



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

# Современные вызовы для крупнейших энергосистем в эпоху 3D: Decarbonization, Decentralization, Digitalization

---

Ф.Ю. Опадчий

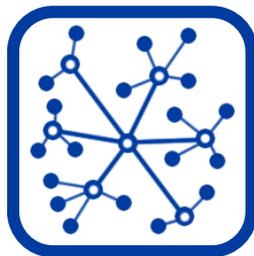
Президент GO15

Заместитель Председателя Правления АО «СО ЕЭС»



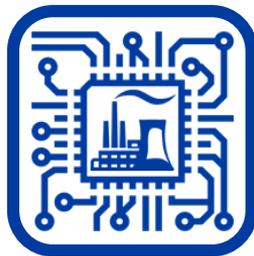
## ■ Decarbonization

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



## ■ Decentralization

**Децентрализация** – увеличение доли небольших источников электроэнергии местного значения (включая ВИЭ, накопители энергии и т.д.), часто образующих локальные кластеры производства/потребления и подключенных к общей сети в т.ч. в отношении собственного сальдо



## ■ Digitalization

**Цифровизация** – создание и внедрение в отрасли новых бизнес-моделей, сервисов и рынков на основе цифровых технологий



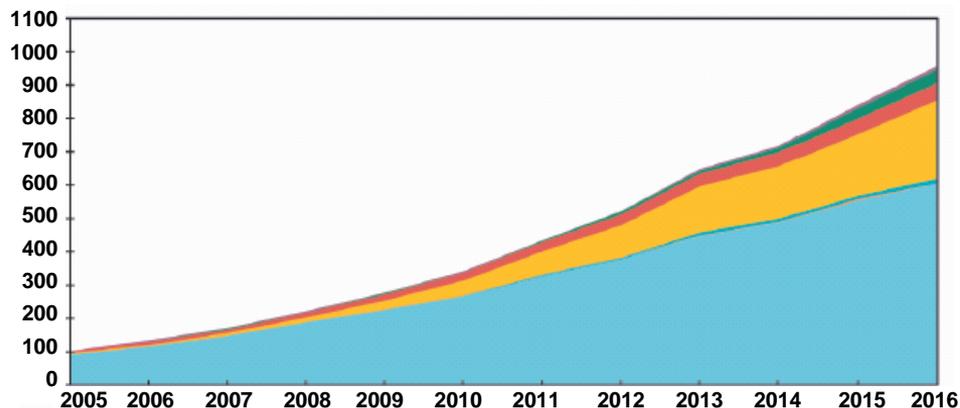
# Развитие ВИЭ в мире

Во всех крупных ЭЭС доля ВИЭ возрастает.

Преимущества:

- нулевые выбросы CO<sub>2</sub>
- нулевая стоимость производства кВт\*ч
- независимость от топливных рынков

Выработка на ветрогенерации по регионам 2005–2016 гг. (ТВт\*ч)



■ Страны ОЭСР 
 ■ Ближний Восток 
 ■ Страны Европы, не входящие в ОЭСР 
 ■ Китай 
 ■ Страны Азии, не входящие в ОЭСР 
 ■ Страны Америки, не входящие в ОЭСР 
 ■ Африка

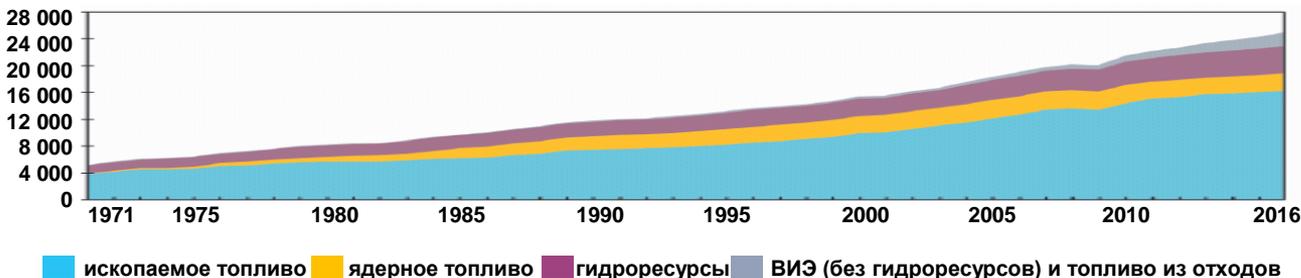
Компании-производители	ТВт*ч	% от мировой выработки	Страна (10 крупнейших производителей)	% ветро-генерации в общем балансе
КНР	237	24,8	Испания	17,8
США	229	24,0	Германия	12,1
Германия	79	8,2	Великобритания	11,0
Испания	49	5,1	Италия	6,1
Индия	45	4,7	Бразилия	5,8
Великобритания	37	3,9	США	5,3
Бразилия	33	3,5	Канада	4,6
Канада	31	3,2	Франция	3,9
Франция	21	2,2	КНР	3,8
Италия	18	1,8	Индия	3,0
Остальные страны	178	18,6	Остальные страны	2,2
<b>В целом в мире</b>	<b>958</b>	<b>100,0</b>	<b>В целом в мире</b>	<b>3,8</b>

Мировая выработка на ветрогенерации в 2016 г. лишь немного ниже потребления в ЕЭС России



# Мировая структура производства электроэнергии

Мировая выработка по видам топлива 1971–2016 гг. (ТВт\*ч)



В 2016 г.

- основные объемы производства в мире все еще приходится на традиционную генерацию
- доля Wind+Solar в мировом производстве ~ 5,1 %

39%

24%

23%

10%

4%

Уголь	ТВт*ч
КНР	4 242
США	1 354
Индия	1 105
Япония	349
Германия	273
Корея	235
ЮАР	226
Россия	171
Австралия	163
Индонезия	135
Остальные страны	1 341
<b>В целом в мире</b>	<b>9 594</b>

ВИЭ	ТВт*ч
КНР	1 540
США	637
Бразилия	465
Канада	434
Индия	239
Германия	188
Россия	186
Япония	155
Норвегия	145
Италия	108
Остальные страны	1 842
<b>В целом в мире</b>	<b>5 939</b>

Природный газ	ТВт*ч
США	1 418
Россия	522
Япония	406
Иран	233
Саудовская Аравия	205
Мексика	192
КНР	170
Великобритания	143
Египет	140
ОАЭ	128
Остальные страны	2 237
<b>В целом в мире</b>	<b>5 794</b>

