

**Европейская экономическая комиссия****Комитет по устойчивой энергетике****Тридцать первая сессия**

Женева, 21–23 сентября 2022 года

Пункт 6 предварительной повестки дня

**Создание условий для построения
водородной экосистемы****Всеобъемлющие и научно обоснованные терминология,
классификация и таксономия водорода****Проект для обсуждения****Записка секретариата***Резюме*

Настоящий документ, включающий в себя отзывы вспомогательных органов Комитета по устойчивой энергетике, призван способствовать обсуждению классификации водорода, не ограничивающейся использованием цветных кодов и дополняющей уже представленный Комитету документ «Углеродная нейтральность в регионе ЕЭК (Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций) — взаимодействие технологий в рамках концепции углеродной нейтральности»*. В настоящем документе содержится ряд рекомендаций по дальнейшей работе по этой теме, предлагаемых для рассмотрения Комитетом.

Комитету предлагается поддержать продолжение политического диалога по водородным проектам в целях содействия сотрудничеству и развитию в регионе ЕЭК, а также сотрудничеству с мировым ресурсным сообществом. Для облегчения достижения этой цели Комитету предлагается рассмотреть несколько рекомендаций, в том числе:

- a) распространить Рамочную классификацию ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) на все водородные проекты и технологии производства;
- b) создать целевую группу/рабочую группу, которая в срочном порядке подготовит спецификации по применению РКООН к водороду. Эта целевая группа/рабочая группа обеспечит координацию с другими структурами, осуществляющими аналогичную деятельность, с тем чтобы избежать дублирования усилий;
- c) разработать пилотный проект по производству водорода с применением принципов Системы управления ресурсами Организации Объединенных Наций (СУРООН);
- d) разработать гарантию происхождения водорода (ГПВ).

* <https://unece.org/sustainable-energy/cleaner-electricity-systems/technology-interplay-under-carbon-neutrality-concept>.



I. Резюме

1. На тридцатой сессии Комитета по устойчивой энергетике (Комитет) международная группа экспертов проинформировала Комитет о текущих и будущих водородных проектах в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК) и определила пути их масштабирования для создания устойчивой «водородной экосистемы». Эксперты обсудили перспективы достижения углеродной нейтральности путем освоения водорода, использования газовой инфраструктуры для расширения производства водорода, применения способов устойчивого производства водорода и использования водорода в транспортном секторе. После обсуждения Комитет пришел к выводу о необходимости согласования всеобъемлющих и научно обоснованных терминологии и классификации различных типов водорода, которые обеспечат четкую таксономию, будут способствовать сотрудничеству и инвестициям, а также помогут лучше понять происхождение водорода для ускорения его устойчивого освоения (ECE/ENERGY/137, пункт 58). Настоящий документ был подготовлен секретариатом во исполнение этого поручения¹.
2. Согласно текущим прогнозам, объем выбросов парниковых газов (ПГ) продолжит возрастать, в результате чего медианный показатель глобального потепления достигнет к 2100 году 3,2 °С. Для предотвращения такого развития событий необходимо радикально изменить подход к управлению ресурсами и способы производства и передачи энергии. Начиная с 2050 года безвредный для окружающей среды водород мог бы стать одним из ключевых компонентов энергетической системы.
3. Использование водорода уже активно обсуждается в основных средствах массовой информации. Чтобы облегчить понимание, для обозначения различных методов производства водорода используются цветовые коды, такие как зеленый, голубой, желтый, серый и другие. Эта цветовая маркировка влияет на восприятие, но при этом она содержит мало информации о сопутствующих выбросах диоксида углерода, технической осуществимости или многих других экономических, экологических, социальных и управленческих последствиях производства водорода или торговли им.
4. Государства — члены ЕЭК и другие заинтересованные стороны не пришли к единому мнению о способах количественной оценки экологической устойчивости водорода. Для решения этой проблемы им предлагается наладить взаимодействие в рамках Комитета и разработать всеобъемлющую классификацию водорода.
5. Настоящий документ призван способствовать обсуждению классификации, не ограничивающейся использованием цветовых кодов и дополняющей уже представленный Комитету документ «Углеродная нейтральность в регионе ЕЭК (Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций) — взаимодействие технологий в рамках концепции углеродной нейтральности»². В документе приводятся аргументы в поддержку использования Рамочной классификации ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) и формирующейся Системы управления ресурсами Организации Объединенных Наций (СУРООН) в качестве инструментов для проведения последовательной оценки водородных проектов и представления прозрачной отчетности по ним. Использование РКООН и СУРООН будет способствовать принятию устойчивых инвестиционных решений, а также содействовать усилиям, направленным на декарбонизацию. На основе модели РКООН в настоящем документе предлагается схема классификации по трем (или более) аспектам, содержащая, помимо пороговых значений выбросов ПГ,

¹ Документ опирается на исследования и предварительный проект, разработанный Мерваном Оливье Парисом, стажером при Отделе по устойчивой энергетике.

² <https://unece.org/sustainable-energy/cleaner-electricity-systems/technology-interplay-under-carbon-neutrality-concept>.

множество других социальных, экологических, экономических и управленческих критериев.

6. Разработка всеобъемлющей классификации водорода требует привлечения значительных ресурсов; но результирующая классификация способна многократно окупить эти расходы. Такая работа могла бы: i) стимулировать развитие низкоуглеродного и возобновляемого производства водорода; и ii) содействовать международной торговле водородом.

7. Комитету предлагается поддержать продолжение политического диалога по водородным проектам в целях содействия сотрудничеству и развитию в регионе ЕЭК, а также сотрудничеству с мировым ресурсным сообществом. Для облегчения достижения этой цели Комитету предлагается рассмотреть следующие рекомендации:

a) **распространить РКООН на все водородные проекты и технологии производства;**

b) для решения этой задачи **создать целевую группу/рабочую группу, которая** в срочном порядке **подготовит спецификации по применению РКООН к водороду.** Эта целевая группа обеспечит координацию с другими структурами, осуществляющими аналогичную деятельность, с тем чтобы избежать дублирования усилий;

c) **разработать пилотный проект по производству водорода с применением принципов СУРООН;**

d) и наконец, разработать гарантию происхождения водорода (ГПВ).

II. Введение

8. Согласно последнему по времени докладу третьей рабочей группы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) «Изменение климата 2022: смягчение последствий изменения климата»³, опубликованному в апреле 2022 года, «в отсутствие дополнительного ужесточения политики по сравнению с уже осуществленными к концу 2020 года мерами, после 2025 года прогнозируется рост объема выбросов ПГ, согласно прогнозам, возрастет, что приведет к росту медианного показателя глобального потепления на 3,2 [2,2–3,5] °C к 2100 году». Авторы доклада призвали принять неотложные меры по сокращению и окончательному устранению всех антропогенных выбросов ПГ, чтобы избежать наиболее разрушительных последствий изменения климата.

