

Водородная энергетика в странах АСЕАН

Галина Михайловна КОСТЮНИНА,
доктор экономических наук, профессор,
МГИМО МИД РФ
(119454, Москва, просп. Вернадского, 76),
кафедра Международных экономических
отношений и внешнеэкономических
связей им.Н.Н.Ливенцева – профессор,
e-mail: g.kostyunina@my.mgimo.ru

УДК:338.45:620.9;
ББК:65.304.13; Jel:Q43
DOI: 10.24412/2072-8042-2024-2-38-54

Аннотация

Рынок водорода в странах АСЕАН находится в стадии формирования. Из 10 государств-членов на Индонезию, Малайзию и Таиланд приходится $\frac{3}{4}$ регионального объема производства водорода, а Малайзия и Сингапур входят в «двадцатку» ведущих мировых экспортеров и импортеров водорода. Во многих государствах утверждены дорожные карты и программы развития водородной энергетики, а в Сингапуре – Национальная водородная стратегия. Продолжается реализация инвестиционных проектов в странах-партнерах, в том числе действует первая в мире цепочка поставок водорода из Брунея в Японию, построен первый в Юго-Восточной Азии завод по производству водорода в Малайзии. Развитие водородной энергетики в странах АСЕАН сталкивается с немалыми проблемами, из числа которых следует выделить: нехватку финансирования инвестиционных проектов; высокие капитальные затраты на производство; слабость государственной поддержки; недооцененность важности развития водородной энергетики для формирования низкоуглеродной экономики. В целом, несмотря на сохраняющиеся проблемы, страны АСЕАН имеют высокий потенциал, в том числе ресурсный, для развития водородной энергетики и превращения региона в мировой водородный хаб.

Ключевые слова: АСЕАН, водородная энергетика, низкоуглеродная экономика, углеродная нейтральность, альтернативная энергетика, «зеленый» водород, «голубой» водород, «серый» водород.

Hydrogen Energy in ASEAN Countries

Galina Mikhailovna KOSTYUNINA,
Doctor of Sciences in Economics, Professor; MGIMO-University (76 Prosp. Vernadskogo, Moscow, Russia 119454) - Department of International Economic Relations and Foreign Economic Affairs,
E-mail: g.kostyunina@my.mgimo.ru

Abstract

The hydrogen market in ASEAN countries is still nascent. Of the 10 Member States, Indonesia, Malaysia and Thailand account for three quarters of the regional hydrogen production, and Malaysia and Singapore are among the top twenty global exporters and importers of hydrogen.



Many States have approved roadmaps and programs for hydrogen energy development, and Singapore has a National Hydrogen Strategy. Implementation of investment projects in partner countries continues, including the world's first hydrogen supply chain from Brunei to Japan, and the first hydrogen production plant in Southeast Asia in Malaysia. The development of hydrogen energy in ASEAN countries faces many challenges, among which: lack of financing for investment projects; high capital costs; weak government support; underestimation of the importance of hydrogen energy for transition to a low-carbon economy. All in all, despite the ongoing challenges, ASEAN countries have high potential, including resource potential, for the development of hydrogen energy and the transformation of the region into a global hydrogen hub.

Keywords: ASEAN, hydrogen energy, low-carbon energy, carbon neutrality, alternative energy, "green" hydrogen, "grey" hydrogen.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных целей АСЕАНовского сообщества выступает достижение целей устойчивого развития (ЦУР), которые были определены в документе «Повестка дня ООН по устойчивому развитию – 2030», утвержденном в 2015 г. Одна из наиболее важных ЦУР – цель №7 – «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех».

С учетом высокой зависимости стран региона от импорта ископаемого топлива (40%) большое значение имеет увеличение объемов использования имеющихся ресурсов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и роста их доли до 23% к 2025 г. против 17% в 2021 г. Одним из потенциальных источников энергии признается водород. Он имеет крупный потенциал в энергетической промышленности как чистый, возобновляемый источник энергии. Водород применяется при переработке аммиака и нефти, в производстве метанола и синтетического топлива. В 2020 г. на долю этих применений приходилось более 93% мирового потребления водорода¹.

С исторической точки зрения водород стал широко использоваться еще два столетия назад в двигателях внутреннего сгорания. В современный период водород расценивается как основной фактор декарбонизации. Водород может быть произведен с использованием энергии; применяется в качестве транспортного топлива, замены кокса при производстве стали, замены газа для теплоснабжения помещений, а также в производстве азотных удобрений (50% годового объема производства чистого водорода) и при переработке низкосортной сырой нефти в жидкое транспортное топливо (25% производства). В основном водород производится на основе парового риформинга природного газа или газификации угля, правда, с выбросами углекислого газа. По оценкам МЭА, в 2019 г. при производстве водорода в мире было выделено 830 млн тонн углекислого газа, что эквивалентно 2,2% выбросов, связанных с энергетикой².



Как правило, различают три основных вида водорода, как:

(1) «зеленый», который получают на основе электролиза с использованием ВИЭ, что не ведет к выбросам парникового газа;

(2) «голубой» получают путем парового риформинга метана с использованием технологий для улавливания существенных выбросов CO_2 , формирующихся в процессе производства, в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду;

(4) «серый» водород, который производится из природного газа и угля путем парового риформинга и отличается большим объемом выбросов CO_2 ³.

