

## РЕЗЮМЕ:

- ✓ Мировое потребление чистого водорода может вырасти с 75 млн тонн в 2021 г. до 100 млн тонн к 2030 г. или со 119 млн тонн до 156 млн тонн с учетом смешанного потребления (в металлургии, в производстве метанола). Максимальный прирост потребления водорода ожидается в транспортной отрасли – 12 млн тонн. При этом водород остается крайне неудобным газом для использования на транспорте, поэтому риски реализации этой части прогнозного потребления высоки.
- ✓ Перспективы водорода в качестве топлива, балансирующего прерывистую генерацию ВИЭ, выше, однако, его выработка с помощью зеленого электролиза воды требует значительных затрат как самой электроэнергии (до 3 квтч/кг), так и затрат чистой / дистиллированной воды – до 18/9 литров/кг.
- ✓ Транспортировка чистого водорода по действующим трубопроводам способствует их охрупчиванию и может приводить к разрушениям труб и газоперекачивающих агрегатов. Низкая энергоемкость м<sup>3</sup> водорода потребует значительного увеличения стоимости прокачки газа в смеси с метаном, понижая при этом калорийность последнего.
- ✓ На сегодняшний день наиболее перспективной технологией получения водорода представляется проект ГК «Росатом» – по производству водорода из метана на атомных энерготехнологических станциях (АЭС), которые будут выделять водород методом пиролиза. Установка мощностью 2,4 ГВт сможет производить до 800 тыс тонн водорода в год. Общий объем производства свободного, доступного для экспорта, водорода в России оценивается НРА в 2 млн тонн к 2030 г., а инвестиции, которые потребуются для этого превысят 700 млрд руб.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

На фоне глобального стремления к декарбонизации, водород рассматривается как перспективный энерго-ресурс для мировой энергетической и транспортных отраслей экономики. Такие качества, как: **высокая энергоемкость на кг** (в три раза превышает газ, бензин, дизельное топливо) и **отсутствие вредных выбросов** при его сгорании (после решения проблем с образованием оксидов азота), позволят использовать водород в промышленном производстве, на транспорте, для прямого потребления без существенного вреда для окружающей среды и, теоретически, с меньшим уровнем выбросов парниковых газов.

Преимуществом водорода также является возможность его получения из различных источников: газ, вода, уголь, нефть, мусор, биомасса.

Наибольшие ожидания связаны с **водородом в качестве «накопителя» энергии** для ВИЭ<sup>1</sup>, которые работают в прерывистом режиме и не поддаются стандартным методам регулирования, принятым в современной энергетике. Возможность использовать избыточную энергию для производства водорода и потребление последнего в период низкой инсоляции либо штиля, позволит регулировать загрузку ВИЭ мощностей.

Однако, повсеместному применению водорода **мешает целый ряд проблем**, связанных с его производством, хранением и транспортировкой.

Современные технологии производства водорода **пока не позволяют** получать экономический эффект от самого «чистого» способа производства водорода (с помощью электролиза воды с использованием ВИЭ), так как они требуют больших затрат энергии, что делает такое производство бессмысленным. Кроме того, производство килограмма водорода требует более 9 литров дистиллированной воды, которая сама по себе является довольно ценным ресурсом, особенно в странах с жарким климатом

<sup>1</sup> ВИЭ – возобновляемые источники энергии

Самый дешевый способ получения водорода – **из ископаемых ресурсов** (уголь, газ) наносит **ощутимый вред экологии** и выбрасывает сопоставимый объем CO<sub>2</sub>, который был бы выделен при прямом сжигании этих ископаемых видов топлива. При производстве 1 кг водорода из природного газа выделяется 3 кг CO<sub>2</sub> (углекислого газа). В теории пиролиз природного газа позволит решить эту проблему, но пока общепринятого промышленного способа получения водорода методом пиролиза метана не существует, проекты ГК «Росатом» обещают решение этой задачи к 2030 г.

Транспортировка и хранение водорода может достигать 70% от его рыночной стоимости.

Несмотря на трудности и дороговизну **многие страны мира** заявили о своем стремлении использовать водород как перспективный энергоноситель, способный удовлетворить **до 20%** мирового спроса на энергию. По этой причине многими странами были **разработаны и приняты** специализированные **государственные стратегии и дорожные карты** по развитию водородной энергетики, призванные значительно сократить выбросы парниковых газов.

