Представленная разработка так же может быть использована на уроках химии, особенно если в школе есть профиль обучения биолого-химический. Однако ее можно использовать и во время организации внеклассной работы с обучающимися.

1. Поливинилбутираль [Электронный ресурс] // Инфоурок – Режим доступа: <https://plastinfo.ru/information/glossary/117/1356> (Режим доступа: 27. 12.2020)
2. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: учебник для вузов/ Ю.Д. Семчиков. – М.: Академия, 2003. – 368 с.
3. Чернышев, Е. А. Химия элементоорганических мономеров и полимеров: учебное пособие для студентов химико-технологических вузов / Е. А. Чернышев, В. Н. Таланов. – Москва : КолосС, 2011 (Чебоксары). – 438

Суфиянов Р.Ш.

Конверсия природного газа

*Бронницкий филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/lj-01-2021-39

idsp: ljjournal-01-2021-39

Аннотация

Истощение невозобновляемых сырьевых и энергетических ресурсов, глобальное потепление, и обострение негативного воздействия на окружающую среду, направляют вектор развития нашей цивилизации в сторону поиска кардинальных решений этих проблем. Человечество стоит на пороге водородной эпохи и для ускорения полного отказа от использования сокращающихся ископаемых ресурсов, необходимо создание новых и усовершенствование существующих технологий получения водорода. В статье указаны проблемы, связанные с ужесточением требований к чистоте производимого промышленностью водорода с учетом «углеродного следа». Кратко рассмотрены наиболее распространенные технологии получения водорода и выделены их основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: невозобновляемые ресурсы, углеродный след, зеленый водород, технологии получения, конверсия природного газа, преимущества и недостатки.

Abstract

The depletion of non-renewable raw materials and energy resources, global warming, and the aggravation of the negative impact on the environment direct the vector of development of our civilization towards the search for cardinal solutions to these problems. Humanity is on the threshold of the hydrogen era, and in order to accelerate the complete rejection of the use of diminishing fossil resources, it is necessary to create new and improve existing technologies for producing hydrogen. The article points out the problems associated with the tightening of requirements for the purity of hydrogen produced by the industry, taking into account the "carbon footprint". The most common technologies for producing hydrogen are briefly considered and their main advantages and disadvantages are highlighted.

Keywords: non-renewable resources, carbon footprint, green hydrogen, production technologies, natural gas conversion, advantages and disadvantages.

По мере увеличения потребностей человечества и развития производительных сил, все более остро встают проблемы сбережения невозобновляемых природных ресурсов и снижения негативного воздействия на нашу планету, которую без преувеличения можно называть нашим общим единственным домом во Вселенной. В

последние годы все больше уделяют внимание «углеродному следу» - количеству парниковых газов, образующихся в результате антропогенной деятельности (в пересчете на диоксид углерода). Известно, что к так называемым «парниковым» газам, с образованием которых связывают глобальное потепление на нашей планете, относят и диоксид углерода.

Для выражения этой озабоченности и оценки процессов с «углеродным следом», относительно недавно в обиходе появились такие термины, как «декарбонизация» технологий и «безуглеродная» экономика. Во многих промышленно развитых странах начались работы по снижению к минимуму образования диоксида углерода и полному отказу в перспективе от технологий, в процессе проведения которых, выделяется этот «парниковый» газ. В Германии принята национальная водородная стратегия, крупнейшие международные компании, среди них Total, Toyota, BP, Shell, планируют к 2050 году повысить долю потребления водорода до 18% [1].

Помимо рассуждений, которые раньше велись скорее в философской, чем прикладной плоскостях, Евросоюз уже рассматривает возможности о введении трансграничного налога на продукцию с высоким «углеродным следом». Для проведения наблюдений, оценок уровня выбросов и расчета данного налога планируется широкое использование беспилотников и искусственных спутников Земли. По проведенным оценкам ежегодные потери поставщиков продукции, после внедрения данного налога, могут составить от 3 до 4,8 млрд. долларов [2]. Последствия введения данного налога для нашей страны, по предварительным прогнозам, также неутешительные - экономика РФ может недополучить в бюджет весьма значительные средства.

Одним из самых перспективных направлений снижения, а впоследствии практически полного исключения «углеродного следа», безусловно, является переход на использование в качестве источника энергии «зеленого» водорода, получаемого, как известно, с применением альтернативных источников энергии. Но и здесь, инициаторы введения данного налога, могут не признать производимый водород «зеленым» и/или «чистым» [3] и надо полагать, что будут появляться свои нормы и правила для «защиты» европейского рынка от «не совсем чистого» водорода.

