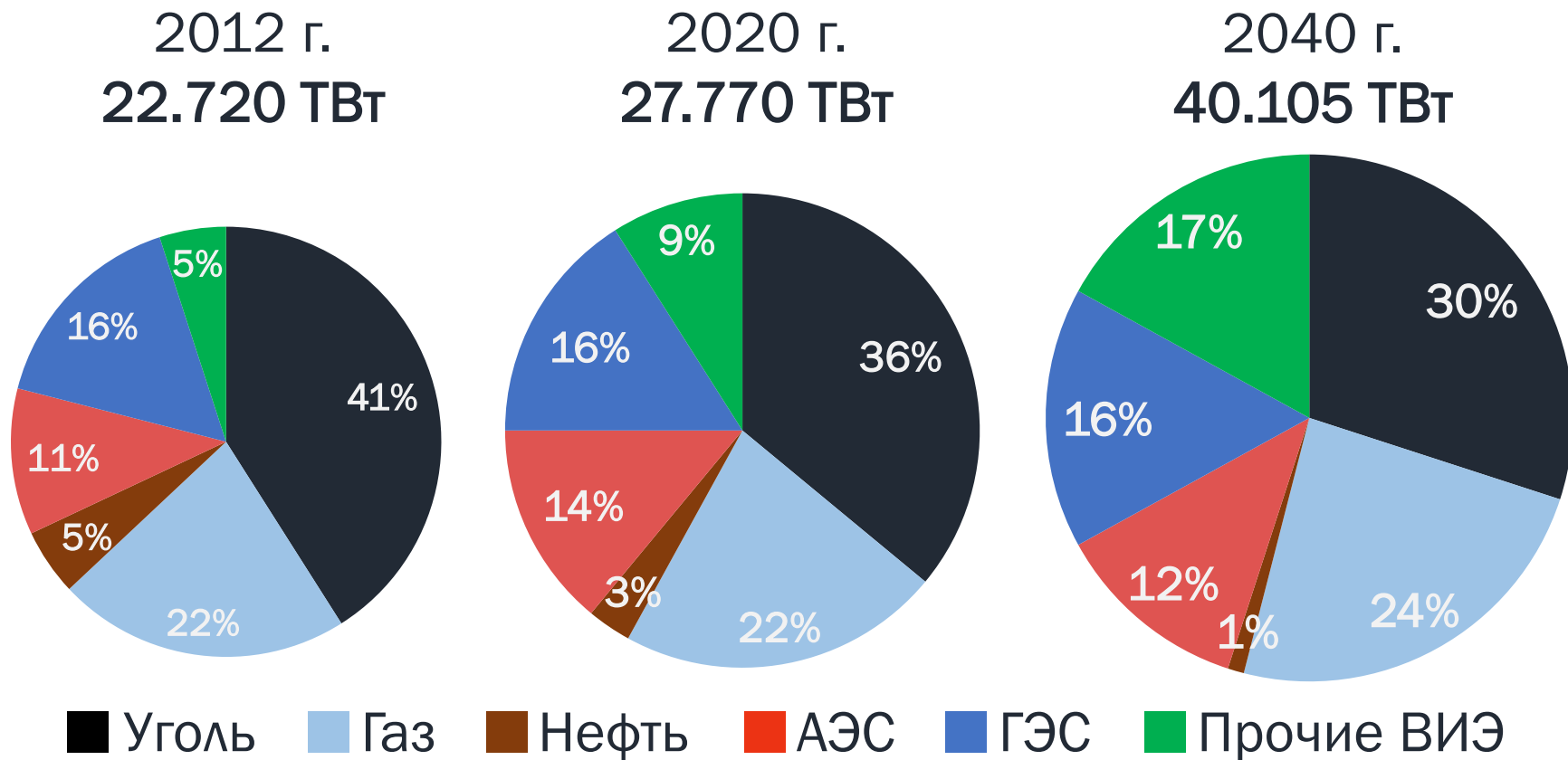
Декарбонизация – является первопричиной трансформации

Декарбонизация – переход к экологически чистой «безуглеродной» экономике и энергетике, не сопровождающейся выбросами парниковых газов (в частности, диоксида углерода)

- увеличение доли ВИЭ в энергетическом балансе стран и их объединений
- максимальный отказ от применения любых технологий, в которых формируются выбросы парниковых газов (угольной генерации, газового отопления, двигателей внутреннего сгорания)
- увеличение доли электрического транспорта, в первую очередь, частных электромобилей

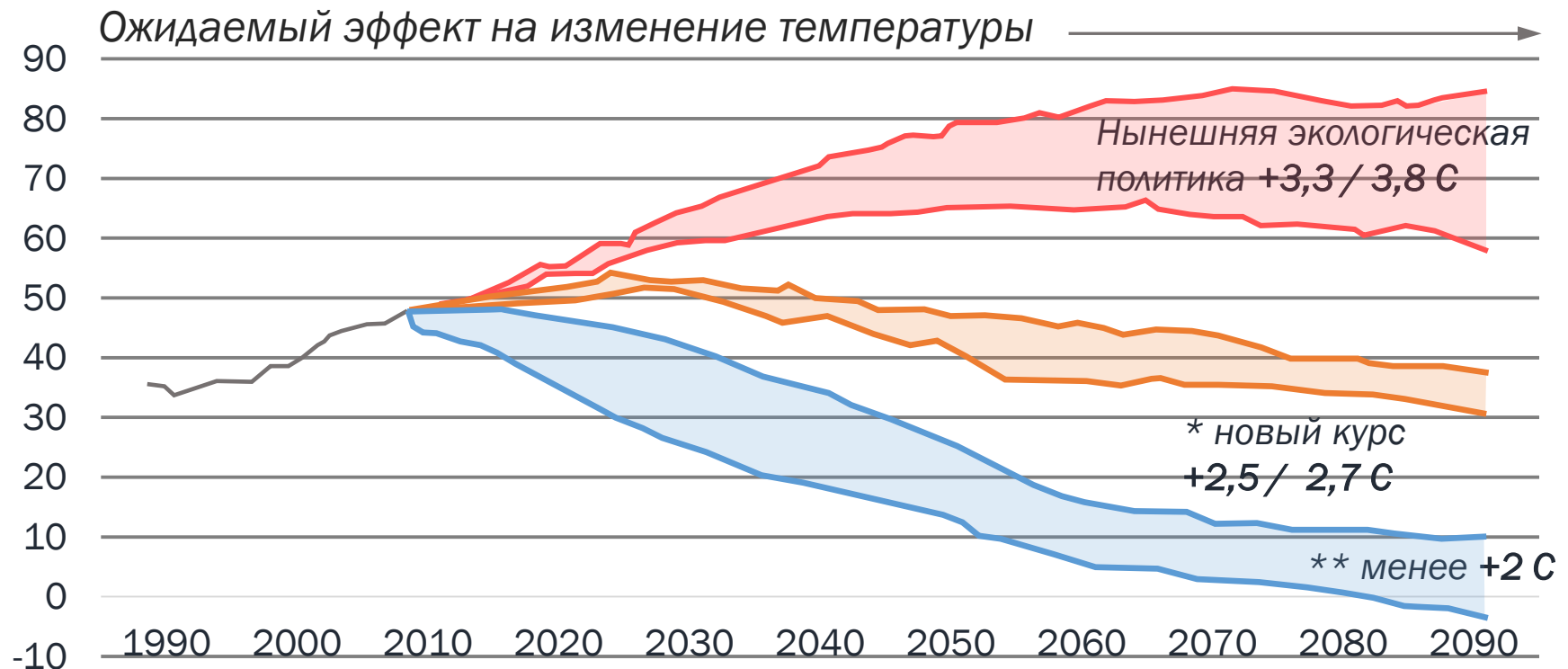
Декарбонизация – является первопричиной трансформации

Изменение мирового энергобаланса, ТВт·ч



Ожидаемые общемировые выбросы парниковых газов в гигатоннах

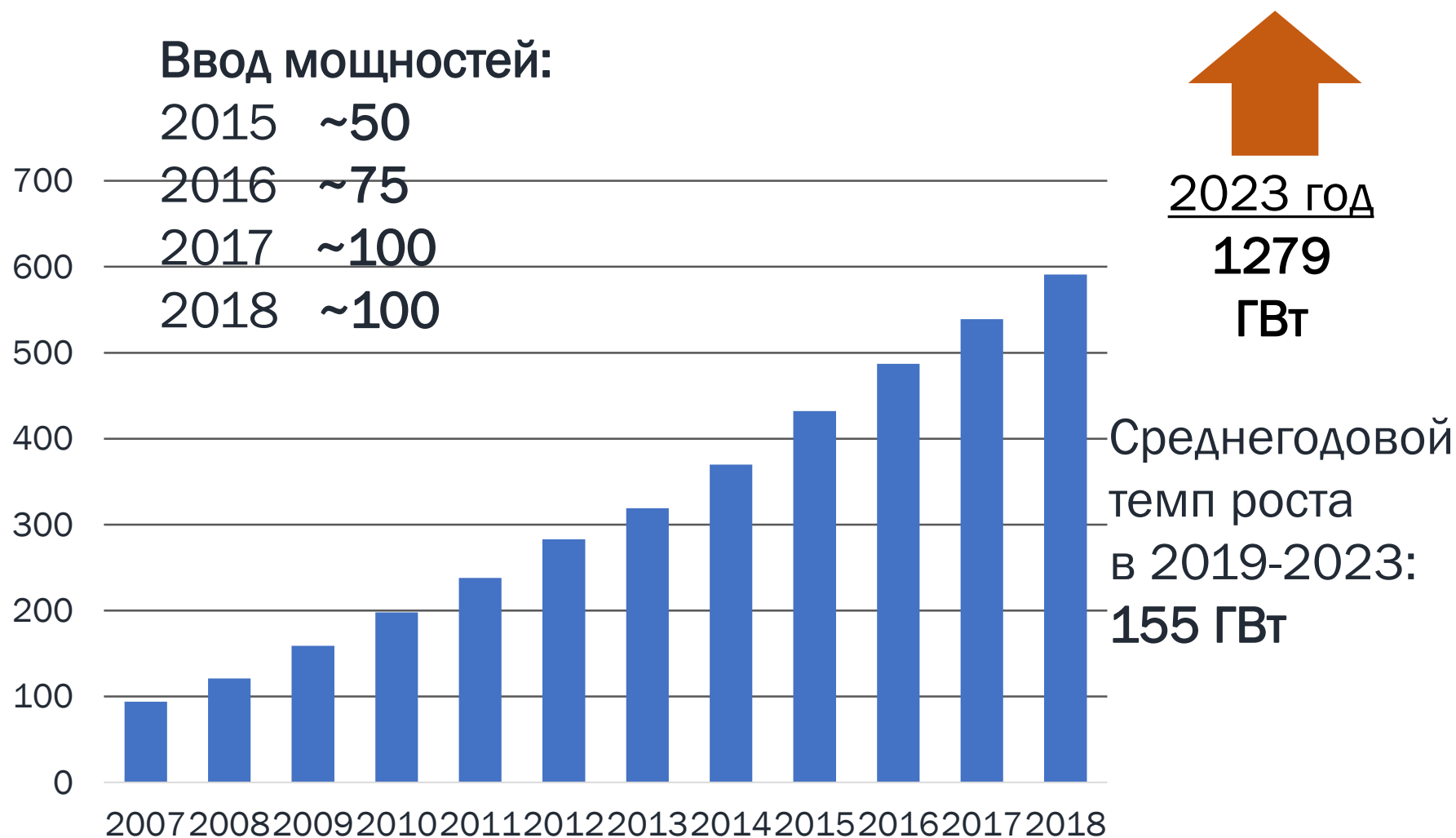
Ожидаемые общемировые выбросы парниковых газов
в гигатоннах



* Предусмотренный предыдущей Рамочной конвенцией ООН об изменении климата

** В соответствии с «Парижским Соглашением» 2015 года IAE Power, Climate Action Tracker

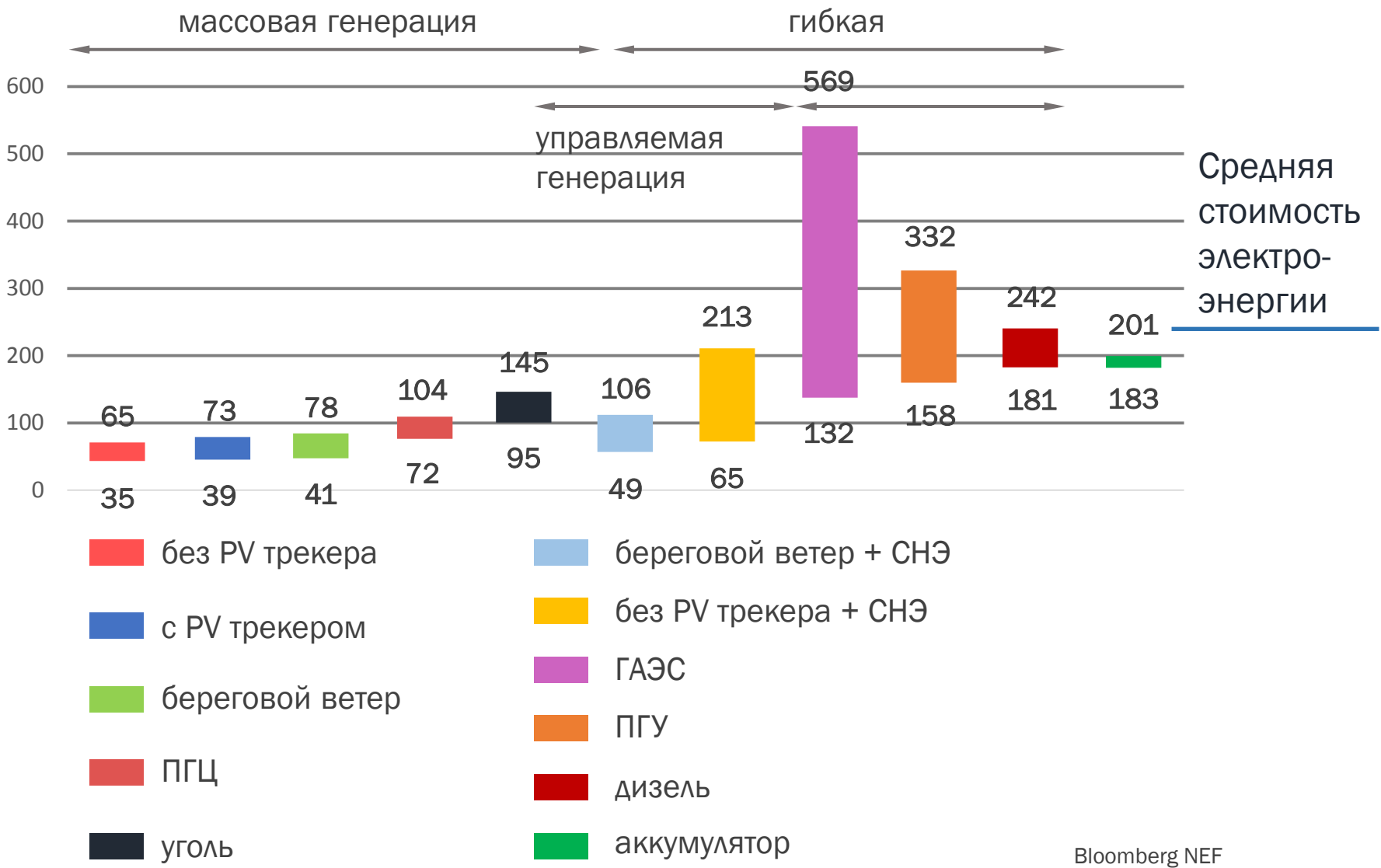
Установленная мощность солнечных (PV) электростанций в мире (ГВт)



