

# Перспективы развития экспорта российских технологий для водородной энергетики

Октябрь, 2023

## Дисклеймер

Данный отчет содержит резюме с ключевыми выводами на основе проведенного SBS Consulting аналитического исследования. Представленные в отчете данные, аналитика и любая другая информация предназначены только для информационных целей и не могут являться заменой услуг профессиональных консультантов в сферах бизнеса, финансов, инвестиций и др.

При полном или частичном использовании материалов ссылка на [sbs-consulting.ru](https://sbs-consulting.ru) обязательна.

SBS Consulting  
+7 (495) 792 59 79  
[info@sbs-consulting.ru](mailto:info@sbs-consulting.ru)

Москва, БЦ PortPlaza  
Проектируемый проезд, 4062,  
д. 6, стр. 2



H<sub>2</sub>  
HYDROGEN

# Резюме



**H<sub>2</sub>**  
**HYDROGEN**

## 01 Мировой рынок водородной энергетики

- Водородная энергетика - стратегически важная для достижений целей углеродной нейтральности отрасль с прогнозируемым среднегодовым темпом роста 4% в мире в период 2022-2050 гг.
- В 2050 г. 6 стран-лидеров будут производить ~250 млн тонн водорода, 13% из которых будет производиться Россией
- В 2050 г. Китай, США и Индия останутся крупнейшими потребителями водорода (97, 73 и 29 млн тонн в год соответственно)

## 02 Перспективы экспорта водорода и технологий

- Россия производит самый низкий по себестоимости желтый водород в мире, однако для развития его экспорта необходимо развивать инфраструктуру и снижать стоимость перевозки
- Российские компании активно развивают технологии генерации и транспортировке водорода, а также пассажирский и грузовой транспорт на водородных элементах
- Потенциальными импортерами российского водорода и технологий являются Китай, Турция и Индия
- На 2023 г. российские технологии по генерации (электролиз) и по морской транспортировке водорода являются конкурентоспособными на глобальном рынке

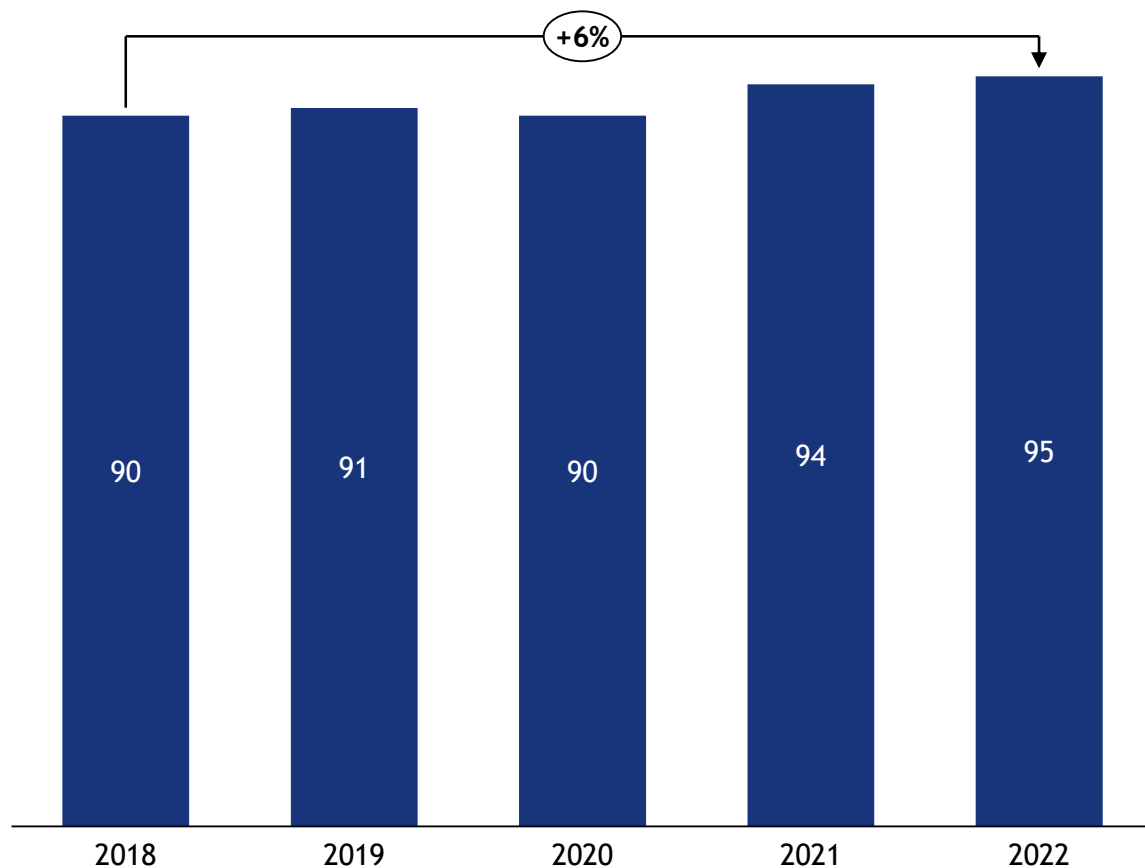
# Содержание

Мировой рынок водородной  
энергетики

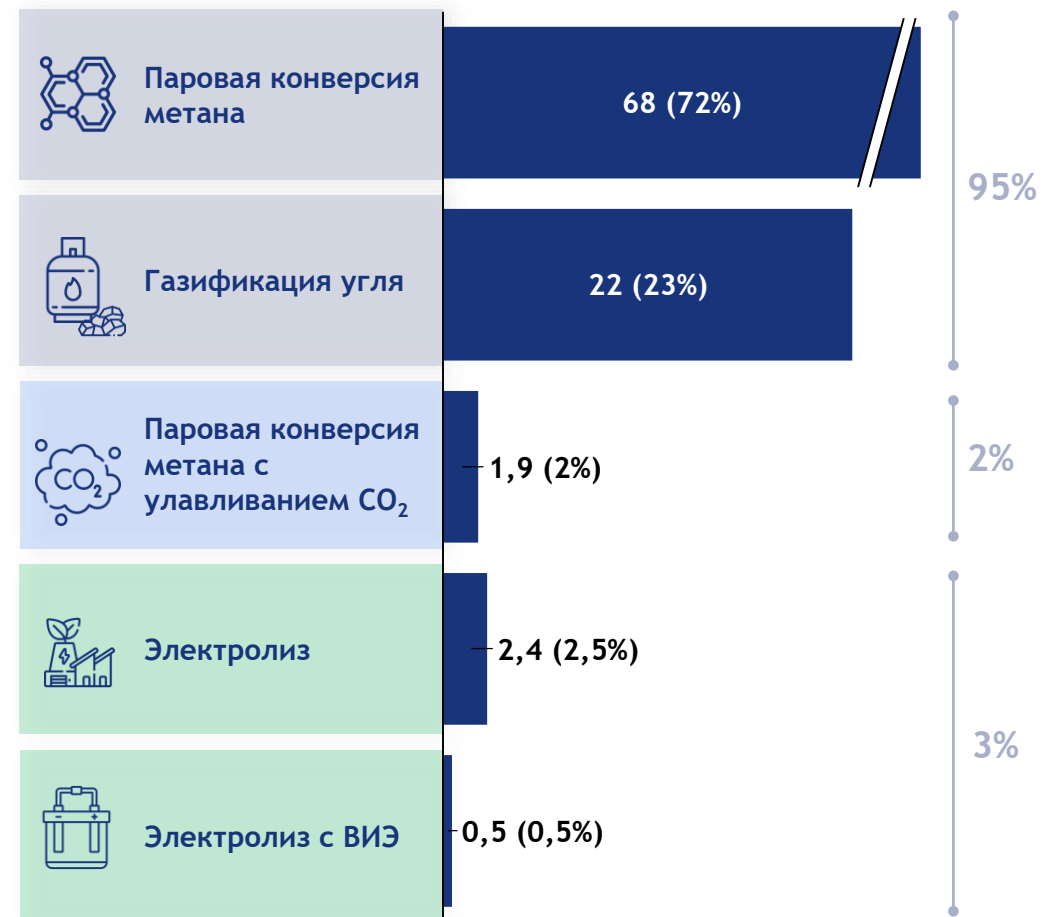
Оценка текущей  
конкурентоспособности  
российской продукции

# В 2022 г. в мире было произведено 95 млн тонн водорода, 95% которых составило производство «серого» водорода

Динамика мирового производства водорода<sup>1</sup> 2018-2022 гг., млн тонн



Структура мирового производства водорода в 2022 г., млн тонн (%)

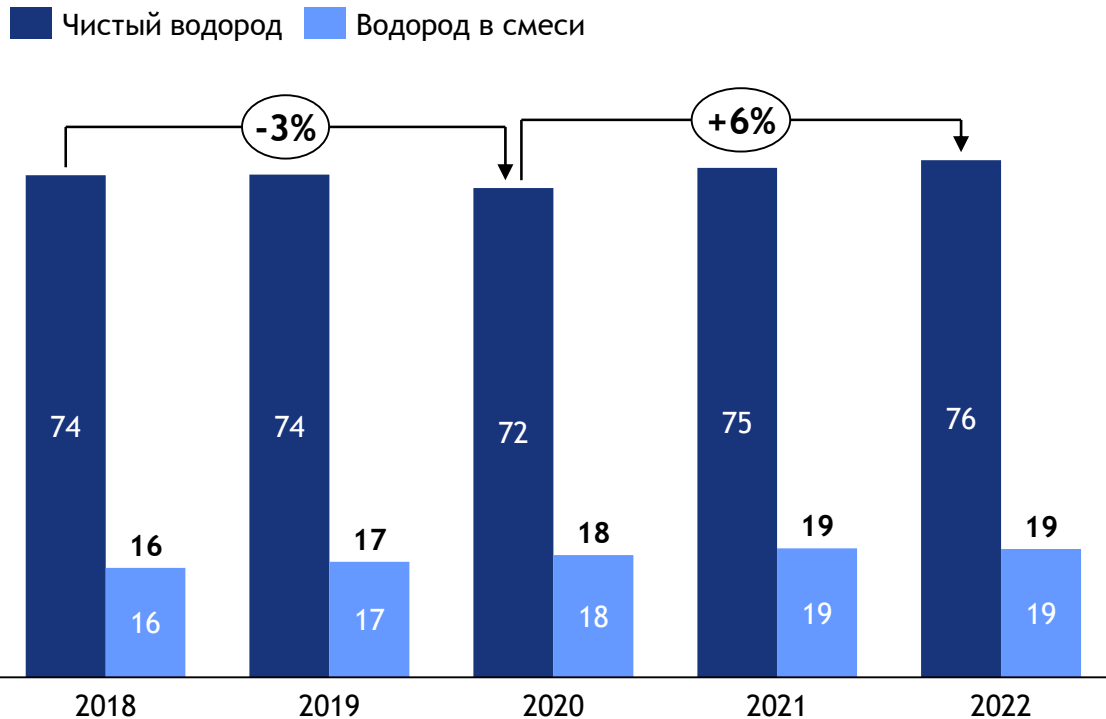


1) Было исключено около 30 млн тонн водорода, присутствующего в остаточных газах промышленных процессов. Поскольку такое использование связано с естественным присутствием водорода в этих остаточных потоках, а не с прямой потребностью в нем, в анализе он не учитывается