Ядерное топливо	ТВт*ч
США	840
Франция	403
КНР	213
Россия	197
Корея	162
Канада	101
Германия	85
Украина	81
Великобритания	72
Швеция	63
Остальные страны	389
<b>В целом в мире</b>	<b>2 606</b>

Нефть	ТВт*ч
Саудовская Аравия	140
Япония	84
Ирак	56
Кувейт	45
Египет	38
Пакистан	37
США	35
Мексика	34
Индия	23
Аргентина	21
Остальные страны	418
<b>В целом в мире</b>	<b>931</b>

# 30 ключевых инноваций в поддержку 3D

	Обзор	Инновационные решения
<p><b>Передовые технологии</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технологии накопления энергии, способные подстраховать разнообразные ВИЭ-ресурсы и участвовать в оказании различных услуг</li> <li>Технологии, которые способствуют электрификации иных отраслей, создавая таким образом новые рынки для ВИЭ-генерации, равно как и новые способы хранения избытка электроэнергии</li> <li>Цифровые технологии, которые позволяют внедрять новые приложения, направленные на расширение границ и динамики развития отрасли и поддержку оптимизации ВИЭ-ресурсов</li> <li>Новые и «интеллектуальные» сети, как малые локальные, так и более крупные, дополняющие друг друга и позволяющие использовать новые методы, чтобы контролировать разнообразные ВИЭ-ресурсы</li> <li>Модернизация имеющихся активов с целью их адаптации к новым условиям и нуждам ЭЭС</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Батарейные накопители коммунального масштаба</li> <li>2. «Неучитываемые» батарейные накопители (за счетчиком)</li> <li>3. Интеллектуальные зарядные устройства для электромобилей</li> <li>4. Когенерация на ВИЭ (электроэнергия / тепло)</li> <li>5. Когенерация на ВИЭ (электроэнергия / водород)</li> <li>6. Internet of Things</li> <li>7. Искусственный интеллект и большие данные</li> <li>8. Blockchain</li> <li>9. Малые энергосистемы на ВИЭ</li> <li>10. Системообразующая сеть</li> <li>11. «Гибкие» технологии для традиционной генерации</li> </ol>
<p><b>Бизнес-модели</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Бизнес-модели, которые расширяют возможности потребителей, превращая их в активных участников процесса</li> <li>Инновационные схемы, которые обеспечивают выгодные условия для поставок электроэнергии, выработанной на базе ВИЭ, как в автономных энергорайонах, так и в районах, присоединенных к ЭЭС</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Агрегаторы</li> <li>13. Модель peer-to-peer</li> <li>14. Модель energy-as-a-service</li> <li>15. Модели community-ownership</li> <li>16. Модели pay-as-you-go</li> </ol>
<p><b>Структура рынка</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Новые правила работы оптовых рынков, которые обеспечивают гибкий механизм участия, более надежные ценовые сигналы и более правильное формирование платы за системные услуги</li> <li>Изменения в структуре и нормативно-правовой базе розничного рынка, чтобы обеспечить гибкое участие и конечных потребителей, и потребителей-производителей (consumer / prosumer)</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Усиление временной дифференциации на рынках</li> <li>18. Усиление пространственной дифференциации на рынках</li> <li>19. Инновационные системные услуги</li> <li>20. Реструктуризация рынков мощности</li> <li>21. Региональные рынки</li> <li>22. Тарифы time-of-use</li> <li>23. Интеграция в рынок распределенных ресурсов</li> <li>24. Схема «чистой выручки»</li> </ol>
<p><b>Управление ЭЭС</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Внедрение распределенной генерации требует использования новых методов при управлении такой ЭЭС и облегчения условий участия такой генерации в рынке</li> <li>Новые требования к ОДУ, которые позволяют усилить гибкость ЭЭС</li> <li>Новые методы управления ЭЭС, которые позволяют не сокращать поставки от ВИЭ-ресурсов из-за сетевых ограничений, снижая необходимость усиления сети</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>25. Будущая роль операторов распределительных сетей</li> <li>26. Сотрудничество между операторами передающих и распределительных сетей</li> <li>27. Модернизированные системы прогнозирования для разнообразных категорий ВИЭ-генерации</li> <li>28. Развитие ГАЭС</li> <li>29. Виртуальные линии электропередачи</li> <li>30. Динамический line-rating</li> </ol>



# Ассоциация системных операторов крупнейших энергосистем GO15

6

## Very Large Power Grid Operators Association – VLPGO:

- с октября 2012 г. добавлено брендовое название «GO15 Reliable and Sustainable Power Grids»
- объединяет системных операторов, управляющих ЭЭС с установленной мощностью более 50 ГВт
- создана в октябре 2004 г. по инициативе американского системного оператора PJM Interconnection, французского RTE и японского TEPCO

Членами GO15 являются 19 системных операторов из 21 государства мира, в совокупности обеспечивающих более 75% мирового электропотребления:

- AEMO (Австралия)
- Elia Group (Бельгия)
- ONS (Бразилия)
- NGSO (Великобритания)
- CSG (Китай)
- SGCC (Китай)
- POSOCO (Индия)
- REE (Испания)
- Terna (Италия)
- АО «СО ЭЭС» (Россия)
- CAISO (США)
- MISO (США)
- PJM Interconnection (США)
- RTE (Франция)
- TEPCO (Япония)
- ESKOM (ЮАР)
- KPX (Южная Корея)
- CENACE (Мексика)
- GCCIA (Управление по объединению энергосистем Совета сотрудничества арабских государств Персидского залива)

Главной задачей GO15 является поиск решений для сходных проблем с целью общего устойчивого развития в условиях постоянного роста энергосистем и повышения зависимости общественного и экономического роста от надежности электроснабжения



# Стратегические направления совместных исследований GO15 2018-2020

7

## Интеграция возобновляемых источников энергии и распределенных энергоресурсов (DER)

- Управление / интеграция DER (визуализация, прогнозирование, управление, требования)
- Взаимодействие ISO/TSO (оператор магистральных сетей) / DSO (оператор распределительных сетей)
- Инновации и прорывные технологии

## Надежность и отказоустойчивость (resilience)

- “Традиционная” надежность энергосистемы
- Устойчивость к внешним воздействиям, включая климатические, топливные, социальные
- Кибербезопасность

## Новые бизнес-модели

- Экономическая устойчивость сетевых операторов и поставщиков сервисов
- Модели организации рынков и стимулирующее регулирование
- Диалог с регуляторами в энергетике
- Донесение позиции до Policy Makers