9. Устойчивое, низкоуглеродное и возобновляемое производство водорода было предложено в качестве одного из возможных способов минимизации изменения климата. Разработка устойчивых низкоуглеродных водородных проектов может способствовать повышению темпов декарбонизации в отраслях, где сложно добиться сокращения объема выбросов, таких как металлургия, цементная промышленность или производство удобрений.

10. Расширить производство водорода в достаточно сжатые сроки, необходимые для того, чтобы избежать наиболее разрушительных последствий изменения климата, будет затруднительно, принимая во внимание нынешнюю степень проработки этих проектов, а также тот факт, что для производства водорода требуется больше энергии, чем извлекается при его использовании; водород является носителем (переносчиком), а не источником энергии. Таким образом, необходимо обеспечить изобилие недорогой энергии, но эта энергия распределяется неравномерно. Поэтому директивным органам следует рассмотреть различные варианты производства, такие как новые способы использования избыточной возобновляемой энергии (концепция power to X), производство водорода из ископаемого топлива на основе более интенсивных исследований в области пиролиза или расширения нынешних способов производства в сочетании с улавливанием, использованием и хранением углерода (УИХУ), либо

³ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>.

производство водорода с использованием ядерной энергии. Судя по нынешнему энергетическому балансу большинства стран, производство водорода только с использованием низкоуглеродной энергии не покрывает потребности энергоемких отраслей промышленности, производящих материалы, которые жизненно важны для энергетического перехода.

11. Водородные проекты потенциально способны облегчить достижение целей в области декарбонизации, однако непоследовательность и/или недостаточность нормативно-правовой базы и отсутствие прозрачных и ликвидных международных водородных рынков являются дополнительными препятствиями к формированию мощной водородной экономики в регионе ЕЭК и во всем мире. Для расширения масштабов устойчивых водородных проектов⁴ и содействия международной торговле водородом понадобится синхронизировать и согласовать национальные нормативно-правовые базы и вспомогательные механизмы. Принятие юридических определений и разработка четкой таксономии водорода «обеспечит правовую определенность и будет способствовать сотрудничеству и инвестициям». Проведенная ранее работа ЕЭК в области ресурсов полезных ископаемых и других видов сырья, УИХУ, геотермальных и других новых возобновляемых источников энергии могла бы стать отличной отправной точкой для создания нормативно-правовой базы для водорода.

12. Разработка четкой классификации водорода могла бы способствовать повышению прозрачности водородного рынка и улучшению ценообразования в интересах всех заинтересованных сторон — правительств и директивных органов, промышленности, финансового сектора и гражданского общества всех государств — членов ЕЭК.

13. Наличие классификации водорода могло бы побудить инвесторов сосредоточиться на более устойчивых проектах, связанных с методами управления крупными инженерными проектами на основе матрицы структуры проекта и с таблицами «затраты–выпуск» для проведения национального эконометрического анализа. За этим последовали бы разработка ключевых показателей эффективности и сбор достоверной информации. В этом смысле классификация водорода служит платформой, позволяющей измерять устойчивость проектов на основе ключевых показателей эффективности, последовательной оценки и информирования заинтересованных сторон. Кроме того, она упрощает процессы принятия решений на уровне правительства, помогает заинтересованным сторонам в промышленности повышать эффективность своих усилий по соблюдению более масштабных социальных, экологических и экономических требований, что позволяет снизить общий объем выбросов ПГ, свести к минимуму энергетические потери и экономический ущерб, а также оказать поддержку общинам.

14. Кроме того, в классификации водорода также можно было бы учесть правила регулирования рынка капитала, разрабатываемые в Европейском союзе (ЕС) и в других субрегионах ЕЭК. Она опиралась бы на объективные и научно обоснованные критерии, показатели и методики.

15. Как подчеркивает Группа экспертов по газу⁵, разработка четкой ГПВ требует создания научно обоснованной классификации водородных проектов, учитывающей выбросы CO₂ по всей цепочке создания стоимости. При этом можно было бы использовать и другие критерии, такие как социальная, природоохранная и экономическая жизнеспособность, техническая осуществимость или оценки параметров проектов. Именно это и предусматривает разрабатываемый трехмерный подход ФКООН и СУРООН.

⁴ ECE-ENERGY-2021-20-ACN — роль водорода — акцент на гарантиях происхождения.

⁵ https://unece.org/sites/default/files/2021-04/ECE_ENERGY_GE.8_2021_2_Final.pdf, пункт 45.

III. Сходство и различия между терминологией, классификацией и таксономией

16. В контексте настоящего документа даются определения следующих понятий:

- **водородная таксономия ООН:** система классификации водорода, способствующая развитию производства водорода и торговли им путем определения сопутствующих выбросов ПГ и других социально-экономических последствий;
- **классификация проектов и программ:** способ определения различных взаимосвязанных проектов, в данном случае проектов по производству водорода, производству необходимой для этого энергии и использованию водорода, на основе общих критериев, таких как углеродоемкость производства, другие социальные, экологические и экономические критерии, техническая осуществимость или оценки количественных параметров проектов и программ;
- **управление ресурсами:** в Глоссарии общих терминов РКООН приводится следующее определение ресурсов: «совокупное количество продуктов, которые производятся и/или потребляются проектом с определенной даты и оцениваются в контрольной точке (точках) проекта». Ресурс имеет экологическую, социальную и экономическую ценность и может быть возобновляемым (например, солнечная и ветряная энергия, подземные воды, природный водород в геологических формациях) или невозобновляемым. Ресурсы могут быть предназначены для первичного использования (например, минеральные ресурсы, углеводороды, возобновляемые источники энергии, подземные воды, поровое пространство для хранения CO₂) и могут быть получены в результате или после первичного использования в качестве вторичных ресурсов (например, антропогенные ресурсы, остатки и хвосты горнодобывающей промышленности, остатки переработки или рафинирования, строительные отходы)⁶. В проекте принципов и требований СУРООН содержится следующее определение управления: «деятельность по распоряжению ресурсами или по их использованию или по обеспечению эффективности использования ресурсов»⁷;
- **терминология:** набор терминов, глоссарий, обычно используемый для описания водорода и его цепочки создания стоимости. Она будет разработана в рамках процесса классификации для устранения пробелов, которые не позволяют восполнить общий глоссарий РКООН.

IV. Существующая терминология, таксономия и классификация

A. Общепринятая терминология: цветовые коды водорода

17. Используемая в настоящее время неофициальная классификация водорода обусловлена методами его производства. Эту классификацию водорода часто используют как профессионалы, так и общественность. Она предусматривает присвоение водороду цветового кода в зависимости от метода его производства и источника.

⁶ https://unece.org/sites/default/files/2022-03/ECE_ENERGY_GE.3_2022_3.pdf.

⁷ https://unece.org/sites/default/files/2022-04/ECE_ENERGY_GE.3_2022_6.pdf.