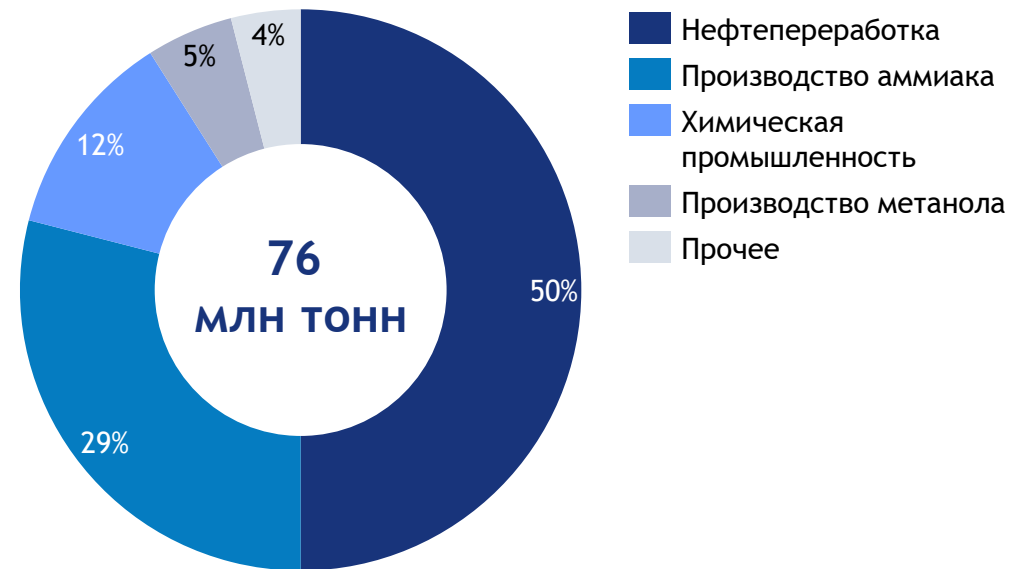
Источники: IEA, S&P, Global CCS Institute, SBS Consulting

# Спрос на чистый водород вырос на 6% с 2020 г., 96% потребления приходится на нефтеперерабатывающую и химическую отрасли

Общемировое потребление чистого водорода и водорода в смеси, млн тонн



Потребление чистого водорода по секторам в 2022 г., млн тонн



- Падение потребления в 2020 г. обусловлено закрытием части производств из-за пандемии Covid-19

- Новые технологии на водороде (например, транспортный сектор) потребляют 0,02% от совокупного объема ежегодно

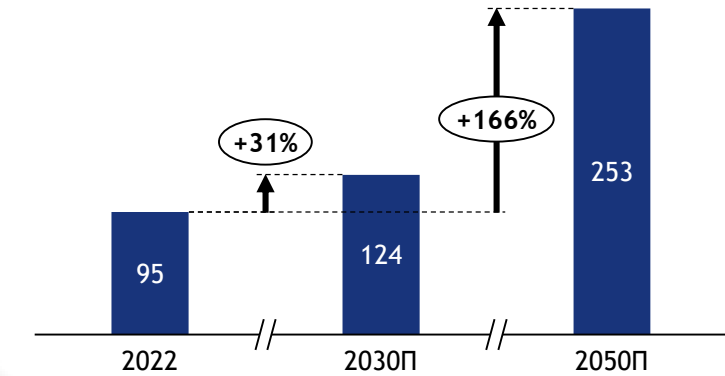
# В мировой практике водород считается одним из ключевых источников энергии для достижения целей по углеродной нейтральности

## Содержание целей по устойчивому развитию в отношении водородной энергетики в мире

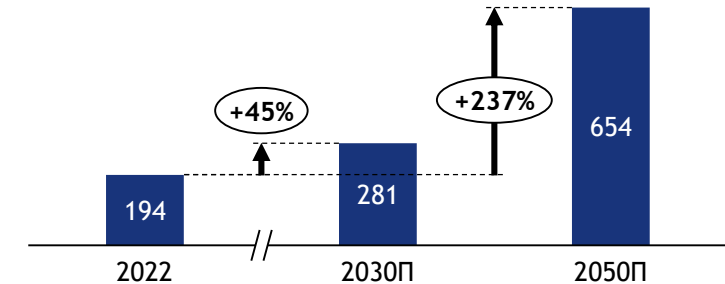
Страны-члены ООН	Ведущие страны	Дружественные страны
<p><b>Net Zero 2050:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Достижение к 2050 г. баланса между количеством произведенных и сокращенных выбросов парникового газа</li> <li>Поддержание средней глобальной температуры ниже, чем 2°C выше доиндустриального уровня, (предпочтительный предел: 1,5°C)</li> </ul>	 <p><b>Китай</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водород - стратегическая развивающаяся индустрия (NDRC, 2020 г.)</li> <li>Документы в рамках 14th Five-Year Plan и др.<sup>1</sup> поощряют R&amp;D и устанавливают водород как инструмент создания низкоуглеродистой энергетической системы, в т.ч. в транспорте, промышленности, хранении и выработке электроэнергии</li> </ul>	
	 <p><b>США</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водород является составной частью дорожной карты по трансформации энергетического сектора в <i>The Long-Term Strategy of the United States (2021 г.)</i></li> <li>Планируется, что водород позволит достичь ~5-10% от общего сокращения выбросов на пути к углеродной нейтральности до 2050 г.</li> </ul>	
	 <p><b>Япония</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водород является одним из 14 ключевых секторов роста для достижения углеродной нейтральности в <i>Green Growth Strategy (2021 г.)</i></li> <li>Водород и аммиак займут 1% от энергобаланса в 2030 г., 10% - в 2050 г. (производство зеленого водорода составит 20 млн тонн)</li> </ul>	
	 <p><b>Индия</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водород считается одним из ключевых энергоносителей будущего в <i>India's Long-Term Low-Carbon Development Strategy (2022 г.)</i></li> <li>Рассматривается для потребления в обрабатывающей промышленности и транспорте, генерации энергии, балансировке энергосистемы, производстве стали</li> </ul>	
	 <p><b>Турция</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Для достижения углеродной нейтральности в 2053 г. в <i>Türkiye National Energy Plan (2022 г.)</i> природный газ при потреблении рекомендуется смешивать с водородом</li> <li>Доля водорода в газовой смеси составит 3,5% к 2035 г. и 12% - к 2053 г., в то время как мощности для электролиза достигнут 5 ГВт к 2035 г.</li> </ul>	
	 <p><b>Перу</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водород рассматривается как ключевой элемент декарбонизации в <i>Bases and recommendations for the elaboration of the Green Hydrogen Strategy in Peru (2022 г.)</i> в отраслях электроэнергетики, транспорта, газа и тяжелой промышленности</li> <li>Планируется проникновение водорода в промышленность не менее 40% к 2030 г.</li> </ul>	

## Прогнозный объем потребления водорода в мире<sup>2</sup>

В натуральном выражении, млн тонн



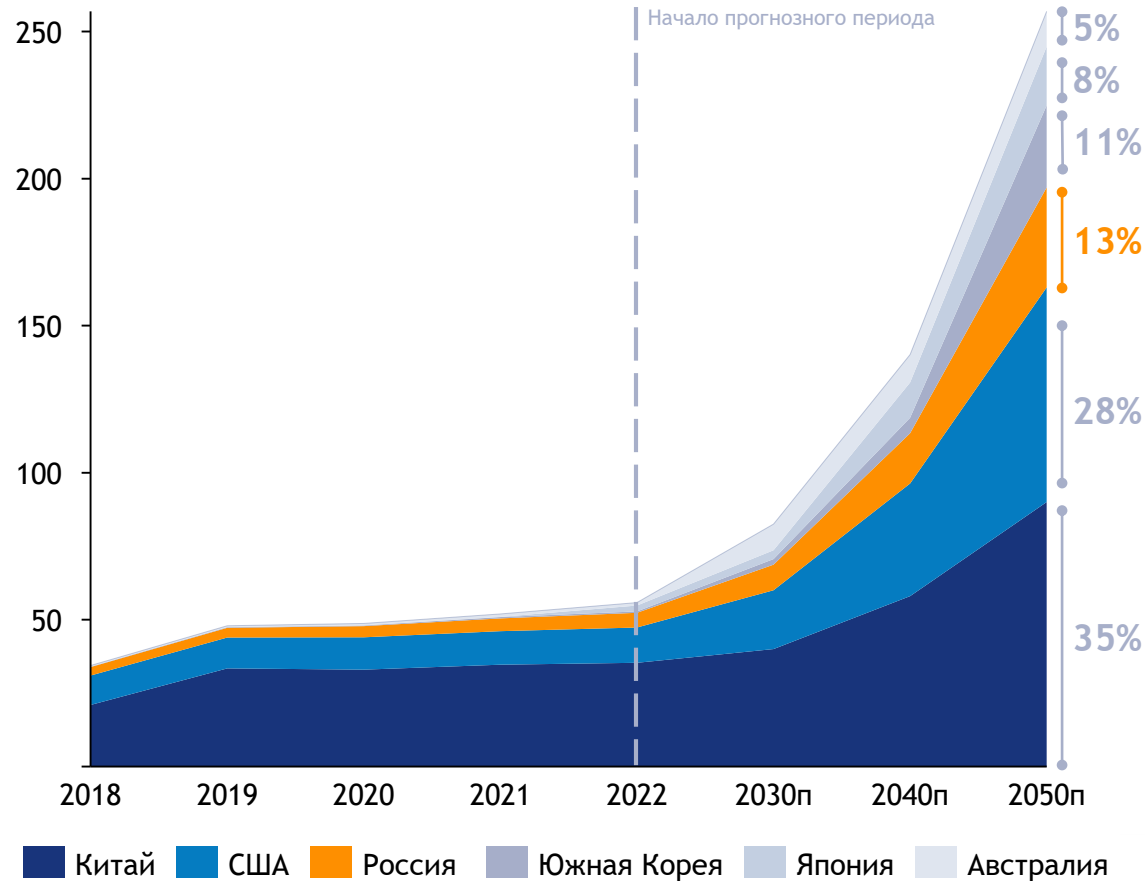
В денежном выражении<sup>3</sup>, млрд долл. в ценах 2022 г.