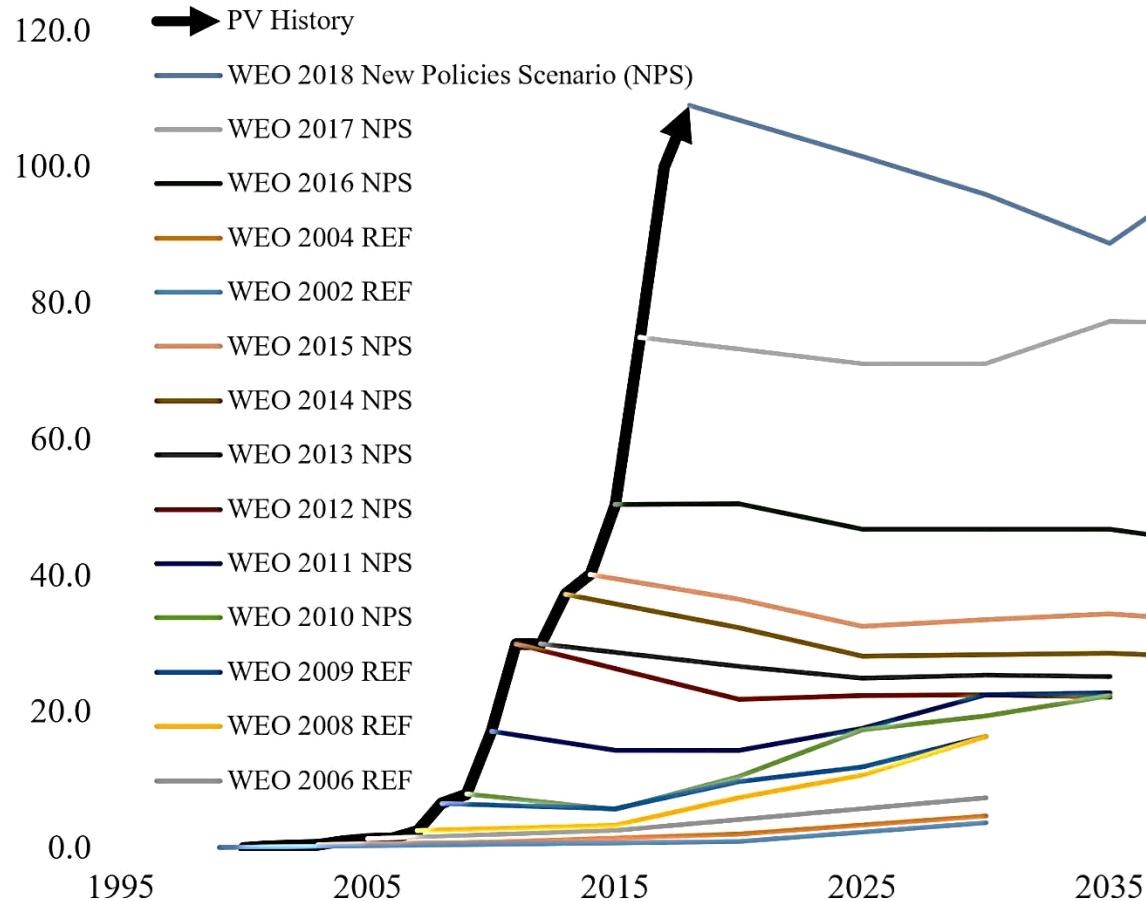
Установленная мощность ветровых электростанций в мире (ГВт)



Новые ВИЭ становятся более чем конкурентоспособными



Прогнозирование развития энергетики в эпоху технологических перемен



Годовой прирост мощностей солнечной энергетики
исторические данные и прогнозы МЭА

Децентрализация – задает новый организационный принцип

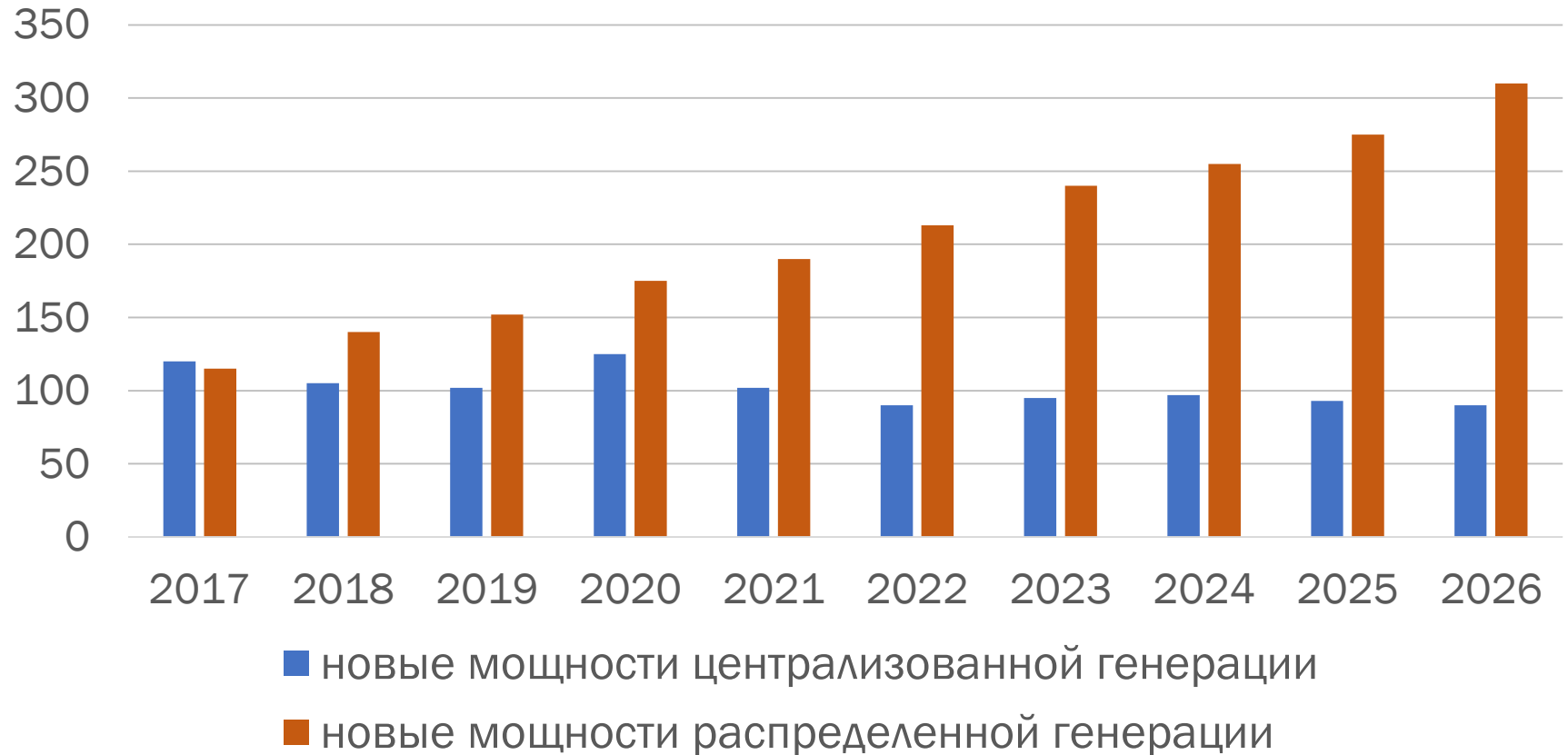
Децентрализация – масштабное развитие распределенной энергетики (генерация, накопители, управляемая нагрузка).

В каждой стране формируется своя модель рынка, определяющаяся соотношением централизованной и распределенной энергетики

Распределенная генерация – это совокупность электростанций (в т.ч. на базе ВИЭ), расположенных близко к месту потребления энергии и подключенных либо непосредственно к потребителю, либо к распределительной электрической сети

Важную роль будут играть **новые сегменты рынка и сервисы**, возможные только при децентрализации, – p2p-энергообмен, управление спросом, агрегация накопителей, гибкое управление нагрузкой

Децентрализация – задает новый организационный принцип

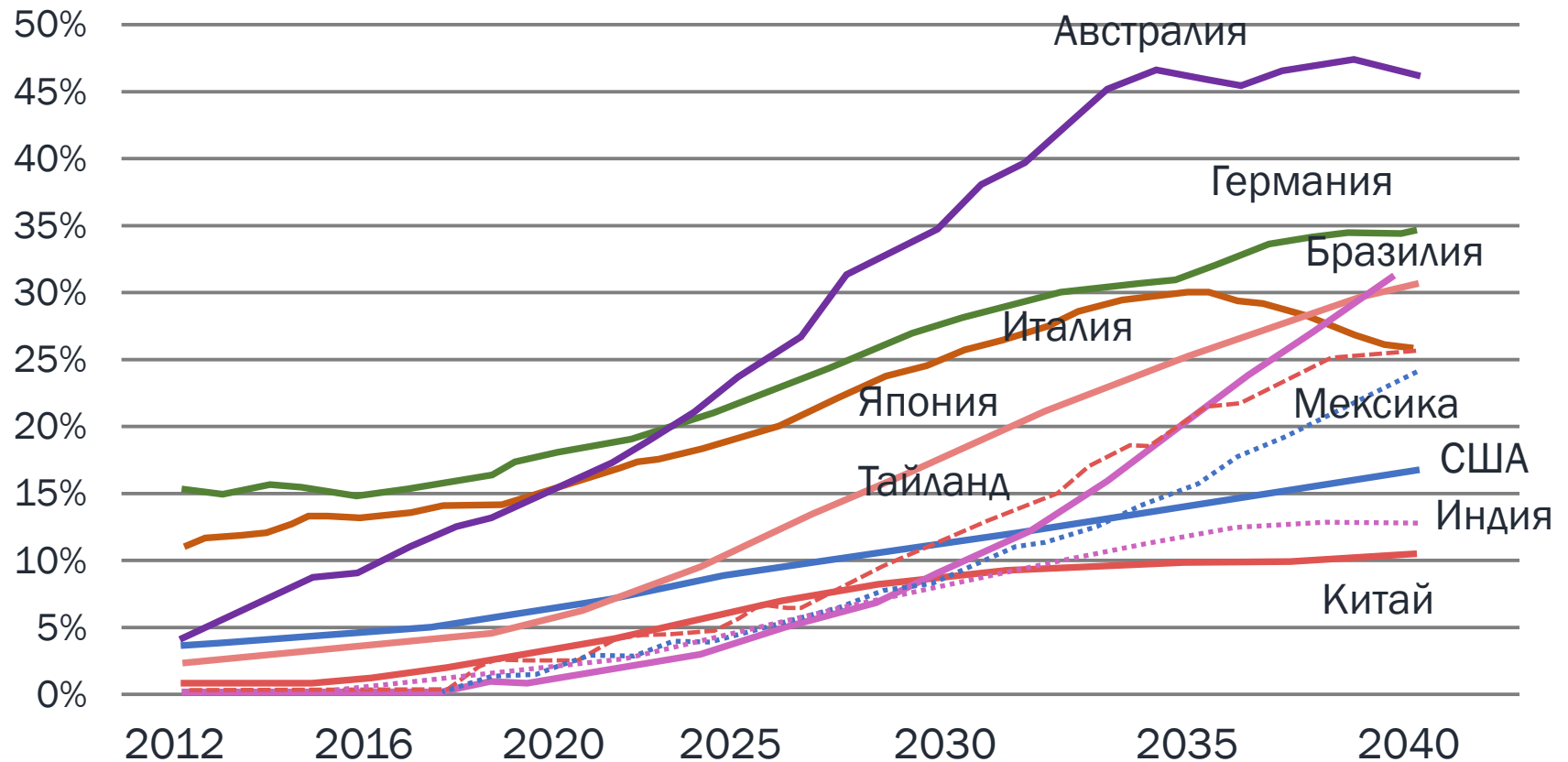


Прогноз ввода новых мощностей централизованной и распределенной генерации в мире, МВт

Bloomberg New Energy Finance, Navigant Research

Децентрализация – задает новый организационный принцип

Прогноз доли децентрализованной энергетики в энергетическом балансе стран, %



Диджитализация – является основным средством для трансформации в энергетике

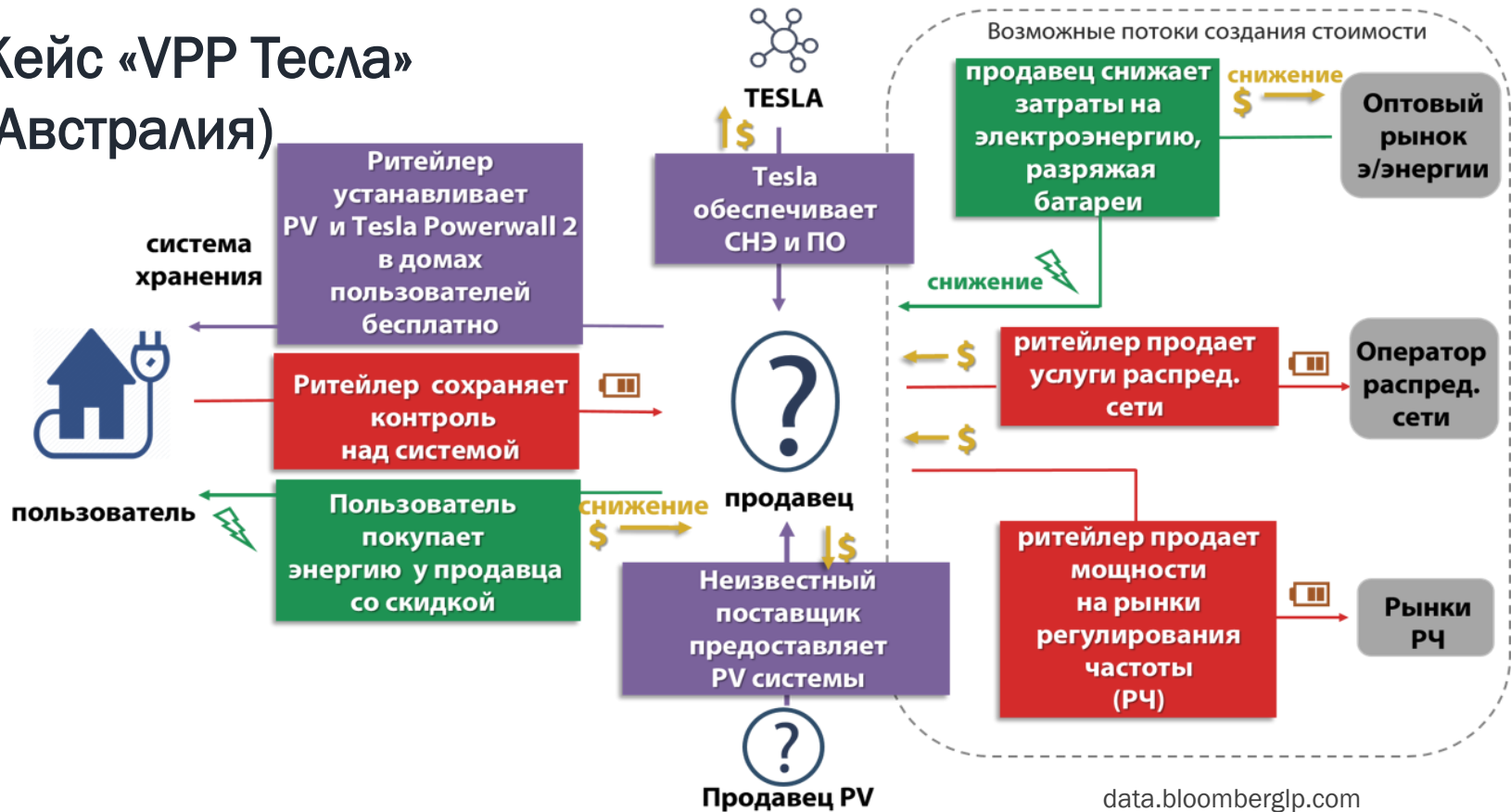
Цифровая ЭКОНОМИКА – это глобальная сеть экономической деятельности, коммерческих трансакций и профессиональных взаимодействий, которые обеспечиваются информационно-коммуникационными технологиями

Цифровая платформа – открытая цифровая среда для организации производственных отношений субъектов

Цифровая энергетика – новый способ организации экономических отношений в энергетике, обеспечивающий с низкими трансакционными издержками вовлечение в экономический оборот распределенной энергетики

Диджитализация – является основным средством для трансформации в энергетике

Кейс «VPP Тесла» (Австралия)



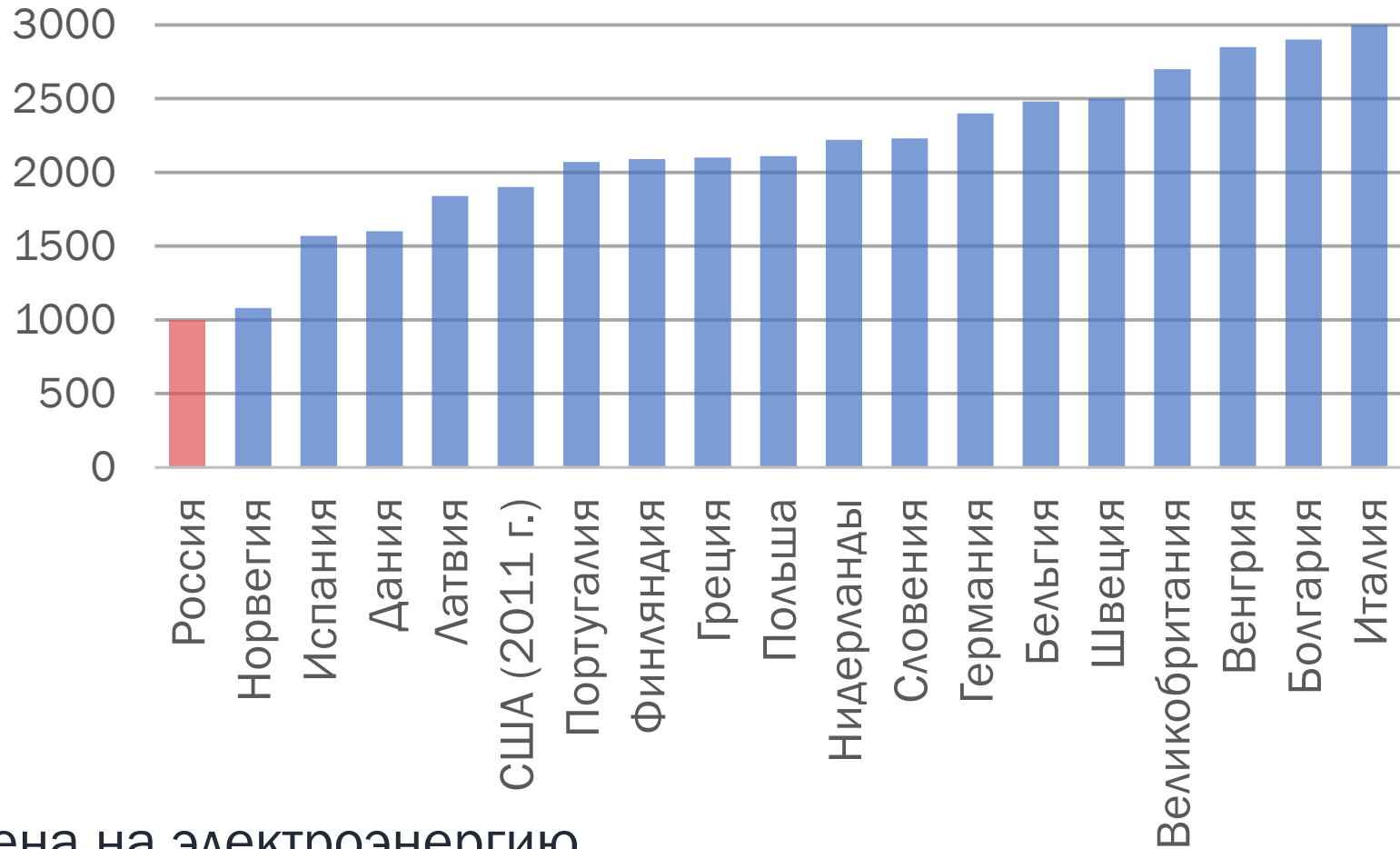
Солнечная генерация и накопители домохозяйств в составе ВЭС по капитальным затратам на единицу мощности стоит на 20% меньше, чем «разрозненная» солнечная генерация