## GO15 SWG #1 2018 : Pathways to a Low Carbon Power Grid

Условия интеграции ВИЭ на 3-х конкретных примерах – США, Китай и Австралия

### Направления исследований:

- Обновление магистральных и распределительных сетей
- Поддержка инструментов интеграции и необходимых системных сервисов
- Технические требования к возобновляемым источникам энергии
- Операционные инструменты и технологии
- Новые продукты/правила на рынке
- Нормативные изменения
- Поддержание надежности и отказоустойчивости системы
- Распределение ролей и обязанностей



# США: операционная зона MISO

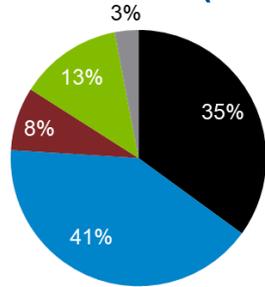
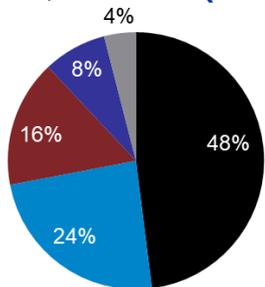
9

15 штатов США и канадская провинция Манитоба



Годовая выработка –  
657,1 ТВт\*ч (2017)

Установленная мощность –  
180 ГВт (2017)



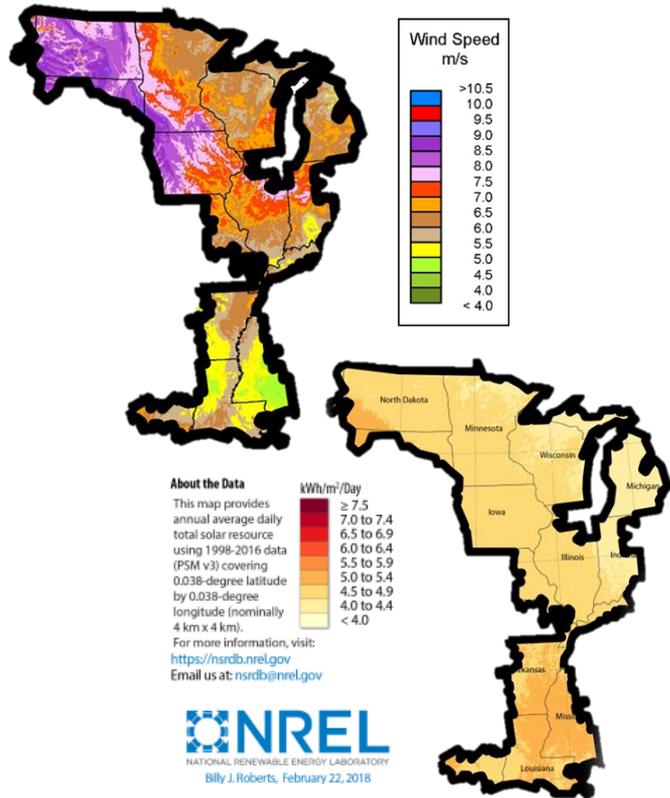
■ Угольные ТЭС ■ Газовые ТЭС ■ АЭС ■ ВИЭ ■ Другие

Основные движущие факторы:

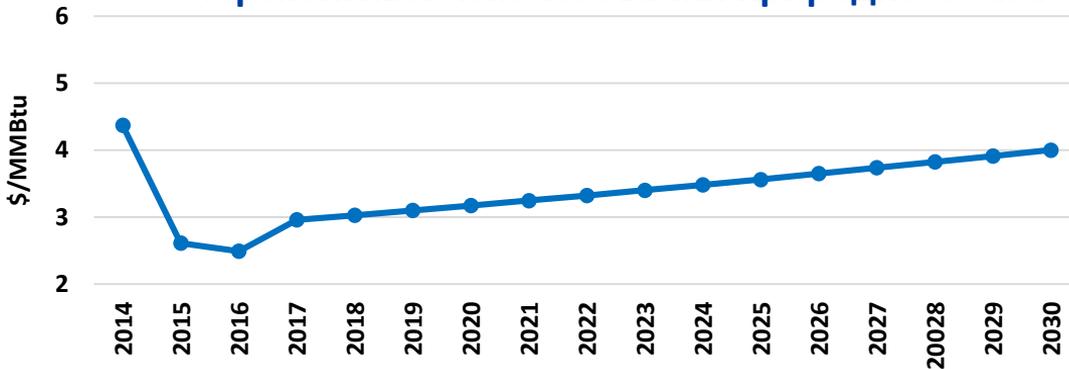
- значительный возраст основных генерирующих мощностей (в основном, угольных ТЭС)
- резкое падение стоимости ВИЭ и отдельных передовых технологий
- исторически низкая стоимость природного газа
- изменение предпочтений потребителей
- политическое давление для продвижения «экологически чистой энергетики»
- достаточная интенсивность ветра и солнца



# MISO: сценарии до 2030 г.



## Перспективы использования природного газа

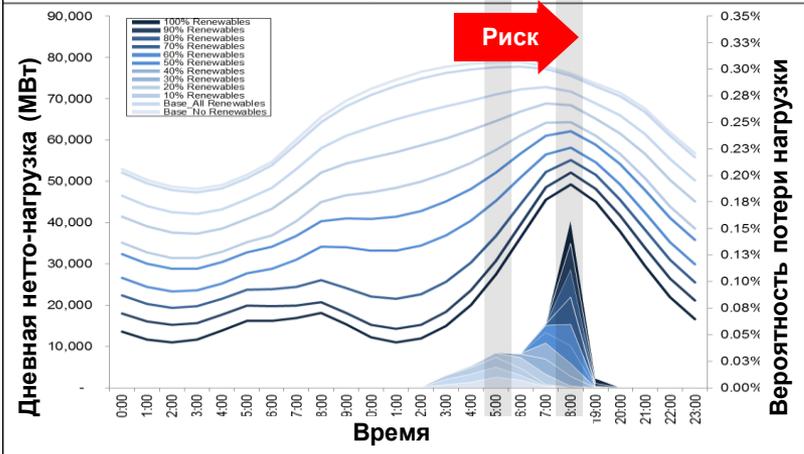
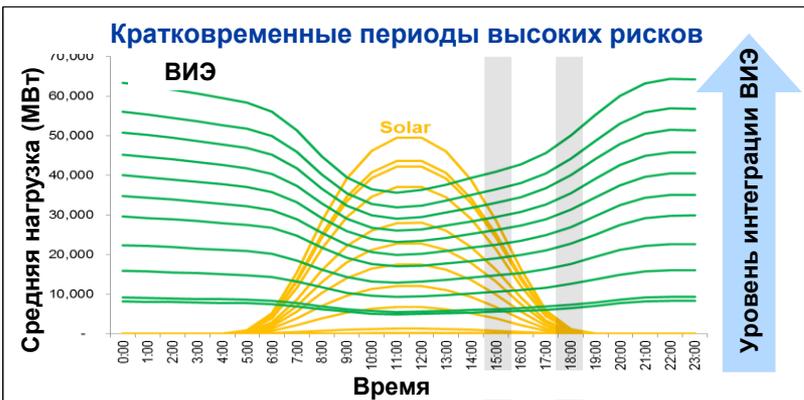


