



Институт
энергетики
и финансов

Ядерная энергетика и переход к экологически чистым источникам: состояние и перспективы

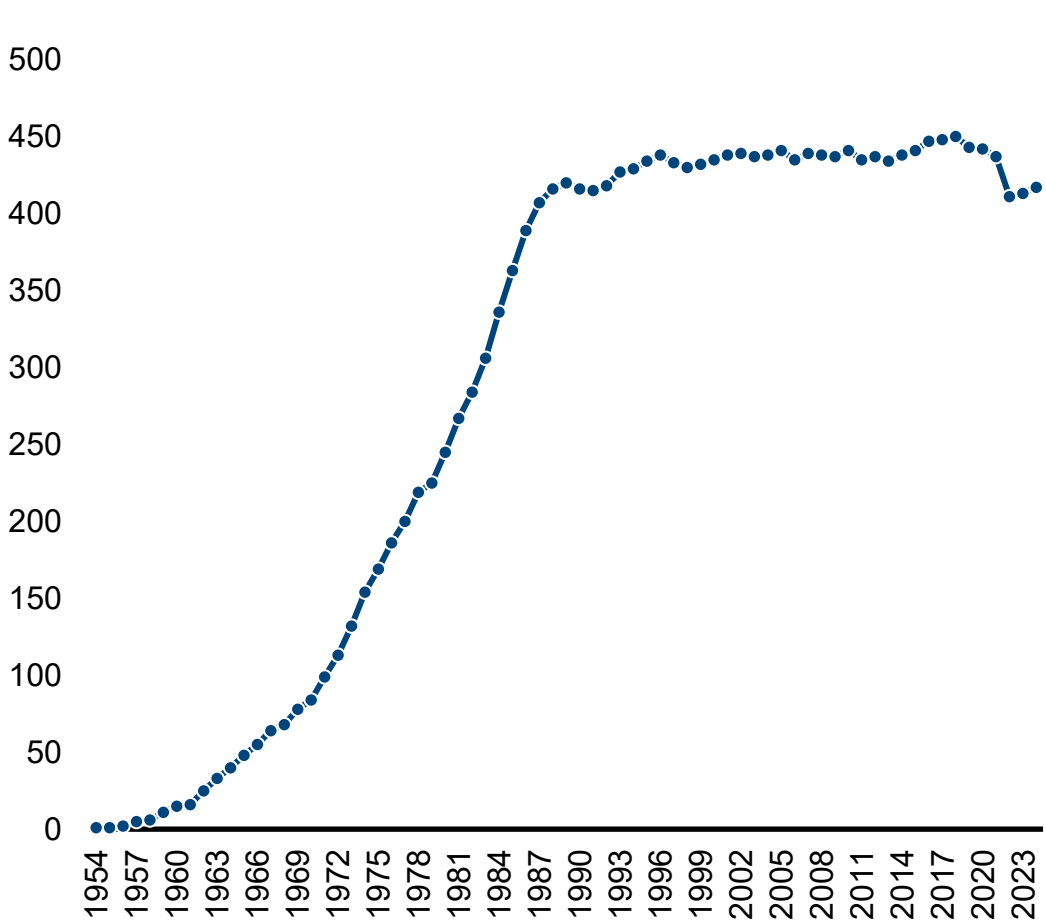
Мирный атом: диалог доверия и партнерства