Водород, являясь самым распространенным во Вселенной химическим элементом, но открытым сравнительно недавно [4], редко встречается в свободной форме в природе и в настоящее время неизвестны крупные месторождения, из которых бы добывался водород в промышленных масштабах.

Рис. 1 Затраты на производство водорода по данным Международного энергетического агентства за 2018 год, долл. США/кг

Следовательно, остается его только производить с использованием различных технологий, при этом, безусловно, принимая во внимание вышеуказанные векторы развития цивилизации.

Более 85% водорода в мире получают конверсией природного газа и данная технология получила широкое распространение в связи с низкой себестоимостью производимого водорода. На рис. 1 представлены диапазоны стоимости производства 1 кг водорода, получаемого электролизом и методом конверсии природного газа и угля [5].

Различают три основных вида конверсии природного газа: паровую, кислородную и углекислотную, при проведении которых протекают следующие химические реакции

Следует отметить, что при паровой конверсии (1) водород образуется не только из метана, но и из воды. Паровую конверсию метана осуществляют в химических паровых реформерах (трубчатых печах) в интервале температур от 750 до 850°C [6]. Процесс протекает на поверхности катализатора (никель, корунд и др.), засыпанного в многочисленные трубы, которые размещены в радиационной камере трубчатой печи (рис. 2).

Рис. 2 Схема трубчатой печи [7]

Порядка 50 % от всего используемого газа расходуется на создание соответствующего температурного режима, при этом теплота передается через стенки труб. Основным недостатком паровой конверсии природного газа является образование значительного количества диоксида углерода, высокая стоимость перегретого водяного пара, а также высокая стоимость и громоздкость используемого оборудования.

В следующей технологии кислородной конверсии природного газа (2) осуществляют парциальное окисление метана в интервале температур от 1130°C до 1300°C и давлении (50-70) атм. Несмотря на более низкую стоимость производимого водорода, итоговая себестоимость водорода получается выше в связи с появлением затрат на кислород. Кроме этого процесс становится более взрывоопасным и возникают очаги перегрева, приводящие к уменьшению срока службы катализатора.

Углекислотная конверсия природного газа (3) состоит в конверсии метана в результате термokatалитического взаимодействия природного газа с диоксидом углерода. Одним из главных преимуществ этой технологии является использование

диоксида углерода, являющегося, как известно, крайне нежелательным побочным продуктом многих технологических процессов. Процесс проводится при температурах (1000-1100)°С на никелевых катализаторах с достижением равновесной конверсии. Одновременно с реакцией (3) протекает и реакция взаимодействия монооксида углерода с водяным паром (4). К недостаткам процесса следует отнести высокие энергозатраты и существуют проблемы, связанные с закоксовыванием катализаторов.

Минэнерго разработало «дорожную карту» «Развитие водородной энергетики в России» на 2020–2024 годы [1]. Эти масштабные работы включают целый ряд этапов, среди них:

- разработка концепции развития водородной энергетики;
- стимулирование и поддержка экспортеров и покупателей водорода;
- разработка ведущими предприятиями, такими как «Газпром» и «Росатом», пилотных водородных установок с пуском в эксплуатацию» в 2024 году, в частности на атомных электростанциях.

Согласно дорожной карте, «Газпром» планирует начать производство «бирюзового» водорода. При этом в качестве сырья будет использоваться природный газ, но побочным продуктом будет уже не диоксид углерода, а углерод (сажа).

Интерес к водородной энергетике растет как во всем мире, так и в России. В Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года (ЭС-2035) водородная энергетика обозначена в качестве одного из перспективных направлений развития энергетики.

1. «Газпром» и «Росатом» начнут производить «чистый» водород в 2024 году Электронный ресурс: <https://www.rbc.ru/business/22/07/2020/5f1565589a794712b40faedf>
2. Клепча К. Напали на углеродный след// Эксперт. Электронный ресурс: <https://expert.ru/expert/2020/43/napali-na-uglerodnyij-sled/>
3. Декарбонизация газовой отрасли в Европе и перспективы для России. Электронный ресурс: http://www.ngv.ru/magazines/article/_dekarbonizatsiya-gazovoy-otrasli-v-evrope-i-perspektivy-dlya-rossii/.
4. Суфиянов Р.Ш. От флогистона до водорода //Тенденции развития науки и образования, № 67, 2020, Ч.1 – С.150-153.
5. Конопляник А. Чистый водород из природного газа// Корпоративный журнал «Газпром», №9, 2020 – С.20-29.
6. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та. 2014. – 229 с.
7. IEAGHG TECHNICAL REVIEW 2017-TR3 March 2017. Электронный ресурс: https://ieaghg.org/exco_docs/2017-TR3.pdf.