

№5, 2021 y. 24-dekabr

Vodorod energetikasining
ekologiyaga ta'siri

DAYJEST

H₂

O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi
Ilmiy-texnik axborot markazi

Toshkent-2021



*"Qayta tiklanadigan va muqobil energiya manbalariga boy mintaqamizda
"yashil iqtisodiyot"ni rivojlantirish imkoniyatlari nihoyatda kattadir"*

*O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Sh.M. Mirziyoev*

**«Vodorod energetikasining ekologiyaga ta'siri»
dayjesti. - T.: 2021. 14-b.**

«Vodorod energetikasining ekologiyaga ta'siri» dayjesti O'zbekiston Respublikasi
Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi Ilmiy-texnik axborot markazi tomonidan
tayyorlangan.

Mualliflar jamoasi:

Abduraxmonov I.Y.
Turdikulova Sh.O'.
Abduvaliyev A.A.
Musayeva R.A.
Barbu G.F.

Texnik muharrir:

Rayimjonov X.G'.

© O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi Ilmiy-texnik
axborot markazi , 2021 y.

Vodorodning ekologiyaga ta'siri

Iqlim o'zgarishi bo'yicha mutaxassislar uchun quyosh yoki shamol energiyasidan foydalangan holda suvni elektroliz qilish yo'li bilan ishlab chiqarilgan yashil vodorod, iqlim neytralligini ta'minlash uchun muhim omil hisoblanadi. Vodorod Yevropa Komissiyasining 2050-yilgi nol emissiyaning sakkizta ro'yhatidan joy olgan [1].

Biroq vodorodning atrof-muhitga ta'siri uning hosil bo'lish usuliga bog'liq. Tabiiy gazning bug' riformingi yordamida olingan vodorod ekologik toza hisoblanmaydi.

Aksincha, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishda vodorod ekologiyaga ijobiy ta'sir ko'rsatadi [2].



Natijada, agar u quyosh, shamol va yadroviy energiya, shuningdek, tashlamalarning takomillashgan nazorati va uglerod sekvestratsiyasi kabi past yoki nol darajali tashlamalar bilan manbalardan olingan bo'lsa, atrof-muhit va inson salomatligi uchun afzalliklar vodorod ishlab chiqarish manbasida aniq tarzda ko'rinadi [3].

Iqlim nuqtai nazaridan vodoroddan foydalanishning bevosita ijobiy samarasi qazib olinadigan manbalar o'rniga yoqilg'i sifatida undan foydalanishni kengaytirish bilan bog'liq, chunki uning yonishi paytida CO₂ hosil bo'lmaydi (bunda vodorod yonishida NO_x tashlamalari yonishning yuqori harorati hisobiga tabiiy gaz yonishida shunga o'xshash tashlamalardan oshib ketishini hisobga olish kerak).



Vodorodni dekarbonizatsiya vositasi sifatida ishlatish uchun eng istiqbolli tarmoqlar sanoatda qo'llash uchun allaqachon mavjudlarini kengaytirishdan tashqari energetika, transport va kommunal xo'jalik hisoblanadi. Po'lat eritish sanoati to'g'ridan-to'g'ri temirni qayta tiklash usullaridan keng foydalanishi hoida dekarbonizatsiyaning yuqori salohiyatiga ega.



Ekologiyaga ta'siri

Vodorodni qo'llashning yana bir yo'nalishi mavjud gaz quvurlari infratuzilmasidan foydalangan holda tabiiy gazni qisman o'rnini bosish hisoblanadi.