Национальные особенности энергетического перехода



Вызов для России – низкая эффективность использования мощности

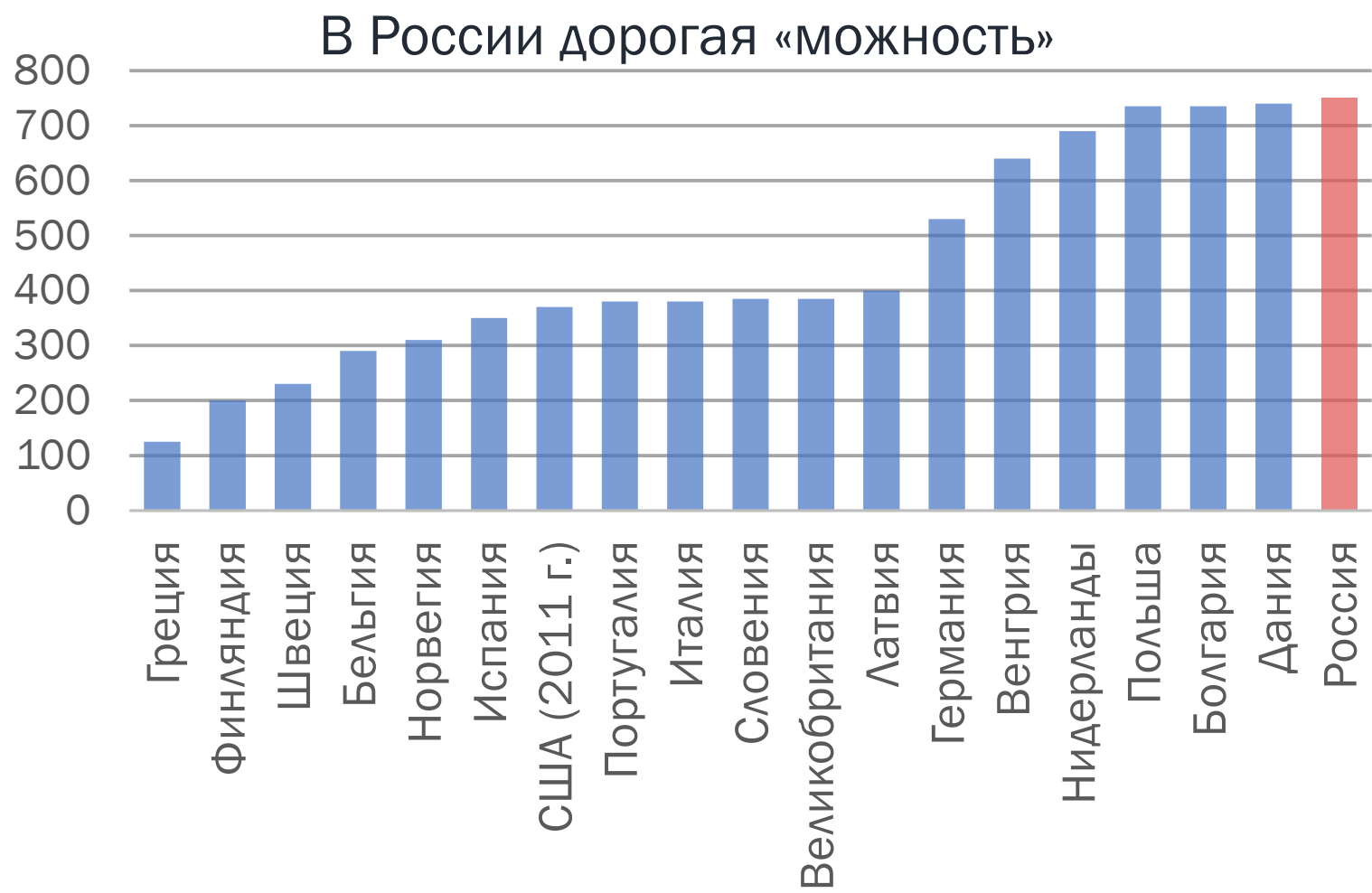
В России дешевая «электроэнергия»



Цена на электроэнергию
на оптовом рынке (2013 г.), Р/МВт·ч

Фонд «Форсайт», Фонд «ЦСР»

Вызов для России – низкая эффективность использования мощности



Другие компоненты цены на электроэнергию («мощность») без налогов (2013 г.), P/MВт·ч

Фонд «Форсайт»,
Фонд «ЦСР»

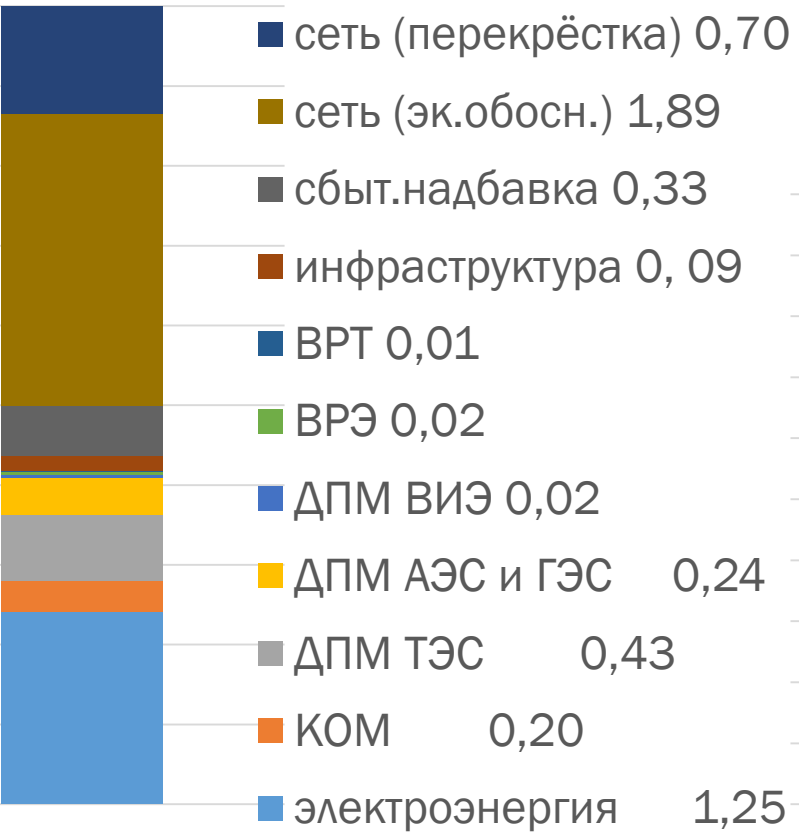
Вызов для России – низкая эффективность использования мощности

Факторы дорогой цены:

1. Низкая плотность нагрузки (на 1кВт потребления мощности в России требуется в 1,5-3 раза больше сетевых активов, чем в ЕС)
2. Низкая загрузка мощностей (КИУМ станций 50%, загрузка мощностей магистральной сети 26%, а мощностей распределительного комплекса 32%)
3. Высокая стоимость капитала (в 2-3 раза выше, чем в Европе)
4. Высокая стоимость строительства (на 20-40% выше, чем в Европе)
5. Низкая производительность труда (на 1 МВт установленной мощности в 10 раз больше работников, чем в США)

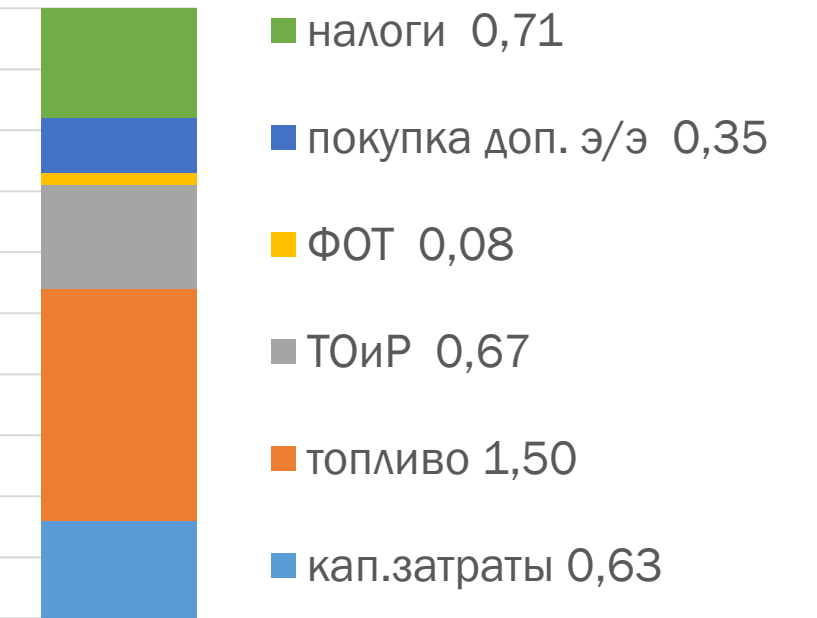
Потенциал повышения эффективности использования мощности велик

Структура цена э/э из ЕЭС в 2019 г. на СН2 в РТ



5,19 руб.

Себестоимость производства э/э на энергоцентре потребителя в РТ



3,94 руб.

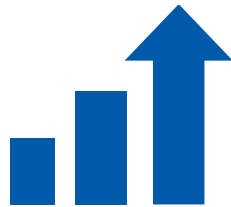
Что делать?



Лучше планировать



Больше выводить
неэффективные
мощности



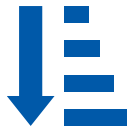
Более эффективно
использовать
существующие мощности



Меньше строить
новые мощности

Распределенная энергетика – ключевой инструмент повышения эффективности использования мощности

Распределенная генерация, системы накопления энергии и управляемая нагрузка повышают эффективность энергосистемы за счет:



снижения потребности в присоединенной мощности



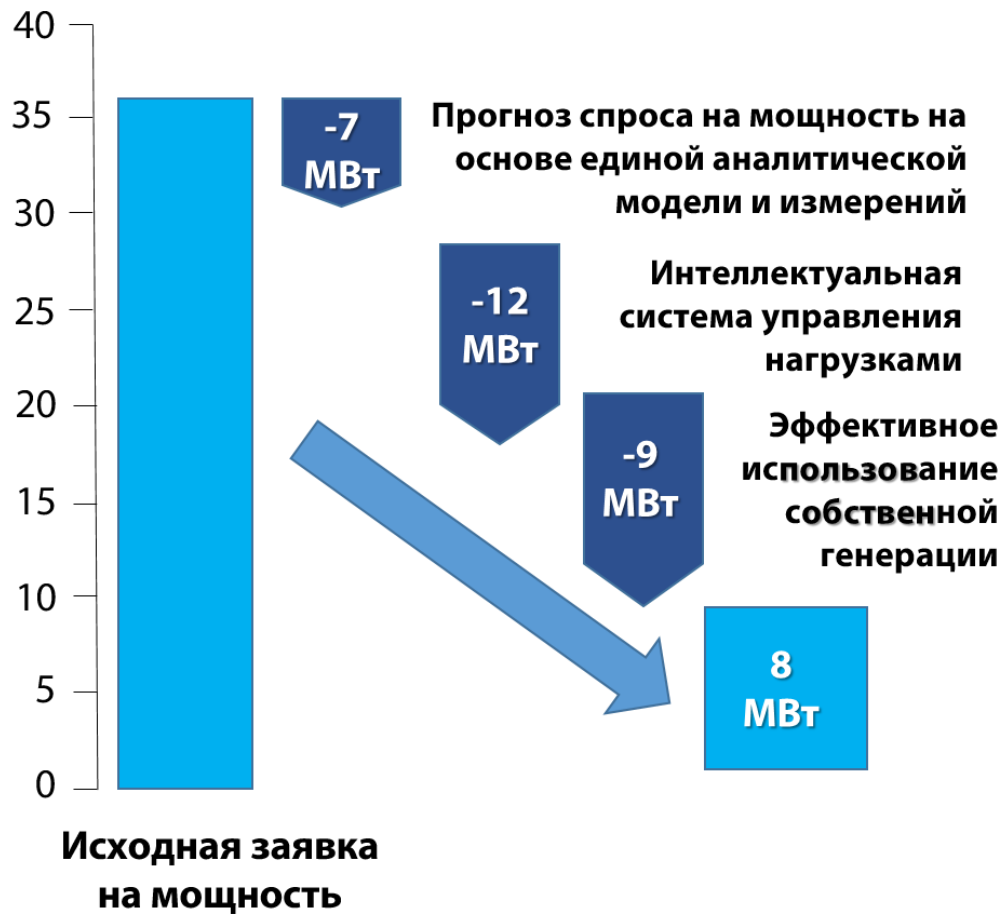
локальных энергобалансов
на базе децентрализованной генерации



вовлечения активов конечных пользователей
в процессы управления энергосистемой

Модельный пример повышения эффективности использования мощности для морского порта