В целом, из перечисленных видов водорода только «зеленый» признается полностью безуглеродным, или экологически чистым, а «голубой» водород относится к низкоуглеродным видам. Преимущества экологически чистого водорода связаны с его экологичностью, универсальностью, безопасностью и доступностью как источника энергии, высоким потенциалом для перехода к чистой энергии в качестве топлива с нулевым уровнем выбросов. На объемы его производства и использования влияют и такие факторы, как разработка и использование технологий улавливания, применения и транспортировки углерода; сокращение производственных затрат; проведение политики декарбонизации. По оценкам МЭА, к 2050 г. «зеленый водород» сможет обеспечивать до 25% сокращения выбросов углерода и ограничить глобальное потепление до 20°C ⁴. Прогнозируется рост спроса на экологически чистый водород благодаря процессам электролиза с использованием электроэнергии из ВИЭ.

В настоящее время в разных странах мира, как и в АСЕАН, в основном производится «серый» водород. Его доля составляет около 95% всего объема производства водорода, из оставшихся 5% только 0,03% приходится на «зеленый» водород⁵. По прогнозу МЭА, к 2050 г. его доля возрастет до 62% в совокупном объеме производимого в мире водорода⁶.

Согласно отчету МЭА, в 2020 г. объем мирового производства водорода составил 87 млн тонн, в том числе 9 млн тонн на основе низкоуглеродистого производства (см. таблицу 1). К 2030 г. производство вырастет до 212 млн тонн, а к 2050 г. – до 528 млн тонн.

Таблица 1

Производство и потребление водорода в мире в 2020 г. и на перспективу в 2030 г. и 2050 г., млн тонн и %

Водород	2020	2030	2050
Совокупное производство водорода и топлива на основе водорода, млн тонн	87	212	528
Обычное производство	78	72	8
Низкоуглеродистое производство	9	150	520
Доля «зеленого» водорода	5%	54%	62%
Доля «голубого» водорода	95%	46%	38%
Совокупное потребление водорода и топлива на основе водорода, млн тонн	87	212	528
<i>Электричество</i>	0	52	102
В т.ч. на основе водорода	0	43	88
В т.ч. на основе аммиака	0	8	13
Нефтепереработка	36	25	8
Здания и сельское хозяйство	0	17	23
Транспорт	0	25	207
В т.ч. водород	0	11	106
В т.ч. аммиак	0	8	44
В т.ч. синтетические виды топлива	0	5	56
Промышленность	51	93	187

Источник. Net Zero by 2050: Roadmap for the Global Energy Sector. (2021). International Energy Agency. [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

Удельный вес низкоуглеродистого топлива увеличится с 10% в 2020 г. до 70% к 2030 г. и до 90% к 2050 г. Возрастет доля «зеленого» водорода в низкоуглеродистом производстве с 5% в 2020 г. до 62% в 2050 г. А доля водорода в конечном потреблении энергии в мире возрастет до 10%⁷.

В отраслевом разрезе существенно повысится объем потребления водорода в таких сферах, как транспорт (в 207 раз), выработка электроэнергии (в 102 раза), обогрев зданий и сельское хозяйство (в 23 раза), промышленность (в 3,7 раза). И напротив, сократится потребление водорода в нефтепереработке (в 4,5 раза).

ПОЛИТИКА СТРАН АСЕАН В СФЕРЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

На национальном уровне в АСЕАН утверждены нормативно-правовые документы (стратегии, программы, планы), нацеленные на переход к низкоуглеродной энергетике и в том числе на развитие водородной энергетике с учетом Целей устойчивого развития ООН.

Планы и/или программы по переходу к низкоуглеродной энергетике, как правило, призваны стимулировать повышение доли возобновляемых источников энергии в выработке энергии до 50% в среднем при немалом разбросе этого показателя в разных странах (например, до 10% в Брунее и Сингапуре)⁸.



Наиболее последовательная и логически выдержанная политика развития водородной энергетики проводится в *Сингапуре*. Это – единственная страна АСЕАН, в которой утверждена Национальная водородная стратегия (Singapore's National Hydrogen Strategy)⁹. Справедливости ради, следует заметить, что общее количество стран мира, принявших национальные водородные стратегии, составляет чуть более 20.

Главная цель Сингапура состоит в достижении нулевого уровня выбросов к 2050 г. В стратегии определены пять направлений, как: (1) использование передовых водородных технологий в экспериментальном проекте по применению аммиака в производстве электроэнергии для оценки важности аммиака, разработки нормативных документов и системы государственной поддержки отрасли; (2) проведение НИОКР по разработке и внедрению водородных технологий; на эти цели правительство выделило 55 млн долл. на программы первого этапа и 129 млн долл. на программы второго этапа; (3) активизация и укрепление связей с промышленностью и зарубежными компаниями, в том числе по формированию цепочек поставок, разработке сертификатов, формированию торговой и финансовой инфраструктуры; (4) сооружение новой инфраструктуры для импорта, хранения и преобразования водорода в энергию с учетом расширения объемов его использования; (5) активизация участия Сингапура в глобальной водородной энергетике с учетом новых экономических возможностей в сферах транспортировки, хранения, торговли, финансирования водорода; необходимость повышения уровня квалификации рабочей силы.

