



Институт систем энергетики им. Л.А.Мелентьева СО РАН

Всероссийская школа молодых учёных
«Технологическое развитие отраслей ТЭК для достижения углеродной
нейтральности экономики России»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОГО РЫНКА ВОДОРОДА: ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТАВКИ И ЗЕЛЁНЫЕ СЕРТИФИКАТЫ

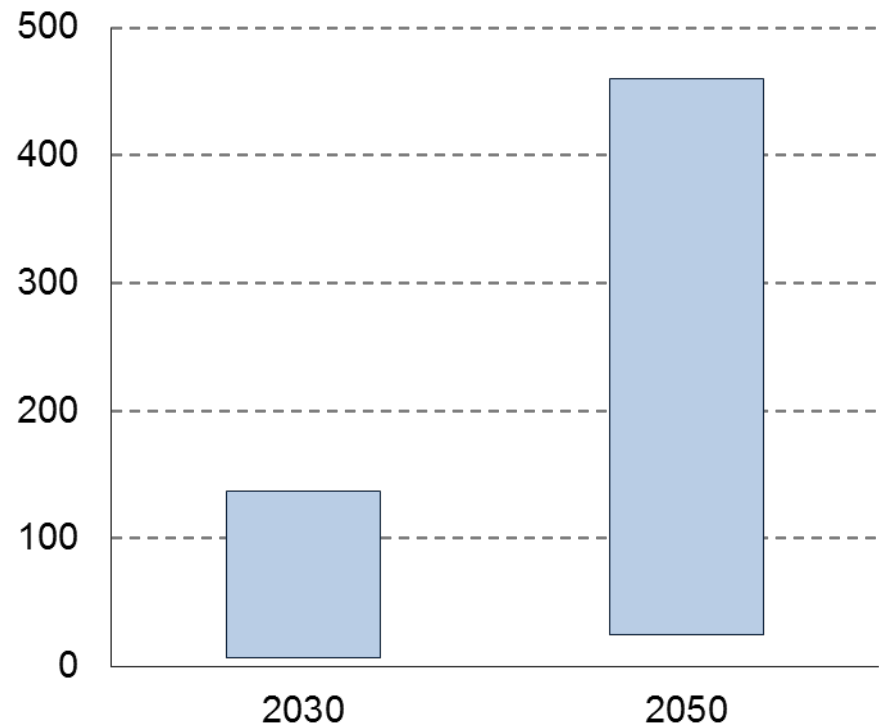
Максакова Дарья Владимировна,
м.н.с. Отдела комплексных и региональных
проблем энергетики ИСЭМ СО РАН

Москва,
17 - 18 октября 2023 г.



Прогнозы потребления водорода

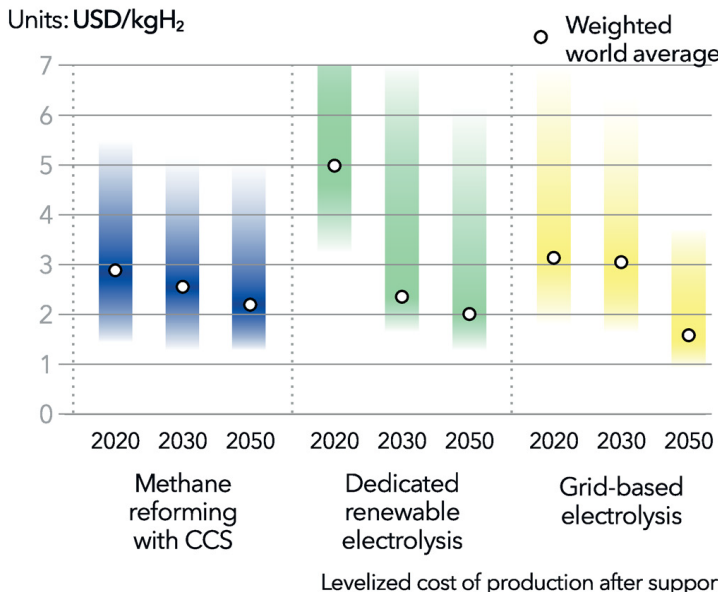
Диапазон прогнозной потребности в
водороде в мире, млн т