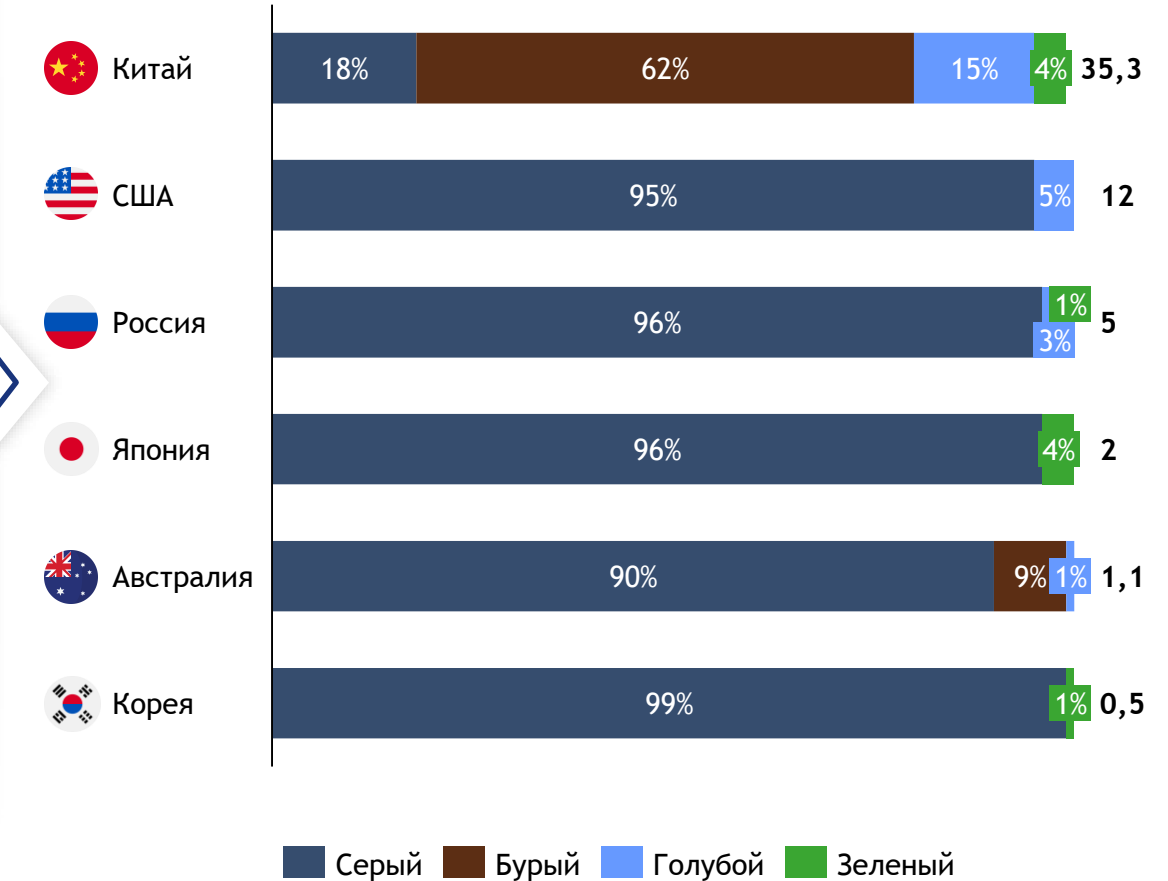
1) В т.ч. 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development and Long-Range Objectives for 2035, 14th Five-Year Plan of Energy Technology Innovation, Working Guidance for Carbon Dioxide Peaking and Carbon Neutrality in Full and Faithful Implementation of the New Development Philosophy; 2) Включает чистый водород и смесь с углеродсодержащими газами для производства метанола и стали; Исключает водород, присутствующий в остаточных газах промышленных процессов; Прогноз основан на Announced Pledges Scenario от IEA; 3) Стоимость водорода оценена на основе медианной стоимости производства кг водорода по миру

# Реализация планов по повышению углеродной нейтральности стран-лидеров обеспечит рост производства до ~250 млн тонн водорода в 2050 г.

Ретроспективная и прогнозная динамика производства водорода стран-лидеров<sup>1</sup> 2018-2050 гг., млн тонн



Структура производства водорода в странах-лидерах в 2022 г., млн тонн



1) Прогноз основан на целевых показателях, которые страны намерены достичь в соответствии с принятыми ими стратегиями углеродной нейтральности и водородными стратегиями  
 Источник: IAE, Deloitte, S&P, Global Australia, MacQuarie, Hydrogen Insight, Правительство Российской Федерации, Merics China Monitor, Правительство США, SBS Consulting

# К 2050 г. Китай будет крупнейшим рынком водорода, водородный транспорт станет главным драйвером потребления

## Обзор перспектив стран-лидеров по потреблению

Страна	Потребление к 2050 г., млн тонн	CAGR 2019-2022 гг.	Факторы развития	Пример фактора	Состояние отрасли на 2023 г.
 Китай	97,0	3,7%	 Транспорт  Отопление  Электроэнергия	Рост водородного автопарка до 29,8 млн ТС к 2050 г.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Китай - крупнейший рынок водородных транспортных средств с 8 200 ед. в парке</li> </ul>
 Индия	28,8	5,5%	 Сталь  Транспорт  Производство метанола	Рост водородного автопарка до 50 млн ТС к 2050 г.	<ul style="list-style-type: none"> <li>В Индии уже работают две водородные заправочные станции</li> <li>Индия - 4-ая в мире страна по себестоимости зелёного водорода</li> </ul>
 Иран	н/д	н/д	-		<ul style="list-style-type: none"> <li>Иран - 3-я в мире страна по объёмам потребления водорода</li> <li>В Иране нет утверждённой водородной стратегии</li> </ul>
 Турция	4,1	6,5%	 Транспорт	20% проникновение водородных ТС в общественный и грузовой транспорт к 2050 г.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Энергетическая стратегия Турции ставит высокий приоритет на импортозамещение нефти и газа производством зелёного водорода</li> </ul>
 Перу	0,4	5,1%	 Транспорт  Удобрения  Добыча	Планируется не менее 40% проникновения водорода в промышленность к 2030 г.	<ul style="list-style-type: none"> <li>В Перу уже существуют технологии производства водорода, утверждена водородная стратегия</li> </ul>



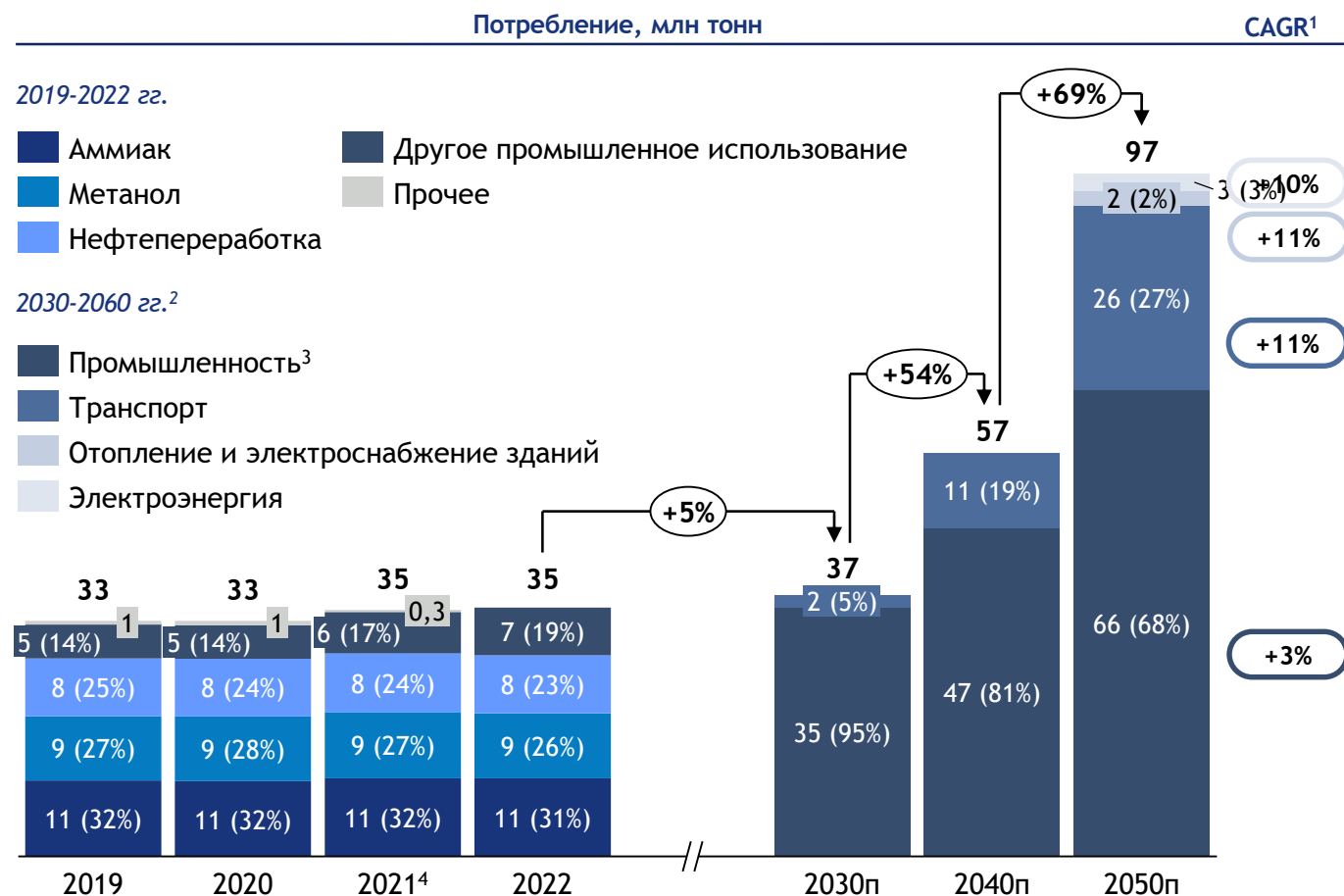
*Выводы: страны-лидеры по потреблению ожидают высокий рост популярности водородомобилей и использования водорода в различной промышленности, где водород - единственное топливо, способное декарбонизовать производство*





# В Китае основным драйвером роста потребления водорода до 100 млн тонн к 2050 г. является использование водородного транспорта

Ретроспективная и прогнозная динамика потребления водорода в Китае в 2019-2060 гг.