- Быстрый рост доли ВИЭ: от текущих 8% до 100%
- Умеренный рост доли СЭС: от текущих <1% с темпом 25% от вводимых ВИЭ
- Крупные накопители в составе ЭЭС
- Рост доли DER (в настоящее время 2%)
- Долгосрочная доступность природного газа и инфраструктуры

При планировании развития ЭЭС – разработка сценариев с оценкой возможных последствий



# MISO: интеграция ВИЭ



- Риск потери нагрузки концентрируется в меньшем количестве часов и смещается на более позднее вечернее время, когда солнце уже уходит, а ветер еще не усилился
- В течение года почасовой объем производства на базе ВИЭ сильно варьируется: от 8 ГВт\*ч до 160 ГВт\*ч

Тип дня	Частота нарушений	Основные задачи
Обычный день	>40%	Гибкость управления сетевыми ограничениями, гибкость генерации, решения по выполнению обязательств
Пасмурно и безветренно	<5%	Баланс производства, решения по выполнению обязательств
Почти пик нагрузки	~10%	Управление сетевыми ограничениями
Пик нагрузки	<5%	Быстрое управление нагрузкой и разгрузкой, гибкость в рамках временных интервалов
Неустойчивость ВИЭ	~40%	Решения по выполнению обязательств, почасовые задачи по нагрузке и разгрузке



## Энергетическая стратегия Китая



В 2017 г. в Китае принята «Strategy of Energy Production and Consumption Revolution (2016–2030)», где определены стратегические задачи на средне- и долгосрочную перспективу с целью содействовать энергосбережению и сокращению выбросов.

Структура отрасли претерпела серьезные изменения, доля установленной мощности на основе ВИЭ (включая ГЭС) достигла 38%.

В рамках программы преобразования отрасли и по результатам анализа спроса на электроэнергию по прогнозу на 2020, 2035 и 2050 гг. общая установленная мощность по стране достигнет 2110, 3590 и 4860 ГВт. Соответственно при этом нетепловые источники энергии (включая ГЭС) составят 920, 2200 и 3900 ГВт.



- Масштабное внедрение ВИЭ требует значительного усиления магистральной сети (неустойчивость выработки на ВИЭ, неравномерное географическое размещение ВИЭ и центров потребления, интеграция накопителей энергии, электротранспорта, Microgrids)
- Непродуманная отраслевая политика и неотлаженные рыночные механизмы негативно влияют на оптимальное распределение ресурсов в ЭЭС и управление режимами
- Сложности при обеспечении перетоков мощности, (максимальные суточные колебания в 2016 г. составили 650 млн кВт), при регулировании (недостаточные возможности регулирования и, как следствие, риск потери частоты и напряжения). Обеспечение устойчивости ЭЭС при потере инерции
- Нарастающее несоответствие применяемых технологий задачам интеграции новых ресурсов с отличными от традиционной генерации свойствами (DER, накопители энергии, Microgrids, зарядные станции для электромобилей и т.д.)
- Необходимость разработки новых методов моделирования и подходов к развитию крупных ЭЭС, которые включают в себя как классическую высоковольтную сеть переменного тока, так и сверхмощные передачи постоянного тока и устройства силовой электроники



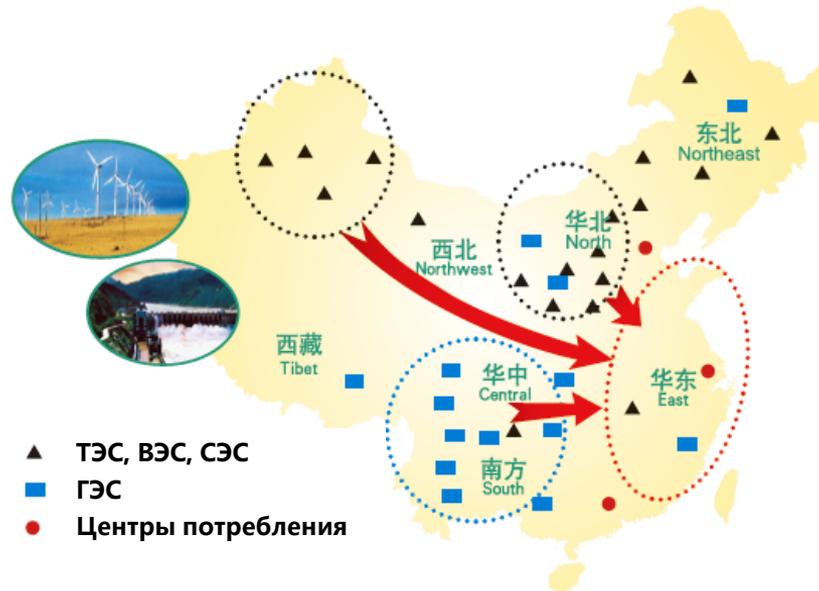
## Энергетическая стратегия Китая:

- Модель развития на базе неископаемого топлива

Западные, северные и прибрежные районы должны развиваться централизованно, а восточные и центральные – преимущественно на основе DER.

Западная и северная части страны мало населены, а ресурсы энергии ветра и солнца там в изобилии, что создает условия для крупномасштабного централизованного развития.

В восточных и центральных регионах необходимо всесторонне учитывать ресурсы, технологии и политические условия и разрабатывать DER согласно местным условиям.