В Сингапуре действует «Зеленый план 2030» (Singapore Green Plan 2030)¹⁰, нацеленный на переход к низкоуглеродной энергетике, в том числе к водородной. План включает пять основных направлений: (1) «природа в городе» по формированию природных парков с зелеными насаждениями; (2) «энергетическая перезагрузка» по использованию более чистых источников энергии; (3) «устойчивый образ жизни», нацеленный на сокращение выбросов углекислого газа и поддержка чистоты окружающей среды; (4) «зеленая экономика» в целях поиска новых инвестиций; превращение Сингапура в крупный центр торговли углеродом и таких услуг, как «зеленое» финансирование, консультационные услуги; (5) «устойчивое будущее» по повышению устойчивости страны к изменениям климата, по обеспечению продовольственной безопасности. Также в стране утверждена «Инициатива по финансированию исследований в сфере низкоуглеродной экономики» (Low-Carbon Energy Research Funding Initiative), которая призвана финансировать разработку технологий в области улавливания, применения и хранения водорода и углерода в целях декарбонизации сектора энергетики и промышленности. В 2021 г. конкурсная комиссия отобрала 12 проектов на получение грантов в объеме 55 млн синг.долл.¹¹.

В *Индонезии* в 2022 г. утверждена «Стратегия «Чистый ноль – 2060» (Indonesia's Net Zero Strategy 2060), в которой поставлена цель применения водорода к 2050 г., что позволит сократить уровень выбросов углекислого газа в атмосферу на одну четверть. Но для этого необходимо трехкратное увеличение инвестиционных вложений до 8 млрд долл. в среднем ежегодно в реализацию инвестиционных проектов¹².

В *Малайзии* в 2023 г. утверждена Дорожная карта по развитию водородной энергетики и технологий (Hydrogen Economy & Technology Roadmap), которая призвана сделать водород основой энергетики страны, повысить долю экологически чистой энергии в энергобалансе и расширить капиталовложения в водородные технологии. В ней определены такие стратегические направления, как (1) разработка нормативно-правовой базы; (2) использование экономических инструментов, в том числе субсидирования и целевого финансирования; (3) коммерциализация технологий на основе стимулирования НИОКР в рамках стратегии «создай что-нибудь, купи что-нибудь (build-some, buy-some); (4) наращивание производственных мощностей в сфере водородной энергетики; (5) активизация информационной политики¹³.

Во *Вьетнаме* принято несколько инициатив в рассматриваемой сфере, включая Национальный план развития водородной энергетики (*National Hydrogen Energy Development Plan*)¹⁴ по производству и применению водорода (2023 г.), строительству инфраструктуры, разработке нормативно-правовой базы. Также правительством страны утверждены инвестиционные, включая налоговые, стимулы для поощрения национальных и иностранных инвестиций в водородную энергетику; применяются меры государственной поддержки научных исследований по разработке водородных технологий.

Несмотря на крайне низкий уровень развития водородной энергетики, в *Камбодже* в 2021 г. была принята Долгосрочная стратегия по углеродной нейтральности (Long-Term Strategy for Carbon Neutrality)¹⁵, которая расценивается как дорожная карта, нацеленная на смягчение последствий достижения углеродно-нейтральной экономики к 2050 г. В ней определены задачи по достижению баланса между сокращением выбросов углекислого газа, экономическим ростом, социальной справедливостью и устойчивостью к изменению климата на основе декарбонизации энергетики, повышения энергоэффективности, содействия устойчивости землепользования, достижения низкоуглеродистого сельского хозяйства, промышленного производства и управления отходами.

В *Таиланде* отсутствует специальная нормативно-правовая база в рассматриваемой сфере. Действует Генеральный план развития альтернативной энергетики (Master Plan for the Development of Alternative Energy), который включает раздел по водороду. В нем поставлена цель увеличения производства водорода до 10 кило-тонн нефтяного эквивалента к 2036 г.¹⁶



На *региональном уровне* в АСЕАН утвержден План действий по развитию энергетического сотрудничества (ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation) фаза I (2016-2020 гг.) и фаза II (2021-2025 гг.), в котором определены меры по внедрению новых и альтернативных технологий, включая хранение водорода в целях расширения объемов его использования и увеличения доли в структуре энергопотребления для обеспечения энергетической безопасности региона¹⁷. Но региональная водородная стратегия не разработана.

В целом, на данный момент нормативно-правовая система регулирования водородной энергетики в странах отличается слабостью и отсутствием долгосрочных стратегий развития (за исключением Сингапура).

