

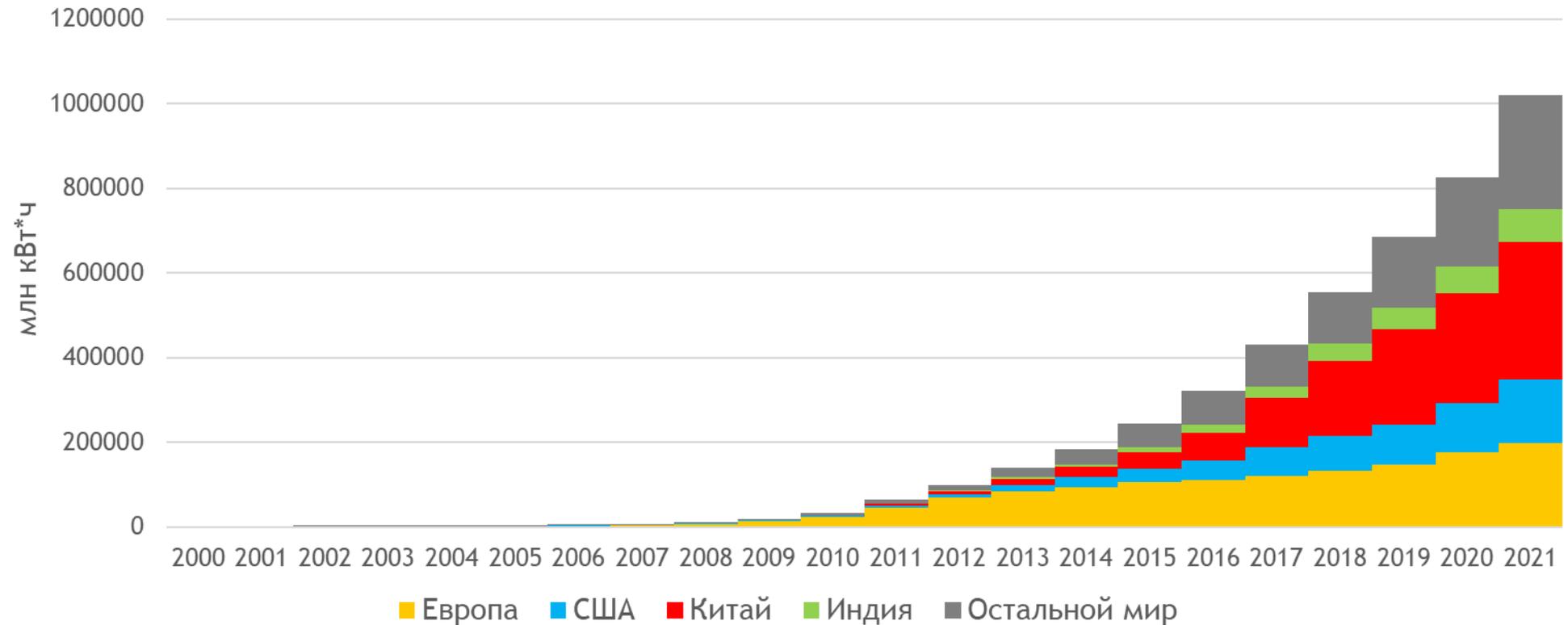


Анализ воздействия развития солнечной энергетики на функционирование энергосистем в южных регионах России