Россия также сделала шаги для развития этого направления. Так, в **2020 году** Правительством страны утверждены план мероприятий **«Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года»** и Дорожная карта по **развитию водородной энергетики до 2024 года**. Задачи по развитию водородной энергетики закреплены в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».

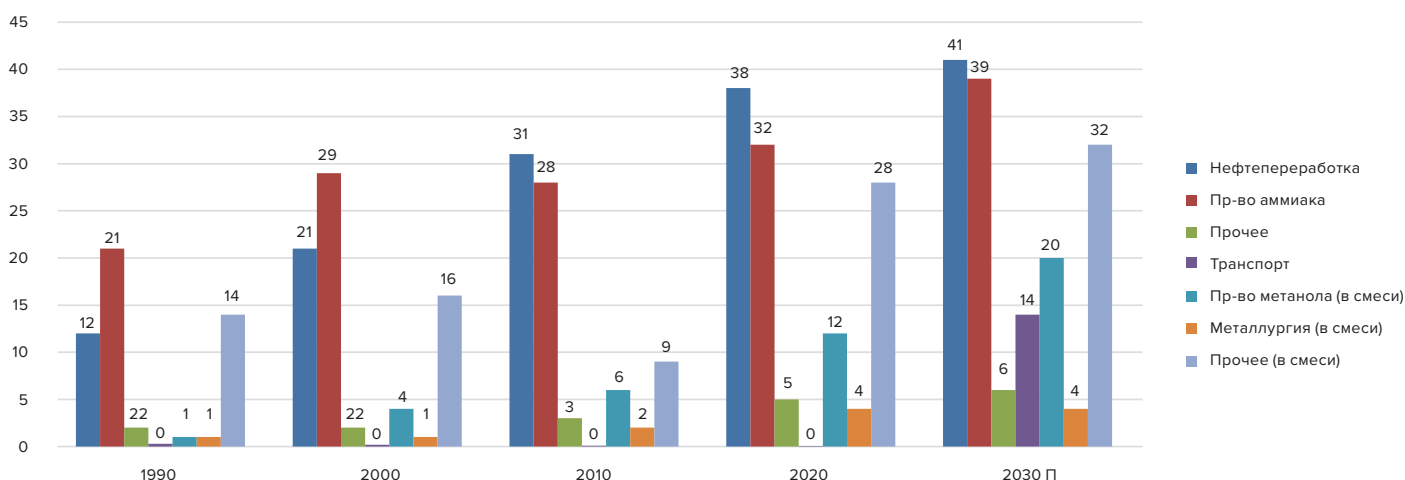
Важными преимуществами России являются: ресурсная база (вода и метан), недозагруженные генерирующие мощности, географическая близость к потенциальным потребителям водорода, научный задел в сфере производства, транспортировки и хранения водорода, а также наличие действующей транспортной инфраструктуры. Это может позволить России в перспективе занять место лидера в сфере производства и поставок водорода на глобальный рынок<sup>2</sup>. В планах – занять 20% мирового рынка водорода и экспортировать от 2 до 12 млн тонн низкоуглеродного водорода к 2030–2035 гг.<sup>3</sup>.

## 2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА В РОССИИ

По прогнозу МИЭ **к 2030 году** общее потребление чистого водорода и водорода в смеси в мире составит **156 млн тонн**, что на **37 млн тонн** превышает нынешний объем потребления этого продукта, который оценивается в **119 млн тонн**, Рис. 1.