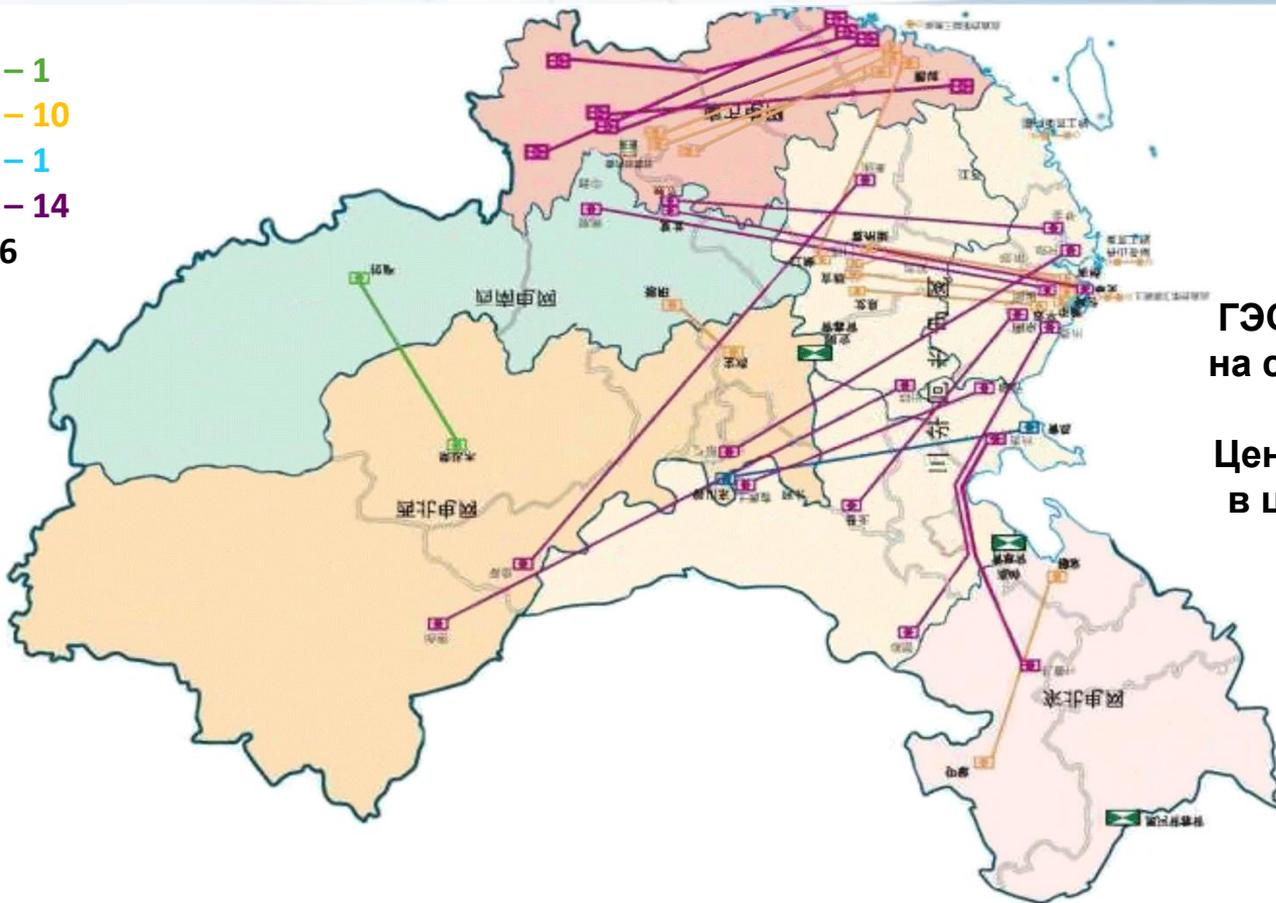
Важность пространственного планирования – региональный подход, учитывающий местные особенности и возможности



# SGCC: действующие ППТ в Китае

15

±400 кВ – 1  
±500 кВ – 10  
±660 кВ – 1  
±800 кВ – 14  
Всего: 26



ГЭС и угольные ТЭС –  
на севере и юго-западе

Центры потребления –  
в центральном Китае  
и на востоке



# SGCC: строящиеся ППТ в Китае

±800 кВ – 3  
±1100 кВ – 2





## Цифровой «Гидрометцентр» (Weather Forecast Operation Center):

- Самый большой охват территории, самая высокая вычислительная мощность, самый широкий спектр услуг в отрасли (скорость вычислений – 200 млрд раз в секунду)
- Задействовано около 10 метеорологических спутников Китая, США, Японии и европейских стран
- Использована общенациональная модель количественного прогнозирования мощности (разрешение 3 км × 3 км, 52 слоя)
- Выполнены индивидуальные прогнозы (в случае сильных дождей, обледенения, галоирования проводов, ударов молнии)
- Участие в решении задач ОДУ, технического обслуживания, предупреждения о нарушениях

## Национальный демо-проект – функция «виртуальная синхронная машина»

Объединенные единой системой управления и сетью:

- Ветропарк (500 МВт)
- Солнечные панели (100 МВт)
- Накопители разного типа (70 МВт)

Совокупные характеристики, включая регулирование нагрузки, частоты и напряжения, максимально приближены к традиционной генерации



# SGCC: отдельные проекты (II)

## Облачные технологии для распределенной генерации

**DER:** небольшие масштабы, широкая география размещения, большая численность, плохая наблюдаемость и управляемость

**Облачная платформа:** масштабное совместное управление распределенной генерацией, создание виртуальной электростанции

## PV Cloud Network "Технологии + Сервисы + Финансы"

В апреле 2018 г. запущена PV Cloud Network 2.0. – облачная платформа для:

1. собственников распределенных фотоэлектрических установок
2. инвесторов
3. производителей и поставщиков услуг
4. финансовых и правительственных учреждений
5. собственно SGCC

Сеть «Е-Бао» предоставляет своим пользователям такие функции, как «сетевое подключение онлайн» (on-line grid connection), «эксплуатация и обслуживание» (PV operation and maintenance), формирование счетов за электроэнергию и выплата субсидий.

