





Сравнительная оценка производства электроэнергии от ископаемых топлив и водорода

Коршунов Тимофей Михайлович, магистрант НИУ «МЭИ», инженер АО «ВТИ»

25.11.2025



Содержание:

1. Классификация водорода по цветовой шкале
2. Средняя стоимость электроэнергии
3. Средняя стоимость электроэнергии от ископаемых топлив
4. Стоимость водорода
5. Средняя стоимость электроэнергии от водорода
6. Сравнительная оценка

Классификация водорода по цветовой шкале



Цвет	Метод получения	Источник энергии	Наличие выбросов парниковых газов
Бурый/черный	Газификация углей	Любой	Углекислый и угарный газы
Серый	Паровая конверсия метана	Любой	Углекислый газ
Голубой	Газификация или конверсия при улавливании CO_2	Любой	Углекислый газ при частичном улавливании
Бирюзовый	Пиролиз природного газа	Любой	Отсутствуют (Углерод выделяется в твердой фазе)
Желтый	Электролиз	АЭС	Отсутствуют (ОЯТ)
Зеленый	Электролиз	ВИЭ	Отсутствуют

Средняя стоимость электрической энергии



$$LCOE = \frac{\sum (Capital_t + O\&M_t + Fuel_t + Carbon_t + D_t) \cdot (1 + r)^{-t}}{\sum MWh \cdot (1 + r)^{-t}}$$

где LCOE – средняя стоимость электрической энергии, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; t – временной шаг, год;
 $Capital_t$ – удельные капитальные затраты в год, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; $O\&M_t$ – удельные операционные затраты в год, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; $Fuel_t$ – затраты на топливо в год, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; $Carbon_t$ – стоимость налога на выбросов CO_2 , $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; D_t – стоимость вывода установки из эксплуатации линейно распределенная на время жизни проекта, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$; MWh – объем электроэнергии производимой в год, $\text{МВт} \cdot \text{ч}$; r – усредненная ставка дисконтирования, %.

Средняя стоимость электрической энергии от ископаемых топлив



Страна	Технология	Мощность, МВт	Затраты, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$				LCOE, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$
			Капитальные	Операционные	Топливные	Налог на выбросы	
Угольные блоки без улавливания CO_2 (без CCUS)							
Индия	ССКП	400	12,87	8,53	26,43	22,70	70,54
Япония	ССКП	749	27,12	19,31	28,73	24,68	99,84
США	Пылеугольное сжигание	138	49,13	30,47	20,19	28,22	128,02
Угольные блоки с улавливанием CO_2 (без CCUS)							
Австралия	ССКП	633	50,34	19,34	39,58	3,40	112,6
США	Угольный блок	499	67,17	42,96	23,32	13,04	146,49

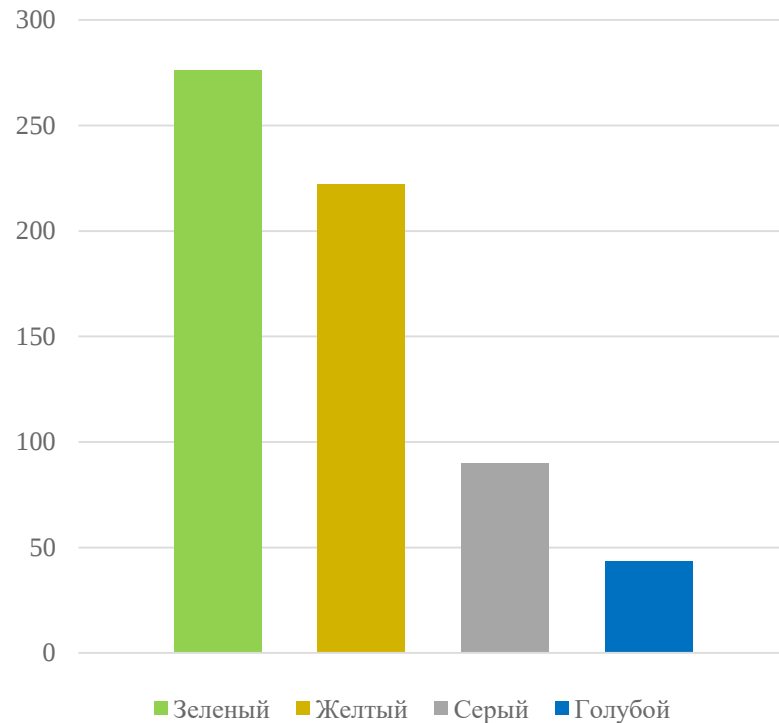
Средняя стоимость электрической энергии от ископаемых топлив



Страна	Технология	Мощность, МВт	Затраты, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$				LCOE, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$
			Капитальные	Операционные	Топливные	Налог на выбросы	
Газовые блоки без улавливания CO_2 (без CCUS)							
Мексика	ПГУ	835	5,44	5,551	18,89	10,48	40,32
Бельгия	ПГУ	500	11,36	6,67	47,06	10,45	75,54
Румыния	ПГУ	750	3,01	46,37	47,06	10,45	106,79
Газовые блоки с улавливанием CO_2 (без CCUS)							
США	ПГУ/ГТУ	646	28,13	14,22	22,91	5,09	70,34
Австралия	ПГУ/ГТУ	437	32,96	12,87	64,96	1,48	112,27