Городилов Михаил
Руслан Аликин

Апрель 2024

Динамика выработки электроэнергии на СЭС в мире



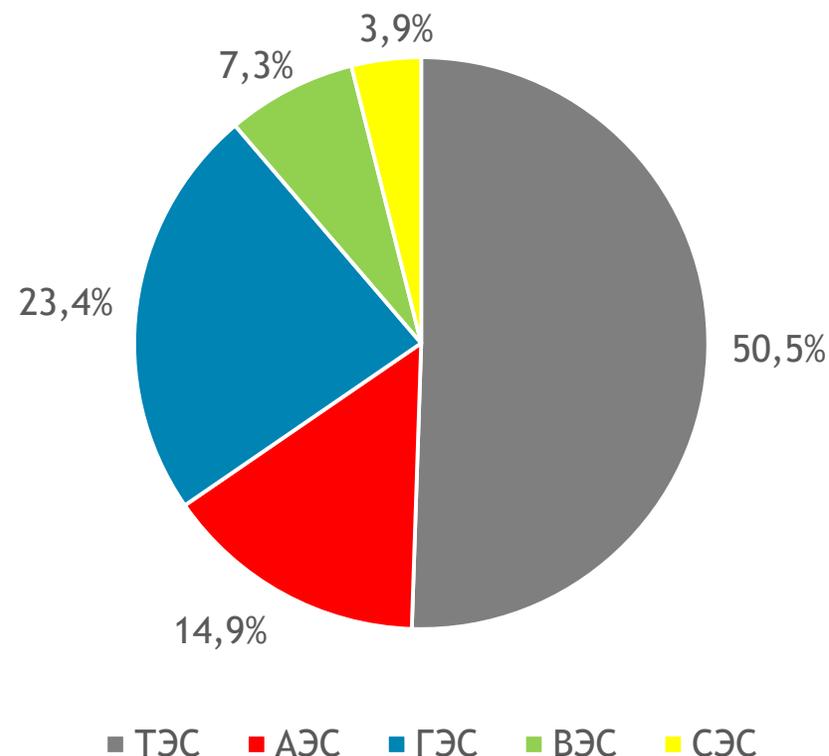
- ▶ В 2021 году доля выработка электроэнергии на СЭС в мире составила 3,72%. С 2015 года генерация на СЭС в мире увеличилась в 4,2 раза, а с 2010 - в 32 раза.

Источник: Международное энергетическое агентство (МЭА)

ОЭС Юга и солнечная энергетика

- ▶ Наибольшим потенциалом солнечной энергетики в России обладают территории в ОЭС Юга, южные регионы Дальнего Востока и Забайкальский Край.
- ▶ На начало 2024 года, большая часть СЭС России находится в ОЭС Юга - 1115,43 МВт - это 51,7% мощностей СЭС России.

Структура мощностей ОЭС Юга на начало 2023, %



Источник: АО «Системный оператор».
Отчет о функционировании ЕЭС России в 2022 году.

Цель и задачи работы

- ▶ Цель - изучить с помощью математического моделирования количественное влияние растущих объемов СЭС в ОЭС Юга на режимы функционирования этой энергосистемы.
- ▶ Необходимо рассмотреть изменение балансовой ситуации:
 - ▶ Изменение структуры мощности и выработки электроэнергии в ОЭС Юга
 - ▶ Снижение выработки и коэффициента использования установленной мощности на тепловых электростанциях ОЭС Юга;
 - ▶ Снижение использования установленной мощности на самих СЭС при больших объемах их ввода.
- ▶ Исследование проводилось с помощью программного комплекса «МОККО» - оригинального инструмента моделирования режимов работы электроэнергетических систем, созданного с участием авторов.

Инструмент моделирования работы ОЭС Юга

- ▶ МОССО - модель на базе задачи линейного программирования (ЛП) для почасовой оптимизации отпуска (коммерческой диспетчеризации) электроэнергии.



МОККО
МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ КОММЕРЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Выбрать файл

Выбрать несколько файлов

Выберите файл:

Запустить и сохранить модель

Открыть решение

Выбрать количество потоков: 1

Сохранить файл модели

Анализ чувствительности

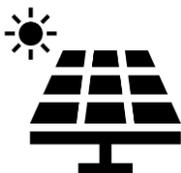
Двойственные оценки

Построить диаграмму

Прогресс 0%

Балансовое уравнение задачи ЛП в МОККО

- ▶ Уравнение составляется для каждого узла модели и для каждого часа периода:



Выработка
(ТЭС, АЭС, ГЭС,
ВИЭ, разряд
накопителей)
+
Импорт
+-
Балансирующие
переменные
(Недовыработка,
перевыработка)



Потребление
+
Экспорт
+
Зарядка
накопителей
-
Управляемый
спрос

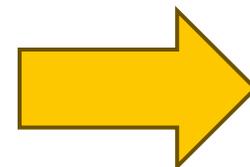


Целевая функция задачи ЛП в МОККО

F

=

Переменные издержки
электростанций
+
Топливные издержки
электростанций
+
Пусковые расходы
+
Вознаграждение
управляемому спросу
+
Плата за выбросы CO2
+
Штрафы к
балансирующим
переменным