Потребность в мощности при реконструкции



Генерация **17%**

2 ТЭЦ – 18 МВт
ДЭС – 2 МВт



Сети **18%**

ПС – 30 штук
ВЛ и КЛ – 150 км



Накопители

Тяговые АКБ и
ИБП – 1 МВт·ч



Потребители

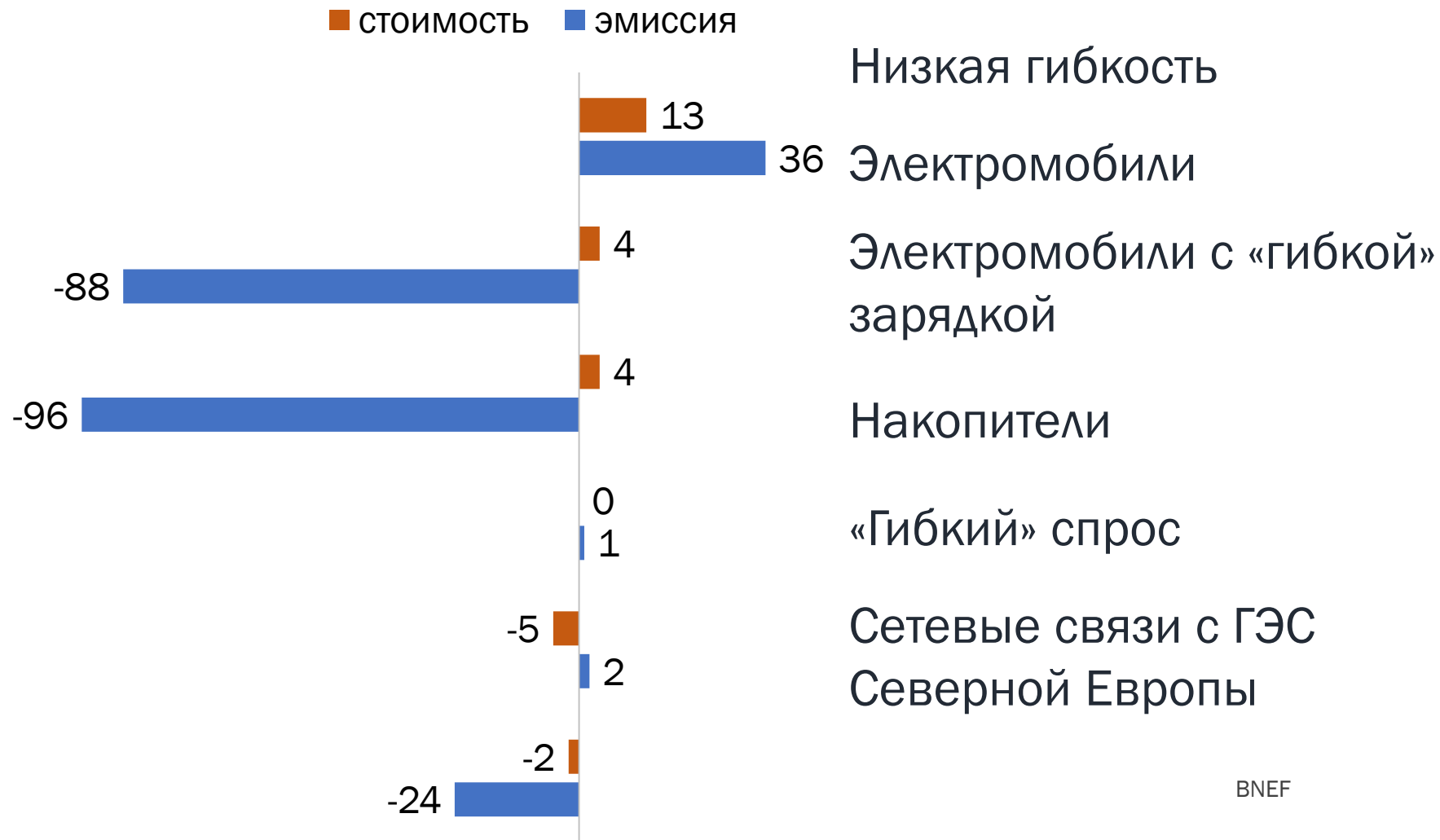
Нагрузка – 26 МВт

Охота на калифорнийскую утку

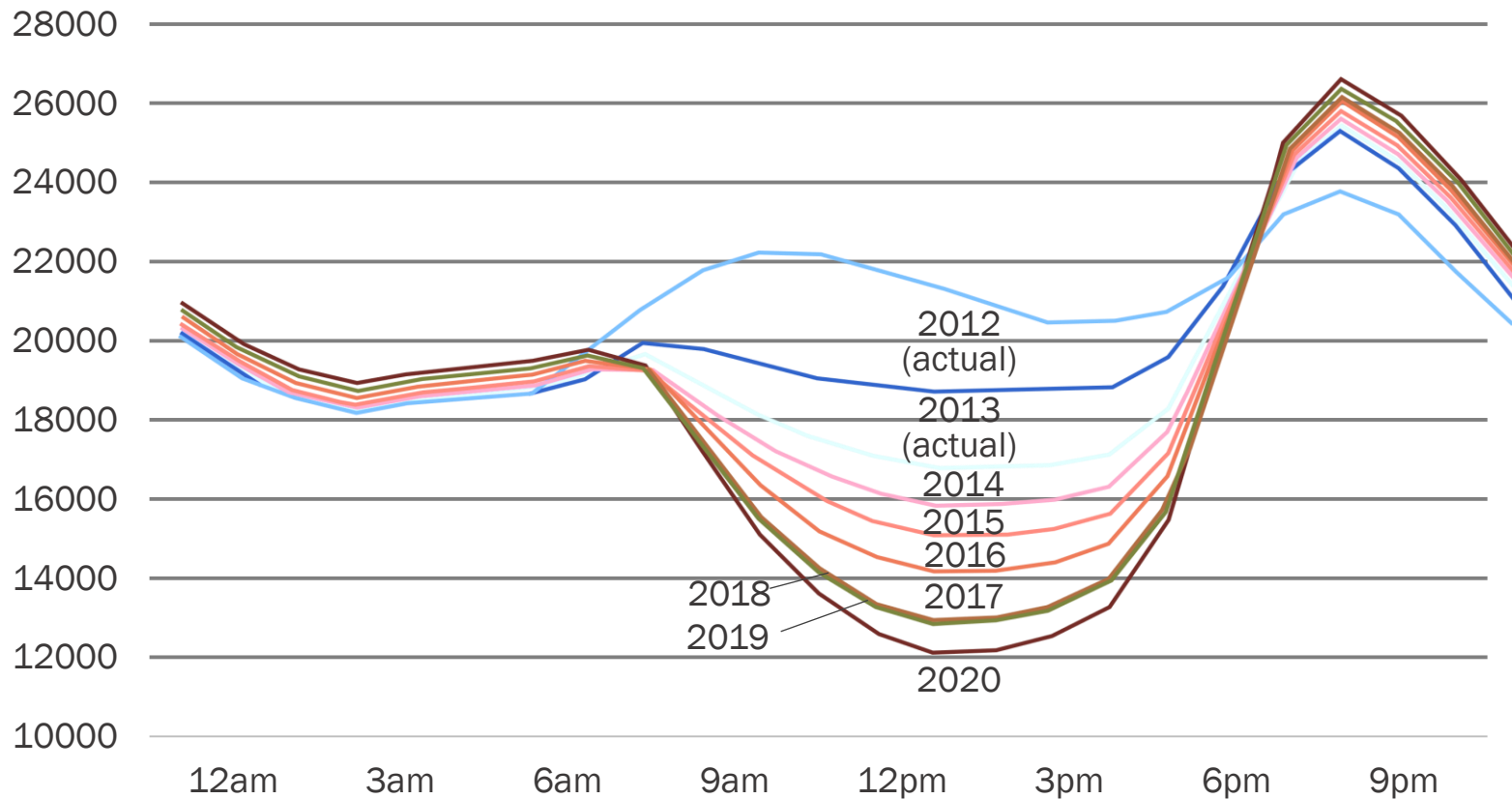


Парадокс декарбонизации без «Гибкости»

Вклад различных сценариев обеспечения «гибкости»
в энергосистеме Великобритании в 2030 г. (%)



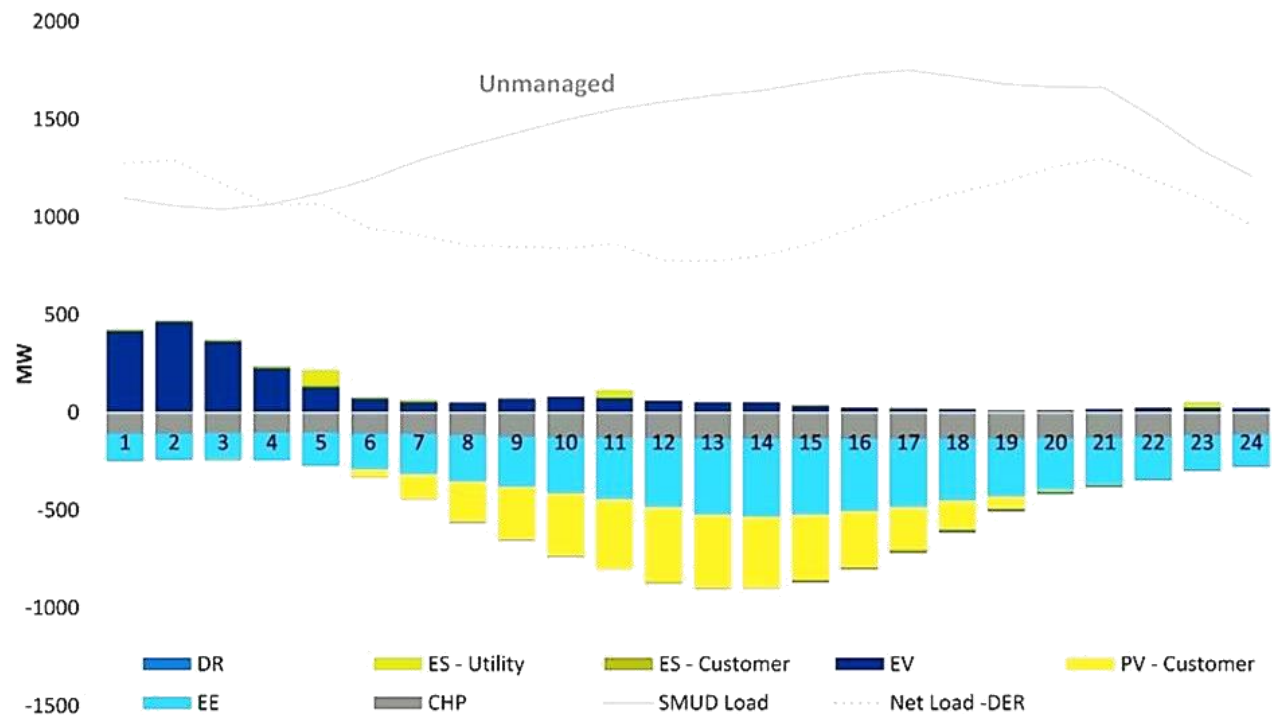
«Калифорнийская утка»: характерный профиль потребления из сети при большой доле ВИЭ



Изменение графика нагрузки в Калифорнии
(40% ВИЭ в энергобалансе к 2020 г.), МВт

CAISO

Гибкость по-американски: разнообразие распределенных источников энергии



DR – управление спросом

ES – накопление энергии

EV – электромобили

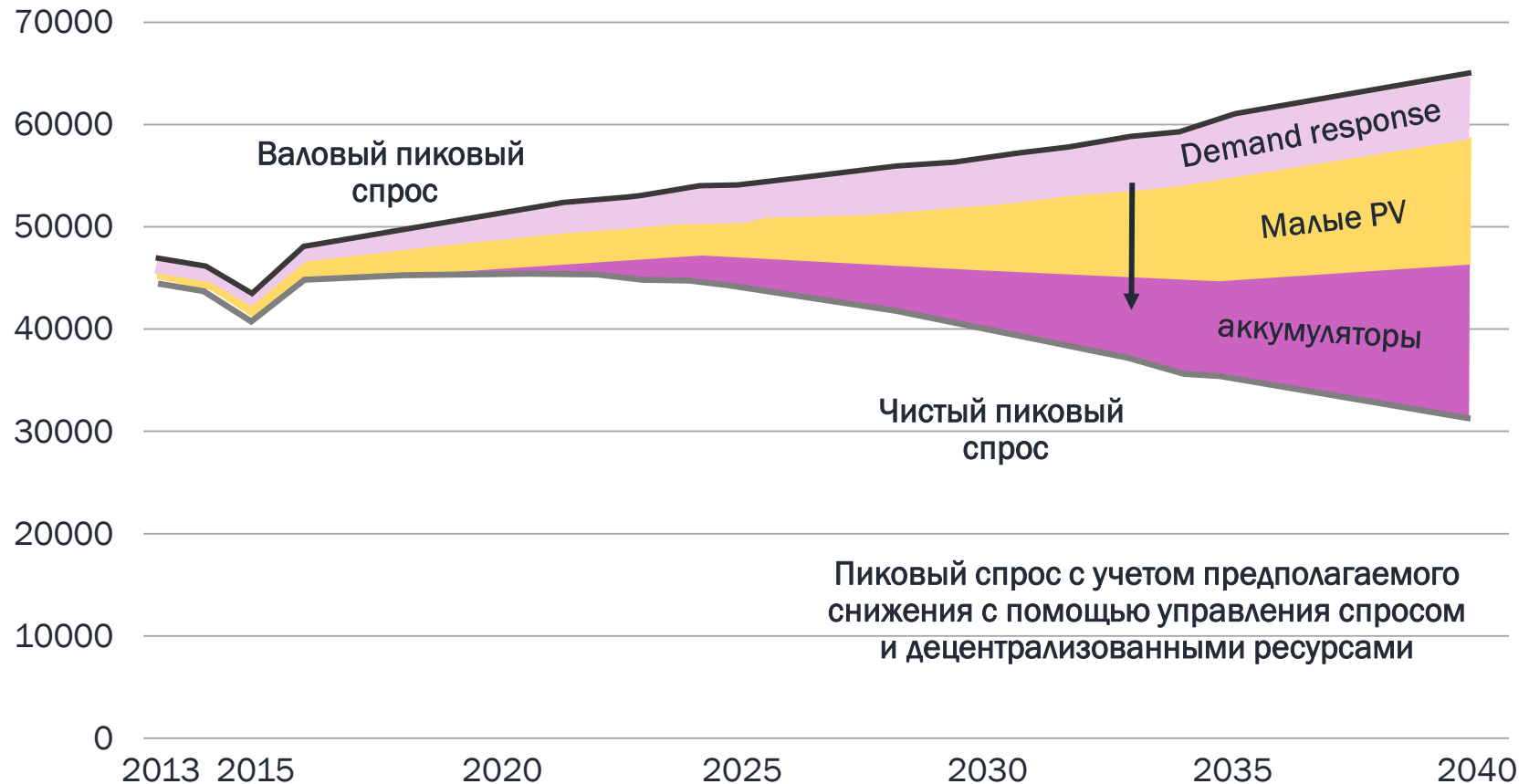
EE – энергоэффективность

CHP – когенерация

PV – солнечные панели

SEPA

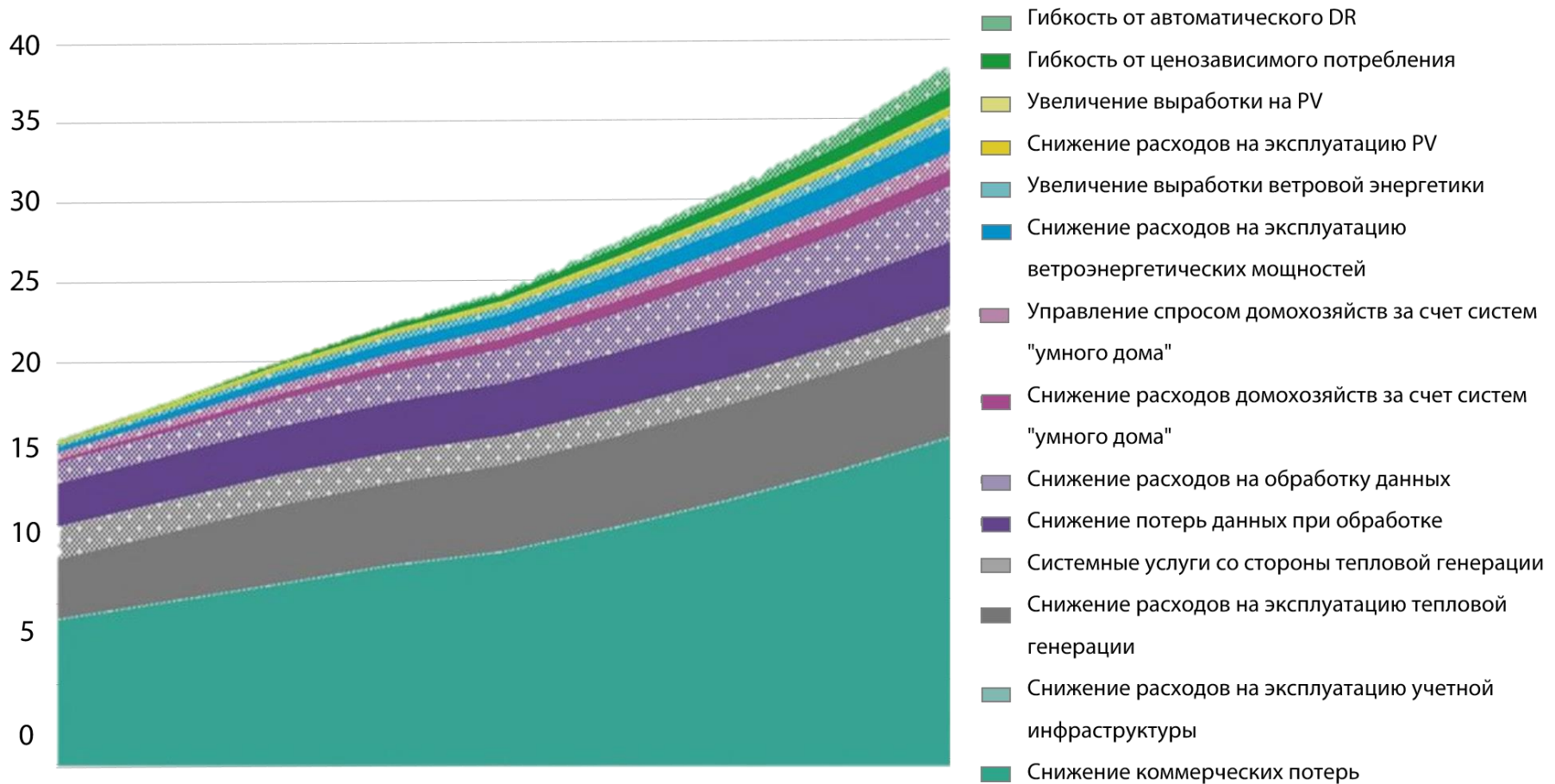
Гибкость по-австралийски: потребление электроэнергии будет расти, но потребность в мощностях – падать