РЫНОК ВОДОРОДА В АСЕАН

Страны АСЕАН имеют крупный потенциал для производства «зеленого» и «голубого» водорода, разработки и внедрения технологий топливных элементов в энергоснабжении транспортного сектора. Совокупный объем энергоресурсов для производства экологически чистого водорода в АСЕАН оценивается в 229 ГВт теоретических ресурсов энергии ветра, 158 ГВт гидроэнергии, 61 ГВт биомассы и 200 ГВт геотермальной энергии. Общий потенциал солнечной энергии составляет 8000 ГВт¹⁸. Такой крупный потенциал ВИЭ позволяет наладить производство водорода в странах-членах, обеспечить энергобезопасность, сформировать кластер новых отраслей промышленности. По оптимистичным прогнозам, доля АСЕАН в мировом производстве энергии ветра и солнца вырастет до 12,3% к 2050 году. Если учесть водородные (17,6%) и геотермальные (2,2%) источники, то общая доля энергии из ВИЭ, используемой в АСЕАН, составила 21,1% в 2017 г.¹⁹.

За 2012-2022 гг. объем производства водорода в АСЕАН рос темпами прироста в 2,6% в среднем ежегодно, но отличался достаточной волатильностью. Так, самый высокий прирост был в 2014 г. (+41%), который сменился сокращением и в последующие три года (2020-2022 гг.) динамика не была восстановлена. На долю Индонезии приходится 41% совокупного производства водорода АСЕАН, Таиланда – 20% и Малайзии – 13%²⁰.

В 2021 г. мировая торговля водородом (товарная группа HS6 280410) оценивалась в 206 млн долл., что на 49% больше показателя 2020 г. (138 млн долл.). Для сравнения мировой товарооборот водородом в 2012 г. равнялся 189 млн долл. Удельный вес водорода в международной торговле составил 0,00098%. Основными странами-экспортерами в мире являются Бельгия (29,8%), Канада (28,0%), Нидерланды (12,4%), Тайвань (7,59%) и США (6,88%). Основные страны-импортеры – Нидерланды (29,0%), США (28,0%), Сингапур (11,2%), Франция (7,61%) и Германия (2,78%)²¹.

За 2012-2021 гг. асеановский экспорт водорода несколько вырос с 2312,34 тыс. долл. до 7152,59 тыс. долл., или в 3 раза с понижающей тенденцией в 2016, 2019-2020 гг. (см. таблицу 2). Наиболее динамично экспорт вырос по итогам 2021 г. Основной причиной стал быстрый рост экспортных цен за последнее десятилетие при средней цене в 0,5 долл. за кубометр²². Удельный вес АСЕАН в мировом экспорте чистого водорода равен 2,75% по итогам 2021 г. Ведущим экспортером водорода из числа стран АСЕАН является Малайзия с долей 2,71%, которая находится на 7-м месте в мире (см. таблицу 2). Основные рынки сбыта асеановского чистого водорода – Китай, Индия и Япония.

Таблица 2

**Экспорт чистого водорода (товарная группа HS6 280410) из АСЕАН
в разрезе по странам в 2021 гг., тыс. долл. и %.**

Страна	2012 г.	2021 г.	Место в мире	Основные рынки сбыта
Бруней	...*	0,68
Вьетнам	8,25	1	71-е	Франция (100%)
Индонезия	5,09	32,1	40-е	Малайзия (70,9%) Вьетнам (26,1%)
Лаос	18,2
Малайзия	72,8	5 580	7-е	Сингапур (99,8%)
Сингапур	1 440	1 470	12-е	Индонезия (41,3%) Малайзия (30,1%) Тайвань (23,5%)
Таиланд	768	68,8	35-е	Камбоджа (71,0%) Мьянма (23,1%) Вьетнам (5,49%)
Филиппины	...	0,01	78-е	Ирландия (100%)
АСЕАН, всего	2 312,34	7 152,59	2,75%	

Примечания к таблице:*... - информация отсутствует или показатели слишком малы.

Источник. ОЕС: Hydrogen [Electronic Resource]. URL: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/hydrogen-6280410/reporter/>

Объем импорта водорода в страны АСЕАН за 2012-2021 гг. возрос с 2352,69 тыс. долл. до 26795,7 тыс. долл., или в 11,4 раза (см. таблицу 3). На АСЕАН приходится 10,3% мирового импорта чистого водорода в 2021 г. В «десятку» ведущих импортеров мира входят Сингапур (11,2%) и Малайзия (1,2% мирового импорта), которые занимают 3-е и 9-е места соответственно по итогам 2021 г. В региональном импорте водорода выделяется Сингапур, на долю которого приходится 90%²³. Главные поставщики чистого водорода для стран АСЕАН – США и Сингапур.



Таблица 3

Импорт водорода в АСЕАН в разрезе по странам в 2021 г., тыс. долл.