Текущая степень развития водородной энергетики

- На китайском рынке **самый высокий спрос** на водород в мире (35 млн тонн)
- По состоянию на 2022 г., в Китае **более 120 проектов**, связанных с зелёным водородом; в том числе крупнейший в мире проект по производству экологически чистого водорода - с инвестициями около 4,5 млрд долл.
- В Китае **водород позиционируется как ключевой драйвер Net Zero (2060)**, декарбонизации промышленности, транспорта, отопления и энергетики

Факторы развития отрасли

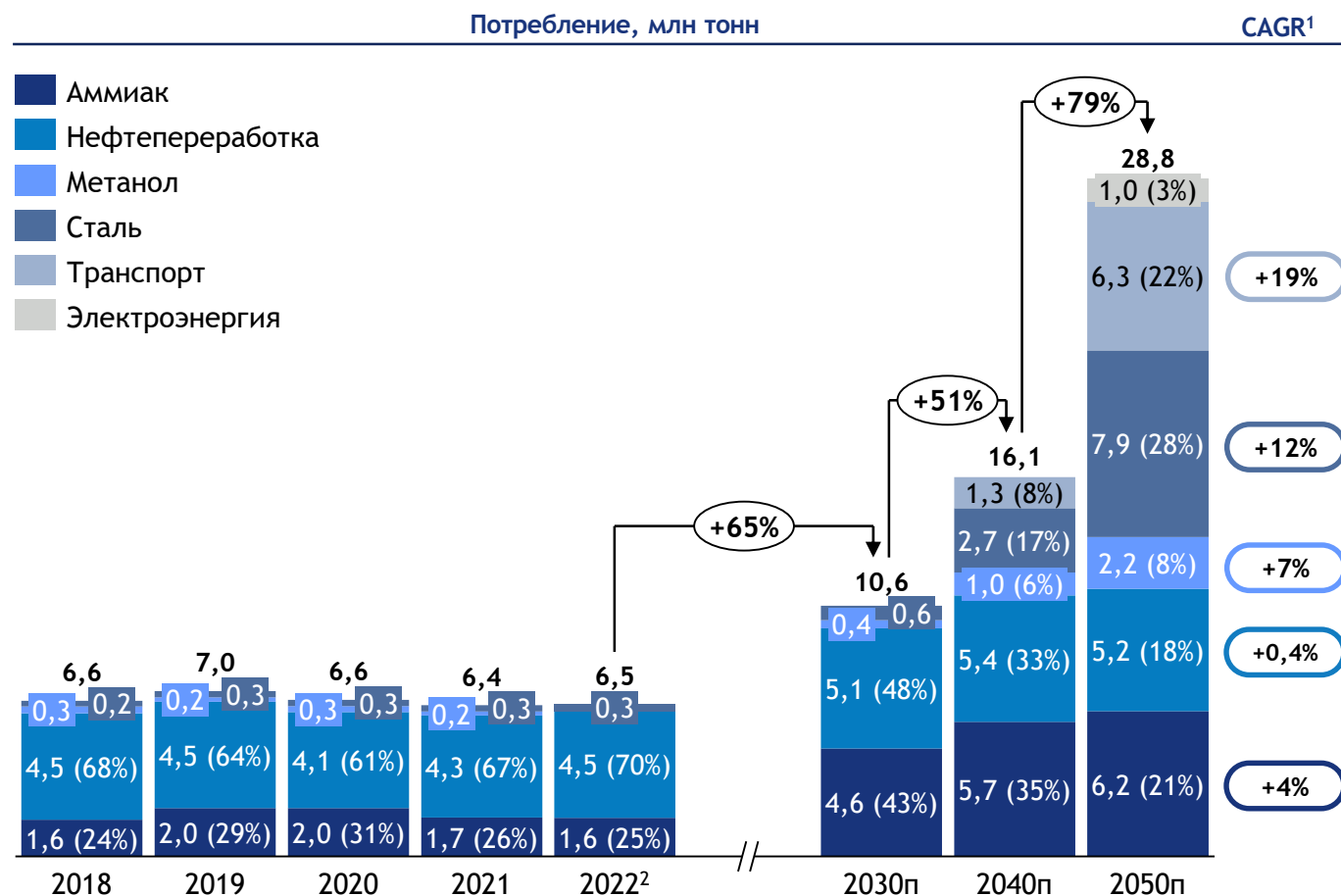
- К 2050 г. ожидается увеличение водородных транспортных средств до 29,8 млн с текущих 8 200 единиц
- По сценарию Net Zero к 2050 г. **уровень выбросов углекислого газа в атмосферу от производства стали сократится на 96%** по сравнению с 2020 г.
- Ожидается, что к 2050 г. **потребление аммиака вырастет в 1,5 раза** - до почти 90 млн тонн в год; из них 40 млн тонн - в сфере хранения энергии

1) CAGR оценен на основе роста потребления в сегментах прогнозных периодов, в которых присутствовало потребление; 2) Прогноз предоставлен China Hydrogen Alliance в рамках углеродно-нейтрального сценария; 3) Включает в т.ч. промышленное сырье и промышленное топливо; 4) Структура потребления в 2021 г. оценена на основе усредненной структуры в 2020 г. и 2022 г.

Источники: IEA, China Hydrogen Alliance, World Economic Forum, SBS Consulting

# В Индии рост потребления водорода до 29 млн тонн к 2050 г. ожидается, в основном, за счет применения в транспорте и производстве стали

Ретроспективная и прогнозная динамика потребления водорода в Индии в 2018-2050 гг.



**Текущая степень развития водородной энергетики**

---

**Факторы развития отрасли**

- В Индии уже используются две водородные заправочные станции
- Для хранения излишков возобновляемой энергии вырабатывается зелёный водород
- Индийский зелёный водород - четвертый по средней себестоимости среди лидеров по объёмам производства (3,7-5,8 долл./кг). - это связано с субсидиями до 0,61 долл./кг. Правительство также выделило -2,1 млрд. долл. в качестве мер поддержки производителей водорода

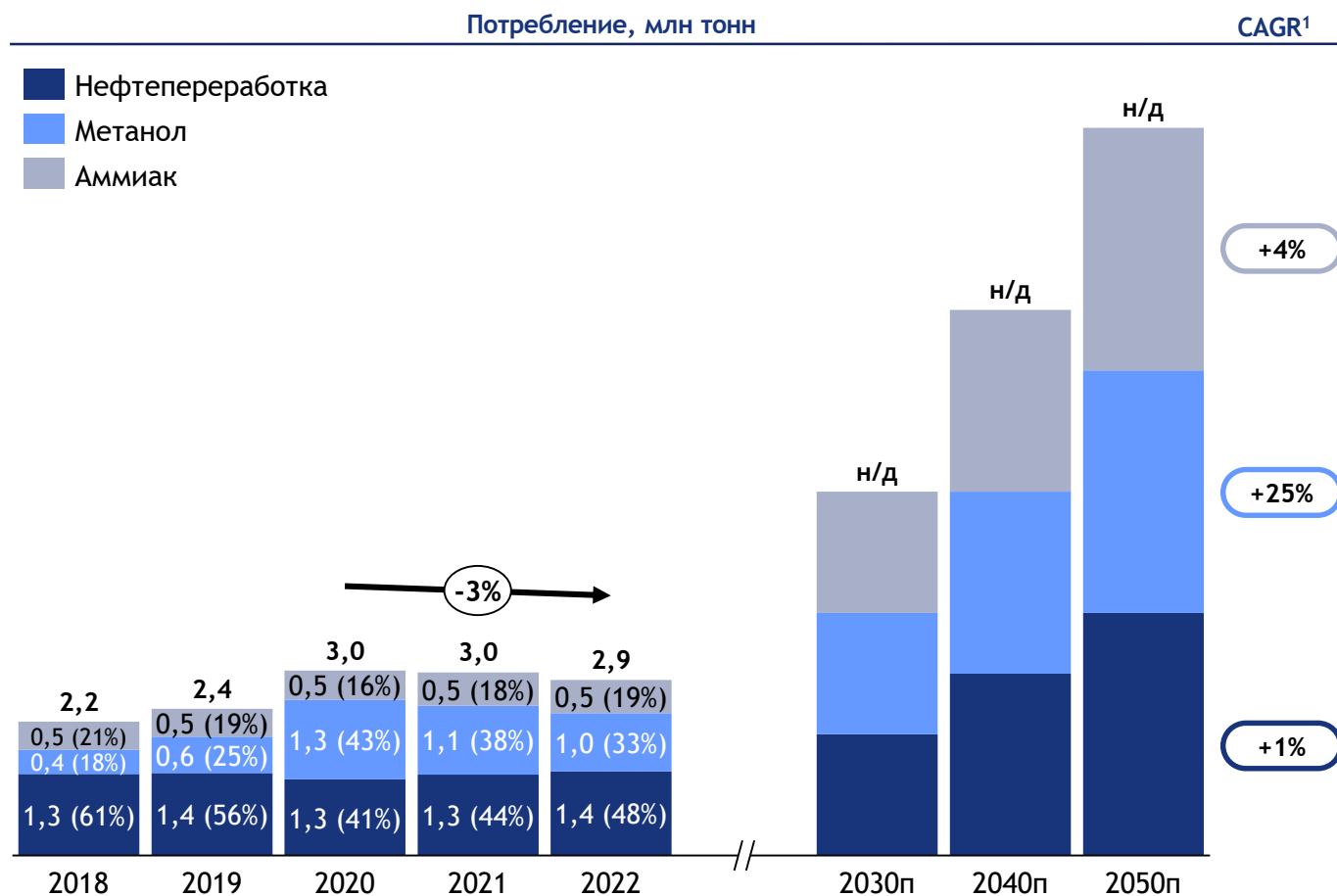
- По сценарию Net Zero к 2050 г. в Индии будет использоваться около 50 млн водородных легковых транспортных средств
- Ожидается, что к 2030 г. в Индии будут использоваться 12 000 водородных грузовиков
- Правительство Индии вводит проекты/инициативы при получении «выражений заинтересованности» от компаний. В 2023 г. 6 крупнейших нефтеперерабатывающих заводов объявили о планах производить 30,8 тыс. зеленого водорода в год к 2030 г.

