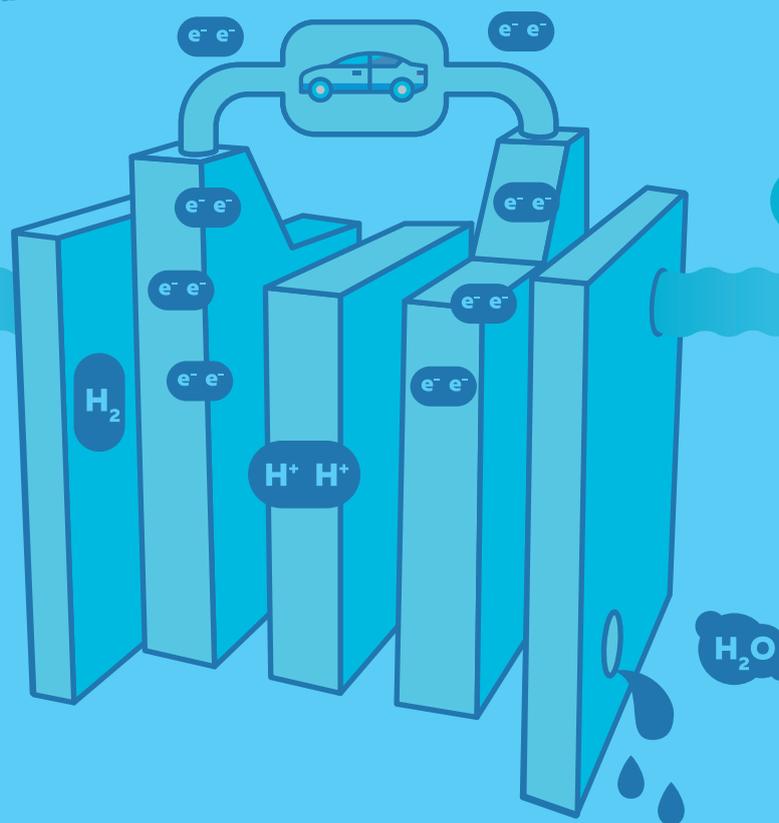


- Процесс SPERA для транспортировки водорода
- Развитие водородной энергетики в мире
- Перспективы использования е-топлив
- Возможности производства зеленого водорода в Европе
- Способы улавливания CO₂ для получения голубого водорода



Специальный бюллетень | Водород, топливные элементы и e-топливо

Редактор: Ульяна Махова

Компания BP построит крупнейший в Великобритании завод по производству голубого H₂, планируемый объем которого к 2030 году составит 1 ГВт [4965]. Проект будет расположен в Тиссайде на северо-востоке Англии и, после принятия окончательного инвестиционного решения в 2024 г., может начать производство в 2027 г. Сейчас BP проводят анализ существующих способов улавливания CO₂ для выбора технологии.

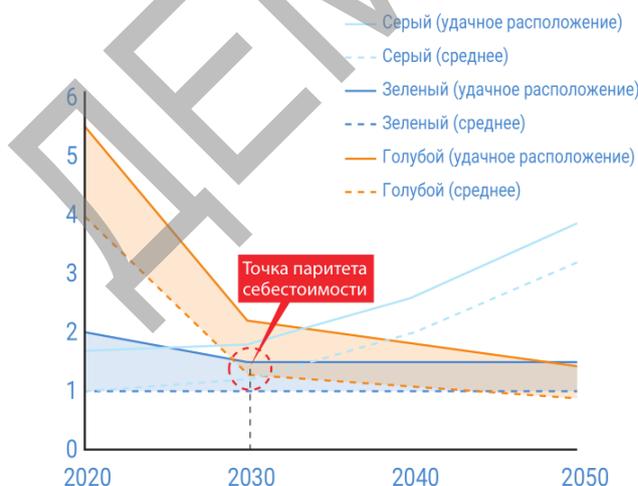
Основными потребителями водорода являются Китай и США. Китай ведет ускоренную политику по разворачиванию водородной энергетики. Так, Синорес планирует построить и эксплуатировать 1000 водородных [заправочных станций](#) к концу 2026 года. Кроме того, вводится стандарт на водородное топливо для автомобилей [GB/T 40045-2021](#). В США было продано более [1000 автомобилей](#) на водородных топливных элементах за 1 квартал этого года.