20 октября 2025
Москва

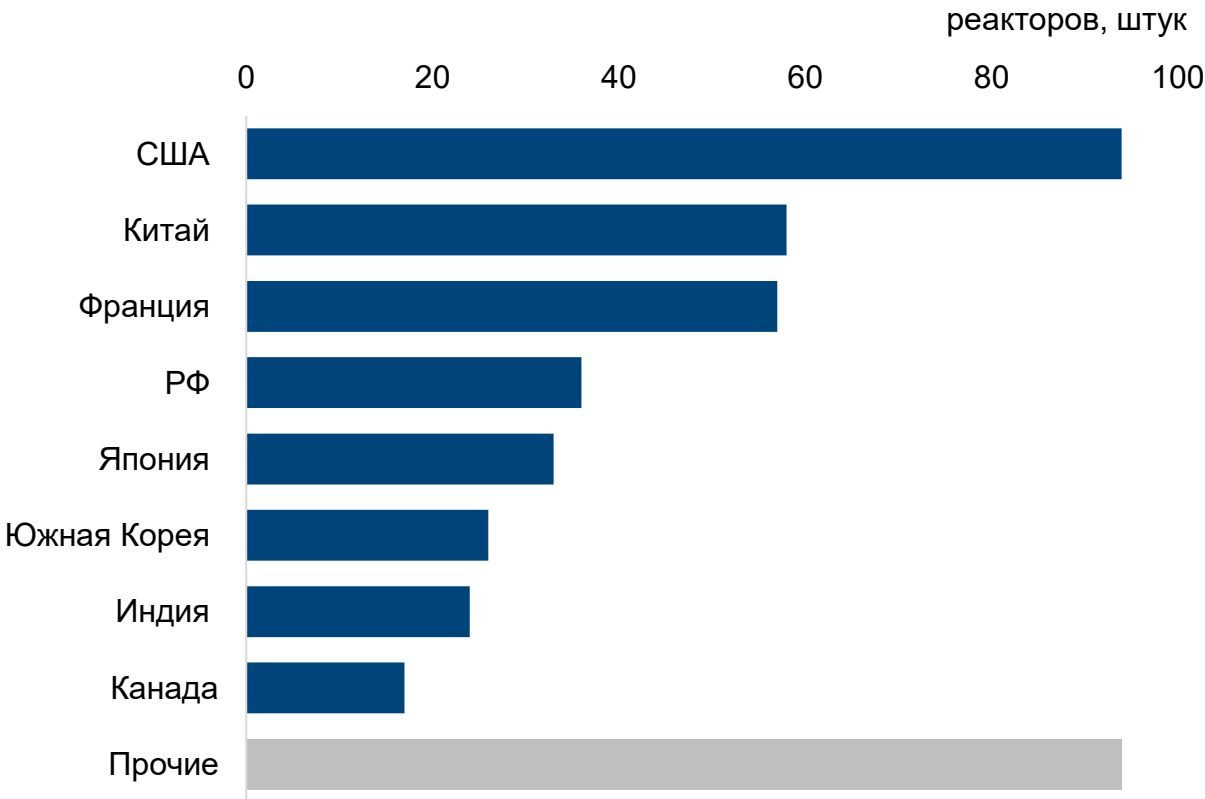
Салихов Марсель
ИЭФ, ВШЭ

Мир движется к атому

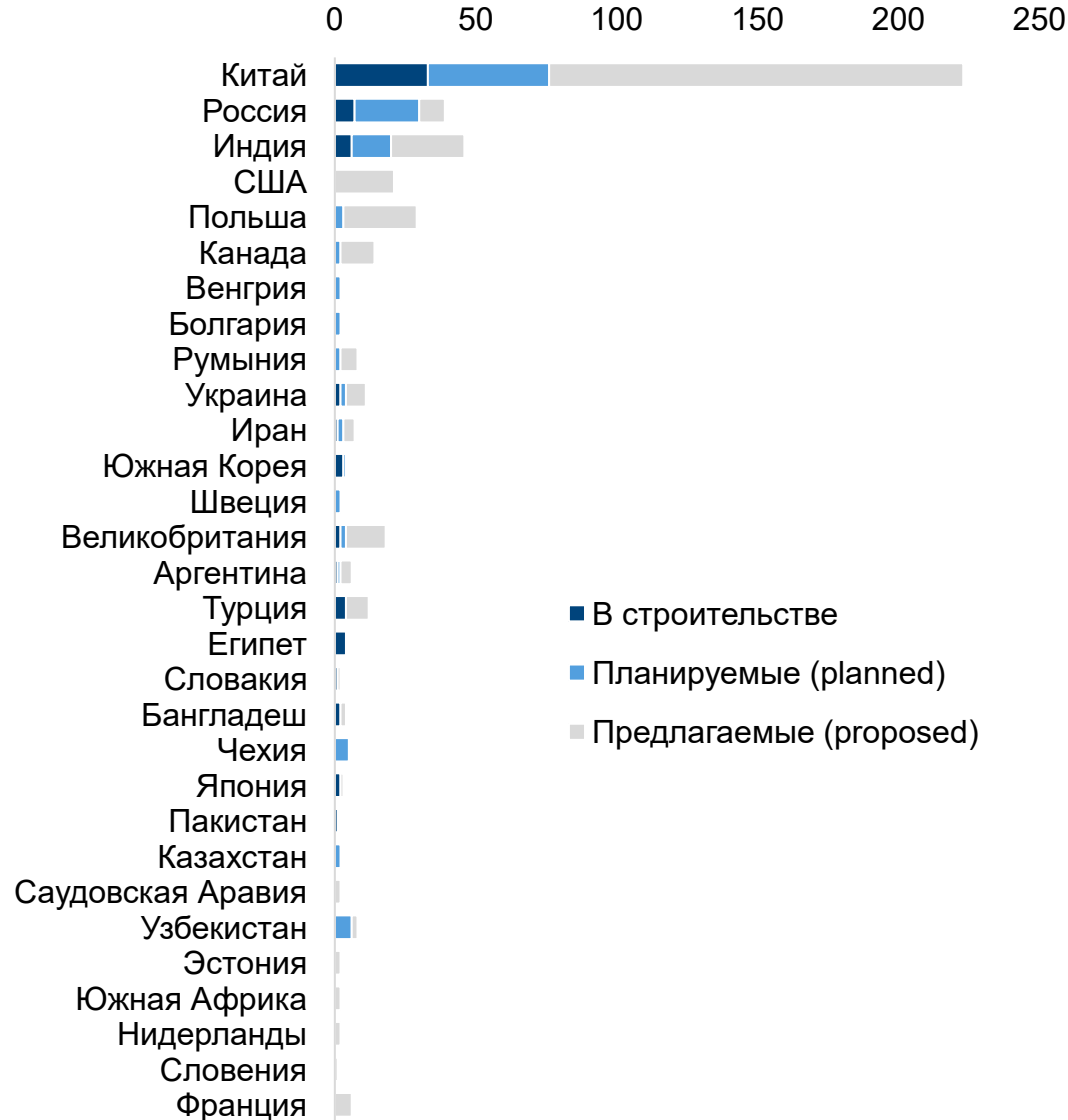
Количество действующих реакторов в мире



31 страна имеет мощности АЭС в 2025 году



В мире строится 69 атомных реакторов, в планах – еще 114



- На 2025 год: 440 реакторов в эксплуатации (~400 ГВт).
- В строительстве - около 70.
- Запланировано - ещё 110 +.
- Ядерная энергия обеспечивает $\approx 10\%$ мировой выработки электроэнергии.

Тенденции:

- Основной рост - в Азии.
- Малые модульные реакторы (SMR) становятся ключевым направлением.
- Старые блоки закрываются, новые - мощнее и технологичнее.
- По «высокому» сценарию МАГАТЭ мощность может достичь 950 ГВт к 2050 г.