Рис. I
Упрощенная картограмма цветных кодов водорода (ЕЭК)

| Colors | Black Hydrogen | Grey Hydrogen | Blue Hydrogen | Turquoise Hydrogen | Yellow Hydrogen | Pink Hydrogen | Green Hydrogen |
|---------|----------------|---------------|--|--------------------|---------------------|---------------|------------------|
| Process | Gasification | SMR | SMR or gasification with carbon capture (85-95%) | Pyrolysis | Sulfur-iodine cycle | Electrolysis | Electrolysis |
| Source | Coal | Methane | Methane or coal | Methane | Nuclear power | Nuclear power | Renewable Energy |

18. «Зеленый водород» — это водород, получаемый путем электролиза с использованием возобновляемых источников энергии (включая биомассу).

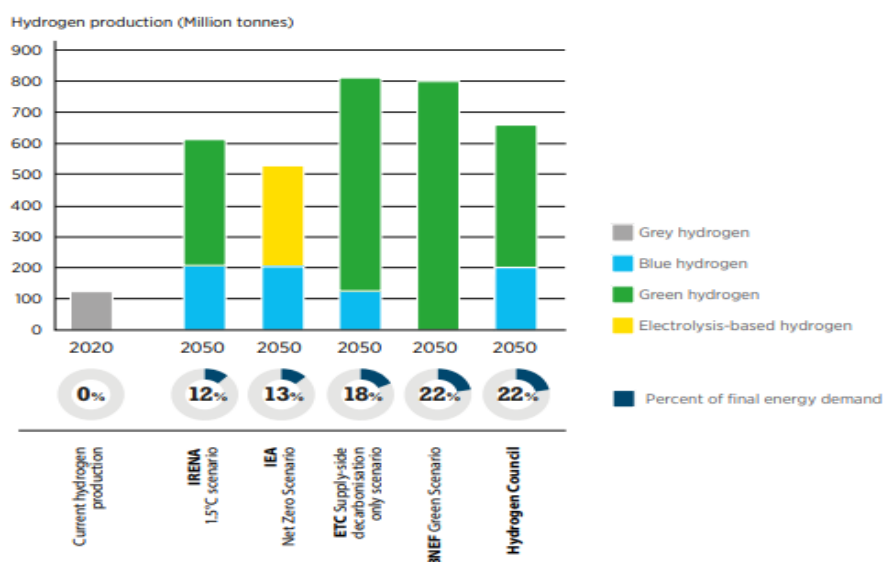
19. «Серый водород» представляет собой большую часть водорода, производимого в настоящее время (>90 %)⁸: это водород, производимый из ископаемого топлива, например, из природного газа путем паровой конверсии метана, или путем электролиза с использованием невозобновляемых источников энергии.

20. «Черный водород» или «коричневый водород» — это водород, производимый путем газификации каменного угля.

21. «Голубой водород» или «бирюзовый водород» — это водород, производимый из ископаемого топлива при сопутствующем уменьшении объема выбросов CO₂ за счет использования УИХУ. При оценках производства «голубого» водорода не обязательно учитываются выбросы метана на предшествующих этапах технологического процесса.

22. Водород, получаемый на атомных электростанциях (АЭС), иногда называют «желтым»⁹, если он производится при помощи одного из нескольких термодинамических циклов (например, серно-йодного цикла), или «розовым», если он производится путем электролиза из электроэнергии, вырабатываемой на АЭС.

Рис. II
Прогнозы производства водорода в 2050 году



⁸ <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/11/the-hydrogen-trajectory.html>.

⁹ «Розовый» водород — это водород, производимый путем электролиза с использованием электроэнергии, вырабатываемой на атомных электростанциях. «Желтый» водород — это водород, производимый посредством различных термодинамических процессов с использованием тепла, вырабатываемого атомными электростанциями. Иногда эти термины используются как взаимозаменяемые.

Вывод

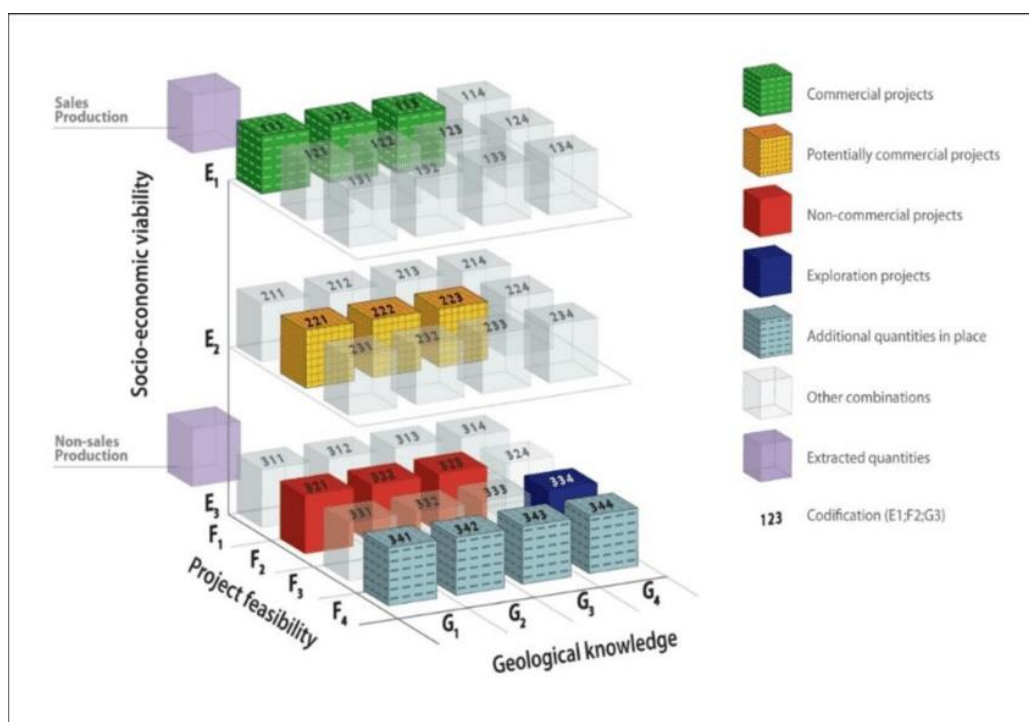
23. Для международной торговли польза от классификации водорода на основе цветных кодов весьма ограничена, поскольку жизненный цикл выбросов, возникающих при производстве водорода тем или иным способом, может существенно варьироваться в зависимости от переменных факторов, связанных с применением конкретного способа производства, таких как выбросы на предшествующих этапах технологического процесса или доля улавливаемого углерода. Классификация на основе цветных кодов не учитывает при расчете углеродного следа всю цепочку создания стоимости и фокусируется только на методе производства водорода. Кроме того, в цепочке создания стоимости часто присутствуют другие производственные объекты, цветовой код которым не присваивается или не может быть присвоен.

В. Система классификации ЕЭК: РКООН

24. РКООН представляет собой основанную на принципах систему классификации проектов, связанных с ресурсами, при помощи системы числового кодирования с опорой на три основополагающих критерия: i) экологическую и социально-экономическую жизнеспособность (E), ii) техническую осуществимость (F) и iii) степень достоверности оценки (геологическую изученность) (G). Сочетание этих критериев создает трехмерную систему классификации.