1) CAGR оценен на основе роста потребления в сегментах ретроспективных и прогнозных периодов, в которых присутствовало потребление; 2) В 2022 г. отсутствуют данные по потреблению водорода в виде метанола



# Объем потребления водорода в Иране был нестабильным в 2018-2022 гг., в то время как в будущем также отсутствуют стимулы для его роста

Ретроспективная и прогнозная динамика потребления водорода в Иране в 2018-2022 гг.



**Текущая степень развития водородной энергетики**

**Факторы развития отрасли**

- Водород - 55-ый по популярности импортный продукт в Иране
- Иран - 104-ая страна по объёму экспорта водорода
- Мощность производства возобновляемой энергии в Иране - около 20 ГВт (в то же время у Турции со схожими климатическими возможностями - в 5 раз больше)

- В Иране на государственном уровне не утверждена водородная стратегия
- Иран не ратифицировал Парижское соглашение об изменении климата

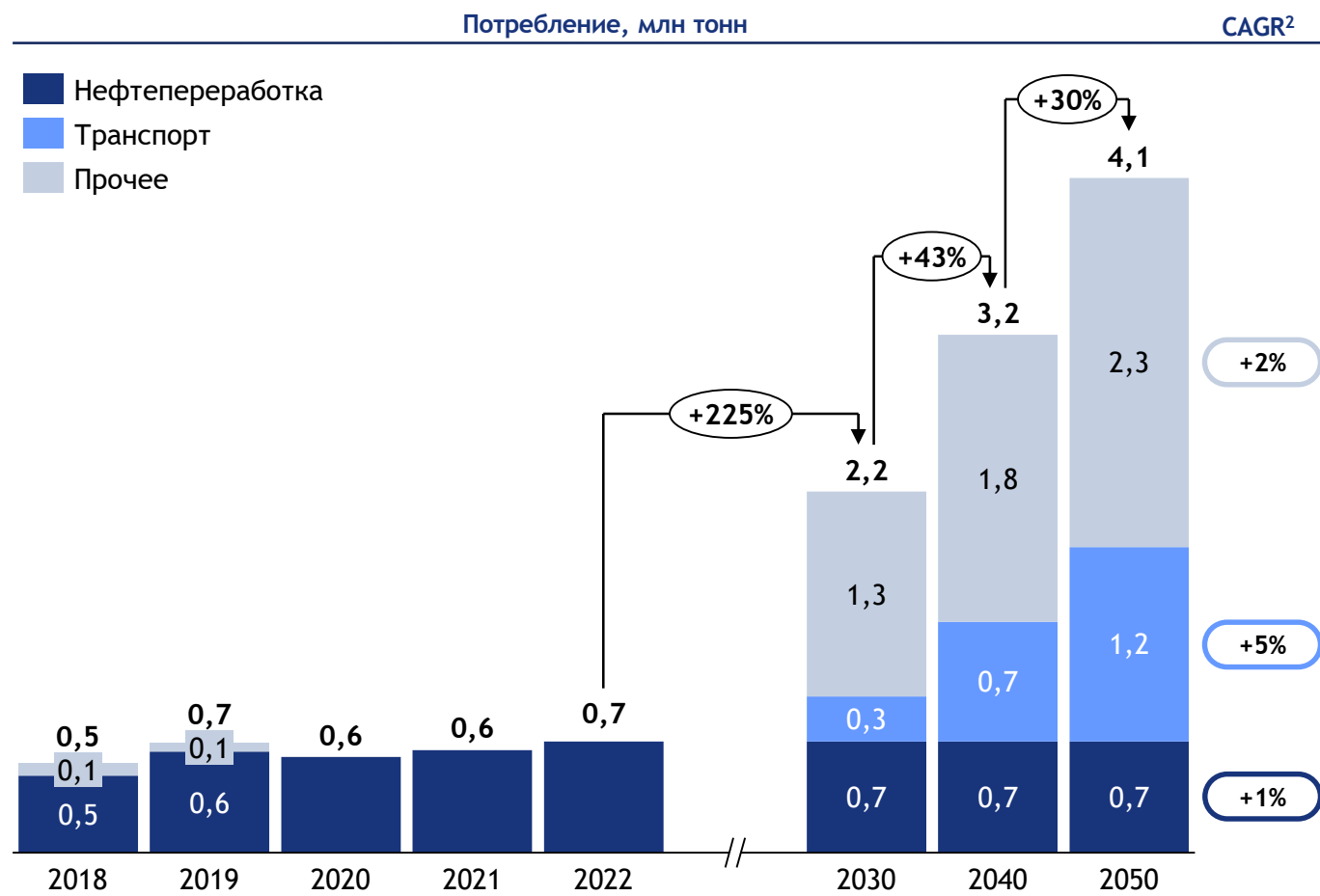
1) CAGR оценен на основе роста потребления в ретроспективных периодах

Источники: USGS, NIPNA, IPF - 2014 Tehran, OPEC, Lelementarium, OEC, Iran Open Data, SBS Consulting



# В Турции рост потребления водорода к 2050 г. ожидается в связи с развитием применения водородного транспорта

Ретроспективная и прогнозная динамика потребления водорода в Турции в 2018-2022 гг.<sup>1</sup>



Текущая степень развития водородной энергетики

- По словам Министра Энергетики и Природных Ресурсов Турции, **водород позиционируется как важнейший инструмент достижения Net Zero к 2053 г.**
- В Турции уже создана дорожная карта внедрения водорода в различные сферы, а также включающая программы поощрения и планы по локализации



Факторы развития отрасли

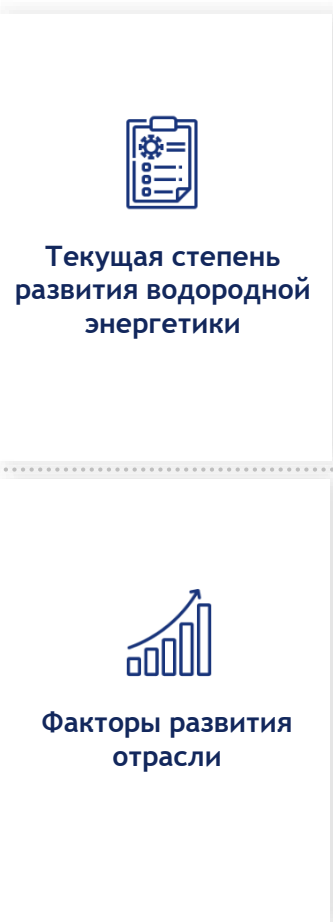
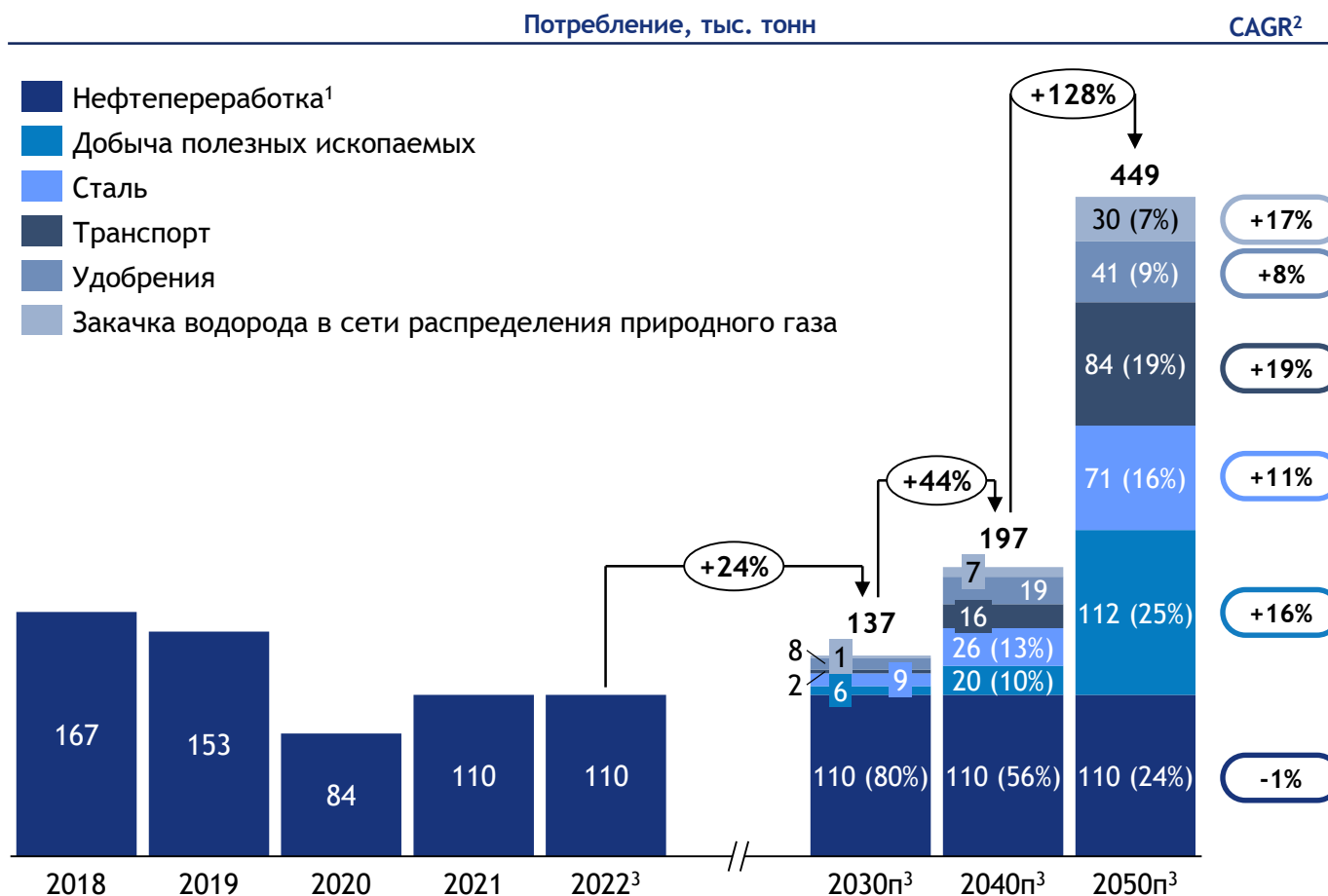
- В Турции планируется снижение себестоимости зелёного водорода до уровня <2,4 долл. / кг к 2035 г. и <1,2 долл. / кг к 2053 г.
- Энергетическая стратегия Турции уделяет особое внимание замене импорта нефти и газа производством экологически чистого водорода
- По сценарию Net Zero, к 2050 г. **проникновение водородных ТС достигнет 20%** в общественном и грузовом транспорте

1) Информация о производстве аммиака в 2020-2022 гг. и метанола в 2018-2022 гг., используемая для оценки потребления, является конфиденциальной в статистических источниках Турции; 2) CAGR оценен на основе роста потребления в ретроспективных и прогнозных периодах в сегментах, в которых присутствовало потребление  
Источники: USGS, Turkish Statistical Institute, PwC, OPEC, IEA, SBS Consulting



# В Перу рост потребления водорода будет вызван в основном развитием применения в транспорте, производстве удобрений и добыче

Ретроспективная и прогнозная динамика потребления водорода в Перу в 2018-2021 гг.