Выводы:

- Мировое ядерное строительство входит в новую фазу — география смещается к Азии и усиливается технологическое обновление.
- Страны, вовлекающиеся сегодня, формируют конкурентное преимущество завтра.

Levelized Cost of Electricity (LCOE): как можно сравнивать себестоимость электричества?

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{I_t + O_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

I_t — инвестиции в год t
 O_t — операционные расходы
 F_t — стоимость топлива

E_t — выработка электроэнергии
 r — ставка дисконтирования
 T — срок службы проекта

Определение

LCOE - это средняя стоимость производства 1 МВт·ч электроэнергии за весь срок службы установки с учетом:

- срока службы
- капитальных расходов (капекс)
- операционных расходов (опекс)
- стоимости топлива
- технического обслуживания
- дисконтирования будущих затрат и производства

Зачем нужен LCOE?

1. Позволяет **сравнивать** между собой разные источники энергии:

- Ветроэнергетика
- Солнечная энергетика
- Уголь
- Газ
- АЭС

2. Учитывает **всю экономику проекта**, а не только стоимость строительства или топлива.

Важно помнить

1. **LCOE не учитывает:** интермитентность (переменность генерации), стоимость сетевой интеграции, субсидии, налоги.
2. Это **не рыночная цена**, а расчетная величина для оценки эффективности.

Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2042 года



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

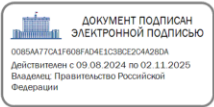
РАСПОРЯЖЕНИЕ

от 30 декабря 2024 г. № 4153-р

МОСКВА

1. Утвердить прилагаемую Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2042 года.
2. Минэнерго России внести в 6-месячный срок в Правительство Российской Федерации проект изменений в схему территориального планирования Российской Федерации в области энергетики, утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 1634-р.
3. Признать утратившими силу:
 - распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2017 г. № 1209-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 26, ст. 3859);
 - распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 ноября 2021 г. № 3320-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, № 49, ст. 8333);
 - распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2022 г. № 4384-р (Собрание законодательства Российской Федерации, 2023, № 2, ст. 537).

Председатель Правительства
Российской Федерации



М.Мишустин

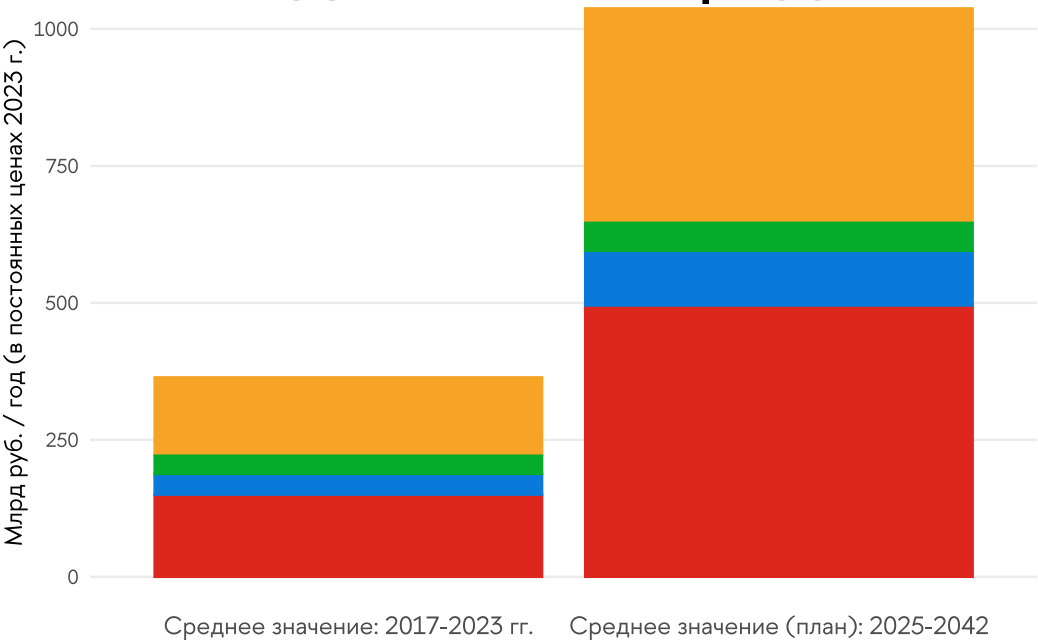
Таблица 21 – Расчетные значения LCOE, руб./кВт·ч в ценах 2023 года

Группа технологий	Базовые				Пиковые			Негарантированные	
Тип технологии	АЭС	ПГУ	ПСУ (газ)	ПСУ (уголь)	ГЭС	ГТУ	ГАЭС	ВЭС	СЭС
ОЭС Центра	4,9	5,0	5,2	7,3	–	8,6	11,5	5,0	5,7
ОЭС Северо-Запада	4,9	4,9	5,0	–	–	8,4	10	5,0	5,7
ОЭС Юга	4,9	4,9	5,1	–	–	8,6	10,8	5,0	5,7
ОЭС Средней Волги	5,0	5,1	5,2	–	–	8,4	–	5,0	5,7
ОЭС Урала	5,0	4,9	4,9	–	–	8,5	–	5,3	5,7
ОЭС Сибири	5,4	–	–	7,1	5,3	–	–	5,5	6,3
ОЭС Востока	6,2	–	–	8,8	7,2	–	10,3	5,9	6,7
Без учета территории	4,9	4,6	4,8	5,9	–	7,8	–	5,0	5,7

Основные выводы Генсхемы до 2042 год: АЭС, вперед!