Рис. III

Трехмерная система РКООН (ЕЭК)



25. РКООН — это классификация проектов, сферу применения которой можно расширить и на взаимозависимые проекты. Проекты классифицируются по степени социальной, экологической и экономической зрелости и технической осуществимости. К параметрам проектов относятся источники, продукты, затраты, выбросы, элементы цепочки поставок и элементы цепочки продуктов в виде скалярных величин и в виде временных рядов в зависимости от потребностей пользователей. Оценки параметров применяются для проектов в зависимости от уровня их классификации, с категоризацией, отражающей степень уверенности в оценке с учетом области неопределенности. Существует матричный метод управления ресурсами, при помощи которого взаимосвязанные проекты можно рассматривать в

сочетании друг с другом, показывая соответствие объемов и сроков производства: например, проект производства водорода может быть увязан с проектом производства энергии. Это обычная потребность для антропогенных проектов, в рамках которых исходные ресурсы могут производиться в процессе осуществления проекта.

Вывод

26. РКООН и СУРООН можно применять к проектам по производству и использованию водорода. Однако если речь идет о производственных проектах, то в центре внимания оказываются только элементарные формы РКООН. Чтобы охватить всю цепочку создания стоимости и систематически учитывать пороговые значения выбросов углерода, потребуется взаимоувязка таких проектов. СУРООН призвана определить базовые условия для содействия достижению ЦУР, включая сокращение объема выбросов ПГ.

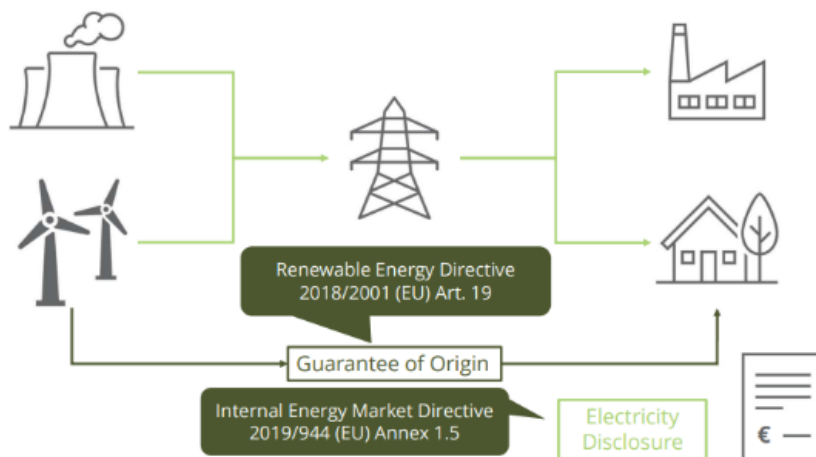
С. Гарантия происхождения

Рис. IV

**Законодательство ЕС в отношении гарантии происхождения
(Ассоциация органов, выдающих утверждения (АОБУ))**

European Legislation

Guarantees of Origin



27. Механизм гарантии происхождения (ГП) был введен в 2001 году на основании Европейской директивы 2001/77/ЕК¹⁰, чтобы повысить осведомленность о производителях электроэнергии из возобновляемых источников. Согласно Директиве о возобновляемых источниках энергии 2018/2001/ЕС¹¹, ГП-ЕС — это инструмент отслеживания, который поставщики энергии могут использовать для информирования конечных потребителей о доле энергии из возобновляемых источников в поставляемой электроэнергии, газе или тепле/холоде и предоставления информации об источниках энергии.

28. Передаваемая (обращаемая) электронная ГП устанавливает единую трансграничную схему для предъявления подающихся проверке требований на основании масштабов производства энергии из возобновляемых источников во всем регионе. При использовании системы ГП нет необходимости в подробном физическом отслеживании потоков энергии, так как торговля сертификатами ГП может осуществляться на независимой основе. Таким образом, при применении системы ГП потребителю не нужно покупать энергию непосредственно у производителя энергии

¹⁰ Европейская директива 2001/77/ЕК.

¹¹ Директива о возобновляемых источниках энергии 2018/2001/ЕС.

из возобновляемых источников, чтобы получить положительные внешние эффекты от источника, подтвержденного ГП.

29. Идея ГП была впервые выдвинута ЕЭК. А именно, на своей тридцатой сессии¹² Комитет признал роль, которую ГП способна сыграть в достижении углеродной нейтральности, и предложил разработать ГПВ. Подчеркнув важность практической реализации рекомендаций, изложенных в документе ECE/ENERGY/2020/8, Группа экспертов по газу на своей восьмой сессии рекомендовала:

а) *«согласовать всеобъемлющую и научно обоснованную терминологию для возобновляемых, низкоуглеродных и декарбонизированных газов, начиная с водорода, и использовать эту согласованную терминологию для коррекции юридических определений в национальном законодательстве, обеспечения четкой таксономии и содействия сотрудничеству и инвестициям»;*

б) *«разработать обращаемую гарантию происхождения водорода (ГПВ) для разделения физических и коммерческих потоков и, тем самым, ускорить внедрение водорода. Группа экспертов предложила свою помощь государствам-членам в разработке ГП или аналогичных механизмов».*

Вывод

30. Механизм ГП требует разработки четкой терминологии, позволяющей корректировать национальные юридические определения и обеспечивать четкую таксономию.

D. Водородная таксономия: происхождение, сферы применения, преимущества и возникающие проблемы

31. Таксономия ЕС была утверждена в 2020 году Регламентом (ЕС) 2020/852¹³ Европейского парламента и Совета о создании основы для облегчения устойчивых инвестиций. Таксономия ЕС — это первая в истории унифицированная система классификации экологически устойчивой экономической деятельности. Это инструмент обеспечения прозрачности, позволяющий направлять частные инвестиции в экологически устойчивую деятельность, ускоряя темпы перехода к лучшему и более чистому будущему.

32. Таксономия ЕС определяет три категории экономической деятельности:

- **экологически устойчивая деятельность:** чтобы считаться экологически устойчивой, деятельность должна соответствовать четырем критериям: она должна вносить существенный вклад в достижение одной из шести экологических целей, определенных в Регламенте о таксономии, не наносить значительного ущерба ни одной из пяти других целей, обеспечивать соблюдение минимальных социальных гарантий и соответствовать техническим критериям отбора, определяемым в так называемых делегированных актах;
- **переходная деятельность:** в контексте деятельности, вносящей существенный вклад в достижение цели смягчения последствий изменения климата, Регламент о таксономии признает деятельность, для которой нет технологически и экономически целесообразных низкоуглеродных альтернатив, «переходной», *«если производимый ею объем выбросов парниковых газов оказывается существенно ниже, чем в среднем по сектору или отрасли, если она не препятствует разработке и внедрению низкоуглеродных альтернатив и не приводит к блокировке активов, несовместимой с целью обеспечения климатической нейтральности, учитывая экономический срок службы этих*

¹² ECE/ENERGY/2021/20 — Достижение углеродной нейтральности — роль водорода: акцент на гарантиях происхождения, https://unece.org/sites/default/files/2021-09/ECE_ENERGY_2021_20-ACN-role-of-hydrogen.pdf.