1) Общее потребление водорода в ретроспективе в основном направлено на нефтепереработку, в то время как потребление в виде аммиака и метанола < 1%; 2) CAGR оценен на основе роста потребления в сегментах, в которых присутствовало потребление; 3) В 2022 г. и в 2030-2050 гг. предполагается, что объем нефтепереработки сохранится на уровне 2021 г.

Источники: UN Comtrade Database, IEA, USGS, BP, Asociación Peruana de Hidrógeno, SBS Consulting

# Содержание

Мировой рынок водородной  
энергетики

Оценка текущей  
конкурентоспособности  
российской продукции

# К 2050 г. Россия планирует достичь лидерства в производстве и экспорте водорода с объемами поставок в 10 млн тонн

## Дорожная карта Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации

I 2021-2024 гг.



II 2025-2035 гг.



III 2036-2050 гг.



Цель

- Реализация потенциала по производству, экспорту, применению водорода и промышленной продукции для водородной энергетики
- Вхождение в число мировых лидеров по их производству и экспорту с обеспечением конкурентоспособности экономики страны в условиях глобального энергетического перехода



Планируемые мероприятия

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Создание региональных водородных кластеров, разработка мер поддержки и нормативно-правовой базы</li> <li>▪ Запуск пилотных проектов для производства водорода из ископаемых топлив с CCUS<sup>1</sup> и электролизом</li> <li>▪ Создание научно-технологической инфраструктуры</li> <li>▪ Разработка технологий и производство промышленной продукции для водородной энергетики</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Серийное и массовое применение водородных технологий, масштабирование их производства и экспорта</li> <li>▪ Формирование инфраструктуры в регионах повышенного спроса на водород с началом крупномасштабного экспортноориентированного производства</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Реализация крупных проектов по производству и экспорту водорода на основе ВИЭ<sup>2</sup></li> <li>▪ Россия становится одним из крупнейших экспортеров водорода и энергетических смесей, промышленной продукции и технологий на мировой рынок</li> <li>▪ Широкое коммерческое применение водородных технологий в сферах транспорта, энергетики и промышленности</li> </ul> |
|---|---|---|



Ожидаемый объем экспорта

млн тонн

0,2

2

10

10

50



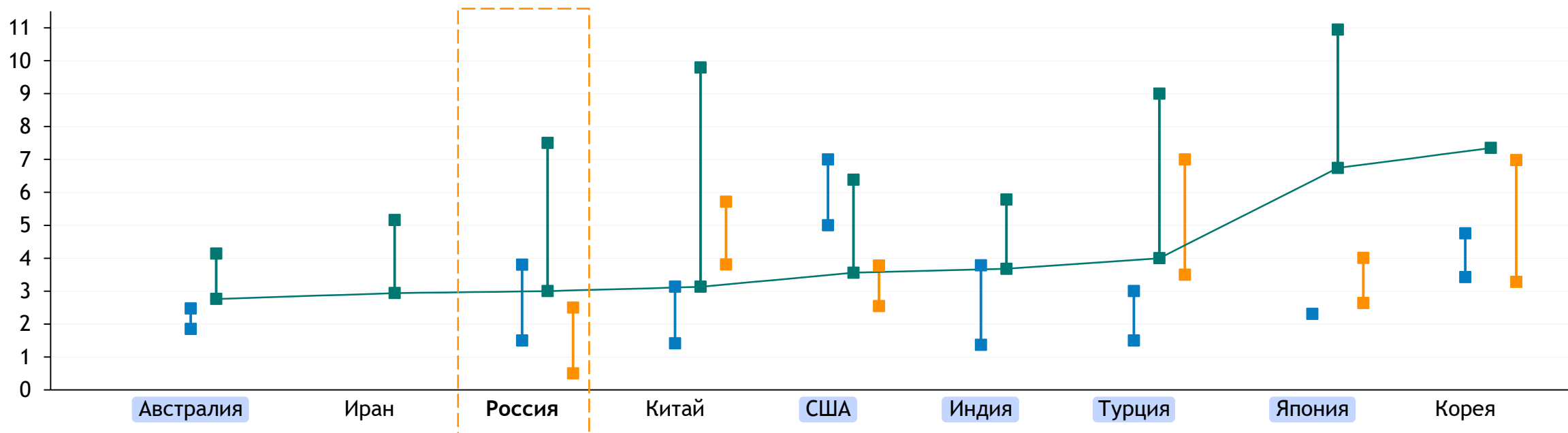
- Реализация «Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации», опубликованной в 2021 г., может быть затруднена, так как ожидаемые результаты мероприятий основаны на возможностях экспорта продукции в страны Европейского союза и Азиатско-Тихоокеанского региона, что в настоящий момент осложнено из-за санкционных ограничений

1) CCUS (Carbon Capture Utilization & Storage) - технология улавливания, использования и хранения углерода; 2) ВИЭ - возобновляемые источники энергии

# Россия производит в среднем самый дешевый желтый водород, а Австралия лидирует по себестоимости зеленого и голубого

Себестоимость водорода в 2022 г., долл. / кг

— Голубой водород — Зеленый водород — Жёлтый водород   Наличие государственной поддержки производителей водорода



## Драйвер 1: Чувствительность к цене ресурсов

Наиболее чувствителен к стоимости ресурсов жёлтый водород: в зависимости от цены атомной энергии, себестоимость водорода может колебаться на  $\pm 38\%$ . Чувствительность голубого водорода к цене газа -  $\pm 29\%$ , зелёного к цене возобновляемой электроэнергии -  $\pm 28\%$

## Драйвер 2: Государственная поддержка

Государственная поддержка производителей низкоуглеродного водорода помогает бизнесу справиться с высокими капитальными затратами

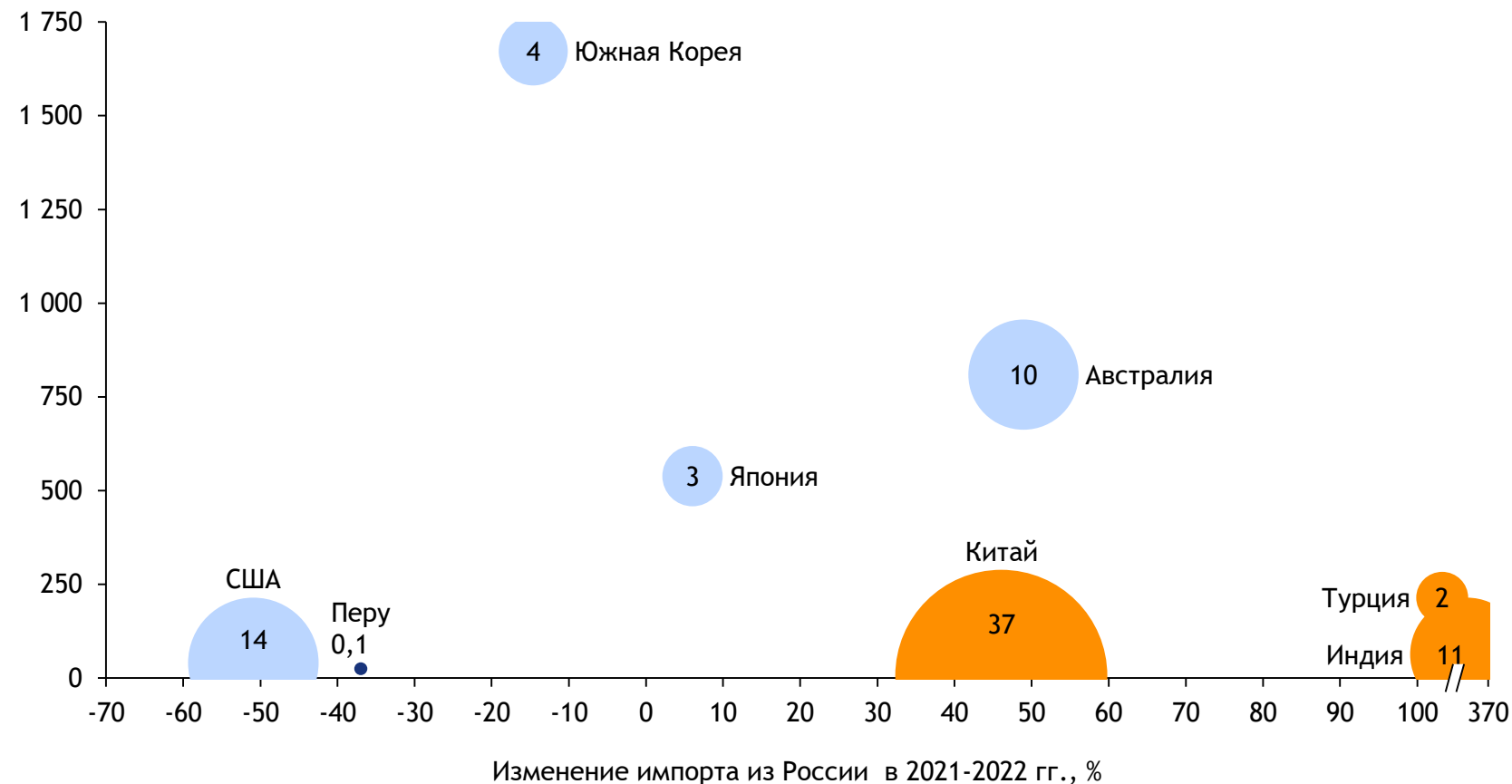


# Наибольшим потенциалом для экспорта водорода и технологий для водородной энергетики обладают Китай, Индия, а также Турция

Объем потребления водорода в 2030 г., млн тонн

Оценка потенциала

Изменение потребления водорода в 2022-2030П гг., %



Дружественные страны

Потенциальные торговые партнеры

Дружественные страны

Экспорт может быть затруднен логистическими ограничениями

Недружественные страны

Поставка товаров затруднена введенными ограничениями

1. В качестве диаметра выступает прогнозируемый объем потребления водорода страной в 2030 г., млн тонн

2. Уровень дружественности страны присваивался в соответствии с изменением объема импортируемых товаров за анализируемый период и позицией страны в отношении санкций против России по состоянию на октябрь 2023 г.