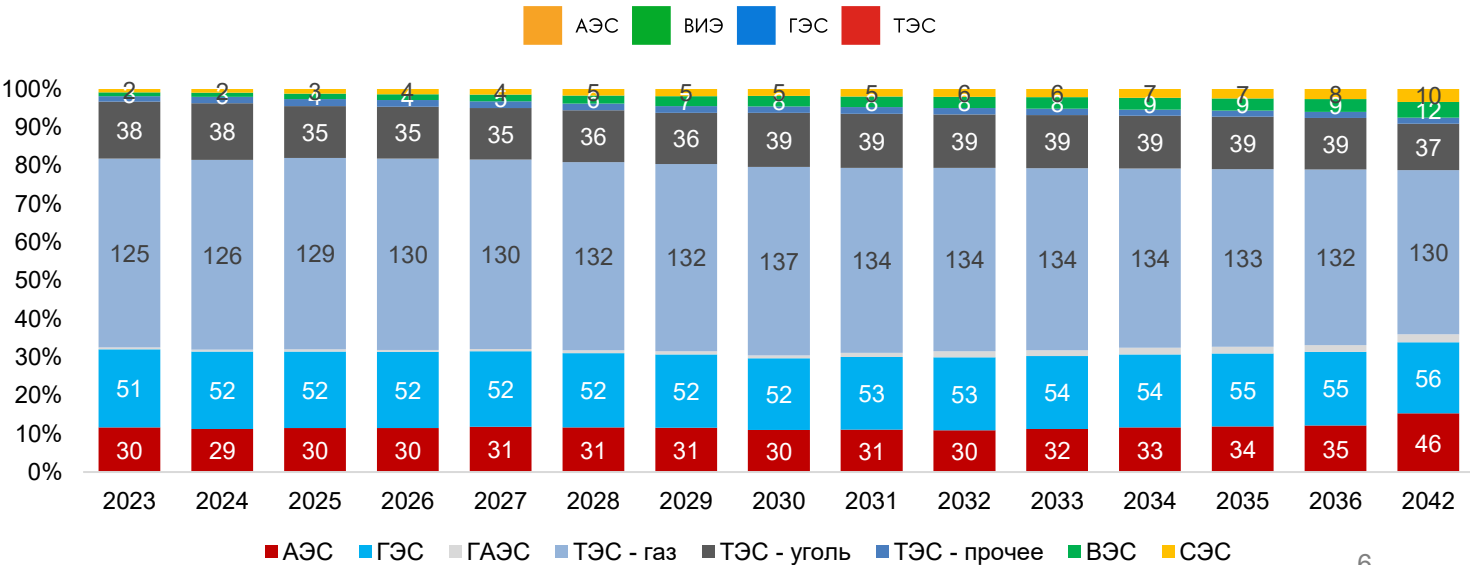
ОЦЕНКИ Системного Оператора:

- **Инвестиции** в строительство новых мощностей **планируют утроить**.
Причина – большой износ мощностей.
- В приоритете развития – **атомная энергетика**.
К 2042 г. мощности атомной энергетики планируют увеличить на 60% (**с 29 ГВт в 2025 году – до 46,2** .
На Дальнем Востоке появится новых 2,4 ГВт. мощностей атомной энергии (Приморская АЭС, Хабаровская АЭС) .



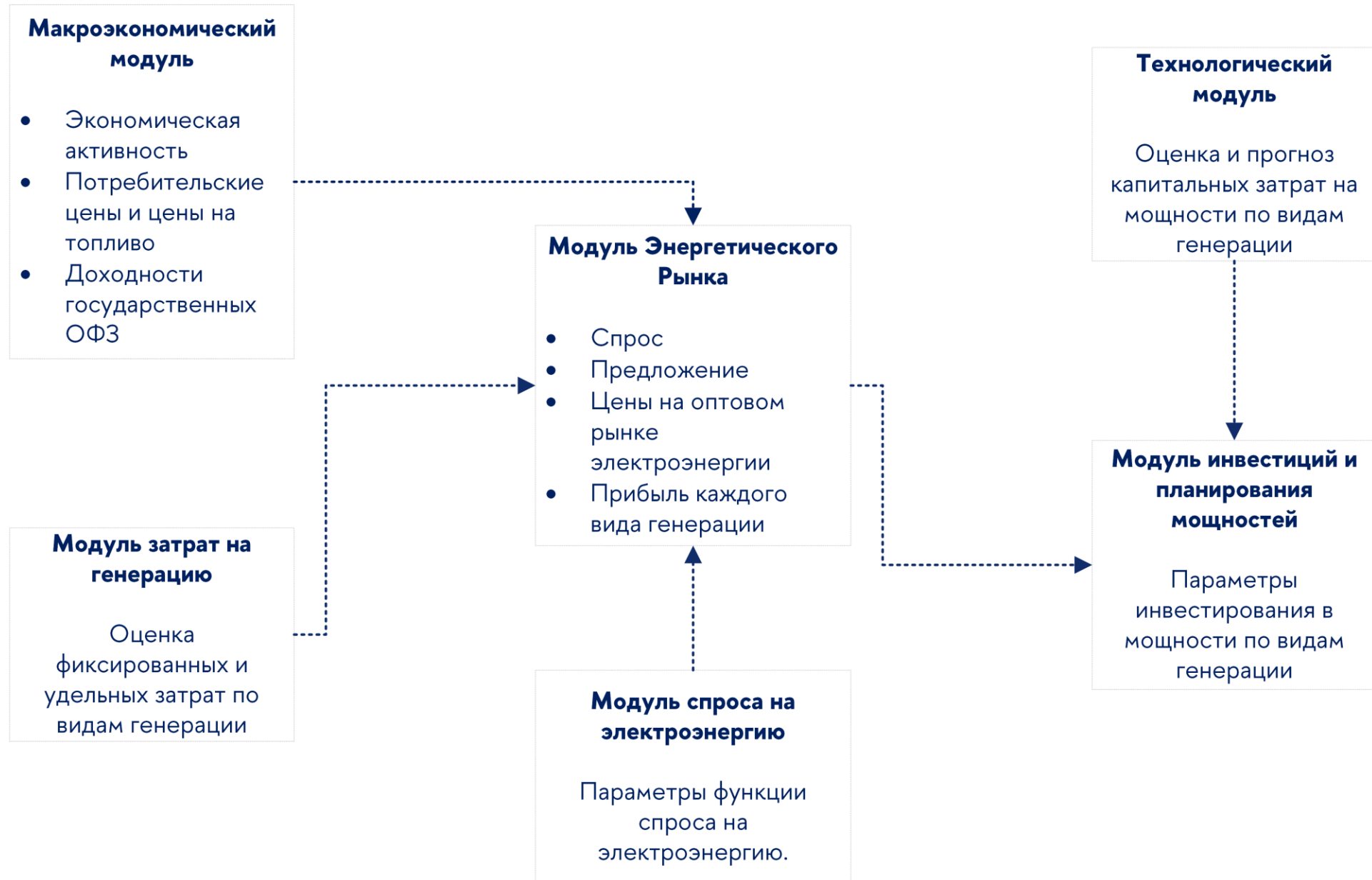
Обоснования СО:

- Оптимальность такого плана (то, почему выбран именно он) в документах не обосновывается.
- Сопоставить этот план с другими вариантами развития энергетики можно при помощи **модели энергетического рынка**.



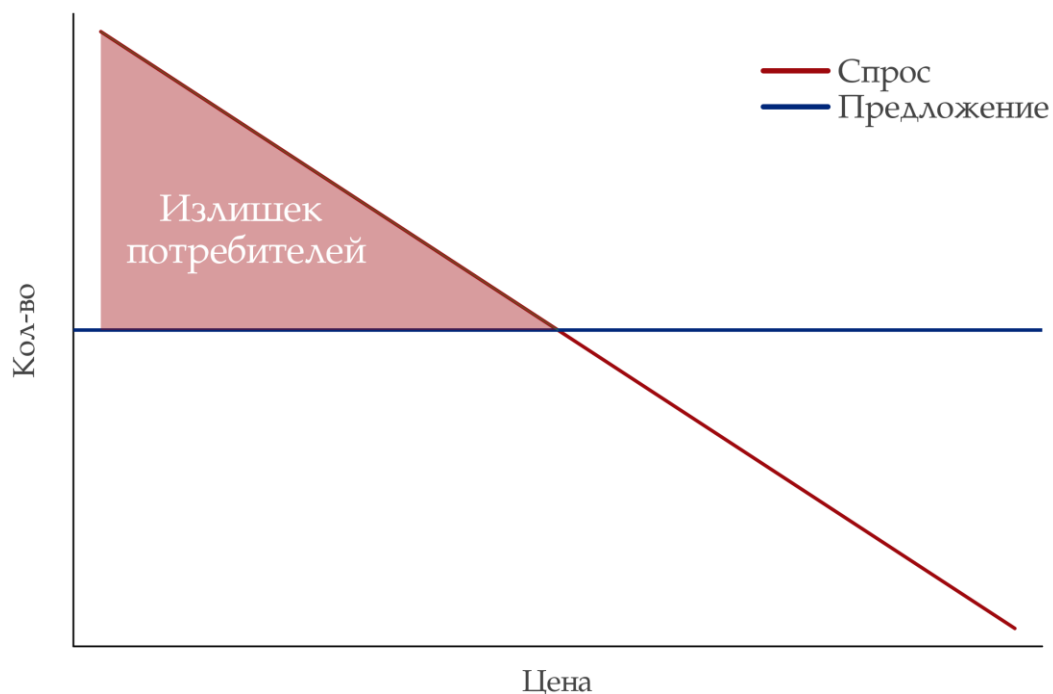
Источник: обосновывающие материалы в Генсхеме до 2042 года

Модель рынка электроэнергетики РФ



Сопоставление моделей: излишек потребителя

Излишек потребителей - **основной критерий**, который помогает **сравнить варианты** развития электроэнергетики и определить лучший. Чем выше прогнозируемый «излишек» – тем лучше.



Потребительский излишек измеряет то, насколько потребителям **выгодны** текущие рыночные условия (стоимость электроэнергии и мощности).

Потребительский излишек – это разница между максимальной суммой, которую потребитель готов был бы заплатить за товар, и суммой, которую он в итоге заплатил.

Иными словами, это **выгода потребителей** от покупки электроэнергии за вычетом стоимости генерации и вложений в развитие генерирующих мощностей
(который зависит от типов ввода объектов генерации).