¹³ Регламент о таксономии Европейского союза.

активов». Таким образом, переходная деятельность является одним из тех видов экологически устойчивой экономической деятельности, которые вносят существенный вклад в достижение цели смягчения последствий изменения климата;

- **стимулирующая деятельность:** деятельность, непосредственно «предоставляющая другим видам деятельности возможность внести существенный вклад в достижение одной или нескольких экологических целей. Стимулирующая деятельность не должна приводить к блокировке активов, подрывающей достижение долгосрочных экологических целей, учитывая экономический срок службы этих активов, и должна оказывать существенное положительное воздействие на окружающую среду».

33. Первая таксономия ЕС, посвященная смягчению последствий изменения климата и адаптации к нему, была принята Европейской комиссией в июне 2021 года и вступила в силу 1 января 2022 года. Делегированный акт ЕС по таксономии климата охватывает 13 секторов экономики, на долю которых приходится более 80 % выбросов ПГ в ЕС. Согласно Делегированному акту ЕС по таксономии климата¹⁴, производство водорода может быть признано существенным вкладом в смягчение последствий изменения климата, если:

- производство водорода «соответствует требованию, предусматривающему сокращение выбросов ПГ в течение жизненного цикла в размере 73,4 % для водорода [что составляет 3 т CO₂-экв. на тонну H₂] и 70 % для синтетического топлива на основе водорода по сравнению с сопоставимым показателем для ископаемого топлива в 94 г CO₂-экв./МДж по аналогии с подходом, изложенным в пункте 2 статьи 25 приложения V к Директиве (ЕС) 2018/2001». Объем сокращения выбросов в течение жизненного цикла подлежит расчету с использованием любой из трех альтернативных методологий и проверке. Если производственные процессы предусматривают улавливание углерода для подземного хранения, транспортировка и хранение углерода должны соответствовать соответствующим техническим критериям отбора, определенным в делегированном акте ЕС по таксономии климата;
- производство электроэнергии из возобновляемого неископаемого водорода считается устойчивым, если оно соответствует пороговому значению в 100 г эквивалента диоксида углерода (CO₂-экв.) на кВт ч.

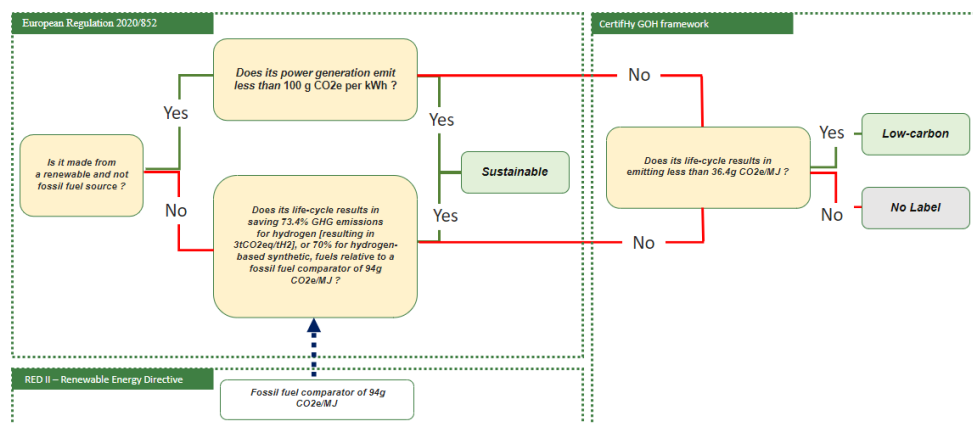
34. Пороговое значение для «низкоуглеродного водорода» было предложено в рамках программы сертификации ГПВ CertifHy. Согласно данной программе, для того, чтобы водород был признан «низкоуглеродным», след ПГ от производства водорода не должен превышать 36,4 г CO₂-экв./МДж H₂¹⁵.

35. Наконец, необходимо обеспечивать единообразие предположений о чистоте водорода, чтобы иметь возможность сравнивать выбросы, получаемые в течение жизненного цикла при использовании различных способов производства водорода, и обеспечивать возможность торговли ГПВ. Общепризнанная чистота водорода в промышленности составляет 98 %, при этом оставшиеся 2 % составляют примеси, такие как воздух. В принципе, в большинстве случаев применения водорода в отраслях, с трудом обеспечивающих сокращение объема выбросов, не требуется водород высокой чистоты, поэтому эти значения могут быть значительно ниже, если водород предназначен для использования в процессах горения или в качестве восстановителя. Более низкие пороговые значения позволили бы выйти на рынок ГПВ всем субъектам, особенно тем, кто работает в промышленности, энергетике, металлургии или цементной промышленности. Более низкие пороговые значения позволили бы также перепрофилировать газовую инфраструктуру для транспортировки и хранения водорода.

¹⁴ Регламент о таксономии Европейского союза — первый делегированный акт.

¹⁵ CertifHy — разработка европейской нормативно-правовой базы для предоставления гарантий происхождения «зеленого» водорода.

Рис. V
Диаграмма таксономии водорода Европейского союза (ЕЭК)



Вывод

36. Таксономия ЕС предусматривает целостный подход к достижению экологических целей и является надежным, научно обоснованным инструментом обеспечения прозрачности, согласованным с отраслевой политикой ЕС. В вопросах производства водорода она опирается на технологически нейтральный пороговый показатель экономии выбросов ПГ, обозначая существенный вклад этой деятельности в смягчение последствий изменения климата. При использовании дополнительных критериев, таких как экономические, социальные и экологические соображения, можно получить гарантию того, что эта деятельность не нанесет значительного ущерба ни одной из других пяти экологических целей, обеспечивая существенный вклад в предотвращение изменения климата.

V. Рекомендации по предлагаемым дальнейшим действиям для ЕЭК и ее государств-членов

37. В настоящем разделе изложен ряд рекомендаций, предлагаемых Комитету на рассмотрение.

38. Первым шагом на пути к разработке классификации водородных проектов ЕЭК могла бы стать выработка четкой и общепринятой терминологии для водорода.

39. Государства — члены ЕЭК могли бы провести оценку руководства по анализу жизненного цикла, разрабатываемого Международным партнерством по использованию водорода в экономике (МПВЭ), на предмет его применения при разработке таксономии ЕЭК. В состав МПВЭ входят представители 22 стран и Европейской комиссии; многие из них в течение двух лет сотрудничали с целью разработки взаимосогласованных методов анализа жизненного цикла производства водорода из возобновляемого и ископаемого сырья. Рабочий проект этого документа был опубликован в 2021 году после рассмотрения несколькими отраслевыми организациями и может стать основой для разработки будущих международных стандартов. В 2022 году планируется выпустить пересмотренный проект, охватывающий дополнительные способы производства водорода, а также методы его подготовки для хранения (например, сжижение) и транспортировки (например, транспортными судами).