**Рис.1.**

**Динамика потребления чистого водорода и водорода в смеси в мире по сегментам производства, млн тонн<sup>4</sup>**



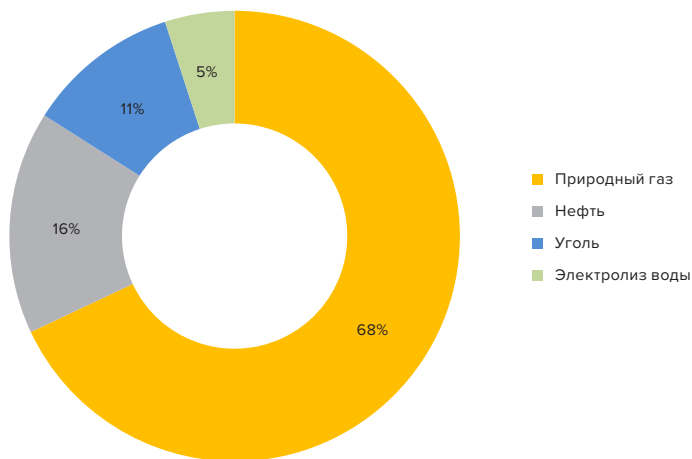
Источник: МИЭ

Сегодня в качестве сырья для производства водорода доминируют углеводороды. **Более 68%** водорода получают из природного газа, **16%** из нефти, **11%** – из угля и **5%** – из воды с помощью электролиза (Рис. 2).

<sup>2</sup> <https://minenergo.gov.ru/node/19194>

<sup>3</sup> <https://blogs.forbes.ru/2021/12/22/vodorodnoe-budushhee-vozmozhnosti-dlja-rossii-stat-liderom-novoj-mezhdunarodnoj-otrasli>

<sup>4</sup> [https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf\\_Analitika\\_Vodorodnaya-energetika.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf_Analitika_Vodorodnaya-energetika.pdf)

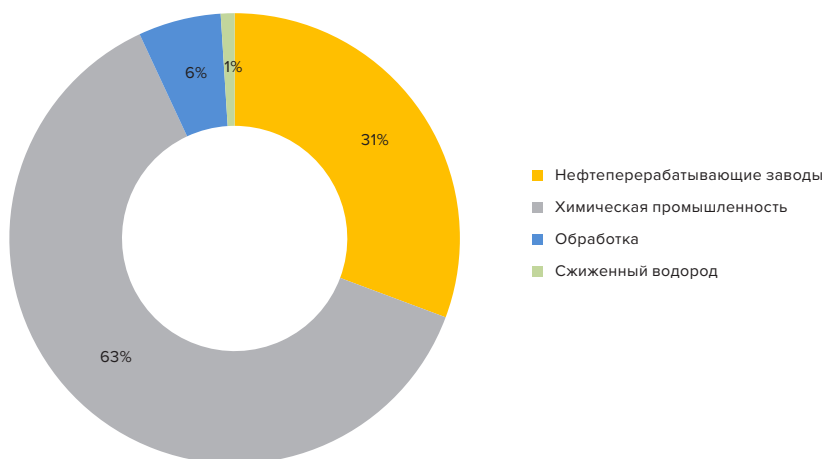
**Рис.2.****Сырье для производства водорода**

Водород принято классифицировать по способам его производства: **«зеленый»** – водород, произведенный путем электролиза с использованием возобновляемой энергии; **«голубой»** – водород, синтезированный из ископаемых источников с улавливанием большей части CO<sub>2</sub>; **«желтый»** – водород, полученный путем электролиза с использованием атомной энергии, **«серый»** – водород, полученный из ископаемых источников без улавливания CO<sub>2</sub>.<sup>5</sup>

Самую низкую стоимость имеет производство водорода из природного газа 0,9–3,2 долл. США/кг, улавливание CO<sub>2</sub> удорожает его на 0,6 долл. США/кг и составляет 1,5–3,9 долл. США за кг, дороже всего обходится производство водорода методом электролиза 3–7,5 долл. США/кг.

**3. ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА**

В настоящее время водород в основном используется в химической промышленности **63%** (для производства различных товаров, в первую очередь – аммиака и метанола, полимеров и т.д.); в нефтепереработке – **31%** (гидрокрекинг, гидроочистка – обессеривание топлива). Для обработки – **6%** (прямое восстановление железной руды, добыча газа, формовочный и защитный газ); В качестве топлива и в полупроводниковой промышленности – сжиженный водород, менее **1%** (ракетное топливо, полупроводниковая промышленность, автомобильное топливо). Рис. 3

**Рис.3.****Области применения водорода**

Объем производства водорода в России отдельными исследователями приводится в диапазоне **от 3 до 9,5 млн тонн**. Исходя из того, что почти весь производимый сегодня в России водород потребляется на месте его производства как побочный продукт, НРА оценивает объем производства около **4,5 млн тонн**, так как объем производства примерно равен объему потребления около **3,5–4 млн тонн**, а доступного для продажи в том числе на экспорт – **400 тыс. тонн**.