Стоимость водорода

Технология	Цвет	Стоимость, \$ кг	Стоимость, \$ МВт · ч
Фотоэлектрические установки	Зеленый	11,4 – 9,2	342 – 276
Электролиз при АЭС	Желтый	7,4	222
Паровая конверсия метана/газификация биомассы	Серый	3,0	90
Газификация в химических циклах	Голубой	1,45	43,5



Средняя стоимость электрической энергии от водорода



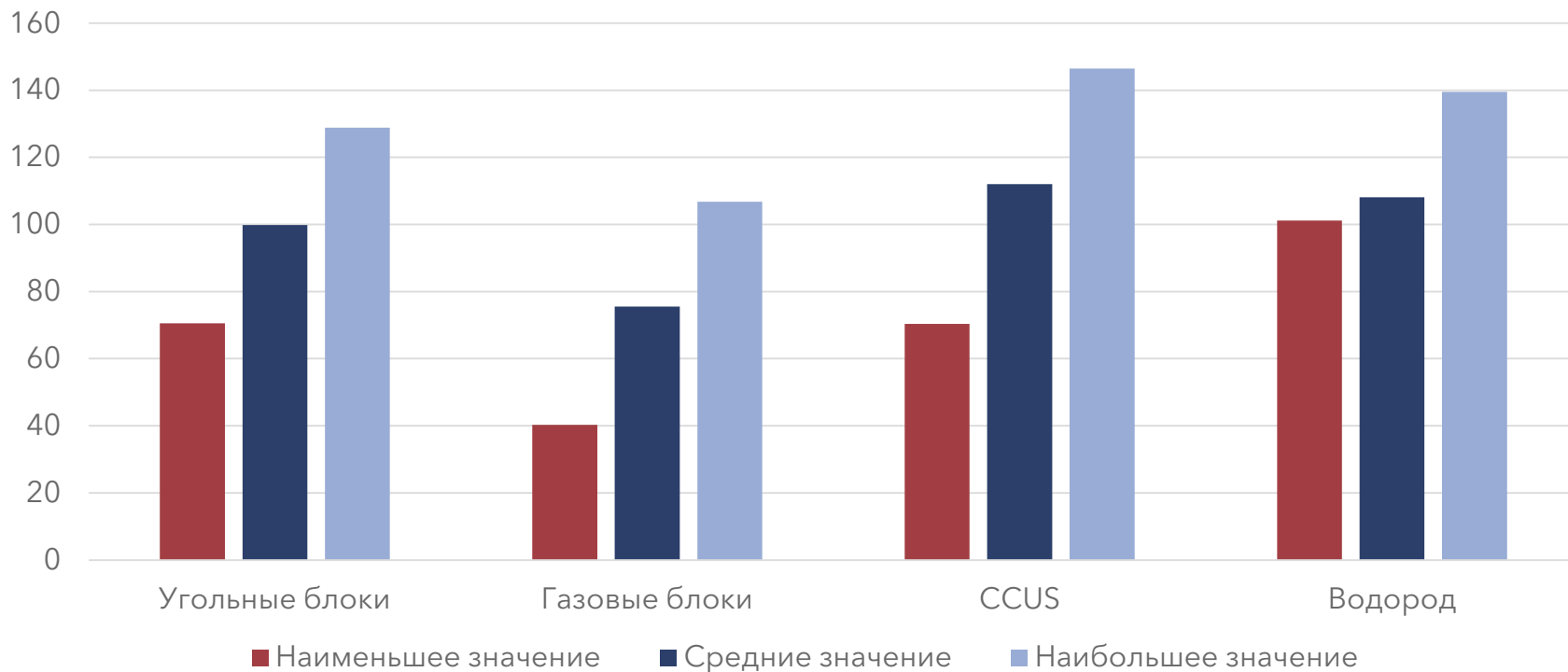
Страна	Технология	Мощность, МВт	Затраты, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$				LCOE, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$
			Капитальные	Операционные	Топливные	Налог на выбросы	
Серый водород, полученный методом паровой конверсии метана							
Мексика	ПГУ	835	5,44	5,551	90	0	101,12
Бельгия	ПГУ	500	11,36	6,67	90	0	108,13
Румыния	ПГУ	750	3,01	46,37	90	0	139,52
Голубой водород, полученный методом газификации в химических циклах							
Мексика	ПГУ	835	5,44	5,551	43,5	0	54,62
Бельгия	ПГУ	500	11,36	6,67	43,5	0	61,63
Румыния	ПГУ	750	3,01	46,37	43,5	0	93,02

Средняя стоимость электрической энергии от водорода



Страна	Технология	Мощность, МВт	Затраты, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$				LCOE, $\frac{\$}{\text{МВт} \cdot \text{ч}}$
			Капитальные	Операционные	Топливные	Налог на выбросы	
Водородные топливные элементы							
Норвегия	ТЭ	15	45,26	1,69	111,11	0	158,07
Франция	ТЭ	1	83,26	42,66	111,11	0	237,03

Сравнительная оценка



Спасибо за внимание!