A. Распространение действия РКООН на водород как первый шаг на пути к разработке таксономии

40. В качестве первого шага государства — члены ЕЭК могли бы предложить распространить действие РКООН на водородные проекты и включить пороговые значения выбросов CO₂ в качестве одного из критериев для оценки экологической и

социальной-экономической жизнеспособности (ось E) производства водорода. В дополнение к этому государства-члены могли бы рассмотреть рабочий документ МПВЭ «Методология определения показателей выбросов парниковых газов, связанных с производством водорода» и привести будущие системы подотчетности в соответствие с этим подходом, насколько это возможно, чтобы обеспечить согласованность с другими глобальными подходами к подотчетности¹⁶.

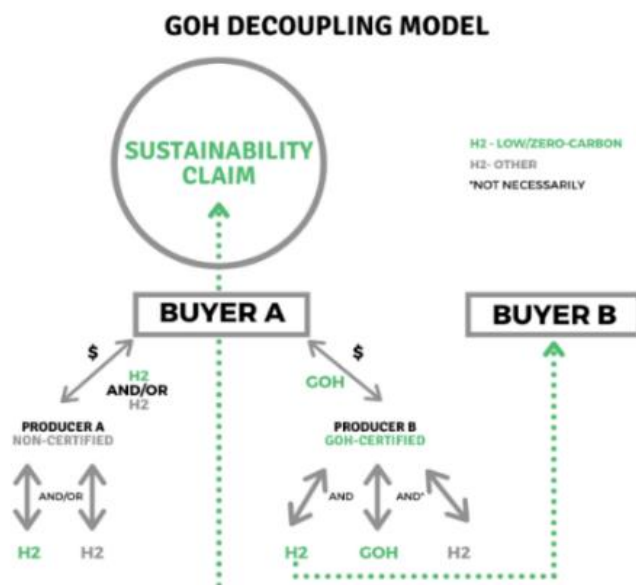
В. Создание оригинальной таксономии ЕЭК, включающей пороговые значения выбросов CO₂ и социально-экономические критерии

41. В таксономии ЕЭК можно использовать критерии делегированного акта ЕС «Таксономия климата», касающиеся производства водорода. Государства — члены ЕЭК могут разработать свою собственную систему классификации, используя в качестве ориентира критерии, установленные Таксономией ЕС¹⁷. Они могут ввести в действие различные пороговые значения. Кроме того, они могут включить в свою систему классификации другие экономические, социальные и экологические аспекты, указанные в РКООН. Кроме того, они могут включить в свою систему классификации другие экономические, социальные и экологические аспекты. Можно было бы привести в соответствие с нормами ЕС регламентирующую деятельность в США Комиссии по ценным бумагам и биржам США (КЦББ) и Совета по международным стандартам финансовой отчетности (МСФО) и по международным стандартам устойчивости (СМСУ), что позволило бы расширить географический охват будущей таксономии ЕЭК.

С. Разработка гарантии происхождения водорода (ГПВ)

Рис. VI

Законодательство Европейского союза в отношении гарантии происхождения (ЕЭК)



¹⁶ <https://www.iphe.net/iphe-working-paper-methodology-doc-oct-2021>.

¹⁷ ЕК (2021 год). Приложение к Делегированному регламенту Комиссии (ЕС), .../... которое дополняет Регламент (ЕС) 2020/852 Европейского парламента и Совета, устанавливая технические критерии отбора для определения условий, при которых экономическая деятельность квалифицируется как вносящая существенный вклад в смягчение последствий изменения климата или адаптацию к изменению климата, и для определения того, не наносит ли эта экономическая деятельность существенного вреда какой-либо из других экологических целей.

42. ЕЭК могла бы извлечь полезную информацию, изучив существующие схемы оценки соответствия в отношении производства водорода и других видов энергии, такие как существующее руководство МПВЭ и руководство МПВЭ, находящееся в стадии разработки. Государства — члены ЕЭК, еще не присоединившиеся к МПВЭ, могут рассмотреть возможность присоединения к нему и участия в работе целевой группы по анализу производства водорода. Затем ЕЭК могла бы обозначить проблемы, примеры передового опыта и пробелы — т. е. собрать любые данные, которые могут оказаться полезными при разработке типовой процедуры обрабатываемой сертификации водорода. Этот типовой инструмент должен действовать во всем регионе ЕЭК. При наличии такой возможности в процессе оценки ГПВ следует охватить расширенный цикл производства водорода, а не только непосредственную стадию производства¹⁸.

43. Доход от продажи ГПВ можно было бы использовать для развития производства водорода с низким/нулевым содержанием углерода. Это требование могло бы способствовать укреплению экологической репутации эмитента ГПВ.

D. Разработка пилотного проекта по производству водорода с применением принципов СУРООН

44. Государствам — членам ЕЭК следует рассмотреть вопрос о применении принципов СУРООН в отношении водорода в рамках осуществления специального пилотного проекта.

¹⁸ Это означает, что основной признанной целью является снижение роста температуры, альтернативный путь — побудить в обязательном порядке предоставлять отчеты о выбросах, исходящих от всех энергоносителей, а не только от водородного цикла.

Библиография

- Technology Brief on Hydrogen, UNECE, from https://unece.org/sites/default/files/2022-02/Hydrogen%20brief_EN_final.pdf (2022)
- Role of Hydrogen: Focus on the Guarantees of Origin, UNECE, ECE-ENERGY-2021-20-ACN, from https://unece.org/sites/default/files/2021-09/ECE_ENERGY_2021_20-ACN-role-of-hydrogen.pdf (2021)
- AIB Annual Report from: <https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/news-events/annual-reports/AIB%20Annual%20Report%202019%20web.pdf> (2019)
- Spotlight on Taxonomy, European Union Technical Expert Group on Sustainable Finance (TEG) available at https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/sustainable-finance-taxonomy-spotlight_en.pdf (2019)
- Developing a European Framework for the generation of guarantees of origin for green hydrogen, CertifHy, from <https://www.hinicio.com/file/2017/01/CertifHy-definition-outcome-and-scope-LCA-analysis.pdf> (2019)
- Hydrogen: A renewable Energy Perspective, IRENA, from: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf (2019)
- Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
- Directive (EU) 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077&from=FR>
- Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/208: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32020R0852>
- Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций, обновление 2019 года, ЕЭК ООН: https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/UNFC_ES61_Update_2019.pdf

Приложение

Техническое приложение для читателя без специальной технической подготовки

I. Методы производства водорода

A. Производство водорода из природного газа

1. На сегодняшний день основным источником водорода является природный газ: его доля составляет около 70 %. Из низкоуглеродных источников производится менее 5 % водорода. По данным Bloomberg NEF 2020¹⁹, усредненная стоимость водорода, полученного из природного газа, без учета затрат на улавливание и хранение углерода (УХУ), составляет 0,7–2,3 долл. США/кг, а с учетом затрат на УХУ — 1,4–2,9 долл. США/кг. Существуют три основных метода производства водорода из природного газа²⁰:

- паровая конверсия метана (ПКМ);
- парциальное окисление;
- пиролиз метана.