<sup>5</sup> <https://energypolicy.ru>

С учетом планов занять к 2030 году 20% мирового водородного рынка, Минэнерго рассчитывает к 2050 году, что Россия может зарабатывать на экспорте водорода до **100 млрд долл. в год**<sup>6</sup>, НРА полагает, что цифры будут скромнее – на уровне **15–34 млрд долл. США**.

**На данный момент в России есть несколько проектов по производству низкоуглеродного, безуглеродного водорода и аммиака».**

#### **ГК «РОСАТОМ» ПЛАНИРУЕТ:**

- Производить водород из углеводородов (по технологии пиролиза/паровой конверсии метана) на специальных атомных энерготехнологических станциях (АЭС) с использованием тепла высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР). Инвестиции в создание к 2030 году головной АЭС для крупномасштабного производства водорода могут составить около 275 млрд руб. Кроме того, компания планирует построить четыре завода по производству безуглеродного водорода в России. Стоимость реализации данного проекта оценивается свыше 9 млрд рублей. Первый завод заработает в 2024 году в Калининградской области: начнется производство «зеленого» водорода методом электролиза воды с использованием электроэнергии ВЭС<sup>7</sup>. На Сахалине в 2024 году ГК «Росатом» совместно с французской компанией Air Liquide начнет производство водорода и аммиака методом паровой конверсии метана с улавливанием CO<sub>2</sub>. Суммарная мощность указанных заводов оценивается в 200–300 тыс. тонн в год.
- На основании соглашения 2019 г. с ОАО «РЖД» и АО «Трансмашхолдинг», «ГК Росатом» планирует выступить в качестве поставщика водорода, топливных элементов и другого ключевого оборудования с целью реализации проекта по организации железнодорожного сообщения с использованием водородных топливных элементов<sup>8</sup>.

#### **ГРУППА «ГАЗПРОМ»:**

- Реализует два инновационных проекта по получению метановодородного топлива в качестве топливного газа газоперекачивающих агрегатов на основе адиабатической конверсии метана – в Самаре и Уфе.
- Планируется организация блочно-комплектного исполнения оборудования по производству метановодородного топлива (его унификация) для серийного производства и тиражирования технологии на объектах «Газпрома».
- Ведется работа над созданием полностью безуглеродных технологий производства водорода из природного газа. Рассматривается инновационная технология разложения природного газа в неравновесной низкотемпературной плазме на водород и углерод (пиролиз).
- Реализует международный научно-технический проект совместно с немецкими и австрийскими компаниями по проверке возможности безопасного хранения метано-водородных смесей в ПХГ (подземное хранилище газа).<sup>9</sup>
- Также «Газпром» создал дорожную карту, включающую строительство заправочных станций, пиролиз и утилизацию CO<sub>2</sub>.

#### **НОВАТЭК:**

- В 2021 году НОВАТЭК подписал три соглашения по водороду. С германской энергокомпанией Uniper с целью изучения рынка поставок водорода. Два других соглашения – проекты внутренней декарбонизации производства, в том числе с «Северсталью», подписал меморандум, в рамках которого стороны займутся разработкой требований, стандартов и инжиниринговых решений для производства и поставки трубопроводов, турбин, систем хранения и емкостей для транспортировки водорода.<sup>10</sup>
- Значительную составляющую рынка водородной энергетики занимает оборудование для его «чистого» производства, транспортировки и хранения. Это электролизеры, оборудование для транспортировки, установки для конверсии метана, производства аммиака и разделения его на водород и азот, заправки, топливные элементы, компрессоры, трубы, насосы и другие комплектующие и агрегаты. Общую емкость рынка, связанного с водородом, оценивают в 11 трлн долл. США к 2050 году. Из них: 2,5 трлн долл. США – прямой доход от продаж водорода, а еще 4,5 трлн долл. США – оборудование и устройства<sup>11</sup>.