Вклад новых технологий в снижение потребления мощности в Австралии, тыс. МВт

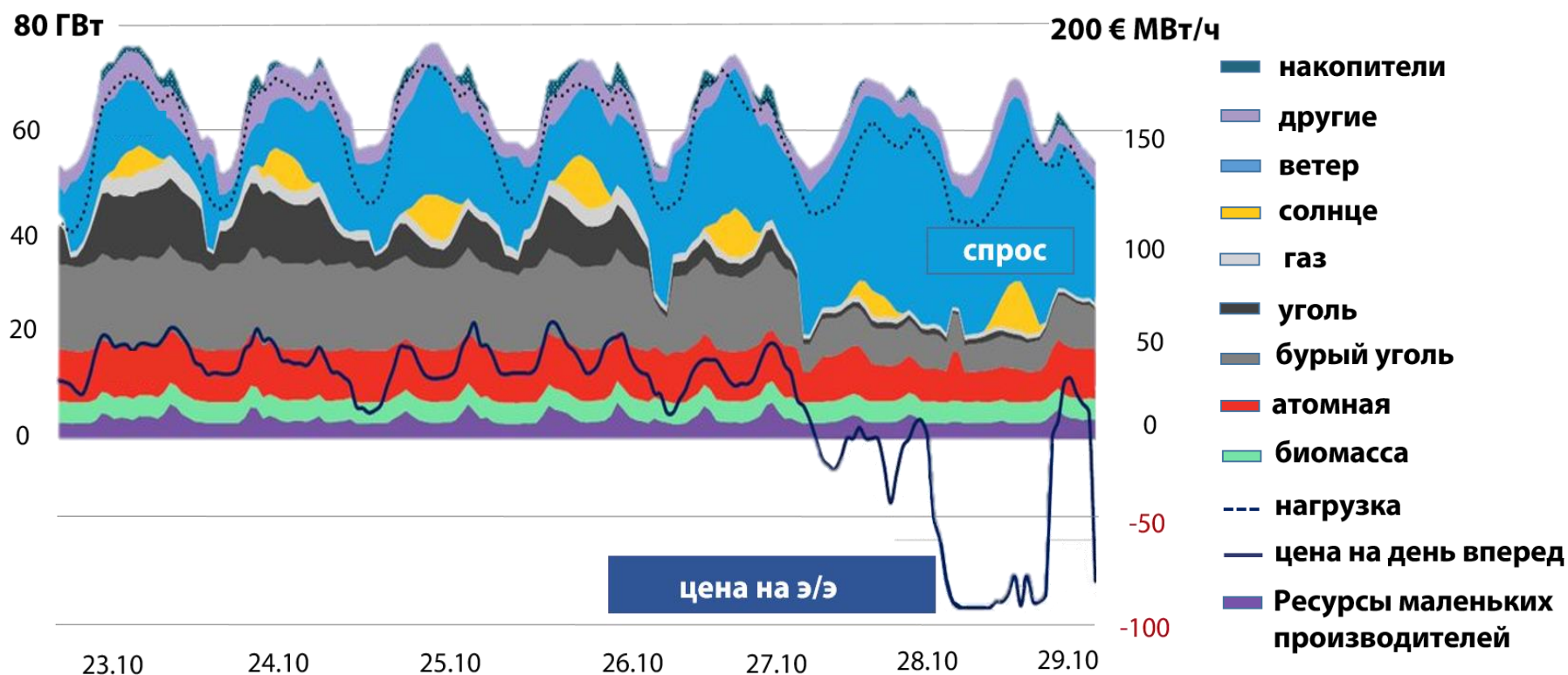
Цифровизация сыграет свою роль в том, чтобы энергетика стала экономичной

Выгода для распределительных сетей, сбытовых компаний и потребителей от цифровизации, \$ млрд. в год

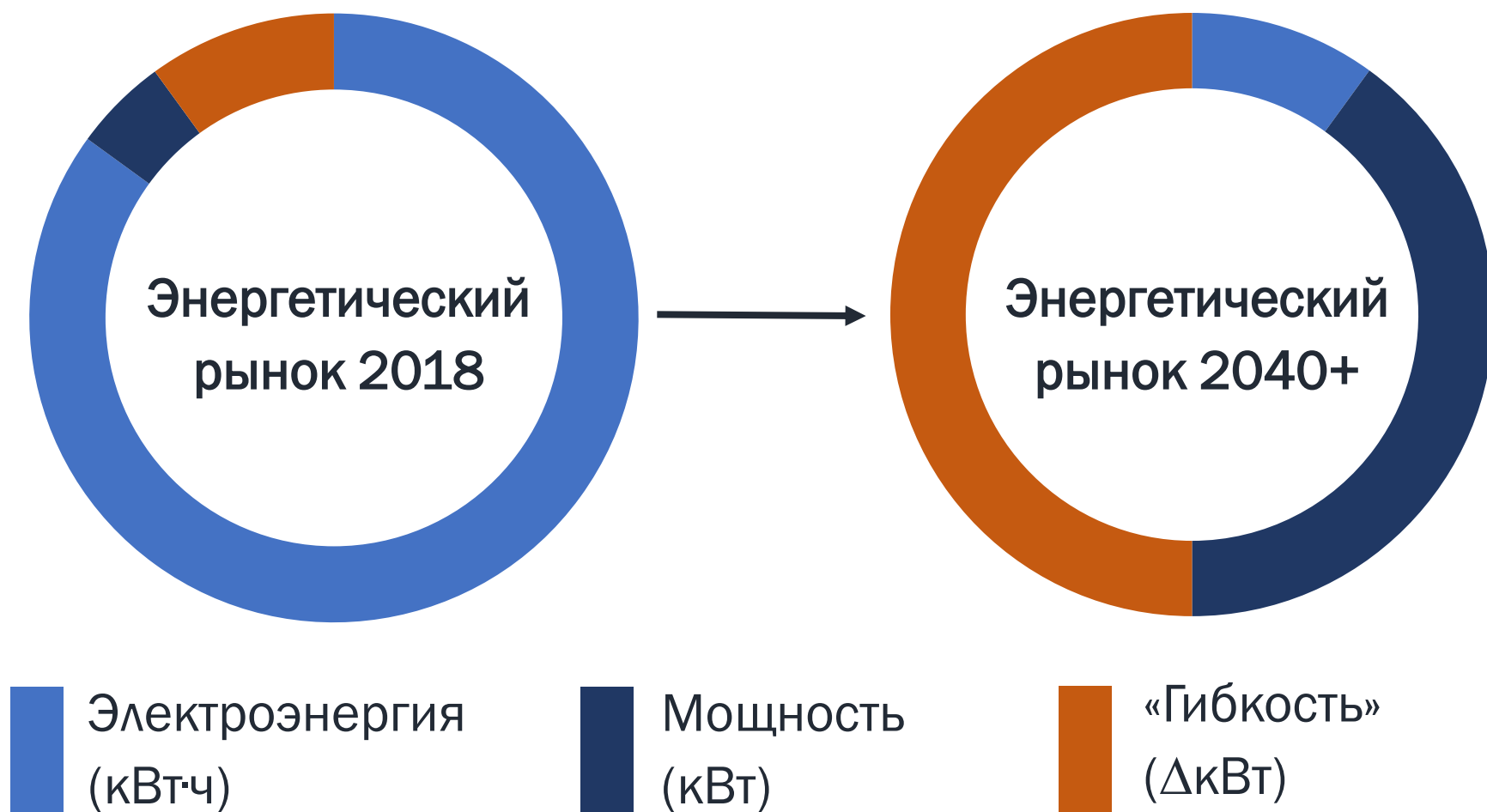


Рынок должен будет поменяться: немецкий вариант

Структура генерации (ГВт) и цены (€/МВт·ч) на рынке на сутки вперед в Германии за неделю 23 – 29 октября 2017 г.



Рынок должен будет поменяться: японский вариант



В России распределенная энергетика становится все более конкурентоспособной

Потенциал различных составляющих распределенной энергетики в 2035 г.:

32 ГВт – собственная генерация

65 ГВт – распределенная когенерация

13 ГВт – управление спросом

Реалистичный объем распределенной энергетики в России может **составить 36 ГВт к 2035 году** – не менее 50% от планируемого ввода всех новых генерирующих мощностей

Развитие ВИЭ в РФ

Официальные цели (оптовый рынок)

Вид генерации	Целевой показатель (МВт) 2024 г
Ветроэнергетика	3 351,2
Солнечная энергетика	1 759,4
Малые ГЭС (до 25 МВт)	425,4
ИТОГО:	5 536,0

Прогноз к 2035

(ген.схема размещения
объектов электроэнергетики РФ)

Всего **11,6 ГВт**
5,4 ГВт на период **2025-**
2035

Общие инвестиции
в создание производства
оборудования для СЭС
и ВЭС – **41,0 млрд.рублей**

Регуляторные инициативы



Агрегаторы спроса



Системы накопления энергии



Активные энергокомплексы



Цифровые распределительные электрические сети



Энергообеспечение удаленных территорий



Децентрализованные финансовые сервисы

Новые решения



Новые технологии отменяют старые принципы формирования энергетических систем

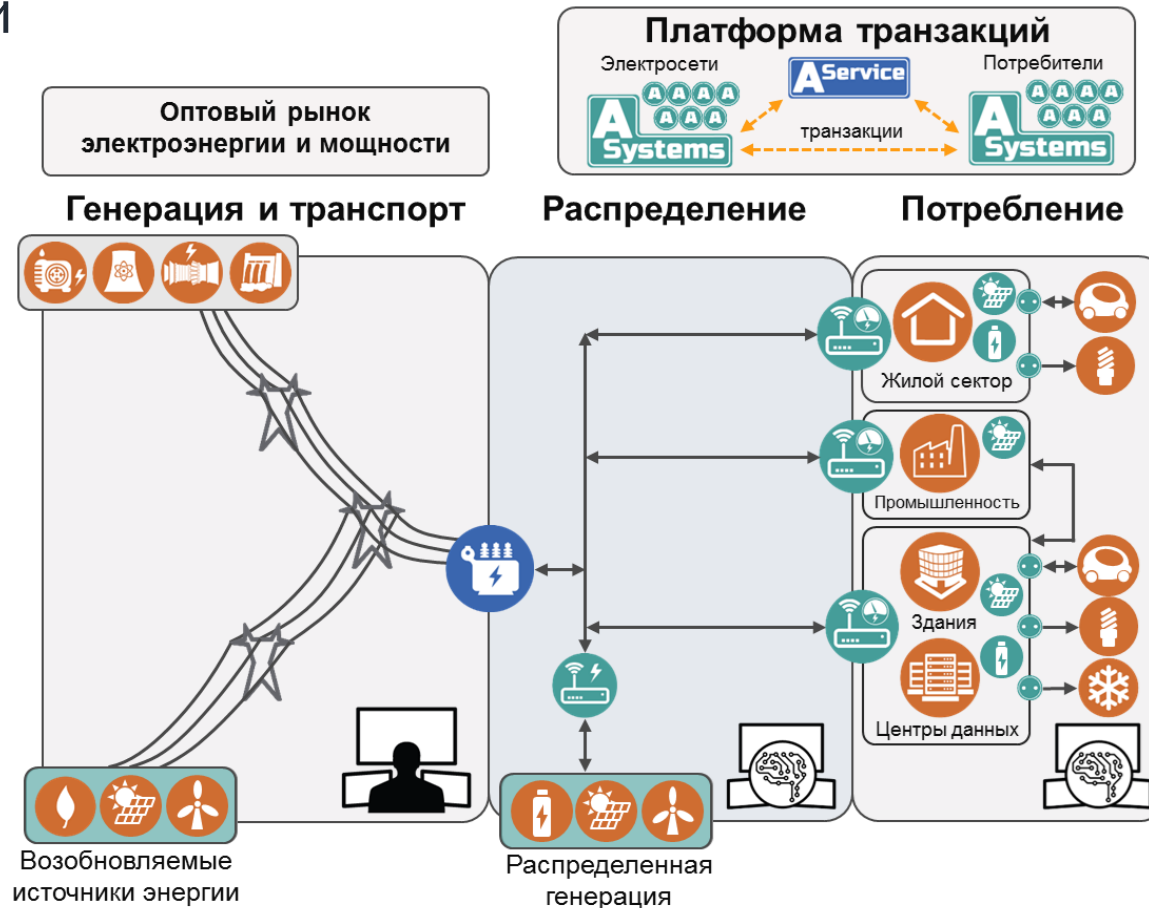
Старые принципы становятся мифами:

- Нагрузка стохастична и не управляема
- Генерацию можно контролировать
- Энергию нельзя складировать
- Потоками энергии нельзя управлять



Интернет энергии – новая парадигма организации энергетики

INTERNET OF ENERGY – экосистема производителей и потребителей энергии, которые беспрепятственно интегрируются в общую инфраструктуру и обмениваются энергией



Интернет энергии – новая парадигма организации энергетики

Новые свойства



обеспечение
дифференцированных
требований
потребителей



интеграция
распределенных
источников энергии,
просьюмеров



sharing мощности,
гибкое агрегирование
и согласованное
управление
мощностями



децентрализованные
рынки энергообмена
и энергетических
сервисов

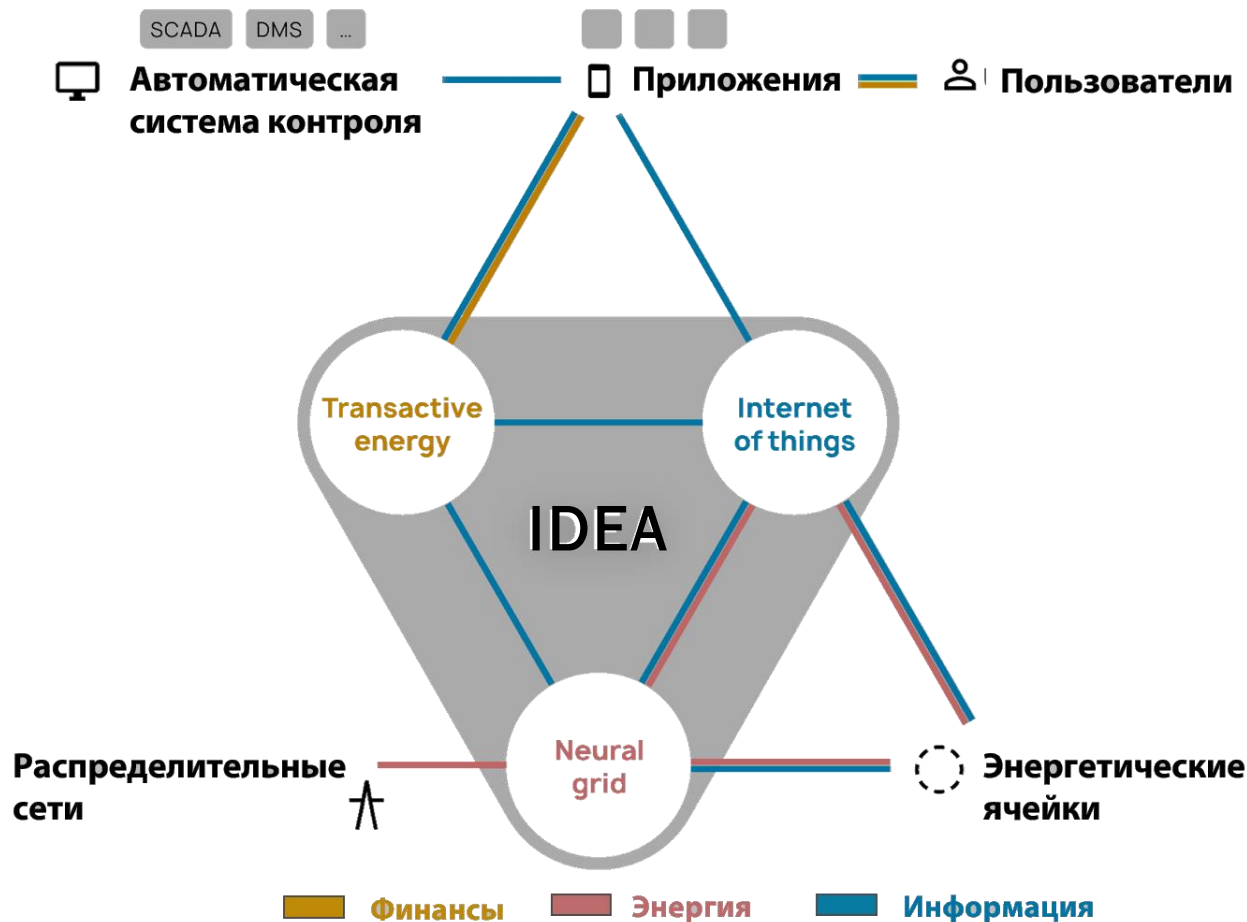
Предпосылки перехода к новой архитектуре энергетики

- Рост транзакционных издержек с ростом числа транзакций и их участников
- Высокая стоимость информационной интеграции оборудования в контуры управления
- Высокая стоимость интеграции силового оборудования в сети с обеспечением стабильности

Высока **потребность** создания и реализации **нового архитектурного подхода** для построения энергосистем и сетей, особенно малого масштаба. Его разработка ведется в США, Японии и Европе

В России разработана **архитектура Интернета энергии (IDEA – Internet of Distributed Energy Architecture)** в рамках Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет»

«Три в одном»: принципиальная Архитектура Интернета энергии



Transactive energy (TE)