2. Водород, произведенный из ископаемого топлива без УХУ, обычно называют «серым», а водород, произведенный из ископаемого топлива с УХУ, обычно называют «голубым». Водород, получаемый путем пиролиза метана, приводит к образованию побочного продукта — твердого углерода — и иногда носит название «бирюзовый» водород.

B. Производство водорода из каменного угля

3. В настоящее время из каменного угля производится около 25 % водорода. Затраты на газификацию каменного угля в сочетании с УИХУ обычно составляют 1,9–2,4 долл. США на килограмм водорода, при этом в Китае затраты составляют всего 1,6 долл. США на килограмм водорода. Что касается выбросов, то использование УИХУ при коэффициенте улавливания 90 % позволяет снизить углеродоемкость этого процесса до уровня менее 3 кг CO₂ на килограмм H₂²¹. Цветовой код водорода, получаемого из каменного угля, — «черный» или «коричневый».

C. Производство водорода из возобновляемых источников энергии

4. Один из видов «зеленого» водорода создается в процессе электролиза, при котором электроэнергия из возобновляемых источников используется для расщепления воды на составляющие компоненты — кислород и водород. В настоящее время доля этого водорода на рынке остается низкой — на него приходится менее 5 % от общего объема производства водорода — и, по данным Международного энергетического агентства, общая мощность электролизеров, установленных во всем мире, составляет около 300 МВт. Для достижения текущих целей ЕС этот показатель необходимо увеличить до 6 ГВт к 2024 году и до 40 ГВт к 2030 году. Достижению этой цели может способствовать производство и установка электролизеров с протонообменной мембраной, щелочных или твердооксидных электролизеров²².

¹⁹ Hydrogen Economy Outlook Key messages March 30, 2020 - BloombergNEF.

²⁰ UNECE – Technology Brief – Hydrogen.

²¹ UNECE – Technology Brief – Hydrogen - 2021.

²² UNECE – Technology Brief – Hydrogen - 2021.

D. Производство водорода из биомассы

5. Для производства водорода из биомассы, или биоводорода, применяются живые микроорганизмы из лигноцеллюлозной биомассы на основе воспроизводимых ресурсов. В настоящее время это производство находится на стадии опытно-демонстрационных работ, и лишь некоторые разработки выходят на этап коммерческого использования. Водород, получаемый из биомассы, часто рассматривают как один из видов «зеленого» водорода²³.

E. Производство водорода из ядерной энергии

6. Некоторые страны предпочитают развивать атомную энергетику, с тем чтобы она могла играть важную роль в их энергобалансе в качестве жизнеспособного способа декарбонизации. Другие страны приняли решение отказаться от атомной энергетики по разным причинам, одни — из-за наличия природных ресурсов, а другие — из-за опасений, связанных с безопасностью и отходами. Некоторые страны рассматривают атомную энергетику как важный источник низкоуглеродной электроэнергии и тепла. В будущем страны, принявшие такое решение, могут также использовать ядерную энергию для производства «розового» или «желтого» водорода при помощи ряда низкоуглеродных процессов. Производство электроэнергии в объеме, достаточном для удовлетворения прогнозируемого на 2050 год спроса на водород в размере 650 млн т в год, могли бы обеспечить около 100–130 новых ядерных реакторов, сопоставимых по мощности с устанавливаемыми на АЭС «Хинкли-Пойнт С». Это означает удвоение установленной мощности атомных электростанций на планете. Альтернативой проектам строительства ядерных энергоблоков являются малые модульные ядерные реакторы. Существует ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских (НИОКР) проектов, предусматривающих использование атомной энергетики в качестве распределенного источника энергии мощностью до 15 МВт, способного обеспечить электроэнергией 10 000 домов. Можно соединить электролизеры с действующими атомными электростанциями с тем, чтобы атомные электростанции поставляли в электролизер электроэнергию и/или тепло. Эти гибридные энергетические системы способны повысить рентабельность атомных электростанций, становясь для них дополнительным источником дохода. Полученный водород может быть использован для декарбонизации различных отраслей промышленности в регионе.

7. Цветовой код для водорода, произведенного таким способом, — «желтый» или «розовый».

F. Затраты энергии на производство водорода

8. Для производства водорода могут потребоваться различные источники электроэнергии и энергоснабжения в зависимости от технологии производства:

- **электролиз:** в идеальных условиях эффективная система электролиза потребует для производства 1 кг водорода 39 кВт·ч электроэнергии. Однако, как правило, в этом процессе применяют менее эффективные устройства с реальным электрическим КПД 70–80 %. Типичный эксплуатационный показатель в данном процессе составляет около 50 кВт·ч²⁴ на 1 кг водорода;
- **пиролиз метана:** для производства 1 кг водорода путем пиролиза метана требуется около 5 кВт·ч²⁵ электроэнергии для выработки технологического тепла;

²³ UNECE – Technology Brief – Hydrogen - 2021.

²⁴ Werner Zittel; Reinhold Wurster (1996-07-08). “Chapter 3: Production of Hydrogen. Part 4: Production from electricity by means of electrolysis”. *HyWeb: Knowledge - Hydrogen in the Energy Sector*. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH.

²⁵ Karlsruhe Institute of Technology. “Hydrogen from methane without CO2 emissions”.

- **паровая конверсия метана:** для производства 1 кг водорода методом паровой конверсии метана (ПКМ) требуется около 165 МДж тепла (или 45 кВт·ч электроэнергии — несколько меньше, чем требуется при электролизе).

9. В приведенной ниже таблице сравниваются затраты при использовании различных методов производства водорода.

| Type | Thermo-Chemical | | | | Electrolysis | | | Biological | | |
|--|-------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|--|
| Conversion pathway | Steam methane reforming | Coal Gasification | Biomass Gasification | Biomass Reformation | Proton exchange membrane (PEM) | Solid oxide electrolysis cells (SOEC) | Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/out ER | Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/ER | Dark fermentation + microbial electrolysis cell (MEC), w/H ₂ recovery | |
| Abbreviation | SMR | CG | BMG | BDL-E | E-PEM | E-SOEC | DF-MEC w/out ER | DF-MEC w/ER | DF-MEC w/H ₂ recovery | |
| Feedstock | Natural gas | Coal | Corn Stover | Ethanol | Electricity | Electricity | Corn Stover | Corn Stover | Corn Stover | |
| Natural gas (MJ/kg H ₂) | 165 | - | 6.228 | - | - | 50.76 | 22.9 | - | - | |
| Coal (kg/kg H ₂) | - | 7.8 | - | - | - | - | - | - | - | |
| Biomass (kg/kg H ₂) | - | - | 13.5 | 6.54 | - | - | 23.0 | 23.0 | 23.0 | |
| Electricity (kWh/kg H ₂) | 1.11 | 1.72 | 0.98 | 0.49 | 54.6 | 36.14 | 21.6 | 6.03 | 21.6 | |
| Water (kg/kg H ₂) ¹ | 21.869 | 2.91 | 305.5 | 30.96 | 18.04 | 9.1 | 104.225 | 104.225 | 104.225 | |

10. Чтобы взглянуть на эти показатели под новым углом, следует знать, что 1 кг водорода содержит 33,33 кВт·ч полезной энергии, в то время как бензин и дизельное топливо содержат только около 12 кВт·ч/кг²⁶.