Прогноз потребления и цен на электроэнергию: 1 синхронная зона

172 ГВт/ч

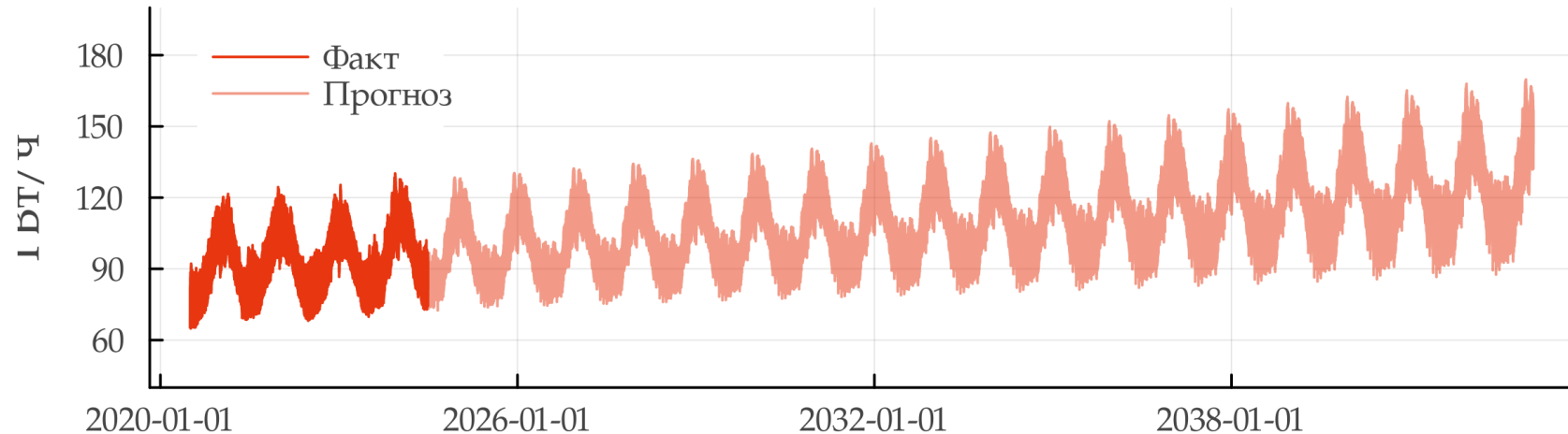
Прогноз **пикового потребления электроэнергии**, торгуемой по рыночным механизмам, к 2042 г. в 1 синхронной зоне

3,48 млн рублей / ГВт

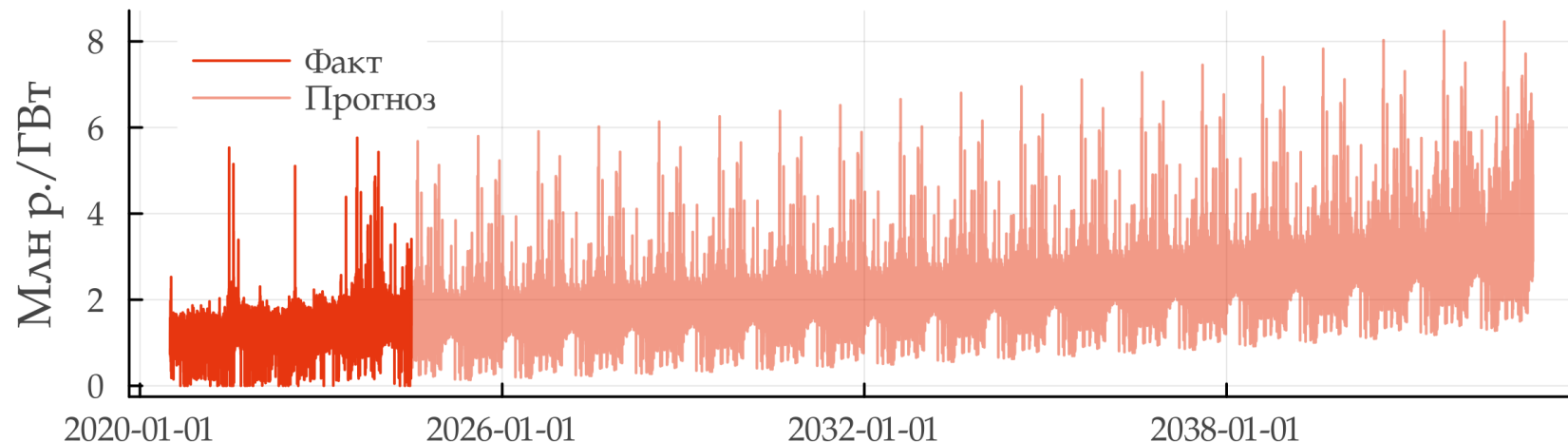
Среднегодовые цены на электроэнергию на оптовом рынке.

- Разница между пиковым и минимальным потреблением на дневном уровне также будет увеличиваться.