Страна	2012 г.	2021 г.	Место в мире	Основные страны-поставщики
Бруней	4,09	47,6	60-е	Гонконг (43,0%) Китай (30,3%) Сингапур (28,3%)
Вьетнам	263	49,9	56-е	Великобритания (30,9%) Сингапур (21,6%) Индонезия (16,8%)
Индонезия	651	618	22-е	Сингапур (98,1%)
Камбоджа	3,44	48,7	58-е	Таиланд (100%)
Лаос	478	0,24	148-е	Таиланд (100%)
Малайзия	496	2 470	11-е	США (50,7%) Тайвань (18,8%) Сингапур (17,9%)
Мьянма	0,56	423	26-е	Китай (96,2%)
Сингапур	327	23 100	3-е	Тайвань (65,7%) Малайзия (24,1%) США (9,99%)
Таиланд	97,2	9,36	99-е	США (79,5%) Сингапур (14,0%)
Филиппины	32,4	28,9	70-е	США (79,5%) Сингапур (11,9%) Великобритания (6,79%)
АСЕАН, всего	2 352,69	26 795,7	10,3%	

Источник. ОЕС: Hydrogen. [Electronic Resource]. URL: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/hydrogen-6280410/reporter/>

По оценкам экспертов, в странах АСЕАН спрос на водород с нулевым содержанием, особенно «зеленый», к 2050 г. увеличится до 1,5 ЭДЖ (11 млн тонн). Прогнозируется и 10-кратный рост объемов производства водорода до 60 ЭДЖ экологически чистого водорода, к тому же недорогого, стоимостью менее 2 долл. за кг²⁴. Ведущими производителями водорода из числа стран АСЕАН будут Индонезия, Таиланд, Малайзия и Вьетнам, которые станут одновременно и главными его потребителями.

ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ АСЕАН

Стоимостной объем и количество реализуемых инвестиционных проектов в водородной энергетике во многом зависит от финансовых и технологических возможностей, наличия необходимых природных ресурсов в той или иной стране. По-

этому из 10 государств АСЕАН выделяется группа более экономически развитых стран, как Сингапур, Бруней, Малайзия, Индонезия и Таиланд. В других странах-партнерах инвестиционные проекты единичны.

В Сингапуре продолжается процесс активной разработки инвестиционных проектов в сфере водородной энергетики. В частности, создан Фонд финансирования сооружения морского центра декарбонизации и финансирования проектов по разработке технологий. Его уставный капитал равен 120 млн синг. долл. (по 10 млн синг. долл. предоставили партнеры, и 60 млн синг. долл. – Морское и портовое управление Сингапура). Из числа других проектов в Сингапуре следует выделить проект по модернизации и строительству судов с применением аммиака и метанола как судового топлива. Есть соглашение с рядом известных зарубежных компаний, как японская Sumitomo, датская Maersk, норвежская Yara International и гонконгская Fleet Management по оценке эффективности формирования полной цепочки поставок экологически чистого аммиака²⁵. Полная цепочка будет включать весь процесс от производства аммиака, разработки специального танкера до сооружения хранилища и системы распределения аммиака на основе морской заправки.

В Брунее создана первая в мире глобальная цепочка поставок водорода по выработке водорода на основе парового риформинга метана и его превращения в метилциклогексан, что осуществляется в промышленном парке Сунгай Лян в целях последующего экспорта в Японию (г.Кавасаки). Объем поставок оценивается в 210 тонн водорода в среднем ежегодно²⁶. С 2020 г. в проекте участвуют также и зарубежные компании, как японские Chioda и Mitsubishi. Изначально проект был задуман как пилотный, чтобы доказать возможность формирования цепочки поставок на основе химического вещества LOHC²⁷, которое может безопасно транспортировать водород при комнатной температуре и давлении окружающей среды. Водород, производимый в Брунее, добавляют к химическому веществу толуол, которое является одним из компонентов сырой нефти. В итоге получают метилциклогексан, который транспортируют в контейнерах в японский город Кавасаки. Там его извлекают на установке дегидрирования. После чего перевозят обратно в Бруней для повторного использования.

Иным примером является Малайзия, где в г. Саравак был построен первый в регионе завод по производству водорода, заправочных станций и автобусов на топливных элементах. Мощность равна 130 кг водорода в среднем ежедневно с чистотой 99,999%, с полной заправкой до пяти автобусов или 10 автомобилей на топливных элементах. Заправочные станции поставляют бензин, дизельное топливо и водород для автомобилей на топливных элементах²⁸. Корпорация экономического развития Саравака, которая реализует проекты по производству водорода в штате, определила цель достижения объема производства до 10 тыс. тонн водородного топлива в 2023-2025 гг.²⁹. Реализации поставленной цели благоприятствует



наличие четырех гидроэлектростанций, которые могут осуществлять производство водорода и содействовать уменьшению выбросов углекислого газа.

В *Таиланде* (провинция Ла Тахонг) реализуется первый в регионе ЮВА пилотный проект по производству экологически чистого водорода на основе электролиза ветряных ресурсов. В рамках другого инвестиционного проекта между корпорацией РТТ (Таиланд) и ACWA Power (Саудовская Аравия) ведется строительство завода по производству «зеленого» водорода мощностью в 225 тыс. тонн в среднем ежегодно. Стоимость проекта равна 7 млрд долл.³⁰.

В *Индонезии* реализуется инвестиционный проект корпорации Pertamina по производству экологически чистого водородного топлива для геотермальной установки Улубелу производительностью в 100 кг в среднем ежедневно.

По данным МЭА, в Малайзии и на Филиппинах продолжается внедрение систем экологически чистого водорода и топливных элементов для снабжения электроэнергией. Вместе с тем, пока в большинстве стран АСЕАН проводятся технико-экономические обоснования инвестиционных проектов, как, например, по совместному сжиганию аммиака на угольных электростанциях в Малайзии и Индонезии, или есть подобные намерения во Вьетнаме или Таиланде³¹.