II. Таксономия водорода Европейского союза

11. В апреле 2021 года Европейская комиссия опубликовала первый делегированный акт к Регламенту о таксономии, непосредственно посвященный водороду. Согласно этому делегированному акту²⁷, водород может быть признан устойчивым, если:

- производство водорода *«соответствует требованию, предусматривающему экономию выбросов ПГ в течение жизненного цикла в размере 73,4 % для водорода [что составляет 3 т CO₂-экв. на тонну H₂] и 70 % для синтетического топлива на основе водорода по сравнению с сопоставимым показателем для ископаемого топлива в 94 г CO₂-экв./МДж»;*
- производство электроэнергии из возобновляемого неископаемого водорода считается устойчивым, если оно соответствует пороговому значению в 100 г CO₂-экв. на кВт·ч;
- в проекте приложения I устанавливаются дополнительные требования к производственной деятельности в отношении улавливания и хранения углерода: транспортировка CO₂ от установки, где он улавливается, до точки закачки не должна приводить к утечкам CO₂ свыше 0,5 % от массы транспортируемого CO₂ (пункт 5.11); необходимо применять надлежащие системы обнаружения утечек; также должен действовать план мониторинга, предусматривающий проверку отчетности независимой третьей стороной (пункт 5.11).

12. Кроме того, согласно принятым в рамках европейской стратегии «Зеленый курс»²⁸ взаимодополняющим документам «Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы»²⁹ и «Стратегия ЕС по интеграции энергетических систем»³⁰, водород и другие синтетические виды топлива имеют решающее значение для обеспечения декарбонизации. Например, в «Водородной стратегии для климатически нейтральной Европы» изложена особая классификация водорода:

- **водород на основе электроэнергии** — это водород, получаемый путем электролиза воды (в электролизере, работающем от электричества), вне

²⁶ <http://www.h2data.de>.

²⁷ Регламент о таксономии Европейского союза — первый делегированный акт.

²⁸ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en.

²⁹ COM(2020) 301 final.

³⁰ COM(2020) 299 final.

зависимости от использованного источника электроэнергии. Объем выбросов ПГ в течение всего жизненного цикла при производстве водорода на основе электроэнергии зависит от способа производства электроэнергии;

- **возобновляемый водород** — это водород, получаемый путем электролиза воды, при этом используемая электроэнергия поступает из возобновляемых источников. Объем выбросов ПГ в течение всего жизненного цикла при производстве возобновляемого водорода близок к нулю. Возобновляемый водород может также производиться путем конверсии биогаза (вместо природного газа) или биохимической конверсии биомассы, если это соответствует требованиям экологической устойчивости;
- **водород на основе ископаемого топлива** — это водород, получаемый в результате различных процессов, сырьем для которых служит ископаемое топливо, в основном — путем конверсии природного газа или газификации каменного угля. На его долю приходится большая часть производимого в настоящее время водорода. Объем выбросов ПГ в течение всего жизненного цикла при производстве водорода на основе ископаемого топлива значительно выше, чем при производстве с использованием электроэнергии из возобновляемых источников;
- **водород на основе ископаемого топлива, производимый с улавливанием углерода**, — это один из видов водорода на основе ископаемого топлива, однако в этом процессе производства предусмотрено улавливание выделяемых ПГ. Объем выбросов ПГ при производстве водорода на основе ископаемого топлива с улавливанием углерода или пиролизом ниже, чем при производстве водорода на основе ископаемого топлива, однако при этом следует принимать во внимание варьирующуюся эффективность улавливания ПГ (максимум 90 %);
- **низкоуглеродный водород** включает в себя водород на основе ископаемого топлива, производимый с улавливанием углерода, и водород на основе электроэнергии; при этом обеспечивается существенное снижение объема выбросов ПГ в течение всего жизненного цикла по сравнению со средними показателями объема выбросов ПГ в течение всего жизненного цикла для остальных видов водорода. Следует отметить, что, согласно программе сертифицирования ГПВ CertifHy, для того чтобы водород был признан «низкоуглеродным», след ПГ от производства водорода не должен превышать 36,4 г CO₂-экв./МДж H₂. Однако это пороговое значение носит временный характер;
- **синтетическое топливо на основе водорода** — это различные виды газообразного и жидкого топлива на основе водорода и углерода. Чтобы синтетическое топливо считалось полученным из возобновляемых источников, водородная часть синтетического газа должна быть произведена из возобновляемых источников. К синтетическому топливу относятся, например, синтетический керосин, применяемый в авиации, синтетическое дизельное топливо для автомобилей, а также различные вещества, используемые при производстве химикатов и удобрений. Объемы выбросов ПГ при производстве синтетического топлива могут существенно различаться в зависимости от сырья и применяемых процессов. Что касается загрязнения воздуха, то сжигание синтетического топлива приводит к выбросам загрязняющих веществ в атмосферу на том же уровне, что и сжигание ископаемого топлива.

III. РКООН

13. В сентябре 2017 года на своей двадцать шестой сессии Комитет по устойчивой энергетике одобрил публикацию обновленной РКООН³¹. РКООН представляет собой ориентированную на связанные с ресурсами проекты и основанную на принципах

³¹ [Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций — обновленный вариант 2019 года.](#)

систему классификации для определения эколого-экономической жизнеспособности и технической осуществимости проектов по разработке ресурсов. РКООН обеспечивает последовательную основу для характеристики уровня уверенности в будущих объемах производства в рамках проекта. Эти проекты находятся в диапазоне от первых концептуальных исследований до полностью проработанного действующего проекта, отражающего стандартные принципы управления производственно-сбытовой системой.

14. РКООН представляет собой основанную на принципах систему, в которой продукция проекта, связанного с ресурсами, классифицируется на основе трех основополагающих критериев: i) экологической и социально-экономической жизнеспособности (E), ii) технической осуществимости (F) и iii) степени достоверности оценки (G) — с использованием системы цифрового кодирования. Сочетание этих критериев создает трехмерную систему классификации. Категории (например, E1, E2, E3) включают, в некоторых случаях, подкатегории (например, E1.1). Первая группа категорий (ось E) определяет степень благоприятности экологических, социальных и экономических условий для обеспечения жизнеспособности проекта, включая учет рыночных цен и соответствующих юридических, нормативных, природоохранных и договорных условий. Вторая группа категорий (ось F) определяет степень проработки технологий, исследований и принятых обязательств, необходимых для осуществления проекта. Третья группа категорий (ось G) обозначает степень достоверности оценки объема продукции, который предполагается получить в результате осуществления проекта. Категории и подкатегории являются «строительными блоками» системы и объединяются в «классы».