Система формирования, контроля исполнения и оплаты смарт-контрактов

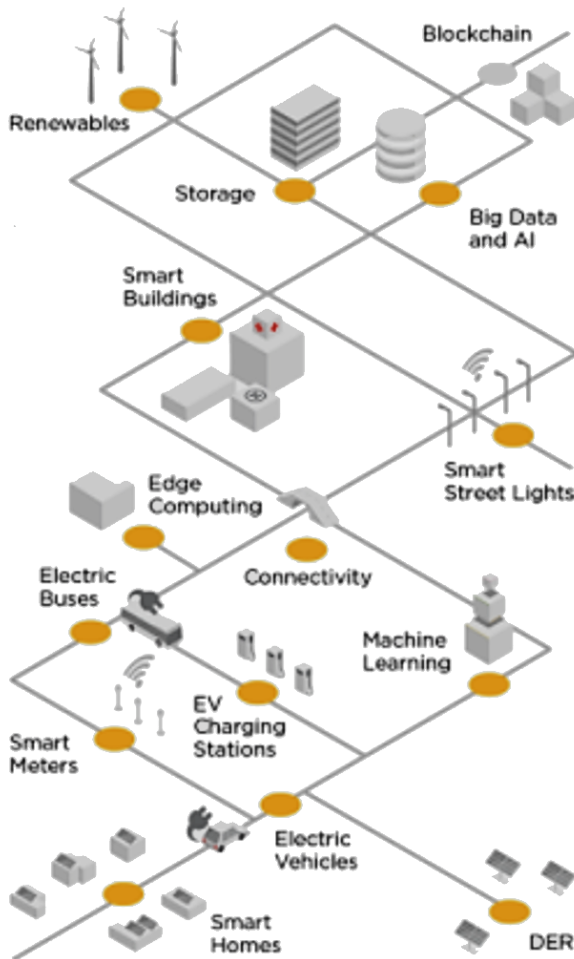
Internet of Things (IoT)

Система межмашинного взаимодействия и обмена управляющими воздействиями между энергетическими ячейками и энергетическим оборудованием

Neural Grid (NG)

система режимного управления, поддержания баланса мощности и обеспечения статической и динамической устойчивости энергосистемы

Технологический пакет Интернета энергии полностью сформируется в ближайшие 3-5 лет



Распределенные
реестры, смарт-
контракты

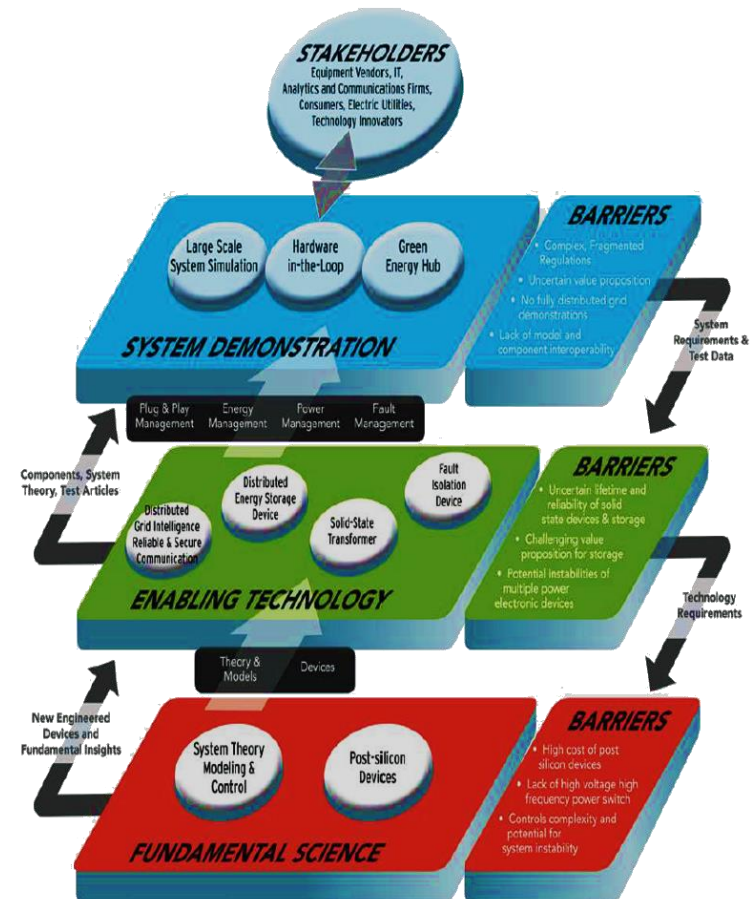
Большие данные

Накопление
энергии

Искусственный
интеллект

Силовая
электроника

Сенсоры и
датчики



Кейс «Три поросенка»



КЕЙС: Электроснабжение трех домохозяйств на «Дальневосточных гектарах» – варианты

Вариант «Ветер»

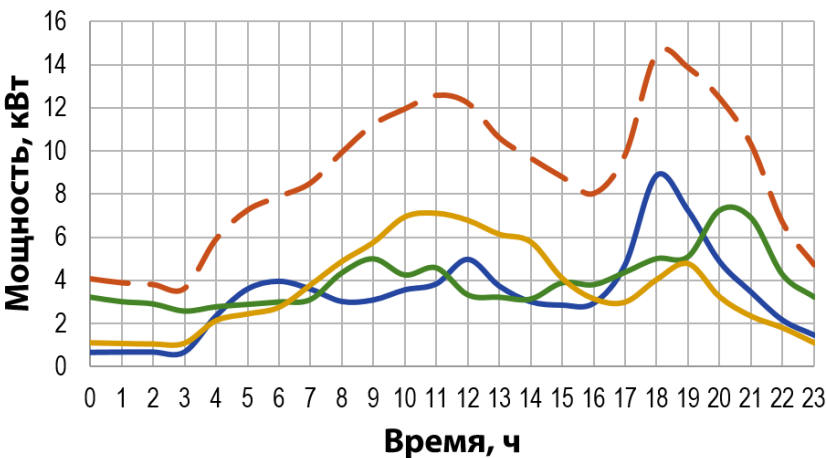
Оборудование	Характеристики	Кол-во
Ветрогенератор	Мощность 10 кВт	20 шт.
Li-ion АКБ	Емкость 8 кВт·ч	43 шт.
Инвертор	Мощность 13 кВт	1 шт.
CAPEX	15 800 000 Р	
OPEX	536 000 Р	
LCOE	78 Р/кВт·ч	

Вариант «Солнце»

Оборудование	Характеристики	Кол-во
PV-панель	Мощность 250 Вт	180 шт.
Li-ion АКБ	Емкость 8 кВт·ч	14 шт.
Инвертор	Мощность 12 кВт	1 шт.
CAPEX	5 440 000 Р	
OPEX	145 000 Р	
LCOE	24 Р/кВт·ч	

Вариант «Дизель»

Оборудование	Характеристики	Кол-во
ДГУ	Мощность 15 кВт	2 шт.
CAPEX	465 000 Р	
OPEX	7 049 000 Р	
LCOE	29 Р/кВт·ч	



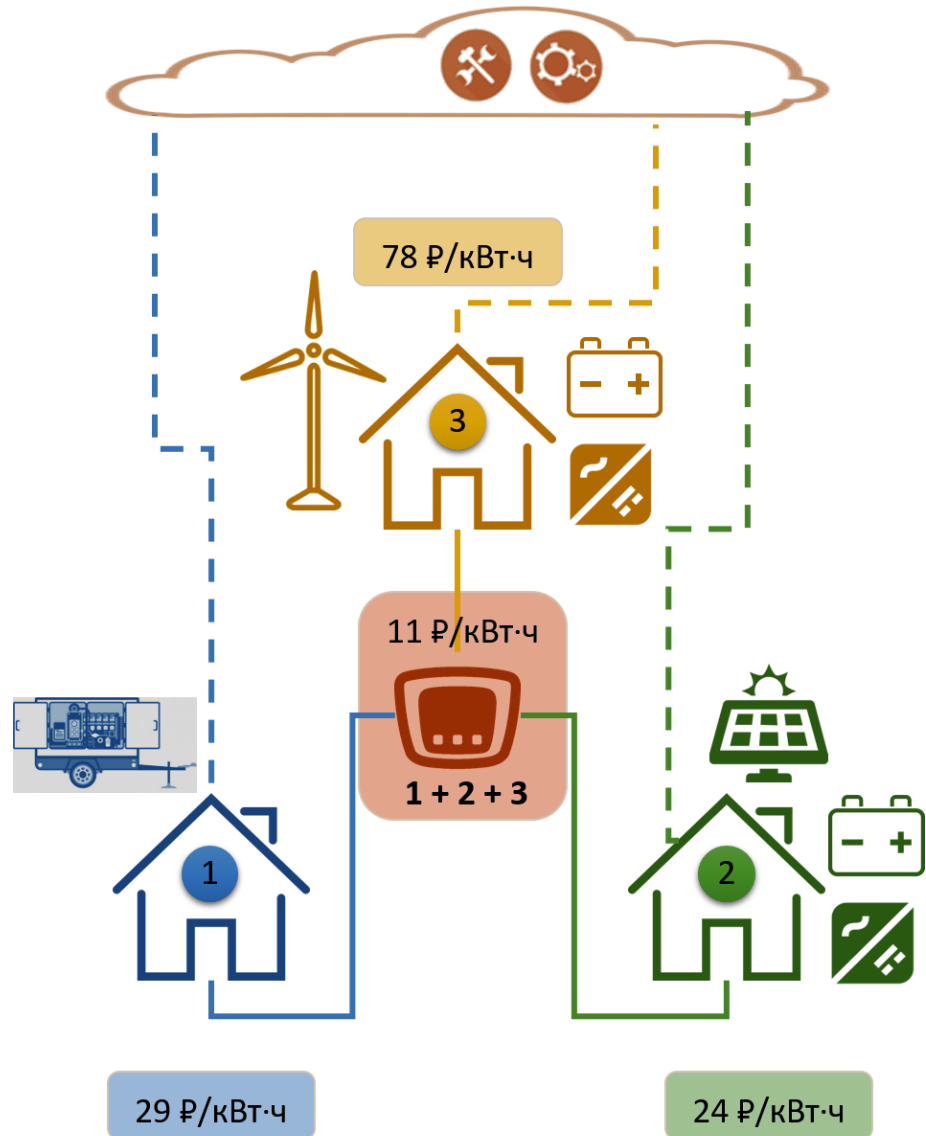
КЕЙС: Электроснабжение трех домохозяйств на «Дальневосточных гектарах» – правильный вариант

Оборудование	Характеристики	Количество
ДГУ	Мощность 15 кВт	2 шт.
PV-панель	Мощность 250 Вт	118 шт.
Ветрогенератор	Мощность 10 кВт	1 шт.
Li-ion АКБ	Емкость 10 кВт·ч	10 шт.
Инвертор	Мощность 20 кВт	1 шт.
CAPEX	5 330 000 Р	
OPEX	2 500 000 Р	
LCOE	11 Р/кВт·ч	

Вариант «Интернет энергии»

КЕЙС: Электроснабжение трех домохозяйств на «Дальневосточных гектарах» – правильный вариант

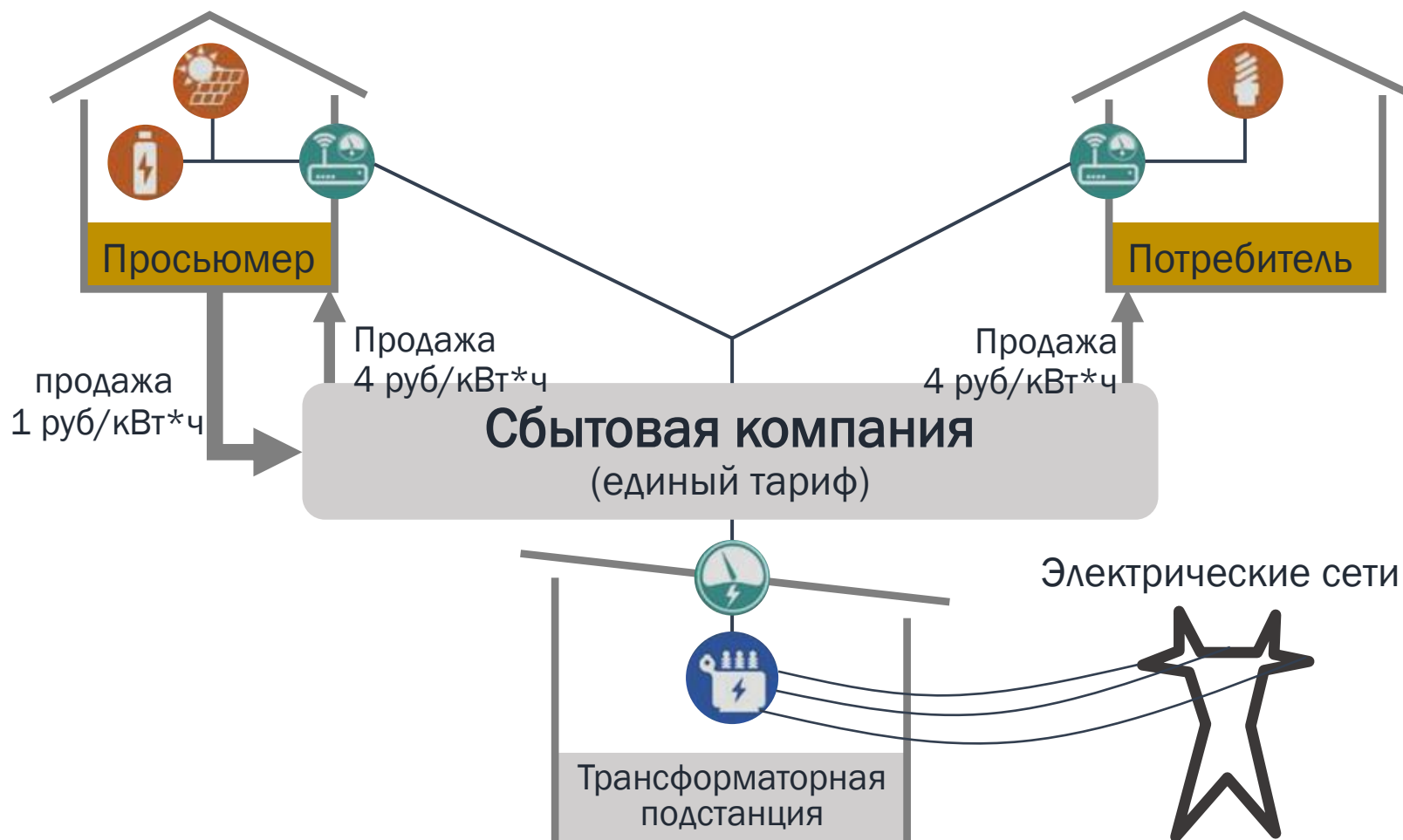
Вариант
«Интернет энергии»



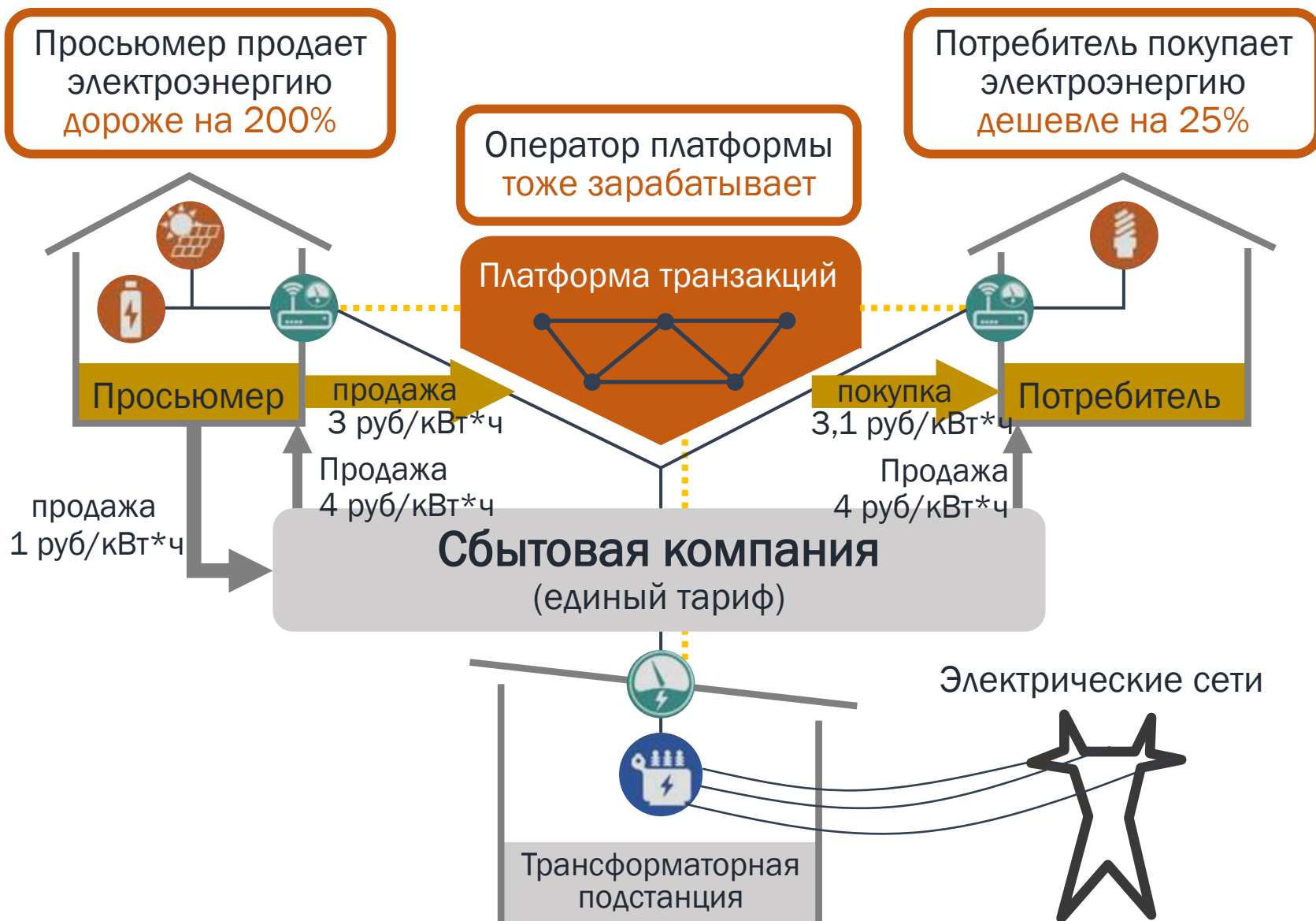
Кейс 2. «Убери посредников»