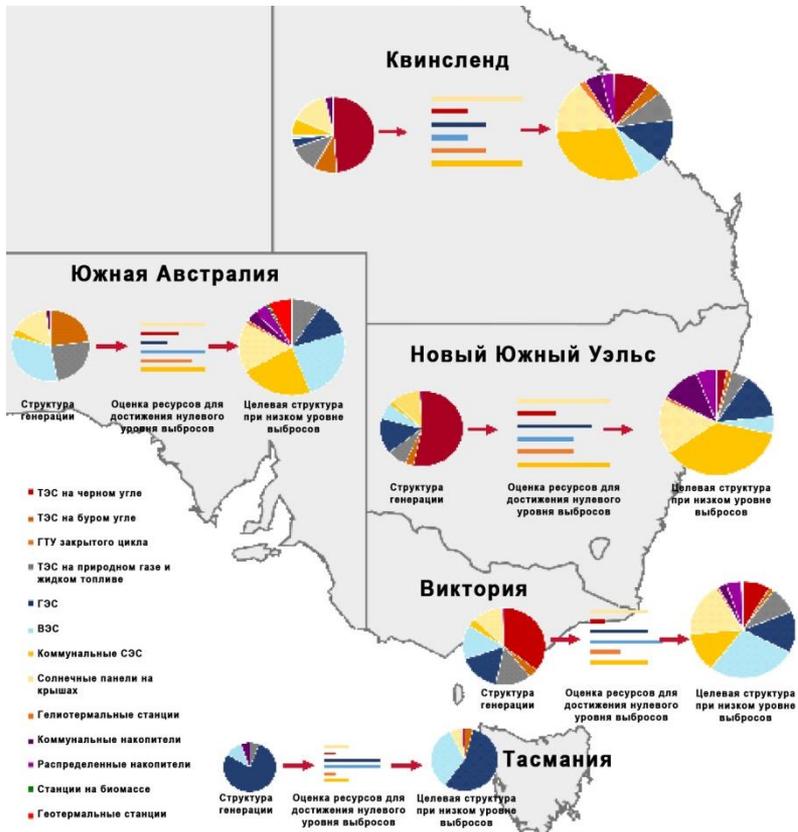




# Австралия: операционная зона АЕМО

19

## Изменение структуры генерации



## На местном уровне (Utility-Scale)

- 34 зоны (Renewable Energy Zones, REZs)
- Рост установленной мощности за счет большего числа типов генерации
- Значительное увеличение доли ВЭС и СЭС
- Отдельные геотермальные и гелиотермальные станции
- Реализация проектов ГЭС
- Рост числа объектов с быстрой загрузкой (ГТУ открытого цикла, ГАЭС, батарейные накопители)
- Некоторые угольные ТЭС остаются в работе в качестве резерва или для работы в режиме синхронного конденсатора
- Уровень выбросов значительно снижен



## Распределение

- Продолжается рост количества фотоэлектрических панелей на крышах и батарейных накопителей
- Годовое потребление остается относительно ровным
- Увеличение точечных нагрузок в сети в т.ч. за счет электромобилей



## Генерация

- Создание стимулов для активного внедрения накопителей аккумуляторного типа на местном уровне
- Эффективное выполнение газовыми ТЭС своих обязательств, в том числе за счет координации рынков электроэнергии и газа
- Сложные механизмы прогнозирования для управления поставками и резервами
- Повышение наблюдаемости DER
- Новые технические стандарты (Performance Standards), обусловленные потребностями ЭЭС и требованиями к оказанию услуг
- Развитие сервисов Black start на базе других ресурсов (дизельные генераторы)



## DER и нагрузка

- Новые торговые площадки с участием DER (рынки электроэнергии и системных услуг)
- Активация DER и Demand Response за счет новых технических, нормативных и рыночных решений с использованием агрегаторов для интерфейса «клиент-рынок»
- Контракты для DER на местном уровне для оказания услуг в локальных сетях
- Нормативное закрепление распределение ролей и обязанностей при взаимодействии с DER
- Интеграция процессов планирования на уровне распределения с планированием на уровне энергосистемы
- Спрос больше не является основным драйвером ежедневного графика нагрузки
- Гибкие нагрузки все больше реагируют на резкие колебания спроса



## Рынок

- Активная модернизация правил рынка под изменяющиеся потребности и возможности энергосистемы
- Системные услуги выше оцениваются рынком (рыночные и вне рыночные механизмы)
- Рост сложности управления энергосистемой с расширением типа и количества участников
- Оптовый рынок интегрируется с региональными ценовыми сигналами
- Рыночные сигналы больше не основаны на краткосрочных предельных затратах (SRMC – short-run marginal cost)



# АЕМО: приоритеты

21

		Период	Выгода	Трудоемкость
Технические требования	Долгосрочное планирование для развития генерации (resource adequacy and capability) и ЭЭС в целом	2018-2025	●	●
	Адаптация текущих процессов управления к изменению состава участников и используемых технологий	2018-2022	●	●
	Вовлечение DER к участию в работе системообразующей сети и системных услугах, включая стандартизацию коммуникаций и телеметрии	2019-2025	◐	●
Рынок	Пересмотр действующей структуры рынка	2020-2025	●	●
	Разработка новых продуктов для регулирования частоты	2020-2025	●	●
	Участие DER в оптовых рынках	2022-2028	●	●
Регулирование	Развитие механизмов предоставления генерацией сетевых услуг (регулирование напряжения и т.д.)	2018-2020	●	●
	Разработка продуктов для Big Data, CyberSecurity и цифровизации ЭЭС	2018-2030	●	●
	Эксплуатационные требования (Performance Standards) к генерации и DER	2018-2020	●	●



## GO15 SWG #2 2018: Resilience Models

Сравнительный анализ технических возможностей обеспечения живучести ЭЭС, а также моделей взаимодействия СО с организациями и компаниями электроэнергетики и других инфраструктурных отраслей на национальном и региональном уровнях.

*«Способность предвидеть, готовиться, реагировать и адаптироваться к различным воздействиям: от незначительных повседневных событий до серьезных одномоментных нарушений и плавных (постепенных) изменений».*

*Способность ЭЭС выполнять свои функции и адаптироваться к различным изменениям, влияющим на отрасль (изменение климата, политика energy transition, повышение зависимости от других отраслей, новый спектр угроз кибербезопасности и физических угроз и т.д.).*

Проведены исследования различных кейсов, повлиявших на работу энергосистем: засуха (Бразилия), лесные пожары (Южная Калифорния), солнечное затмение (Италия), отключение объекта DER (Сицилия), дефицит мощности (Южная Корея), забастовки на электростанциях (ЮАР) и др.