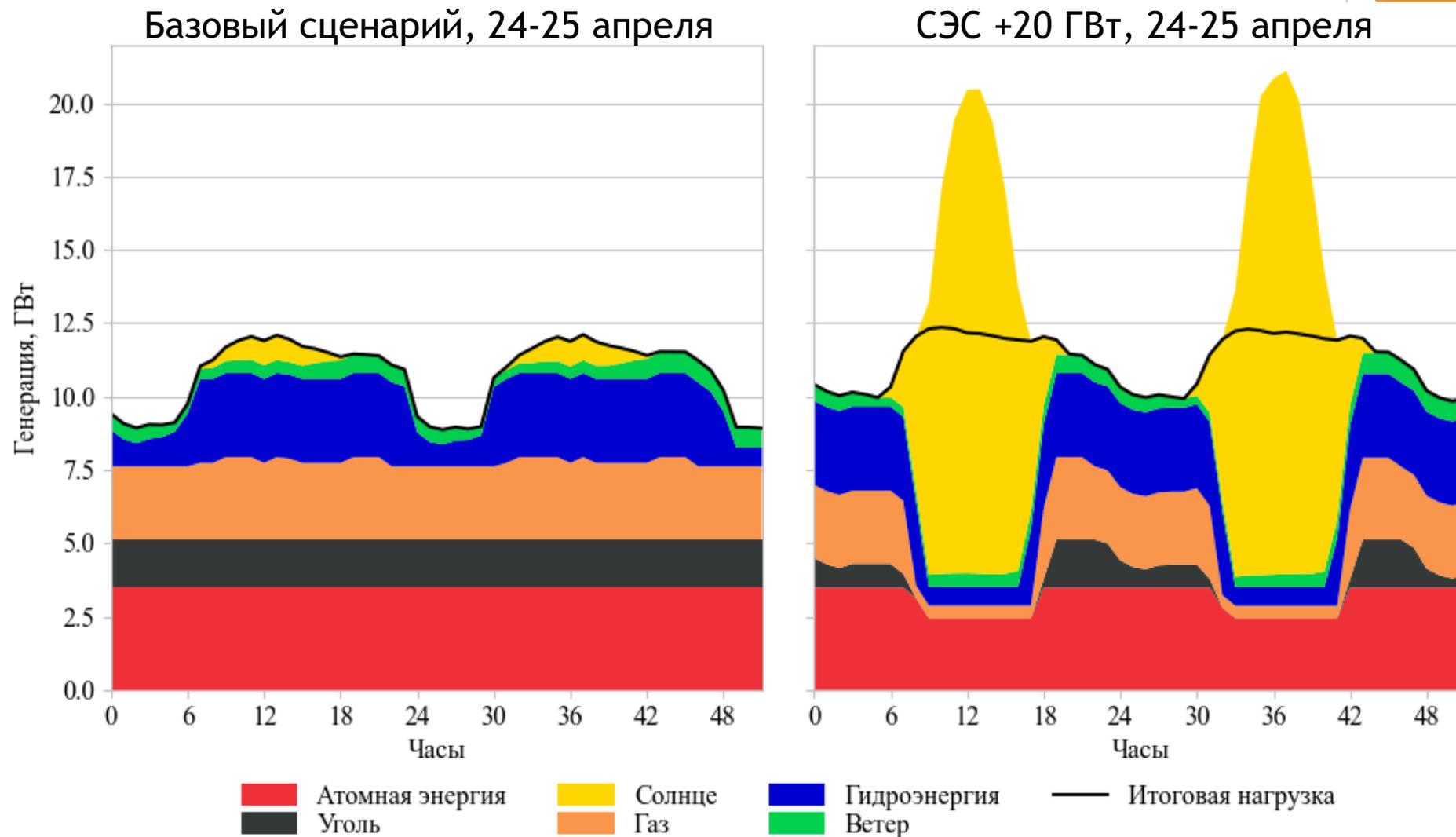


min

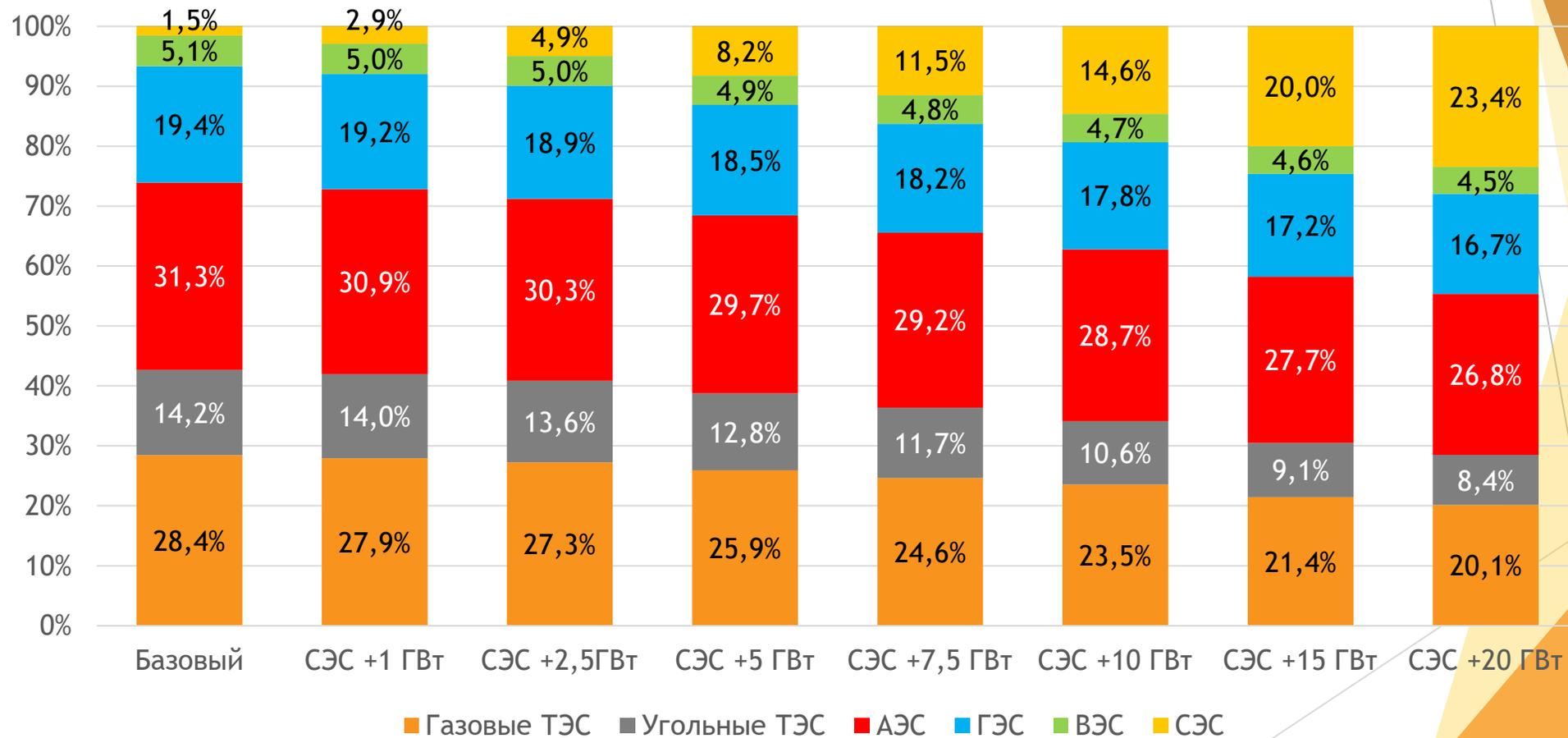
Моделируемые сценарии

- ▶ Исследуется чувствительность существующей балансовой ситуации к увеличению мощности СЭС+
- ▶ Для базового сценария работы энергосистемы ОЭС Юга взяты данные за 2022 год
- ▶ 7 сценариев на основе базового с увеличением установленной мощности СЭС в регионе вплоть до 21 ГВт (доведение до 44,5% от установленной мощности всех станций региона)
- ▶ В сценариях промоделировано 3 узла - ОЭС Юга, и два узла для моделирования работы перетоков в ОЭС Центра и ОЭС Средней Волги
- ▶ Период моделирования - 1 год, с часовыми интервалами (8760 часов)

Характер влияния СЭС на работу станций



Изменение структуры выработки электроэнергии в ОЭС Юга



Изменение КИУМ станций от ввода дополнительных мощностей СЭС относительно базового сценария