Использование микро-генерации (ВИЭ) на базе традиционного подхода



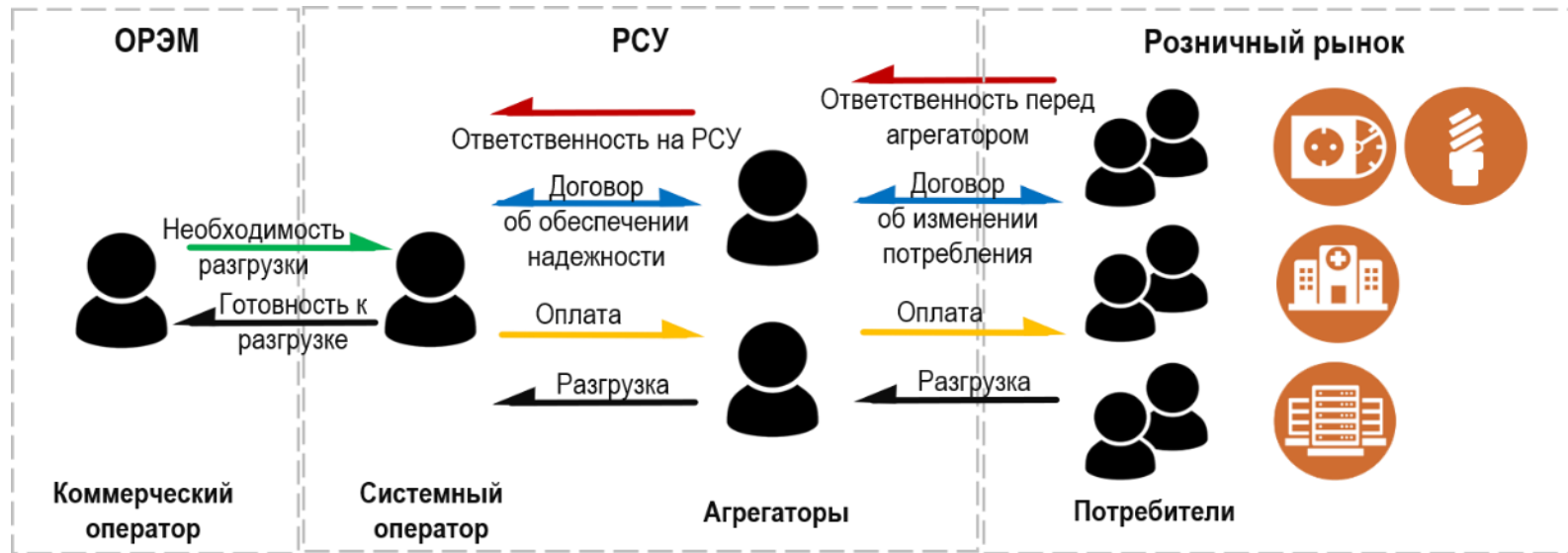
Использование микро-генерации (ВИЭ) на базе подхода IDEA



Новые практики



Demand response



Рынок РФ: 4 – 6 ГВт

Сводный экономический эффект: **67-105 млрд ₽/ год**

регулируется ПП РФ № 287
от 20.03.2019 г

Кандидаты: системы вентиляции и кондиционирования, холодильное и насосное оборудование, электрический обогрев и водонагреватели

85 тыс ₽/год за снижение нагрузки на 10 кВт
(5 раз/мес. на 4 часа)

Remote Microgrid

Полностью автономный микрогрид обеспечивает



Отсутствие
необходимости
завоза топлива



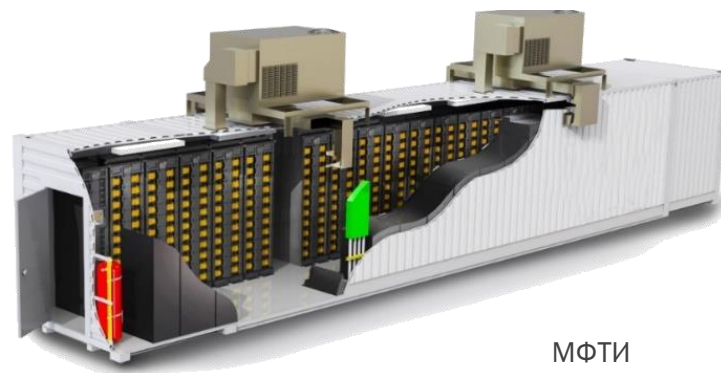
Высокую
эффективность
использования ВИЭ
(высокий КИУМ)



Снижение LCOE
в сравнении с
топливной генерацией



Когенерацию
электрической
энергии и тепла



МФТИ

Активные энергетические комплексы: industrial microgrid по-русски

Кейс Титановой Долины (площадка Салда) Свердловская область

СЕГОДНЯ
ПОТРЕБНОСТИ

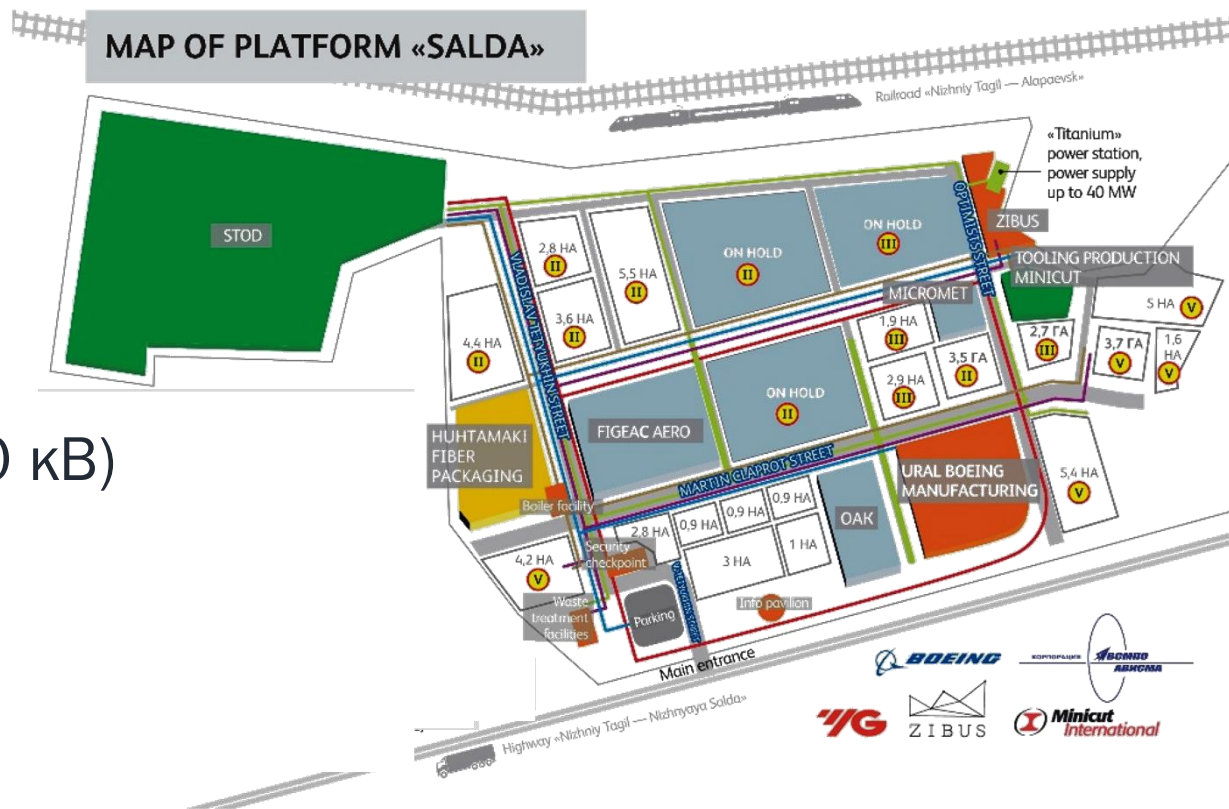
5 МВт

(обеспечиваются
ПС «Титан» 110/10 кВ)

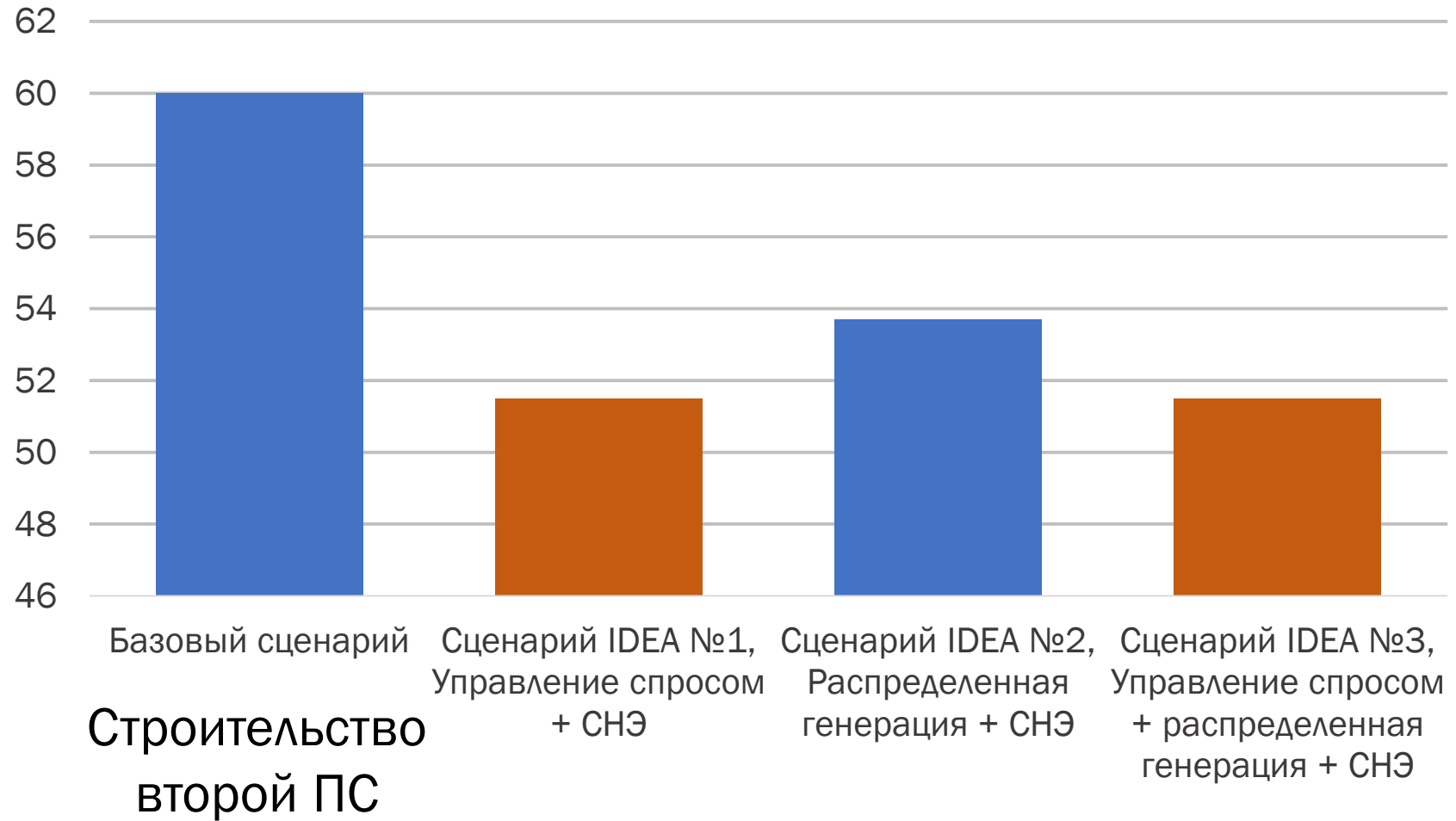
ЧЕРЕЗ 10 ЛЕТ

до 25 МВт

(расширение возможностей не более, чем до 20 МВА)



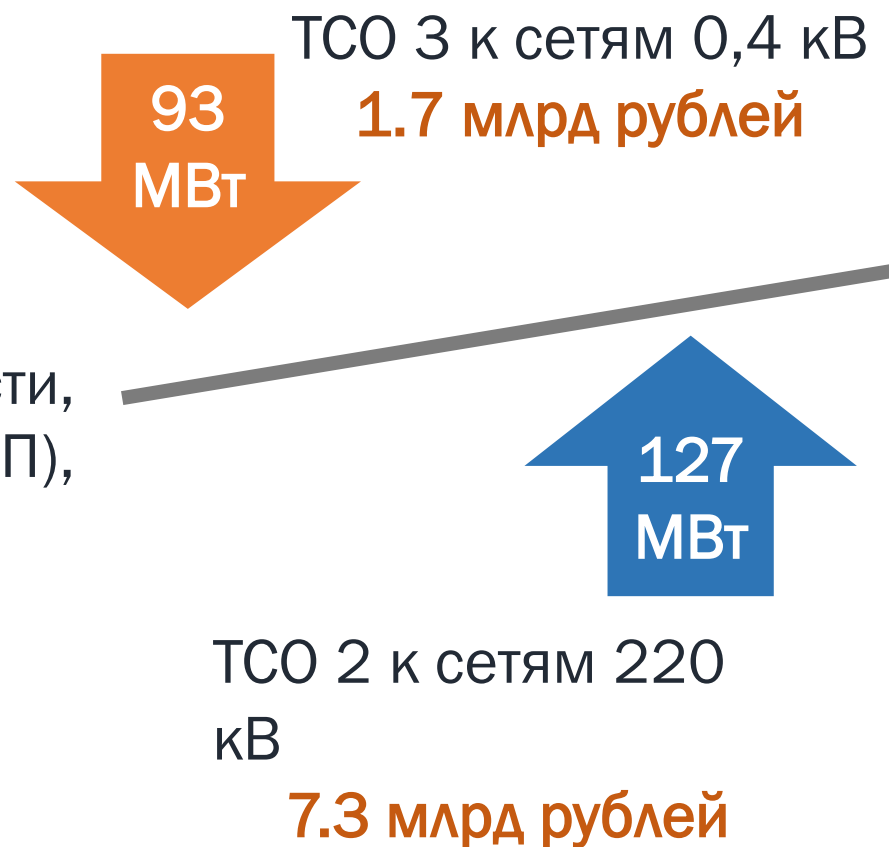
Стоимость электроснабжения Титановой Долины (CAPEX + OPEX за 10 лет), миллионы \$



Energy storage: Новый район города

Варианты технологического присоединения нового микрорайона с потребностью в мощности 127 МВт

- Снижение потребности в присоединенной мощности 30% и более
- Накопители «за счетчиком»: снижение мощности тех. присоединения и её стоимости, управление спросом (как ИБП), повышение качества электроэнергии
- Окупаемость накопителей «за счетчиком» даже при работе на одном рынке



Водород будет находить все большее применение в энергетике, и рынок будет расти

Водород в мировой энергетике – средство:



интеграции ВИЭ со
стохастической выработкой



интеграции э/энергетики,
газовой отрасли
и теплоснабжения



декарбонизации транспорта
и электроэнергетики

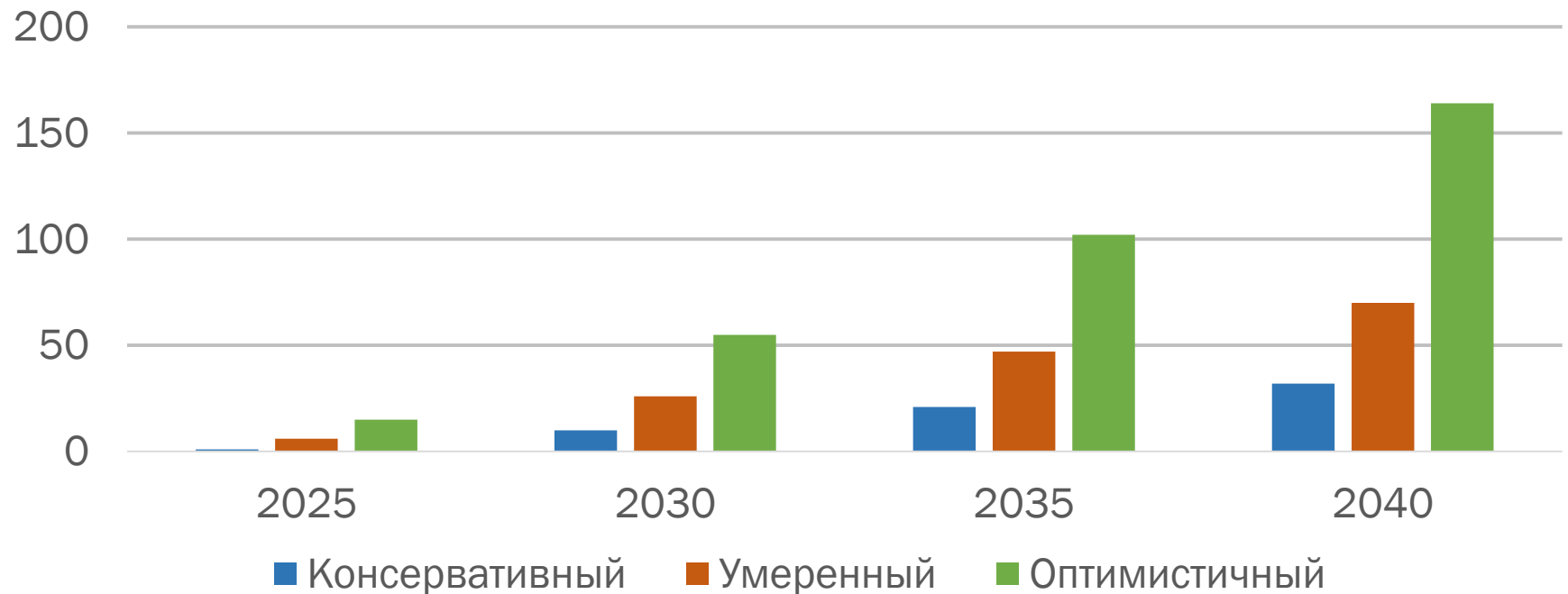


энергоснабжения
автономных территорий



Водород будет находить все большее применение в энергетике, и рынок будет расти

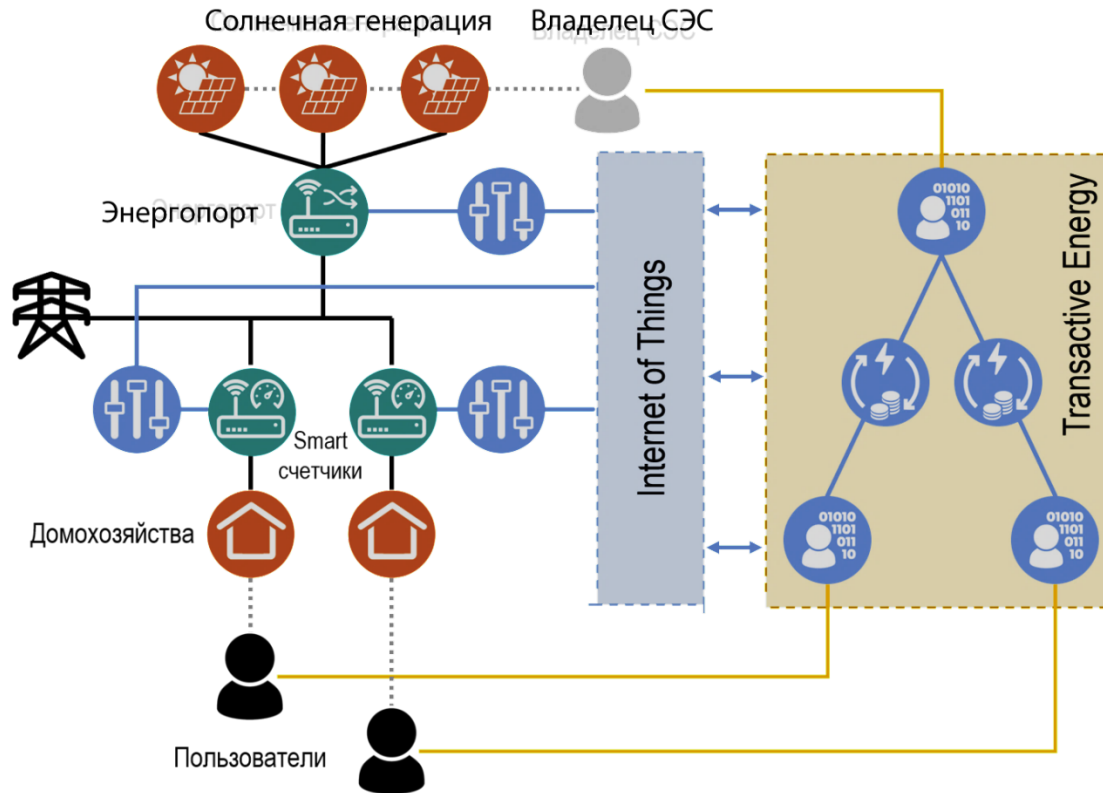
Прогноз мирового рынка водородного топлива, млрд. долларов США в год



К 2050 г. объем рынка энергетического водорода может превзойти объем рынка нефти

Customer services: Meter-To-Cash

Кейс: торговля электрической энергией, выработанной на солнечной электростанции, с фермерскими хозяйствами



Эффекты



Понятная
потребителю
цена



Моментальный
учет и оплата



Возможность
автоматического
отключения
неплательщиков

AI-адмирал для флота накопителей



Система GridShare:

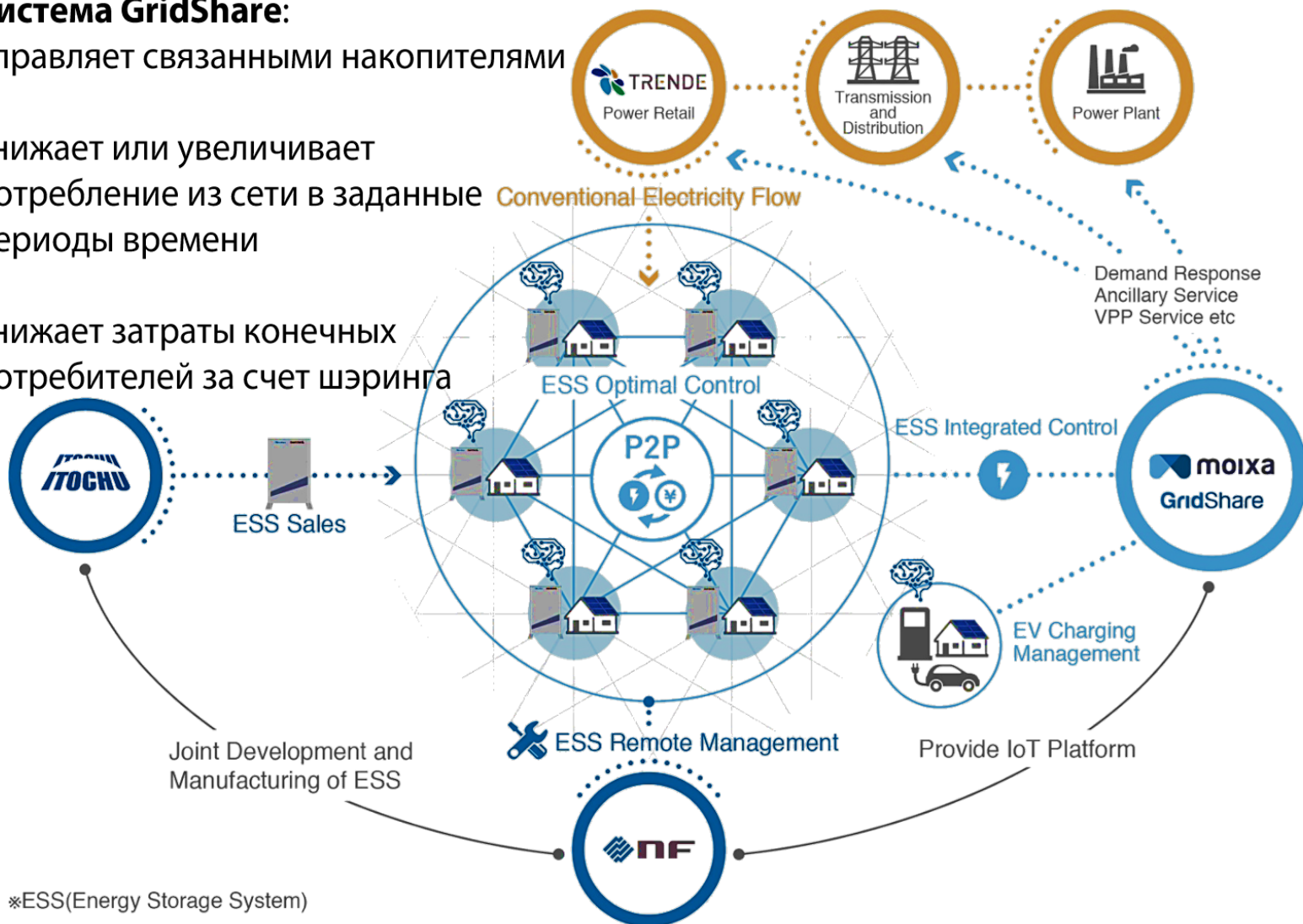
управляет связанными накопителями



снижает или увеличивает потребление из сети в заданные периоды времени



снижает затраты конечных потребителей за счет шэринга



Не поделитесь зарядкой для электромобиля?

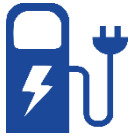
Система **Share & Charge** представляет собой аналог AirBNB для зарядных станций электромобилей



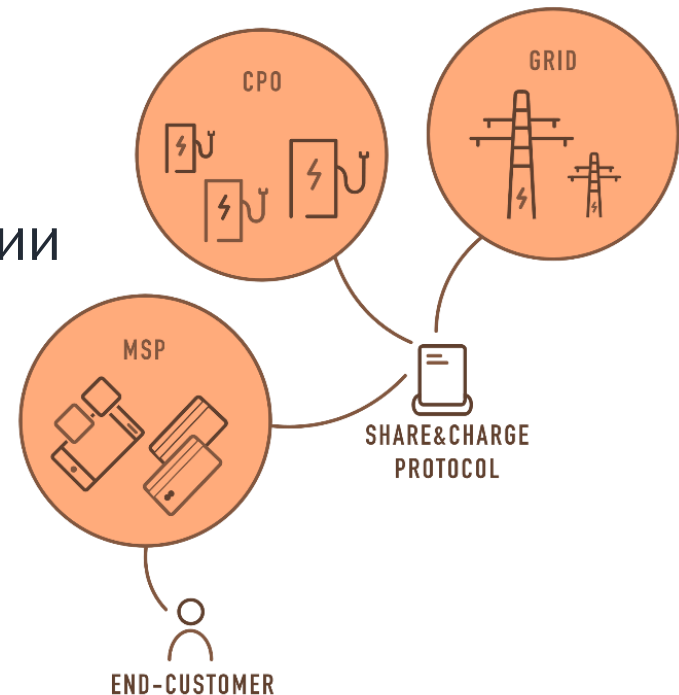
каждый может **приобрести**
и подключить зарядную станцию



зарегистрировать ее в приложении



оказывать услуги по зарядке
электромобилей всех желающих,
которые находят зарядные
станции через приложение



DC microgrid

Спортивный объект BOSCH

Конфигурация:

- Солнечные панели
- Li-ion батареи



Эффект: сокращение
стоимости владения на
30% на ЖЦ (25 лет)

BOSCH

Потребитель не ждет!



Но у нас есть «Энерджинет»

Цель и направления деятельности НТИ «Энерджинет»

Сформировать условия для глобального технологического лидерства компаний на новых рынках современной энергетики, а также **предпосылки для эффективной цифровой трансформации** электроэнергетической инфраструктуры России



>2000
человек



>8
институтов



>7
барьеров

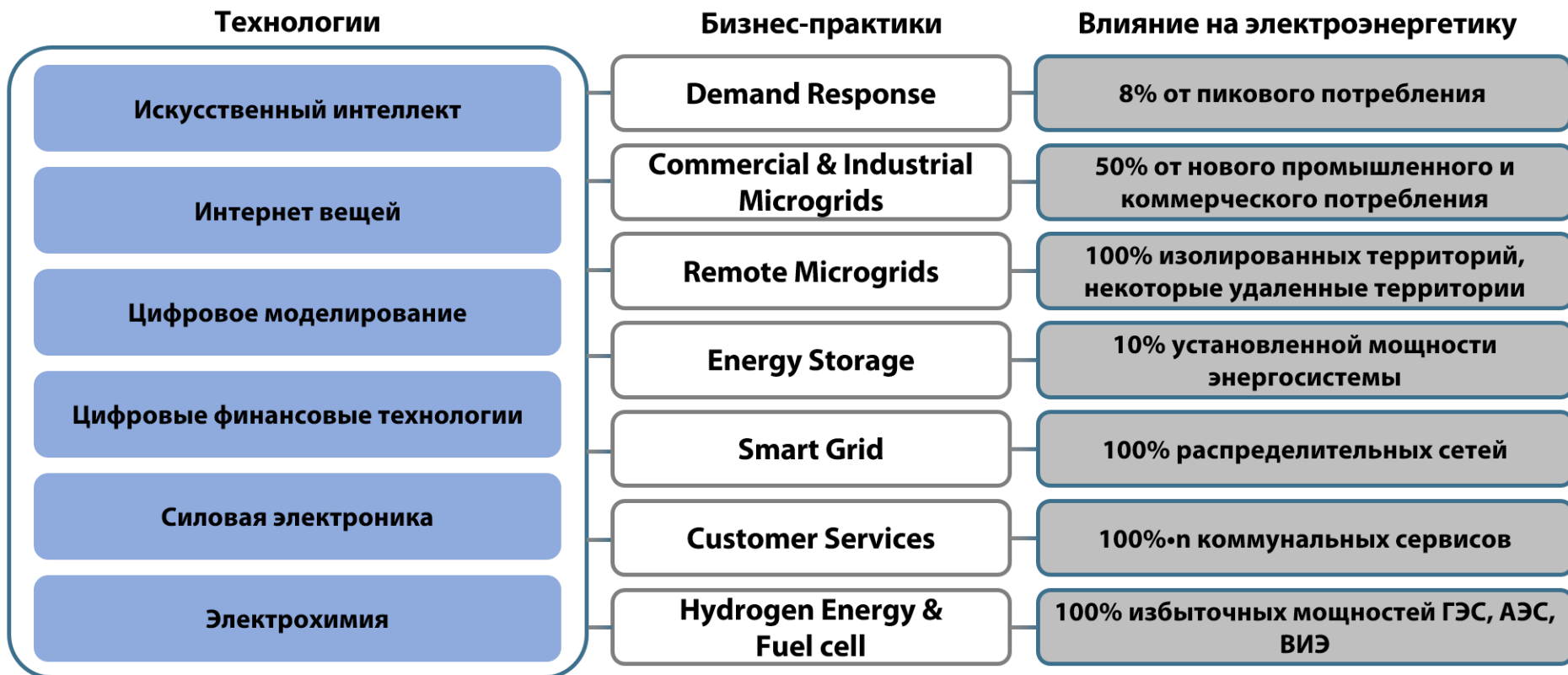


>55
компаний



>2.1 млрд. руб.
поддержка проектов

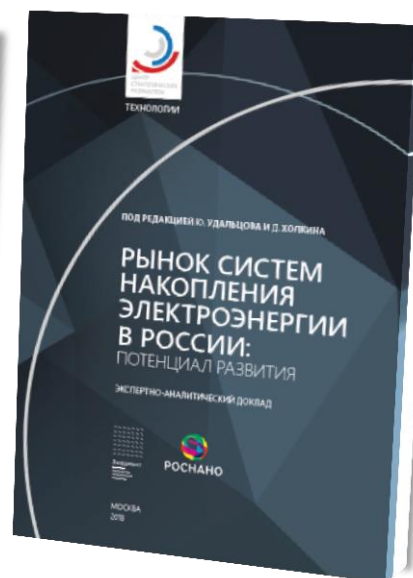
Технологии и бизнес-практики, которые окажут существенное влияние на электроэнергетику России



Задачи NTI EnergyNet

- Аналитическая поддержка сообщества
- Совершенствование законодательства
- Популяризация, развитие сообщества
- Сопровождение комплексных пилотных проектов





Официальный сайт
<https://energynet.ru>

Информационно-аналитический
канал
«Internet of Energy»:
t.me/internetofenergy
medium.com/internet-of-energy