Источники: Trademap, Trading Economics, Energy Monitor, The Korea Economic Daily, Hover, РБК, SBS Consulting

# Экспорт водорода из России может быть сильно усложнён отсутствием государственной поддержки и узким выбором торговых партнёров

Риски и барьеры для потенциального экспорта российского водорода, 2023 г.

## Генерация

## Транспортировка

Технологические



### Начальный уровень развития инфраструктуры

- В настоящее время Россия производит водород только для потребления внутри промышленных производств
- Тестирование мощностей для производства зелёного водорода началось в 2022 г.
- Полноценный запуск производства голубого водорода планируется только в 2030 г.



### Высокие требования к транспортировке

- В зависимости от расстояния транспортировки водород необходимо перевозить в одной из трёх форм: сжатый газ (до 2 600 км), сжиженный водород (до 16 500 км), ЛОНС (до 25 000 км)
- На коротких дистанциях более выгодно транспортировать трубопроводом; на средних и дальних дистанциях - наземным транспортом
- Требовательность водорода к условиям перевозки обуславливает потребность производств и потребителей иметь мощности для конвертации водорода и широкий выбор способов транспортировки

Экономические



### Высокие капитальные затраты

- Минэнерго оценивает объём инвестиций для развития водородной инфраструктуры в 21,1 млрд долл. (6% расходов федерального бюджета России за 2022 г.)
- Без государственной поддержки производителей на этапе предпроектной подготовки успешные водородные проекты возможны только в Якутии и на Сахалине - в специальных экономических зонах. У проектов в остальных регионах оба показателя (IRR, NPV) обещают быть отрицательными









### Высокая стоимость транспортировки

- Экспортная стратегия водорода была разработана до введения антироссийских санкций - главными торговыми партнёрами должны были стать Япония, Европа и Южная Корея; эти рынки сейчас закрыты
- Ближайшие дружественные страны-потребители водорода - Китай (самый крупный производитель) и страны Южной Америки
- Транспортировка водорода в Южную Америку из России будет существенно дороже, чем, например, из США











# В России изготавливается продукция для каждого этапа цепочки производства и реализации экологичного водорода

Цепочка производства и реализации зеленого, голубого и желтого видов водорода, 2023 г.

Ступень цепочки	Генерация		Транспортировка		Использование			
 <p>Виды и типы продукции</p>	<p>Электролиз воды</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AWE (Электролиз щелочной воды)</li> <li>AEM (Анионообменный мембранный электролиз)</li> <li>PEM (Электролиз с протонообменной мембраной)</li> <li>SOEC (Твердооксидный электролиз)</li> </ul>		<p>Транспортировка по суше</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>В газообразном виде</li> <li>В сжиженном виде</li> </ul>	<p>Транспортировка по морю</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>В газообразном виде</li> <li>В сжиженном виде</li> <li>В составе смеси</li> </ul>	<p>Использование в качестве топлива для транспорта</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Водородомобили</li> <li>Водоробусы</li> <li>Грузовики</li> <li>Трамваи</li> <li>Железнодорожный транспорт</li> <li>Суда</li> </ul>			
 <p>Ключевые страны-производители</p>	 Германия	 США	 Китай	 США	 Япония	 Япония	 Нидерланды	 Корея
	 Франция	 Россия		 Россия	 Россия	 Россия	 Германия	 Китай
 <p>Основные компании-производители</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sunfire</li> <li>Cummins</li> <li>Elogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PERIC Hydrogen Technologies</li> <li>Центротех</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BayoTech</li> <li>Cryolor</li> <li>Центротех</li> <li>H2 Tex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kawasaki HI</li> <li>Chiyoda Corporation</li> <li>H2 Tex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toyota</li> <li>Honda</li> <li>Hyundai</li> <li>Aurus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tsuneishi</li> <li>Komatsu</li> <li>KAMAZ</li> </ul>		

# Российские технологии электролиза соответствуют мировым аналогам по энергоэффективности, но уступают по производительности

Сравнительный анализ технологий, генерирующих водородное топливо, 2023 г.

Вид технологии	Страна-производитель	Название компании	Энергоэффективность электролизера (кВт*ч/м <sup>3</sup> )	Энергоэффективность системы (кВт*ч/м <sup>3</sup> )	Скорость генерации (м <sup>3</sup> /ч)	Дополнительная информация
 <b>AWE</b> (электролиз щелочной воды)	 Германия	Sunfire	4,2 <sup>1</sup>	4,5	2 161	<ul style="list-style-type: none"> <li>Продано &gt;1000 систем</li> <li>Экспортируется в более чем 30 стран</li> </ul>
	 Китай	PERIC Hydrogen Technologies	4,3	н/д	2 000	
 <b>PEM</b> (электролиз с протонообменной мембраной)	 США	Cummins	н/д	4,6	4 000	<ul style="list-style-type: none"> <li>В 2022 г. - крупнейший производитель PEM страны</li> <li>Поставляет в Австралию, Корею и пр.</li> </ul>
	 Франция	Elogen	4,3	4,8	4 000	
 <b>SOEC</b> (твёрдооксидный электролиз)	 Германия	Sunfire	3,3	3,6	750	-
 <b>AEM</b> (анионообменный электролиз)	 Россия	НПО Центротех, Росатом	4,0	н/д	1 000	<ul style="list-style-type: none"> <li>Реализуется в г. Новоуральск</li> </ul>









*Выводы: Российские электролизеры характеризуются более высокой эффективностью по сравнению с китайскими или французскими аналогами*

1) Здесь и далее в таблице отображены лучшие показатели энергоэффективности продукции компании  
 Источники: CSSC, НПО Центротех, Germany Sunfire, Asahi Kasei, Cummins, Elogen, SBS Consulting

# Российские технологии перевозки сжиженного водорода находятся в стадии разработки, газообразного - не уступают иностранным аналогам

Сравнительный анализ технологий, перевозящих водородное топливо по суше, 2023 г.




Агрегатное состояние	Страна-производитель	Название компании	Название проекта	Вместимость единицы	Давление (атм.)	Описание
 Газообразный	 США	BayoTech	Модули хранения топлива; грузовики, оборудованные для быстрого пополнения и разгрузки водорода	10 кг	345	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технология стандартизована и уже доступна в сфере транспортировки природного газа</li> <li>Срок службы - 10-15 лет</li> <li>Объем - от 5 до 500 л</li> <li>Технология позволяет как транспортировать, так и хранить сжатый водород</li> </ul>
	 Россия	НПО Центротех, Росатом	Металлокомпозитные баллоны высокого давления	16 кг	500	
 Сжиженный	 США	Cryolor	LH <sub>2</sub> Трейлеры - цистерны для фур, позволяющие перевозить жидкий водород	4,5 тонн	1,4	
	 Россия <i>Этап: разработка прототипа</i>	H2 Тех, Морской Регистр Судоходства	CryoSafe-42 - контейнер стандарта UN 75T ISO, способный перевозить водород	2,8 тонн	н/д	



Выводы: в России и мире уже существуют и используются технологии, позволяющие транспортировку водорода как в газообразной, так и сжиженной форме

# Технологии морской транспортировки водорода эксплуатируются только в Японии, в России они находятся на стадиях прототипов и патентования

Сравнительный анализ технологий, перевозящих водородное топливо по морю, 2023 г.

Агрегатное состояние	Страна-производитель	Название компании	Название проекта	Вместимость единицы (тонн)	Давление (атм.)	Описание
 Сжиженный	 Япония	Kawasaki Heavy Industries	Грузовой танк для сжиженного водорода на судне Suiso Frontier	75	5,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Транспортировка при температуре -253 С°</li> <li>Использование вакуумной криогенной теплоизоляции</li> </ul>
 Сжиженный	 Россия <i>Этап: разработка прототипа</i>	H2 Тех, Морской Регистр Судоходства	CryoSafe-42 - контейнер стандарта UN 75T ISO, способный перевозить водород	2,8	11,7	
 В составе энергоносителя	 Япония	Chiyoda Corporation	Система SPERA Hydrogen™ для получения из водорода метилциклогексана для перевозки в контейнерах	32,1	4,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Требуется установка технологий гидрирования и дегидрирования</li> <li>Используется существующая инфраструктура: контейнеры-цистерны ISO для толуола и метилциклогексана<sup>1</sup>, а также химовозы</li> </ul>









- Российская технология перевозки сжиженного водорода в настоящее время находится на этапе разработки прототипа при более низкой вместимости контейнеров-цистерн и более высоком давлении, чем в Японии, в то время как технология перевозки водорода в составе энергоносителей пока находится на этапе патентования
- В Корее существуют наработки проектов по перевозке сжиженного водорода, в Австралии - сжатого, а в Китае фокусируются на разработке трубопроводов

<sup>1</sup>) Вместимость танков и давление при перевозке водорода в составе энергоносителя оценено на основе использовавшись в 2020 г. в испытаниях контейнеров-цистерн типа ISO UN PT емкостью 24 килолитра

Источники: Kawasaki Heavy Industries, H2 Инвест Компания группы «Газпромбанк», Chiyoda Corporation, SBS Consulting

# Япония и Корея сохраняют лидерство на рынке водородомобилей: суммарный парк двух стран превышает 95 тыс. штук












Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Дальность следования (км)	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Парк (тыс. шт.)	Дополнительные характеристики
 Водородомобиль	 Япония	Toyota Motor Corporation	Toyota Mirai	650	175	134	23,5	-
 Водородомобиль	 Япония	Honda Motor Company	Honda Clarity	579	160	133	42,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Достигает скорости 96 км/ч за 8,1 секунду быстрее, чем Hyundai Nexo и Toyota Mirai</li> </ul>
 Водородомобиль	 Корея	Hyundai Motor Company	Hyundai Nexo	700	179	120	29,9	-
 Водородомобиль	 Россия	Aurus Motors	Aurus Senat Hydrogen	600	н/д	140	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>Достигает скорости 100 км/ч за 4 секунды</li> </ul>

➤ **Выводы:** Российский Aurus Senat Hydrogen имеет наибольшую скорость разгона среди водородомобилей, выпущенных в 2023 г.