Главная проблема инициирования и реализации инвестиционных проектов в сфере водородной энергетики стран АСЕАН связана с нехваткой инвестиционных ресурсов, слабой государственной поддержкой и недооцененностью важности водородной энергетики в обеспечении региональной энергетической безопасности.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В АСЕАН

Есть немало проблем, сдерживающих развитие водородной энергетики в АСЕАН. Из их числа следует выделить такие, как:

(1) слабая регуляторная база, в том числе отсутствие национальных стратегий развития водородной энергетики, которые утверждены в ряде стран мира, например, в Японии или Республике Корея. Исключением служит практика Сингапура. Стратегии должны определить акцент развития водородной энергетики, как, например, учет факторов выброса углерода при производстве и транспортировке водорода (как в Европе) или, напротив, не учитывать такие факторы (как в Японии или Республике Корея);

(2) нехватка инвестиций в разработку и реализацию проектов в сфере ВИЭ; более высокая стоимость капитала в странах АСЕАН в отличие от потенциальных экспортеров водорода, в частности, аммиака. Например, в Индонезии необходимо инвестировать 8 млрд долл. в среднем ежегодно в инвестиционные проекты в водородной энергетике. Для сравнения по итогам 2022 г. в индонезийскую экономику было вложено 23 млрд долл.;

(3) медленное внедрение прогрессивных низкоуглеродистых технологий, что требует в том числе финансовой помощи на покрытие первоначальных затрат на разработку и внедрение таких технологий;

(4) слабый уровень развития инфраструктуры для рекуперации энергии, совершенствования производственных процессов и др., что в итоге будет содействовать снижению энергоемкости в странах АСЕАН;

(5) относительно высокие капитальные затраты на производство, хранение и транспортировку водорода, уровень которых пока определяет невысокую степень целесообразности развития водородной энергетики. Так, например, себестоимость производства «зеленого» водорода в Брунее варьируется в пределах 3,5 - 5,2 долл. за килограмм газообразного водорода. По мере снижения капитальных вложений в производство водорода, транспортировку, а также снижения нормированной стоимости электроэнергии (LCOE)³², производство водорода в АСЕАН может стать конкурентоспособным в течение следующих десяти лет;

(6) слабая господдержка коммерческого производства экологически чистого водорода и связанных с ним производных.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В АСЕАН

Несмотря на наличие немалых проблем, есть перспективы развития и повышения роли водородной энергетики в странах ЮВА, в том числе:

□ наличие крупных запасов энергоресурсов для производства разных видов водорода; в местах сосредоточения крупных запасов солнечной энергии, энергии ветра, водозаборов могут быть построены предприятия по производству водорода из ВИЭ. Например, в Таиланде это горные регионы на западе, прибрежный район Чонбури, центральная часть и север-восток страны;

□ повышение конкурентоспособности экологически чистого водорода благодаря постепенному снижению затрат на его производство и транспортировку, невысокой стоимости ВИЭ, формированию рынков водорода в других странах, прежде всего, в соседних. По оценкам, затраты на производство экологически чистого водорода уменьшились с 10-15 долл. до 4-6 долл. за кг газообразного водорода (H₂) за 2010-2020 гг., а к 2030 г. снизятся до 2 долл. за кг газообразного водорода. Такое снижение существенно повысит международную конкурентоспособность экологически чистого водорода по сравнению с видами, вырабатываемыми на основе парового риформинга метана и ценой на бензин³³;

□ прокладка региональных трубопроводов для экспорта аммиака и/или сжиженного водорода. Такой вид транспорта считается экономически эффективным в рамках региональной торговли в Восточной Азии;

□ конкурентоспособность «серого» водорода, производителями которого являются Индонезия и Бруней. По мере необходимости и с учетом технологической составляющей его производство может быть модернизировано в выпуск «голубого» водорода, а в последующем – в производство «зеленого» водорода, но для этого следует снизить капитальные затраты на его хранение и транспортировку.



Немалые преимущества водорода, как содействие улучшению качества воздуха, сокращение выбросов углекислого газа, развитие новых отраслей промышленности, создание новых рабочих мест.

ВЫВОДЫ

Водородная энергетика в странах АСЕАН находится на этапе становления. Велики запасы теоретических ресурсов энергии ветра, солнечной энергии, гидроэнергии, биомассы и геотермальной энергии, что создает благоприятные условия для производства «зеленого» и «голубого» водорода, разработки и внедрения технологий топливных элементов в энергоснабжении транспортного сектора. Производство водорода наиболее развито в Индонезии, Малайзии и Таиланде, на долю которых приходится $\frac{3}{4}$ регионального производства.

Нормативно-правовую базу регулирования водородной энергетики составляют разного рода документы, как национальная водородная стратегия (Сингапур), программа достижения безуглеродной экономики (Индонезия), планы по развитию водородной энергетики (Вьетнам) или альтернативной энергетики (Таиланд), дорожные карты по водородной энергетике (Малайзия) или углеродной нейтральности (Камбоджа). В целом, нормативно-правовая база слабо отрегулирована.

