

Водород после эйфории



Международная компания DNV обновила долгосрочный прогноз по водороду до 2060 года и заметно остудила ожидания относительно его роли в энергетике. Тем не менее водород остается ключевым инструментом для декарбонизации тех отраслей, где электрификация не работает, а его рынок смещается от громких обещаний к ограниченному, но реалистичному росту на базе реальных проектов и жесткой экономики.

Водород за последние годы успел превратиться из «топлива будущего» в более сложный и приземленный элемент энергетического перехода. Новый отчет DNV Energy Transition Outlook 2026, полностью посвященный водороду и его производным до 2060 года, фиксирует этот переход от эйфории к реализму.

Еще в 2022 году DNV, как и большинство крупных прогнозистов, ожидала гораздо более масштабного распространения «чистого» водорода к середине века. Теперь собственный прогноз компании пересмотрен: оценка объемов низкоуглеродного и возобновляемого водорода к 2050 году снижена примерно на 45%. Причину авторы видят не в технологических ограничениях, а в ослаблении практической климатической политики, задержках и откатах

программ поддержки.

При этом за четыре года отрасль явно не стояла на месте. По всему миру заявлено более 1 500 пилотных и маломасштабных проектов, примерно треть из них дошла до стадии окончательного инвестиционного решения, а некоторые уже строятся. Эта волна пилотных проектов принесла конкретные результаты, включая разработку подходов к безопасному проектированию и управлению рисками, новых рекомендаций и стандартов.

В модели DNV водород появляется в энергосистеме, когда сложились устойчивые политико-экономические условия – сочетание субсидий, углеродного ценообразования, мандатов и долгосрочных договоров. Без такой поддержки, по расчетам авторов, водород почти во всех сегментах проигрывает прямой электрификации по эффективности и цене. Отсюда ключевой вывод: водород не становится универсальным конкурентом электричества, а занимает ограниченную нишу там, где других решений для декарбонизации уже почти не осталось.

В отчете выделяется узкий, но стратегически важный круг применений, где водород остается практически незаменимым. Речь идет о производстве стали с использованием водорода в качестве восстановителя вместо углерода, высокотемпературных технологических процессах, части химической промышленности, авиации и морском транспорте, где на горизонте десятилетий рассматриваются водородные производные – аммиак, е-метанол, синтетические углеводороды. Сегодня глобальный рынок водорода – около 100 млн тонн в год, оценочно 240 млрд долларов, и почти полностью он основан на «сером» водороде из ископаемого сырья, который дает около 1,3 млрд тонн эквивалентных выбросов CO₂ ежегодно.

Краткосрочная динамика выглядит сдержанно. По прогнозу DNV, к 2035 году производство водорода и его производных вырастет до примерно 130 млн тонн в год – всего немного выше исторического тренда. Главное изменение происходит в структуре: прирост обеспечивают низкоуглеродные и возобновляемые мощности, тогда как безуправляемое производство начинает сокращаться в абсолютном выражении.

После 2035 года начинается ускорение. К 2060 году суммарное производство водорода и его производных удваивается относительно уровня 2035 года и достигает порядка 280 млн тонн в пересчете на H₂-эквивалент. Около 90% этого объема приходится на низкоуглеродные и возобновляемые маршруты, примерно две трети – на новые энергетические применения, оставшаяся треть – на декарбонизацию существующего «фидсточного» спроса (удобрения, нефтепереработка, базовая химия).

Технологическая картина строится вокруг соперничества «синего» водорода – реформинга ископаемого сырья с улавливанием CO₂ – и «зеленого» водорода, производимого электролизом воды на основе возобновляемой генерации. Сегодня «синий» маршрут часто оказывается дешевле, особенно там, где доступен дешевый газ и есть возможности для геологического хранения CO₂. Однако даже при высоких коэффициентах улавливания остаются остаточные выбросы, и в условиях жесткого углеродного регулирования их стоимость со временем будет расти.

Электролиз стартует с более высокой стоимости, но выигрывает на длинной дистанции. DNV

закладывает значительное снижение капитальных затрат на электролизеры – с 880 до 540 долларов за киловатт к 2060 году – за счет эффекта масштаба и технологического обучения. Одновременно дешевеют солнечная и ветровая генерация: уровень затрат на электроэнергию из солнца, по оценкам, снизится примерно на 55%, из ветра – на 45%. В результате в регионах с очень дешевыми ВИЭ (Китай, Ближний Восток и Северная Африка) себестоимость «зеленого» водорода к середине века может опуститься ниже 2,2 доллара за килограмм.

Отдельная линия отчета – геополитика водородных технологий. Китай за несколько лет сформировал доминирующую позицию в производстве электролизеров – порядка 60% мировых производственных мощностей и около двух третей установленной или профинансированной мощности электролиза. Это ускоряет падение цен на оборудование, но не превращает водород в простой экспортный товар: электролизеры встраиваются в конкретные энергосистемы и промышленные кластеры, где важны локальная инженерия, стандарты и требования к надежности.