# Классификация рисков

№	Классификация	Нарушения
1	Энергосистема	системная авария, серьезные системные ограничения, нарушения связанные с ВИЭ или потерей крупного элемента ЭЭС
2	Природные явления	ураган / сильный циклон, снегопад / обледенение, цунами, сейсмические явления / землетрясение, лесные пожары, песчаные бури, засуха, наводнение, геомагнитная буря, солнечное затмение
3	Безопасность	кибер-угрозы, физические угрозы, сильный электромагнитный импульс
4	Человеческий / биологический фактор	промышленная забастовка, пандемия
5	Сбой в инфраструктуре	топливные поставки, водоснабжение, телекоммуникации

Устойчивость обеспечивается совокупностью мер по следующим направлениям:

- технические решения и мероприятия
- нормативное регулирование
- координация между разными субъектами, включая регуляторов и смежные отрасли
- планирование мероприятий, тренировки
- информирование, кризисные коммуникации



- **Необходима разработка сценариев развития возможных крупных инцидентов. На их основе создание комплексных планов реагирования, учитывающих прогнозируемые аспекты инцидентов и предусматривающих необходимое взаимодействие с внутренними и внешними заинтересованными сторонами**
- **На основе сценариев возможных инцидентов – создание необходимых резервов: аварийные сети связи, резервные источники энергии, запасы топлива, воды, транспорт и логистика**
- **Отключение/ограничение нагрузки в аварийной ситуации критически важно. Необходимо развивать как добровольные механизмы ограничения нагрузки, так и обязательные, в том числе с прямым отключением нагрузок потребителей из центров управления**
- **Традиционные методы ограничения/отключения нагрузки требуют усовершенствования. Платформы на базе Smart-meters – ключевое направление развития в части возможности интеллектуального ограничения/отключения нагрузки как в аварийных ситуациях, так и под влиянием рыночных сигналов**
- **Увеличение доли распределенных источников энергии требует создания механизмов задействования их в противоаварийных мероприятиях и создания условий вовлечения таких источников к ликвидации нарушения (технические требования, наблюдаемость, коммуникации, обязательства). Необходимо обеспечить участие DER в Black Start, регулировании частоты и напряжения**
- **Последствия увеличения в ЭЭС доли генерации с инверторным соединением требует переосмысления**
- **Требуется дальнейшее развитие WAMS технологий, как важного инструмента предотвращения нарушений**



## Выводы:

- Необходимо повышение роли регулирующих органов и отлаженная система межведомственного планирования и координации при возникновении нарушений
- Переход на цифровые технологии позволит заметно повысить устойчивость работы ЭЭС
- Информационная безопасность является одной из приоритетных задач обеспечения устойчивости ЭЭС

## Рекомендации:

- Развитие межотраслевого взаимодействия («system wide planner»)
- Привлечение DER, включая накопители, к задачам по обеспечению надежности работы ЭЭС
- Создание гибких механизмов управления потреблением, в том числе в реальном времени
- Создание новых и модернизация существующих систем информационной безопасности



## GO15 SWG #3 2018: Analysis of the New ISO/TSO Business Models

**Сравнительный анализ бизнес-моделей, которые могут быть использованы системными операторами и операторами распределительных сетей (ISO/TSO/DSO) при управлении ЭЭС с доминированием распределенной генерации и генерации с неустойчивой выработкой.**

**Изучение факторов, влияющих на изменение функций ISO/TSO/DSO, и задачах ISO/TSO/DSO для различных сценариев развития децентрализованной генерации.**

**На основе анализа применяемых членами GO15 бизнес-моделей изучены базовые тенденции к децентрализации в различных ЭЭС, а также связанные с этим перспективы расширения функций системного оператора и изменения аспектов взаимодействия с операторами распределительных сетей.**

# 3 основных фактора, меняющие Status quo

## Активность потребителя

- Степень реакции потребителя на внешние (например DR) и внутренние (например самобалансирование) сигналы
- Прямые и косвенные (ценовые) сигналы
- Скорость и предсказуемость реакции

## Цифровые технологии и управление данными

- Одно- (наблюдаемость) и двусторонние (управление) коммуникации
- Цифровые платформы
- Аналитика и прогнозирование BigData

## Уровень интеграции ключевых игроков

- Интеграторы новых сервисов (например DR, виртуальные электростанции)
- Операторы Microgrids

Как будут распределены роли по интеграции распределенных ресурсов при повышении активной роли потребителей и владельцев распределённых ресурсов в условиях развития цифровых технологий ?





## Остается:

Материальная часть большой ЭЭС останется во многом неизменной и сохранится ценность объединённой энергосистемы с использованием существующей высоковольтной сетевой инфраструктуры – ключевые функции, такие как централизованное диспетчерское управление и управление оптовыми рынками будут сохранены независимо от того, где будет реализована новая функция оператора DER.

## Появляется:

- Локальное балансирование / самобалансирование, агрегация DER для достижения требований ЭЭС (или оптового рынка)
- Мониторинг работы DER, управление ЛЭП низкого напряжения, развитие локальных сетей связи и автоматизации (Microgrids)
- Динамическое прогнозирование, управление интерфейсом с СО для разных временных периодов (на день вперед, на день и в реальном времени) в целях поставки услуг
- Изучение технических возможностей конечных потребителей по предоставлению системных сервисов и их объединение в пул
- Создание различных платформ агрегации



# Основные сценарии развития

Члены GO15 находятся на разных этапах децентрализации.

Рассмотрены четыре модели вертикальной интеграции:

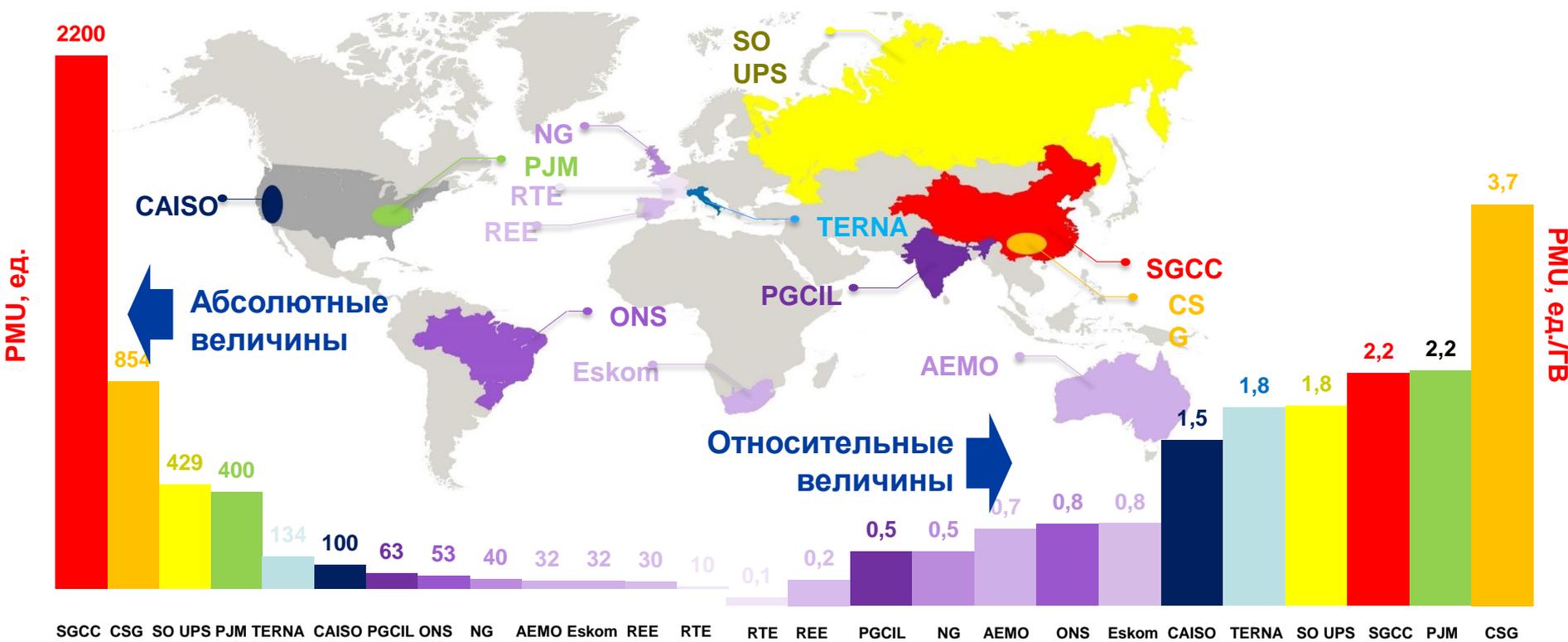
Сценарий	Важность основных факторов, меняющих Status quo			Действующая модель
	Активность потребителя	Цифровые технологии	Ключевые игроки	
A	Низкая	Низкая	Низкая	Status quo
B	Средняя	Средняя	Средняя	Усиление
C	Высокая	Высокая	Высокая	Усиление
D	Очень высокая	Высокая	Очень высокая	iDSOs

- A** – сохранение Status quo, бизнес-модели / функционал практически неизменны
- B, C** – прямое взаимодействие с DER по отдельным сервисам
- D** – взаимодействие с DER через агрегаторов, в т.ч. операторов microgrid iDSOs

В настоящее время происходит активное экспериментирование с различными элементами и технологиями, обеспечивающими вертикальную интеграцию DER в большую энергосистему. Инициатором пилотных проектов часто выступает регулятор.



# Технологические исследования GO15, WAMS



WAMS технологии развиваются практически во всех крупных энергосистемах



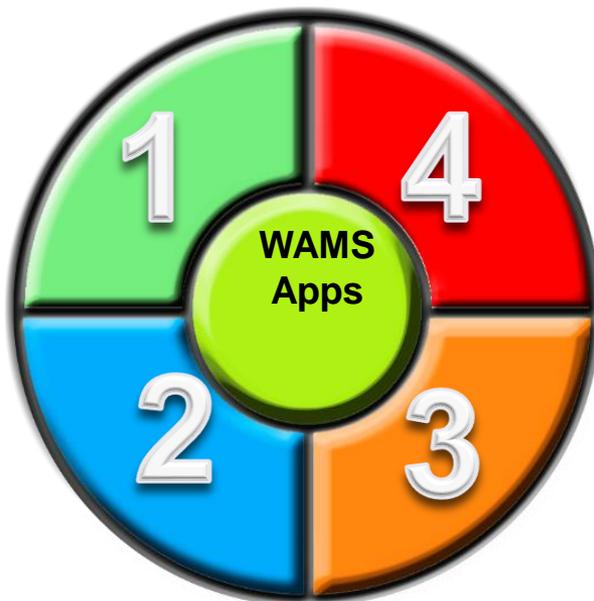
## 1. Наиболее популярные:

- Послеаварийный анализ
- Мониторинг динамики изменения режимных параметров



## 2. Массово внедряемые:

- Верификация динамической модели
- Улучшенная оценка состояния
- Анализ динамической устойчивости
- Мониторинг уровней устойчивости по напряжению



## 4. Приложения будущего:

- Управление перегрузками
- Противоаварийная защита и автоматика
- Управление в режиме реального времени



## 3. Планируемые к внедрению:

- Восстановление энергосистемы
- Определение места разделения системы
- Оценка состояния (граничные условия)
- Адаптивная защита



**Обмен информацией и результатами исследований для исключения дублирования.**

**9 октября 2018 г.** в рамках 15-го годового заседания GO15 (2018 Annual Meeting) подписан Меморандум о взаимопонимании между GO15 и СИГРЭ.

**В 2018 г. SWG #2:**

- Информационный обмен с WG C4.47 «Power System Resilience», включая совместные обсуждения во время 47-й сессии
- Сотрудничество с WG C2.25 «Operating Strategies and Preparedness for System Operational Resilience» (представитель GO15 является членом WG C2.25 – Дин Шарафи (Dean Sharafi) из AEMO)

**Результаты вошли в обобщающий отчет SWG #2.**

**Одна из задач: согласовать техническую дорожную карту и приоритеты СИГРЭ и GO15**



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Частота в ЕЭС, Гц

50,017

[О компании](#)

[Деятельность](#)

[Филиалы и представительства](#)

[Новости](#)

[Контакты и реквизиты](#)

[ЕЭС России](#)

[www.so-ups.ru](http://www.so-ups.ru)

Оперативная информация о работе ЕЭС России



### Индикаторы ЕЭС

#### Частота в ЕЭС России



#### Температура в ЕЭС России

### Новости Системного оператора

## Спасибо за внимание

11.07.2014 12:45

**Системный оператор повышает надежность оперативно-диспетчерского управления энергосистемой Владимирской области**

Филиал ОАО «СО ЕЭС» Владимирское РДУ 10 июля успешно выполнил перевод оперативно-диспетчерского управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России в своей операционной зоне в новый диспетчерский центр.

04.07.2014 09:46

**Студенты-выпускники ведущих технических вузов Юга России, прошедшие обучение по специализированным программам подготовки Системного оператора, успешно защитили дипломы.**

Поздравить студентов старших курсов Северо-Кавказского Федерального университета и Южно-Донецкого