Страны АСЕАН реализуют инвестиционные проекты в водородной энергетике. Из их числа следует выделить: проект по модернизации и строительству судов с применением аммиака и метанола как судового топлива (Сингапур); первая в мире глобальная цепочка поставок водорода по выработке водорода (Бруней); первый в регионе завод по производству водорода, заправочных станций и автобусов на топливных элементах (Малайзия); первый в регионе ЮВА пилотный проект по производству экологически чистого водорода на основе электролиза ветряных ресурсов (Таиланд).

Относительно скромные позиции АСЕАН в мировом экспорте (2,75%) и мировом импорте (10,3%) чистого водорода. За последнее десятилетие стоимостные объемы водородного экспорта и импорта АСЕАН динамично росли и увеличились в 3 раза и 11,4 раза соответственно. Малайзия входит в группу известных экспортеров, а Сингапур и Малайзия – импортеров чистого водорода в мире.

В целом, странам АСЕАН предстоит разработать механизмы и инструменты содействия реализации целей развития водородной энергетики, так как ее потенциал остается пока недооцененным; сказывается нехватка финансирования и субсидирования инвестиционных проектов в водородной энергетике; сохраняется высокая зависимость экономик от традиционных источников энергии, в том числе импортная зависимость (40%); сохраняется высокий уровень капитальных затрат на производство водорода. Тем не менее, по оценкам, благодаря имеющимся запасам ВИЭ и крупному техническому потенциалу на перспективу регион Юго-Восточной Азии может стать крупным водородным хабом мира.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- ¹ Is ASEAN ready for green hydrogen? (2022). [Electronic Resource]. URL:
- ² Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- ³ По методологии Международного энергетического агентства также выделяют еще два вида водорода: «желтый» и «бурый, или коричневый». «Желтый» относится к экологически чистому виду; его получают на основе электролиза на АЭС. «Бурый» водород получают из бурого угля на основе газификации и является самым неэкологичным.
- ⁴ The Study of Hydrogen Imports and Downstream Applications for Singapore (2020). [Electronic Resource]. URL: https://file.go.gov.sg/study_ofhydrogen_imports_and_downstream_applications_for_singapore
- ⁵ Green Hydrogen in Indonesia: Stakeholders, Regulations and Business Prospects. (2022). [Electronic Resource]. URL: [https://ekonidid.sharepoint.com/Shared%20 Documents/Forms/AllItems.aspx?id=](https://ekonidid.sharepoint.com/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?id=)
- ⁶ Ibid.
- ⁷ Global Hydrogen Review 2021. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>
- ⁸ Renewable Energy Statistics 2022. (2022). [Electronic Resource]. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/ Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2022.pdf?rev=](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2022.pdf?rev=)
- ⁹ Singapore's National Hydrogen Strategy. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.mti.gov.sg/Industries/Hydrogen>
- ¹⁰ Singapore Green Plan 2030. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.greenplan.gov.sg/>
- ¹¹ The Low-Carbon Energy Research Funding Initiative. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/policies/16841-the-low-carbon-energy-research-funding-initiative>
- ¹² IEA: Indonesia's 2060 net zero plan will change its economy (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.futurenetzero.com/2022/09/02/iea-indonesias-2060-net-zero-plan-will-change-its-economy/>
- ¹³ Malaysia reveals hydrogen roadmap. (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://www.h2-view.com/story/malaysia-reveals-hydrogen-roadmap/2100273.article/>
- ¹⁴ The Future of Hydrogen Energy in Vietnam: Unlocking the Potential for Sustainable Development (2023). [Electronic Resource]. URL:
- ¹⁵ Long-Term Strategy for Carbon Neutrality (2021). [Electronic Resource]. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/KHM_LTS_Dec2021.pdf
- ¹⁶ Thailand's Energy Transition: Hydrogen in Thailand (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.inhousecommunity.com/article/thailands-energy-transition-hydrogen-thailand/>
- ¹⁷ ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025. Phase II (2021-2025). [Electronic Resource]. URL: <https://aseanenergy.org/asean-plan-of-action-for-energy-cooperation-apaec-phase-ii-2021-2025/>
- ¹⁸ The way forward for hydrogen in ASEAN (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://reglobal.org/the-way-forward-for-hydrogen-in-asean/>



¹⁹ Han Phoumin (2021). The Role of Hydrogen in ASEAN's Clean Energy Future. [Electronic Resource]. URL: <https://www.nbr.org/publication/the-role-of-hydrogen-in-aseans-clean-energy-future/>

²⁰ ASEAN – Hydrogen - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights Please mention the Source (2023). [Electronic Resource]. URL:

²¹ OEC: Hydrogen (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://oec.world/en/profile/hs/hydrogen-6280410?yearSelector1=>

²² Hydrogen Imports and Exports (2022). TrendEconomy, 2023. [Electronic Resource]. URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/ASEAN/280410>

²³ Asia Hydrogen Market Size and Analysis (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://www.globaldata.com/store/report/asia-hydrogen-market-analysis/>

²⁴ The Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal (2022). [Electronic Resource]. URL: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_Global_Trade_Hydrogen_2022.pdf

²⁵ Energy in ASEAN: Singapore and hydrogen. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.eqmagpro.com/energy-in-asean-singapore-and-hydrogen-eq-mag-pro/#respond>

²⁶ Ibid.