Результаты внедрения автобусов на топливных элементах в Калифорнии и сравнение их с традиционными представлено в документе NREL [4745]. В отчете Калифорнийской энергетической

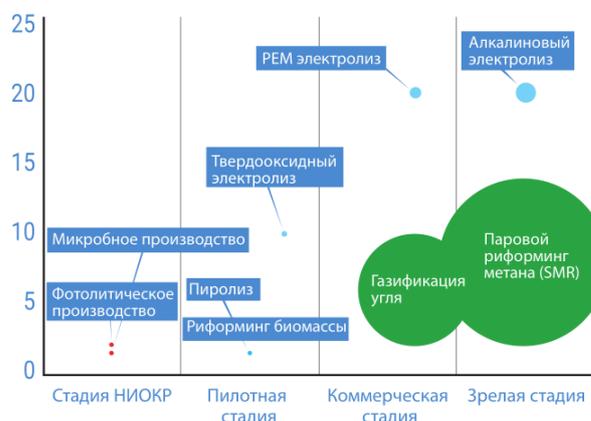
комиссии [4839] приведена оценка времени и затрат, необходимых для строительства 100 водородных заправочных станций в Калифорнии. Toyota Motor Corp. разработала собственный модуль топливных элементов для широкого спектра применений, включая грузовики, автобусы, поезда и корабли, стационарные генераторы.

По мере снижения затрат на ВИЭ и масштабирования электролиза, себестоимость зеленого и голубого водорода будет выравниваться. На рисунке приведен прогноз от энергетического центра E&Y по себестоимости производства различных видов водорода (слева) и стадии развития технологий производства водорода (справа) [4979]. Перспективы развития мирового рынка представлены в презентации McKinsey & Company [4779]. В оптимистичном сценарии ожидается экспоненциальный рост спроса на «зеленый» водород после 2030 года, который достигнет около 350 млн т/год к 2050 году. Несмотря на это 50% инвестиций в энергетике будет приходиться на нефтегазовую отрасль отмечают специалисты McKinsey.

Себестоимость производства различных видов водорода



Стадии развития технологий производства водорода и перспективы



Adapted by
**FUELS
DIGEST**

Практически все производство водорода в мире на данный момент происходит с помощью ископаемого сырья, 6% всего природного газа и 2% угля тратится на процессы получения водорода, при этом выбрасывается 830 млн тонн углекислого газа. Для получения голубого водорода достаточно провести модернизацию существующих установок получения серого (паровая конверсия метана), снабдив их процессами улавливания CO₂. В статье от Shell Catalysts & Technologies [4969] приводится технико-экономическая оценка разных способов получения водорода. При стоимости CO₂ на уровне 25–35 долларов за тонну к 2030 году голубой H₂ становится конкурентоспособным с серым даже при более высоких капитальных затратах, а стоимость зеленого H₂ по-прежнему остаётся в два раза больше.

Модернизации производств серого водорода в голубой посвящены статьи [4458] и [4967]. Улавливание CO₂ возможно в трех точках основных потоков: синтез-газ после реактора, остаточный газ после короткоциклового адсорбции (КЦА) и дымовые газы из печи. Стоимость улавливания CO₂ зависит от технических характеристик потоков: давления и концентрации CO₂ в исходном потоке (таблица). Наиболее экономически целесообразное место для удаления CO₂ – остаточный газ после КЦА водорода с наибольшей

концентрацией газа. Удаление CO₂ предлагается с помощью КЦА или криогенным способом. Сравнения способов удаления CO₂ приведены в таблице. Во всех вариантах, связанных с улавливанием CO₂ до сжигания, в горелки поступает газ с измененным составом, что означает необходимость модернизации горелок. Поток дымовых газов – самый дорогой поток для очистки CO₂ из-за низкого давления и небольшой концентрации. Технология улавливания CO₂ из дымовых газов с помощью растворителей приводит к расходам в 2–4 раза больше, чем улавливание перед сжиганием. Чтобы снизить высокую стоимость, необходимы современные растворители с высокой стабильностью, улучшенными массообменными свойствами и низкой теплотой регенерации.

В большинстве стран голубой водород будет самым дешевым вариантом производства с пониженным количеством выбросов. Низкие производственные затраты имеют решающее значение для поддержки со стороны производства быстрого роста спроса на голубой водород [4736]. С учетом огромных запасов природного газа перспективы для России состоят в производстве и поставке именно голубого водорода в Европу [4772], [4871]. Внешнеэкономические разработки водородной стратегии России запечатлены в докладе представителей Газпрома [4980].