<sup>6</sup> [https://decarbonization.neftegaz.ru/?utm\\_source=neftegaz&utm\\_medium=spec&utm\\_content=decarbonization](https://decarbonization.neftegaz.ru/?utm_source=neftegaz&utm_medium=spec&utm_content=decarbonization)

<sup>7</sup> ВЭС – ветроэнергетика

<sup>8</sup> <https://energypolicy.ru>

<sup>9</sup> [https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf\\_Analitika\\_Vodorodnaya-energetika.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf_Analitika_Vodorodnaya-energetika.pdf)

<sup>10</sup> [https://atomicexpert.com/vodorod\\_po\\_raschetu](https://atomicexpert.com/vodorod_po_raschetu)

<sup>11</sup> [https://atomicexpert.com/vodorod\\_po\\_raschetu](https://atomicexpert.com/vodorod_po_raschetu)

Для реализации водородной программы в России оборудование для безуглеродного производства водорода придется **импортировать** или **разрабатывать** самостоятельно.

На данный момент в ГК «Росатом» уже имеются наработки, касающиеся топливных элементов и водородных заправок. Для транспортировки водорода будут производиться композитные баллоны. Также ведется работа над созданием электролизеров с уникальной анионообменной мембраной.

К 2030 году мощности по производству экспортного (низкоуглеродного) водорода в России могут увеличиться на 2 млн тонн, что потребует до 700 млрд рублей инвестиций.

## ВОДОРОД В КАЧЕСТВЕ ТРАНСПОРТНОГО ТОПЛИВА

Применение водорода в качестве топлива для транспорта, помимо высокой стоимости, размеров оборудования и отсутствия инфраструктуры, имеет еще один существенный недостаток – топливный элемент, работающий на водороде, имеет очень ограниченный ресурс.

Некоторые промышленные компании все же рассматривают возможность перевода на водород своего пассажирского или грузового транспорта.

В общественном и личном транспорте России пока готовых к запуску проектов нет. Водоробус, созданный «КамАЗом», существует в пилотном исполнении. Водородные поезда для Сахалина «Трансмашхолдинг» должен изготовить к 2024 году.

! Одним из перспективных и востребованных направлений использования водорода является сфера военно-промышленного комплекса. Беспилотные летательные аппараты при использовании водорода могут долго почти бесшумно, находиться в воздухе и перемещаться на большие расстояния. Бесшумность и автономность может быть востребована на подводных лодках малых размеров, для которых использование атомных реакторов нецелесообразно<sup>12</sup>.

## 4. ОСНОВНЫЕ РЫНКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДОРОДА

Основными рынками потребления водорода будут **страны ЕС** и **Азиатско-Тихоокеанского региона**, самым крупным из которых к 2030 г. станет **Китай** со спросом не менее **30 млн тонн**, из них около **5 млн тонн** будут импортированы. В **Японии** и **Южной Корее** ожидается потребление до **4 млн тонн**, потребуются импортировать почти весь объем. В Европе крупнейшими потребителями будут Германия и Франция. Им потребуется около **6 млн тонн**, из которых **2 млн тонн** будут импортироваться.

Всего к 2030 году суммарный объем потребления водорода в мире оценивается **порядка 156 млн тонн**, из которых на ближайших к России рынках сбыта потенциальный спрос на импорт **не менее 11 млн тонн**.

Если сегодня для некоторых крупных потребителей не всегда важна технология его получения, то к 2030 году будет востребован водород с минимальным углеродным следом.<sup>13</sup>

## 5. ЗАРУБЕЖНЫЕ КОНКУРЕНТЫ

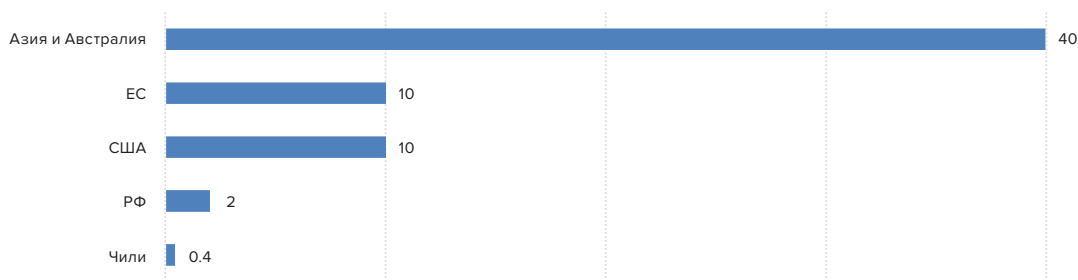
В 2020 г. мировое потребление чистого водорода и водорода в смеси с другими газами составило **75** и **44** млн тонн соответственно, из них лишь около **3 млн тонн** произведены с низким углеродным следом. Крупнейший производитель водорода Китай выпускает ежегодно примерно **22 млн тонн** или почти треть мирового производства, США – **10 млн тонн**, Европейский союз – примерно **8,3 млн тонн**.