²⁷ LOHC – liquid organic hydrogen carriers – жидкие органические носители водорода. Это органические соединения, которые поглощают и выделяют водород в результате химических реакций.

²⁸ Home to South East Asia's First Integrated Hydrogen Production Plant. (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://aseanrecords.world/sarawak-malaysia-home-to-south-east-asias-first-integrated-hydrogen-production-plant-and-refueling-station/>

²⁹ Sarawak set to become major hydrogen supplier in ASEAN, says CM. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.malaymail.com/news/money/2021/11/23/sarawak-set-to-become-major-hydrogen-supplier-in-asean-says-cm/2023061>

³⁰ PTT to make \$7 billion green hydrogen investment with ACWA Power. [Electronic Resource]. URL: <https://www.hydrogenfuelnews.com/green-hydrogen-investment-ptt/8558184/>

³¹ Southeast Asia Energy Outlook (2022). IEA. [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/commentaries/southeast-asia-can-reach-clean-energy-targets-by-investing-in-transmission>

³² LCOE (levelized cost of energy) нормированная стоимость электроэнергии представляет собой среднюю расчётную себестоимость производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла электростанции.

³³ Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective. (2020). Hydrogen Council. [Electronic Resource]. URL: <https://hydrogencouncil.com/en/path-to-hydrogen-competitiveness-a-cost-perspective>.

БИБЛИОГРАФИЯ:

ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2016-2025 Phase II. [Electronic Resource]. URL: <https://aseanenergy.org/asean-plan-of-action-for-energy-cooperation-apaec-phase-ii-2016-2025/>

Asia Hydrogen Market Size and Analysis (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://www.globaldata.com/store/report/asia-hydrogen-market-analysis/>

Energy in ASEAN: Singapore and hydrogen. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.eqmagpro.com/energy-in-asean-singapore-and-hydrogen-eq-mag-pro/#respond>

IEA: Indonesia's 2060 net zero plan will change its economy (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.futurenetzero.com/2022/09/02/iea-indonesias-2060-net-zero-plan-will-change-its-economy/>

Han Phoumin. (2020). Hydrogen: A Game-Changer for ASEAN". Bangkok Post, June 25, 2020, [Electronic Resource]. URL: <https://www.bangkokpost.com/opinion/opinion/1940744/hydrogen-a-game-changer-for-asean>.

Han Phoumin (2021). The Role of Hydrogen in ASEAN's Clean Energy Future. [Electronic Resource]. URL: <https://www.nbr.org/publication/the-role-of-hydrogen-in-aseans-clean-energy-future/>

Home to South East Asia's First Integrated Hydrogen Production Plant. (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://aseanrecords.world/sarawak-malaysia-home-to-south-east-asias-first-integrated-hydrogen-production-plant-and-refueling-station/>

Hydrogen Imports and Exports (2022). TrendEconomy, 2023. [Electronic Resource]. URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/ASEAN/280410>

Global Hydrogen Review 2021. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>

Is ASEAN ready for green hydrogen? [Electronic Resource]. URL:

Long-Term Strategy for Carbon Neutrality (2021). [Electronic Resource]. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/KHM_LTS_Dec2021

Malaysia reveals hydrogen roadmap. (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://www.h2-view.com/story/malaysia-reveals-hydrogen-roadmap/2100273.article/>

Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

OEC: Hydrogen (2023). [Electronic Resource]. URL: <https://oec.world/en/profile/hs/hydrogen-6280410?yearSelector1=2021>

Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective. (2020). Hydrogen Council. [Electronic Resource]. URL:

Renewable Energy Statistics 2022. (2022). [Electronic Resource]. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2022.pdf?rev=

Sarawak set to become major hydrogen supplier in ASEAN, says CM. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.malaymail.com/news/money/2021/11/23/sarawak-set-to-become-major-hydrogen-supplier-in-asean-says-cm/2023061>



Singapore Green Plan 2030. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.greenplan.gov.sg/>

Singapore's National Hydrogen Strategy. (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.mti.gov.sg/Industries/Hydrogen>

Southeast Asia Energy Outlook (2022). IEA. [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/commentaries/southeast-asia-can-reach-clean-energy-targets-by-investing-in-transmission>

Study of Hydrogen Imports and Downstream Applications for Singapore (2020). [Electronic Resource]. URL: <https://file.go.gov.sg/studyofhydrogenImportsanddownstreamapplicationsforsingapore.pdf>

Thailand's Energy Transition: Hydrogen in Thailand (2022). [Electronic Resource]. URL: <https://www.inhousecommunity.com/article/thailands-energy-transition-hydrogen-thailand/>

The Global Hydrogen Trade to Meet the 1.5°C Climate Goal (2022). [Electronic Resource]. URL: https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_Global_Trade_Hydrogen_2022.pdf

The Low-Carbon Energy Research Funding Initiative. (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://www.iea.org/policies/16841-the-low-carbon-energy-research-funding-initiative>

The way forward for hydrogen in ASEAN (2021). [Electronic Resource]. URL: <https://re-global.org/the-way-forward-for-hydrogen-in-asean/>