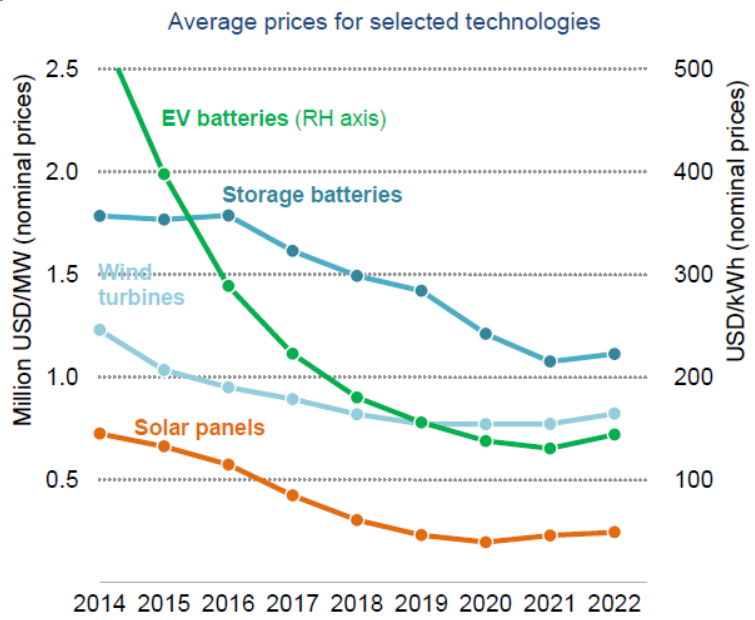
Источник: IEA 2022, DNV 2022, BP 2023

FIGURE 3

Levelized cost of hydrogen



Источник: DNV —
Hydrogen forecast to 2050



Источник: IEA World Energy
Investment 2023



Зелёные сертификаты на электроэнергию: мировой опыт



Источник: Зеленые сертификаты: мировой опыт и планы в России // Энергетический бюллетень. 2020. № 80. С. 15. —
URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo_january_2020.pdf



Рынок водорода: механизм зелёных сертификатов

$$\sum_s \sum_t c_{ts} x_{ts} + \sum_p \sum_s \sum_t c_{tsp} x_{tsp} \rightarrow \min$$

Физический рынок	Зелёные сертификаты
$\sum_s \sum_t x_{tsp} \geq D_p \quad \forall p \in P$	
$\sum_p x_{tsp} \leq x_{ts} \quad \forall s \in S, t \in T$	
$x_{ts} \leq \overline{x_{ts}} \quad \forall s \in S, t \in T$	
$\sum_s \sum_{t t \in L} x_{tsp} \geq D_p^L \quad \forall p \in P$	$\sum_p y_{sp} \leq \sum_{t t \in L} x_{ts} \quad \forall s \in S$
	$\sum_s y_{sp} \geq D_p^L \quad \forall p \in P$

S – множество производителей водорода,
 P – множество покупателей водорода,
 T – множество технологий производства водорода,
 $L \subset T = \{\text{зелёный; жёлтый; голубой; бирюзовый}\}$ – множество технологий производства «климатически чистого» водорода;
 c_{ts} – удельные затраты на производство водорода поставщиком s по технологии t ,
 c_{tsp} – удельные затраты на транспортировку водорода, произведенного по технологии t , от поставщика s до покупателя p ,
 $\overline{x_{ts}}$ – предельный объём производства водорода поставщиком s по технологии t ,
 D_p – потребность в водороде покупателя p ,
 D_p^L – потребность в «климатически чистом» водороде покупателя p ,
 x_{ts} – объём производства водорода поставщиком s по технологии t ,
 x_{tsp} – объём транспортировки водорода, произведенного по технологии t , от поставщика s до покупателя p ,
 y_{sp} – количество зелёных сертификатов, проданных поставщиком водорода s покупателю p .



Итого – 147

Зелёные сертификаты:

Итого – 103

Цены?

Распределение системного эффекта между участниками (взаимовыгодность?)



Заключение

Механизм зелёных сертификатов позволяет получить системный эффект в виде снижения суммарных затрат на транспортировку водорода на физическом рынке, за счёт чего возможно:

- снизить объем требуемых инвестиции в инфраструктуру по транспортировке водорода;
- привлечь финансирование в проекты по производству водорода;
- повысить надёжность энергоснабжения труднодоступных территорий с богатыми ресурсами возобновляемых источников энергии: в таких регионах производство водорода с использованием возобновляемых источников сможет финансироваться за счёт продажи зелёных сертификатов.



Работа выполнена в
рамках проекта
государственного
задания

FWEU-2021-0004
программы
фундаментальных
исследований РФ на
2021-2030 гг.,

с использованием
ресурсов ЦКП
"Высокотемпературны
й контур"
(Минобрнауки России,
проект 13.ЦКП.21.0038).



Спасибо за внимание!