Национальные стратегии участников водородного рынка на ближайшие десять лет **нацелены на увеличение масштабов производства** и **снижение себестоимости** водорода. (Рис. 4) Переход на **«зеленый» водород** планируется к 2030 году.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> [https://www.eriras.ru/files/smozhet\\_li\\_vodorod\\_stat\\_toplivom\\_budushchego.pdf](https://www.eriras.ru/files/smozhet_li_vodorod_stat_toplivom_budushchego.pdf)

<sup>13</sup> <https://blogs.forbes.ru/2021/12/22/vodorodnoe-budushhee-vozmozhnosti-dlja-rossii-stat-liderom-novoj-mezhdunarodnoj-otrasli/>

<sup>14</sup> [https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf\\_Analitika\\_Vodorodnaya-energetika.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf_Analitika_Vodorodnaya-energetika.pdf)

**Рис.4.****Плановые показатели производства водорода для продажи в 2030 г., млн тонн.**

Источник: ЦЭП ГПБ

**НИЖЕ ПРИВЕДЕНЫ РАСХОДЫ НА ФИНАНСИРОВАНИЕ ВОДОРОДНЫХ СТРАТЕГИЙ<sup>15</sup>:**

В США, Китае, Японии, Евросоюзе и других странах были **утверждены стратегии развития** водородного транспорта, при достижении заявленных целей потребление водорода в транспортном секторе вырастет **со 140 тыс. тонн в год до 14 млн тонн в год** к 2030 г.

- Свои водородные автомобили выпустили почти все крупные компании: Honda, Hyundai, Audi, BMW, Ford, Nissan, Daimler.
- К осени 2021 года было продано около 11 200 водородомобилей, для сравнения продажи электромобилей в первом полугодии 2021 составили около 2,6 млн. штук.<sup>16</sup>
- В Германии в 2020 году запустили 10 водородных автобусов. В Шотландии появились автобусы на водороде, стоимость которых составляет 650 тыс. евро, но водород для них получают из природного газа, при разложении которого выделяется CO<sub>2</sub>.
- В 2021 году в Китае продали 993 водородных автобуса. На железной дороге водородные топливные ячейки позволяют отказаться от электрификации тех участков, где до сих пор курсируют дизели. С 2018 года такие поезда ездят по Германии, Австрии, Швеции и Франции.
- В августе 2021 г. китайская компания поставила на внутренний рынок 100 грузовиков, и установили для них 10 заправочных станций.

Германия эксплуатирует **подводные лодки** на базе **водородных топливных элементов**. Топливные элементы получают водород из синтетического газа: смеси дизельного масла, рециркулируемого кислорода и пара. **Подобные разработки есть и в России.**

Существуют и **надводные суда с водородной установкой**. Например Energy Observer, спущенный на воду во Франции в 2017 году.

<sup>15</sup> [https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf\\_Analitika\\_Vodorodnaya-energetika.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf_Analitika_Vodorodnaya-energetika.pdf)<sup>16</sup> <https://habr.com/ru/company/leader-id/blog/589905/>

## ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

- ✓ В 2008 году Boeing провел испытания двухместного водородного самолета на базе модели Dimona.
- ✓ Airbus в 2020 году представил сразу три концепта самолетов на водороде.

К началу 2020 года **в мире насчитывалось 470 заправочных станций.**

К 2030 году Транснациональный автомобилестроительный концерн **Daimler** планирует построить **150 заправочных станций** в Германии, Нидерландах, Бельгии, Люксембурге и Франции.

К 2040 году в **Корее** планируют построить **1,2 тыс. заправок.**

В 2022 году в **Южной Корее** ввели в эксплуатацию **крупнейшую в мире электростанцию** на водородных топливных элементах.

Взвешенные и консервативные оценки говорят о том, что к 2040 году рынок торговли водородом (без учета сегодняшнего потребления) вырастет до 70–160 млрд долл. США в год.<sup>17</sup>

## 6. ВЫВОД

Большим плюсом «чистой» водородной энергетики по сравнению со многими альтернативными видами топлива является снижение выбросов вредных веществ.