Потребление



Цены на оптовом рынке

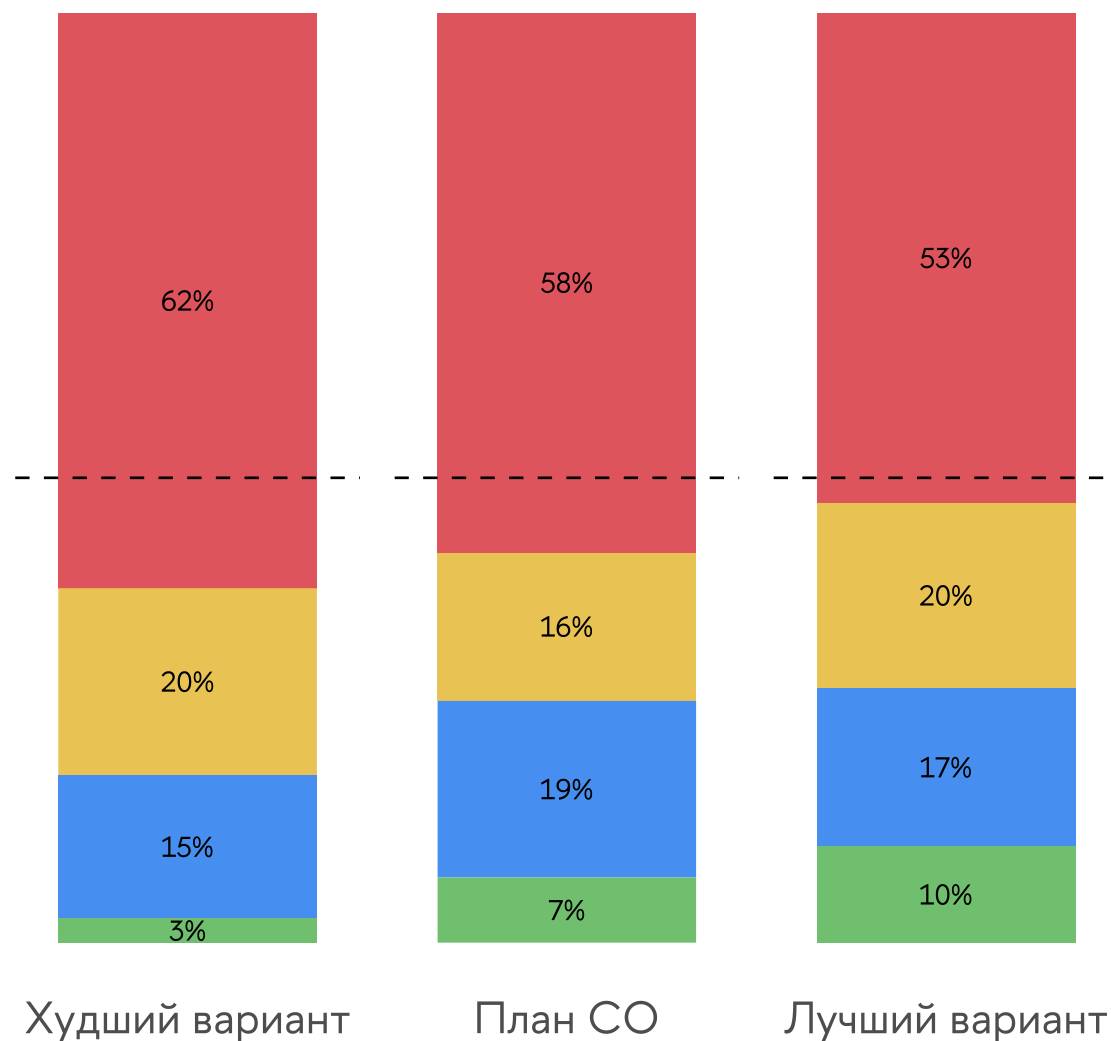


Чем больше АЭС, ГЭС, ВИЭ – тем лучше

ТЭС АЭС ГЭС ВИЭ

Основные выводы:

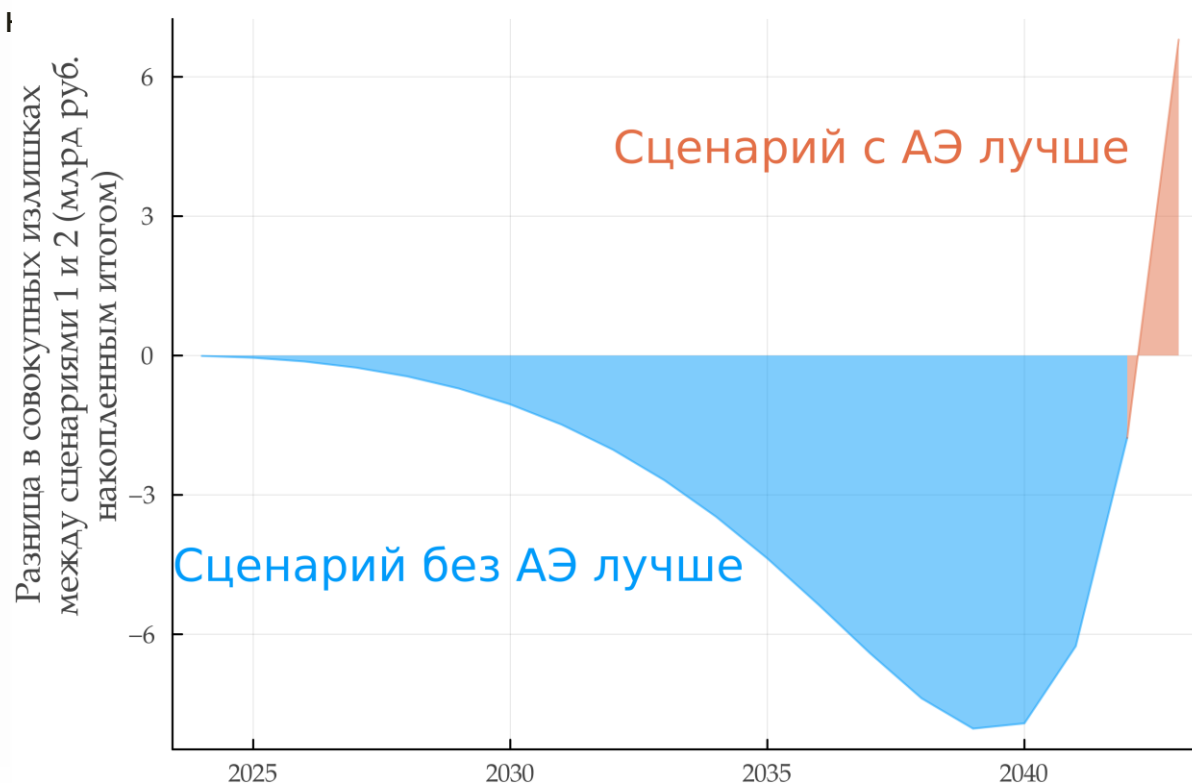
- Чем больше совокупная доля АЭС, ГЭС и ВИЭ (в особенности) в энергобалансе к 2042 г. – тем лучше.
- Текущая схема размещения мощностей до 2042 г. (согласно СО) предполагает сохранение мощностей ТЭС на уровне 2023 г.