Логика будущей торговли водородом отличается от сценария с СПГ. По оценке DNV, водород и его производные будут в основном производиться и потребляться в рамках региональных систем, а международная торговля останется относительно небольшой долей от общего объема. Торговые потоки будут формироваться как цепочки между конкретными производящими кластерами и крупными потребителями – например, от Австралии к Японии, Южной Корее и Сингапуру, или от стран Ближнего Востока и Северной Африки к Европе и Азии. В этом смысле водород выглядит не как «новый глобальный рынок», а как набор региональных энергосистем с ограниченными экспортно-импортными коридорами.

Еще один важный акцент – связка водорода с продовольственной и энергетической безопасностью. Сбои в поставках газа и удобрений в последние годы показали, насколько быстро они транслируются в риски для сельского хозяйства и социальных систем. В такой логике водород, в том числе полученный из угля или газа, с частичным улавливанием CO₂, рассматривается как инструмент стабилизации производства аммиака и удобрений, даже если его углеродный след остается заметным. На более длинном горизонте авторы прогноза ожидают смещения к возобновляемому водороду как способу снизить зависимость от импорта ископаемого топлива и ценовых шоков.

В целом DNV остается реалистом и в отношении климата: даже стократный рост рынка «чистого» водорода к 2060 году, по расчетам модели, не выводит глобальные выбросы на траекторию, совместимую с целями удержания потепления вблизи 1,5 °C. Водород закрывает самые сложные для декарбонизации сегменты, но не подменяет собой отказ от ископаемого топлива и расширение прямой электрификации там, где она возможна.

Ключевые цифры водородного прогноза DNV

- Текущий рынок: около 100 млн тонн водорода в год, в основном «серый» водород из ископаемого сырья; оценочная стоимость рынка – 240 млрд долларов в год.
- Примерно 1,3 млрд тонн эквивалентных выбросов CO₂ в год от производства водорода сегодня.
- К 2060 году общий объем водорода и его производных вырастет примерно на 170% и

достигнет около 280 млн тонн H₂-эквивалента в год.

- Объем «чистого» водорода (низкоуглеродного и возобновляемого) увеличится почти в 100 раз по сравнению с нынешним уровнем.
- Сейчас около 98% водорода производится без улавливания углерода; лишь порядка 2% приходится на «синие» и «зеленые» маршруты.
- К 2060 году примерно 90% производства водорода и его производных будет приходиться на низкоуглеродные и возобновляемые технологии.
- Совокупные капитальные вложения в чистый водород (включая генерацию для автономного ВИЭ-электролиза) до 2060 года оцениваются более чем в 3 трлн долларов.
- Около 35% нового производства и потребления водорода до 2060 года придется на Китай.
- Китай уже контролирует около 60% мировых производственных мощностей по выпуску электролизеров и примерно две трети установленной или профинансированной мощности электролиза.
- По сравнению с выпуском Energy Transition Outlook 2022 прогноз по объемам чистого водорода к середине века пересмотрен вниз примерно на 45% из-за ослабления и отката политических мер поддержки.

Водород и авиация до 2060 года

Для магистральных перелетов требуются топлива с высокой удельной энергией по массе и объему, поэтому прямое использование электроэнергии (аккумуляторы) остается нишевым решением только для малых самолетов и коротких линий, а вклад полностью электрических самолетов в общий энергобаланс авиации до 2060 года остается маргинальным.

Использование водорода как основного топлива упирается в низкую объемную энергоемкость и необходимость крупных криогенных баков, что требует радикальной переработки конструкции воздушных судов, новой инфраструктуры в аэропортах и пересмотра стандартов безопасности и сертификации.

Основной путь декарбонизации авиации в модели DNV – не прямой водород, а синтетические авиационные топлива (eSAF) и биотоплива (bio-SAF), совместимые с существующим парком самолетов и инфраструктурой и использующие водород как сырье.

eSAF получают из водорода и CO₂; эти топлива могут без доработки использоваться в смеси с традиционным керосином до 50% на нынешнем флоте, а в перспективе – до 100% на новом.

В ближайшие годы основная часть низкоуглеродного топлива в авиации будет приходиться на bio-SAF; eSAF в заметных объемах появляются только с конца 2030-х и ускоряются в 2040-х годах из-за высокой стоимости и ограничений по доступности «зеленого» водорода и устойчивого CO₂.

Ключевой драйвер внедрения SAF и eSAF – обязательные нормы примеси, углеродная цена и санкции за несоблюдение, а не их конкурентоспособность по цене с ископаемым реактивным топливом.

DNV Energy Transition Outlook 2026 - Hydrogen to 2060: From pilots to scale for renewable and low-carbon hydrogen and synthetic fuels