# Большая часть проектов по производству и внедрению водробусов реализуется в странах Азии, меньше - в Европе и России

Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Дальность следования (км)	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Парк (шт.)	Дополнительные характеристики
 Водробус	 Япония	Toyota Motor Corporation	Toyota Sora	н/д	113	600	100	-
 Водробус	 Корея	Hyundai Motor Group	Elec City Fuel Cell bus	500	180	845	300  500	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ввод новой партии планируется до конца 2024 г.</li> </ul>
 Водробус	 Нидерланды  Польша	Connexxion, Solaris Bus & Coach	Solaris Urbino 12 hydrogen, Solaris Urbino 18 hydrogen	350	250	312	120  130	<ul style="list-style-type: none"> <li>Имеет 5 топливных баков</li> <li>Подписан контракт на поставку партии в 2024-2026 гг.</li> </ul>
 Водробус	 Россия	ПАО "КАМАЗ"	КАМАЗ-6290 <i>Этап: опытная эксплуатация</i>	250	45 <sup>1)</sup>	600	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>Способен развить скорость до 80 км/ч</li> </ul>

➤ **Выводы:** Российский водробус пока уступает иностранным аналогам в мощностях и дальности следования

 Эксплуатируется  Портфель заказов






1) Мощность водородной установки

Источник: Hyundai Motor Group, Toyota UK media site, Solaris Bus & Coach, пресс-центр КАМАЗ, Bibimot, SBS Consulting



# В России водородные грузовики находятся на стадии разработки, завершение работ запланировано на конец 2024 г.


Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Дальность следования (км)	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Парк (шт.)	Дополнительные характеристики
Грузовик	 Нидерланды	Holthausen Clean Technology Investment	HuMax 450	520	н/д	550	90	-
Грузовик	 Корея	Hyundai Motor Group	Xcient Fuel Cell	400	85	350	60 / 1 600	<ul style="list-style-type: none"> <li>Полный цикл заправки водородом 8-20 мин</li> <li>Запуск новой партии планируется в 2025 г.</li> </ul>
Грузовик	 Швеция	Volvo	НХ04 <i>Этап: испытания на дорогах общего пользования</i>	1 000	80	300 <sup>1</sup>	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 топливных элемента</li> <li>Способен работать в условиях холода Полярного круга</li> </ul>
Грузовик	 Россия  Белоруссия	АФК «Система», Белкоммунмаш	Грузовик на водородных топливных элементах <i>Этап: разработка</i>	н/д	н/д	100 <sup>2</sup>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>Грузоподъемность 12 т.</li> <li>Поставка первой партии планируется на 2024 г.</li> </ul>

➔ **Выводы:** В 2023 г. Volvo и Hyundai расширили линейку водородных грузовиков, увеличив дальность следования моделей. Однако их модели уступают по мощности двигателя грузовикам Holthausen. В России массовое производство пока запущено быть не может




1. Мощность одного топливного элемента  
2. Мощность одного топливного элемента

Источник: Hyundai Rotem Tech, H2 Energy News, Volvo Trucks, Quto, SBS Consulting

 Эксплуатируется  Портфель заказов

# Российский трамвай на водородных элементах успешно завершил опытные испытания, однако не был запущен в серийное производство

Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Дальность следования (км)	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Парк (шт.)	Дополнительные характеристики
Трамвай	 Китай	CRRC Corporation	Трамвай на водородных топливных элементах	125	70	200	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Потребление водорода 25-30кг/100км</li> <li>Были произведены поставки в Турцию</li> </ul>
Трамвай	 Россия	СПб ГУП Горэлектротранс	Трамвай на водородных топливных элементах <i>Этап: опытная эксплуатация</i>	н/д	7	80 <sup>1</sup>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>В качестве основы взята модель ЛМ-68М</li> <li>В 2021 г. было объявлено, что опытные испытания прошли успешно</li> <li>Эксплуатируется в г. Санкт-Петербурге</li> </ul>
Трамвай	 Корея	Hyundai Rotem	Трамвай на водородных топливных элементах <i>Этап: опытная эксплуатация</i>	150	70	550	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>Генерирует 107,6 кг чистого воздуха и очищает 800 мкг мелких частиц за каждый час работы</li> </ul>











Выводы: На 2023 г. Китай - единственная страна, которая завершила этап испытаний и перешла к серийному производству трамваев на водородных элементах

1. Мощность установки

Источник: H2 Today, International Railway Journal, Ballard, РБК, Администрация Санкт-Петербурга, Hyundai Rotem Tech, SBS Consulting

# Страны Азии и Европы активно развивают пассажирские поезда на водороде, конкурируя в дальности следования, скорости и мощности

Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Дальность следования (км)	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Дополнительные характеристики
 Поезд	 Япония	Toyota Motor Corporation, East Japan Railway Co, Hitachi	Hybari <i>Этап: опытная эксплуатация</i>	140	100	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>Коммерческая эксплуатация начнется в 2030 г.</li> </ul>
 Поезд	 Китай	CRRC Corporation	Ningdong	600	160	800	<ul style="list-style-type: none"> <li>Емкость двигателя 270 кг сжиженного водорода, может работать до 190 ч.</li> <li>В коммерческом пользовании с января 2023 г.</li> </ul>
 Поезд	 Корея	Woojin Industrial Systems, Korean Railroad Corporation	Электropоезд на водородных топливных элементах	600	110	1 200	-
 Поезд	 Германия	Alstom	Coradia iLint	1 000	140	200 <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Оснащен 64 баками высокого давления (до 500 бар), 6 компрессорами и 2 топливными насосами</li> <li>14 поездов в эксплуатации</li> </ul>









➤ **Выводы:** Китай производит самые скоростные водородные поезда, в то время как Корея - самые мощные. Немецкие поезда обладают наибольшей дальностью следования среди моделей, представленных на рынке. В России разработкой занимается компания «Траснмашхолдинг» с 2021 г., поставка 5 поездов РЖД планируется на 2025 г.

1. Мощность одного топливного элемента

Источник: Hyundai Rotem Tech, H2 Energy News, New Atlas, Railway Supply, Metro Trains, South China Morning Post, SBS Consulting

# Японские и нидерландские компании активно развивают строительство судов и специализированной техники на водородных элементах

Сравнительный анализ технологий, использующих водородное топливо, 2023 г.

Вид транспорта	Страна-производитель	Название компании	Модель транспорта	Скорость движения (км/ч)	Мощность двигателя (кВт)	Дополнительные характеристики
 Судно	 Япония	Tsuneishi Facilities and Craft	Пассажирское судно Hydro Bingo	43	441	<ul style="list-style-type: none"> <li>Вместительность до 80 пассажиров</li> </ul>
 Судно	 Япония	Yanmar	Прогулочный катер EX38A FC	41	250	<ul style="list-style-type: none"> <li>Грузоподъемность 7,9 т</li> </ul>
 Судно	 Нидерланды	Holland Shipyards Group, Future Proof Shipping	Судно "H2 Barge 1"	н/д	800	<ul style="list-style-type: none"> <li>Максимальная длина и ширина - 61,5 и 399,99 м соответственно</li> </ul>
 Судно	 Россия	Sitronics Group, АФК "Система"	Электросудно на водороде <i>Этап: опытная эксплуатация</i>	н/д	н/д	<ul style="list-style-type: none"> <li>Продолжительность хода до 20 ч.</li> </ul>

➤ **Выводы:** Технологии нидерландских компаний обладают большими мощностями в сравнении с японскими аналогами. В России массовое строительство водородных судов не налажено. В феврале 2023 г. ЦКБ "Балтсудопроект" выпустил первое прогульно-экскурсионное судно на водородном топливе вместимостью 10 чел. и скоростью до 12 км/ч

# В краткосрочной перспективе поставяться на экспорт могут российские технологии генерации и морской транспортировки водорода

Конкурентоспособность российских технологий производства и реализации зеленого, голубого и желтого видов водорода, 2023 г.

Степень цепочки	Генерация		Транспортировка		Использование					
 <p>Виды и типы продукции</p>	<p>Генерация водорода путем электролиза</p> 	<p>Транспортировка по суше</p> 	<p>Транспортировка по морю</p> 	<p>Использование в качестве топлива для транспорта</p> 						
 <p>Конкурентная способность<sup>1</sup> технологий России</p>	 <p>Выше средней</p>	 <p>Низкая</p>	 <p>Высокая</p>							<p>Низкая</p>
 <p>Выводы</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технология может поставяться на экспорт</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Технологии способны конкурировать на международном рынке перевозок по морю, но не на рынке транспортировки по суше</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Низкая степень технологической зрелости</li> <li>Российские технологии, использующие водород в качестве топлива, не способны конкурировать в текущем состоянии на международном рынке. Вывод на экспорт нецелесообразен</li> </ul>						
 <p>Рекомендации</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Инвестиции в R&amp;D</li> <li>Проведение работ по улучшению характеристик</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Стимулирование инвестиций в R&amp;D</li> <li>Повышение квалификации имеющих на рынке труда кадров</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Стимулирование инвестиций в R&amp;D</li> <li>Повышение квалификации имеющих на рынке труда кадров</li> <li>Строительство и развитие инфраструктуры по эксплуатации водородного транспорта</li> <li>Стимулирование спроса на водородный транспорт среди частных лиц (на автомобили, суда) и юридических организаций (на автобусы, поезда, трамваи и грузовики)</li> </ul>						

1. Относительно характеристик лучшей модели на рынке  
Источник: SBS Consulting