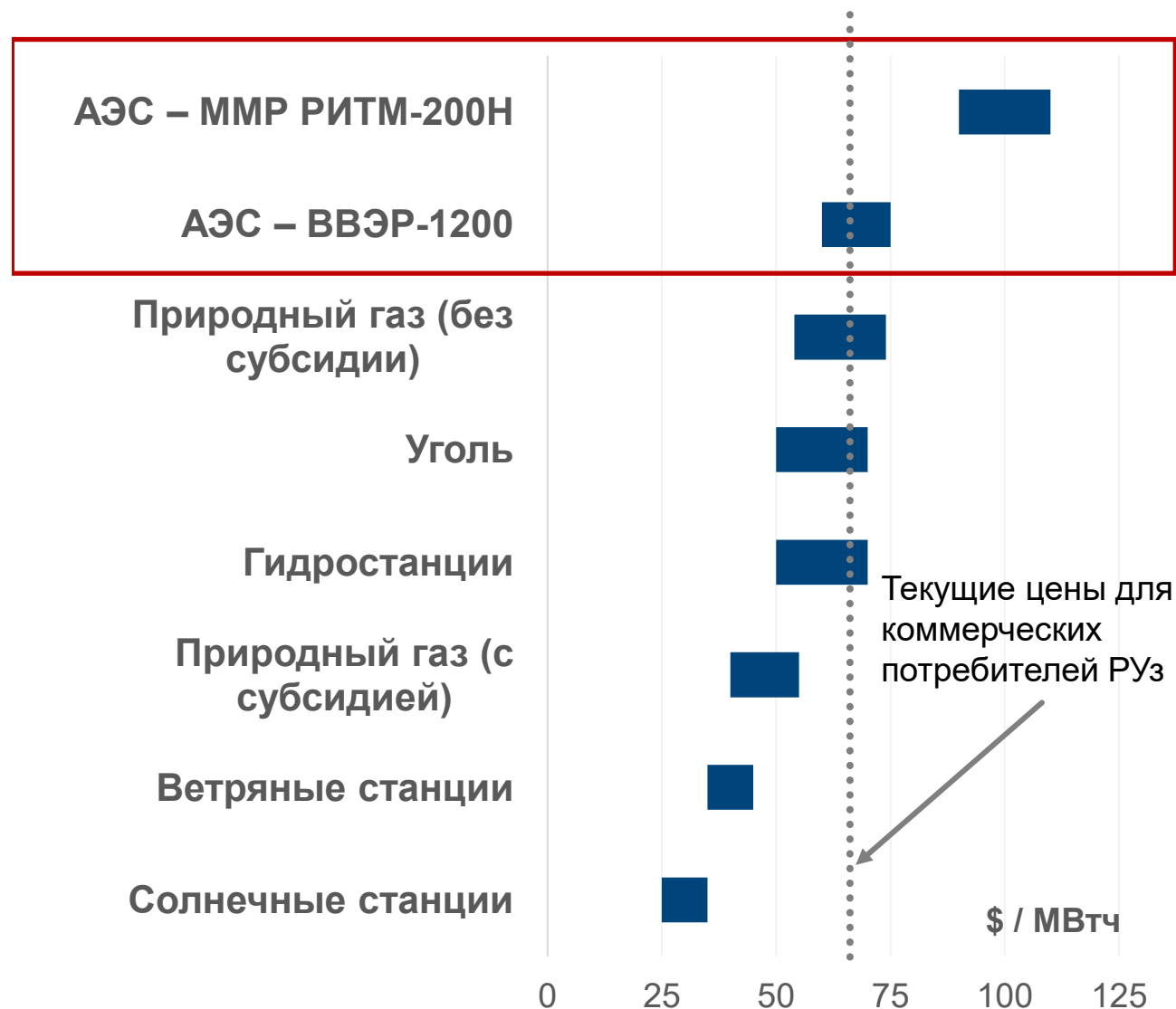
Выгодно ли размещать АЭС на Дальнем Востоке?

- Если кратко, то ответ: **ДА**.
- Ответ на вопрос зависит от горизонта планирования:
в долгосрочной перспективе развитие атомных генерирующих мощностей на Дальнем Востоке выгодно потребителям.
- Причина: для АЭС себестоимость электроэнергии в меньшей степени зависит от загруженности этих мощностей.
Общая себестоимость генерации снизится в ночные часы => потребители выиграют.

Рисунок: разница в излишках между сценариями.
Если накопленный излишек в Сценарии 1 (+АЭС на Дальнем Востоке) больше, чем в Сценарии 2 (вместо АЭС на Дальнем Востоке построят больше ТЭС, ГЭС и СЭС), то график будет



Себестоимость электричества (LCOE) в Узбекистане



Кейс Белорусской АЭС:

- Стоимость – 6-7 млрд долл.
- Срок строительства: 10 лет (2013-2023)
- 2 блока ВВЭР-1200
- КИУМ – 75% (2024)

Условия финансирования:

- 90% стоимости АЭС покрывается кредитом со стороны РФ
- Срок кредита – 15 лет
- Ставка – 3,31%
- Выплаты по кредиту до сих пор не начались из-за переносов сроков начала выплат