! Водород может стать топливом будущего, но для этого еще предстоит пройти непростой путь технологического прогресса<sup>18</sup>.

**Несмотря на спорность экономической эффективности использования водорода в качестве одного из основных энергоносителей, водородная политика способна дать импульс для:**

- 1** Прогресса и модернизации промышленной отрасли, в том числе, стимулировать производство новейшего оборудования, сокращения вредных выбросов в атмосферу
- 2** Развития в сфере экологии, культуры отношения к окружающей среде
- 3** Инвестиции в развитие науки, подготовки высококвалифицированных специалистов для решения поставленных задач, тем самым стимулируя научные изыскания и открытия
- 4** Создания новых рабочих мест

Все это может дать толчок развитию новой высокоинтеллектуальной отрасли с большой добавленной стоимостью, развитие которой может дать толчок как отечественной науке, так и экономике.

<sup>17</sup> [https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf\\_Analitika\\_Vodorodnaya-energetika.pdf](https://delprof.ru/upload/iblock/eef/DelProf_Analitika_Vodorodnaya-energetika.pdf)

<sup>18</sup> [https://www.eriras.ru/files/smozhet\\_li\\_vodorod\\_stat\\_toplivom\\_budushchego.pdf](https://www.eriras.ru/files/smozhet_li_vodorod_stat_toplivom_budushchego.pdf)



### **СЕРГЕЙ ГРИШУНИН**

Управляющий директор рейтинговой службы  
E-mail: [grishunin@ra-national.ru](mailto:grishunin@ra-national.ru)

### Контакты для СМИ

### **СВЕТЛАНА ПОДГОРНАЯ**

Директор по связям с общественностью  
Тел. +7 (495) 122-22-55 (143)  
E-mail: [podgornaia@ra-national.ru](mailto:podgornaia@ra-national.ru)

### **ЖАННА ГАЙНУТДИНОВА**

Аналитик корпоративных рейтингов  
E-mail: [gaynutdinova@ra-national.ru](mailto:gaynutdinova@ra-national.ru)

### Клиентская служба

### **ТАТЬЯНА ГРИГОРЬЕВА**

Директор Клиентской службы  
Тел. +7 (495) 122-22-55 (101)  
Моб. +7 (903) 589-04-27  
E-mail: [grigoryeva@ra-national.ru](mailto:grigoryeva@ra-national.ru)



115191, г. Москва, Гамсоновский пер., д.2, стр.7  
тел./факс: +7 (495) 122-22-55  
[www.ra-national.ru](http://www.ra-national.ru)

Ограничение ответственности Агентства

© 2022

Настоящий аналитический обзор создан Обществом с ограниченной ответственностью «Национальное Рейтинговое Агентство» (ООО «НРА»), является его интеллектуальной собственностью, и все права на него охраняются действующим законодательством РФ. Вся содержащаяся в нем информация, включая результаты расчетов, выводы, методы анализа и др., предназначена исключительно для ознакомления; их распространение любым способом и в любой форме без предварительного согласия со стороны ООО «НРА» и подробной ссылки на источник не допускается. Любые факты неправомерного использования интеллектуальной собственности ООО «НРА» могут стать основанием для судебного преследования. Единственным законным источником публикации документа является официальный сайт ООО «НРА» в информационно-телекоммуникационной сети Интернет по адресу: [www.ra-national.ru](http://www.ra-national.ru)

ООО «НРА» и любые его работники не несут ответственности за любые последствия, которые наступили у лиц, ознакомившихся с настоящим аналитическим обзором, в результате их самостоятельных действий в связи с полученной из него информацией, в том числе за любые убытки или ущерб иного характера, прямо или косвенно связанные с такими действиями. Вся содержащаяся в аналитическом обзоре информация представляет собой выражение независимого мнения ООО «НРА» на дату его подготовки на основе сведений и данных, полученных из источников, которые ООО «НРА» считает надежными. Любые сделанные в нем предположения, выводы и заключения не имели целью и не являются предоставлением рекомендаций по принятию инвестиционных решений и проведению операций на финансовых рынках или консультацией по вопросам ведения финансово-хозяйственной деятельности. ООО «НРА» не несет ответственности за точность и достоверность сведений и данных, полученных из использованных источников, и не имеет обязанности по их верификации, а также по регулярному обновлению информации, содержащейся в настоящем аналитическом обзоре.