Adapted by
**FUELS
DIGEST**

Концентрация CO₂ и давление в технологических потоках конверсии метана

	Потоки, не подвергавшиеся горению		После горения
	Синтез-газ	Остаточный газ после КЦА водорода	Дымовые газы
Содержание CO ₂ , % мол.	12-18	50-60	15-22
Давление, бар изб	20-30	0,3-0,5	0,1

Сравнение способов удаления CO₂ для производства голубого водорода

	Криогенное фракционирование остаточных газов	КЦА CO ₂ остаточных газов	Аминовая очистка синтез-газа	Аминовая очистка дымовых газов
Извлечение CO ₂ из потока, %	>99	>99	>99	90-99
Фаза CO ₂	Жидкость	Газ	Газ	Газ
CO ₂ высокой чистоты	Да	Нет	Нет	Нет
Необходимость пара	Нет	Нет	Да	Да
Реконструкция горелок	Нет	Нет	Нет	Да
Выход H ₂	+10%	Без изменений	-1%	Без изменений
Капитальные / эксплуатационные затраты	Средние	Низкие	Средние	Высокие
Стоимость улавливаемого CO ₂ , \$/т	20-40	35-50	45-60	70-100

Полный перечень материалов мониторинга | Ссылки кликабельны

Источник	# файла в библиотеке FD
Отчеты	
Joint Agency Staff Report on Assembly Bill 8: 2020 Annual Assessment of Time and Cost Needed to Attain 100 Hydrogen Refueling Stations in California California Energy Commission and California Air Resources Board 2021	[...]
Hydrogen Infrastructure Requirements for Zero-Emission Freight Applications in California Li, Guozhen and others 2021	[...]
Blue hydrogen Global CCS Institute 2021	[...]
The Fuel Cell Industry Review 2020 E4tech 2021	[...]
Специальный обзор Argus про водород Argus Media Group 2021	[...]
Infrastructure for charging electric vehicles ECA 2021	[...]
E-fuels: why e-fuels in cars make no economic or environmental sense T&E 2021	[...]
SunLine Transit Agency Fuel Cell Electric Bus Progress Report NREL 2021	[...]
Презентации	
Водород – новая реальность? Ольга Белоглазова, E&Y 2021	[...]
Экономическая ситуация в 2020 г. и перспективы развития мирового энергетического рынка McKinsey & Company 2021	[...]
Внешнеэкономические развилки водородной стратегии России Андрей А. Конопляник 2021	[...]
Водород и биоводород: настоящее и будущее Лия Ципенюк 2021	[...]
Статьи	
The case for blue hydrogen. An analysis of the costs and merits of grey, blue, and green hydrogen Tarun Vakil and others 2021	[...]
Transforming Texas into a global hydrogen hub A. Steinhubl 2021	[...]
Technical and economic pathways for sustainable hydrogen production D. B. Engel 2021	[...]
Increasing blue hydrogen production affordability N. Liu 2021	[...]
Ready-now blue hydrogen leads the way to decarbonization E. Carter and A. Hickman 2021	[...]
Advances in chemical carriers for hydrogen R. V. Schneider and others 2021	[...]
A review on recent advances in hydrogen energy, fuel cell, biofuel and fuel refining via ultrasound process intensification Ujwal Zore and others 2021	[...]
Potential and limitations of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation Ueckerdt, F. and others 2021	[...]
Водородная энергетика и мировой энергопереход Попадько Н.В. и др. 2021	[...]
Водород: энергия «чистого» будущего Новак Александр 2021	[...]
A novel thermally autonomous methanol steam reforming microreactor using SiC honeycomb ceramic as catalyst support for hydrogen production Yancheng Wang and others 2021	[...]
Green hydrogen coupling with CO utilization of coal-to-methanol for high methanol productivity and low CO emission Wang Dongliang and others 2021	[...]
Green hydrogen in Europe – A regional assessment: Substituting existing production with electrolysis powered by renewables G. Kakoulaki and others 2021	[...]
Прочие материалы (новости, видеоролики, журналы)	
Ricardo Quarterly Review Ricardo 2021	[...]
New Clean Energy Process Converts Methane to Hydrogen with Zero Carbon Dioxide Emissions Lynne Roeder 2021	[...]
Hydrogen instead of electrification? Potentials and risks for climate targets Potsdam Institute for Climate Impact Research 2021	[...]
Газпром подключился к зеленой водородной трубе Сергеев Михаил 2021	[...]
Водород дороже денег Фонд национальной энергетической безопасности 2021	[...]
Pathways For Sustainable Hydrogen H ₂ -Tech 2021	[...]