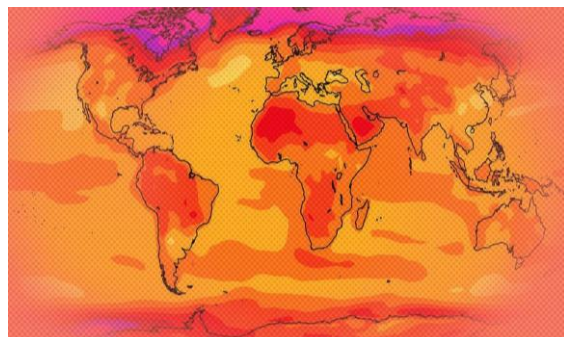
Shunday qilib, rivojlangan mamlakatlar uchun vodorodning strategik istiqbollari aynan past uglerodli vodorod energiyasi bilan bog'liq bo'lib, bu issiqxona gazlari tashlamalarini kamaytirishga imkon beradi. Bunday energetika energiya tashuvchisi sifatida past uglerod iziga ega bo'lgan vodoroddan foydalanishni ko'zda tutadi [4].



Global isish va issiqxona gazlari

Biz inson faoliyati natijasida kirib kelayotgan misli ko'rilgan tez isishni kuzatib turibmiz va bu asosan issiqxona gazlari tashlamalariga olib keladigan qazilma yoqilg'ilarning yonishi sababli yuz bermoqda. Bugungi kunda issiqxona gazlarining konsentratsiyasi so'nggi ikki million yil uchun eng yuqori darajada bo'lib turibdi va o'sishda davom etmoqda.

Natijada Yer yuzidagi harorat hozir 1800 yillarga qaraganda taxminan $1,1^{\circ}\text{C}$ ga issiqroq. Oxirgi o'n yillik insoniyat tarixidagi eng issiq bo'lib qoldi [5].



Yashil vodorod issiqxona gazlari emissiyasini kamaytirishga yordam beradi. Vodoroddan elektr energiyasini hosil qilishda karbonat anhidrid hosil bo'lmaydi. Vodorodni ajratish uchun qayta tiklanadigan energiyadan foydalanish tufayli butun jarayon davomida hech qanday tashlamalar ishlab chiqarilmaydi. Bu vodorodni "yashil"

energiyaning ideal shakliga aylantiradi [6].

2050 yilga kelib issiqxona gazlari tashlamalarining darajasi nolga teng bo'lishiga erishish uchun dunyoga qayta tiklanadigan energiya manbalaridan ishlab chiqariladigan yiliga 306 million tonna vodorod kerak bo'ladi, deyiladi Xalqaro energetika agentligi (XEA) hisobotida [7].

Parij bitimini bajarish va issiqxona tashlamalarini kamaytirish maqsadida iqtisodiyotning turli tarmoqlarida yashil vodoroddan foydalanayotgan mamlakatlar va kompaniyalar

Germaniyada elektroliz uslubi bilan dunyodagi eng yirik vodorod ishlab chiqarish qurilmasi qurilmoqda va turar joyni isitishda tabiiy gazni vodorodga qisman almashtirish bo'yicha tajriba ishga tushirilmoqda. Buyuk Britaniya ham gaz quvuri tarmog'ida metanni H₂ bilan almashtirish ustida xuddi shunday ish olib bormoqda. Gollandiya va Belgiyada vodorodli yonilg'ida daryo kemasini sinovdan o'tkazish va unga yonilg'i quyish tizimini yaratishni mo'ljallashmoqda.

Global isish va issiqxona gazlari



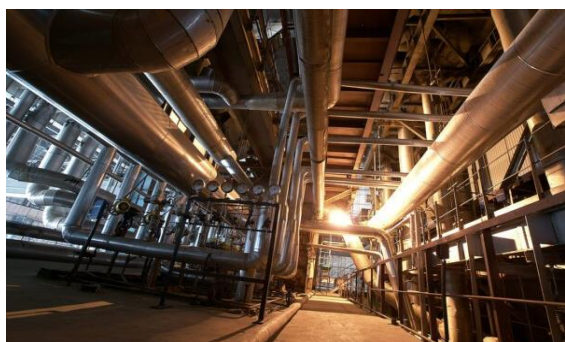
Quyida Saksoniya federal yerida ularni vodorod va kislorod o'rtasidagi kimyoviy reaksiya vaqtida yoqilg'i elementlarida elektr energiyasini ishlab chiqaradigan 14 ta poezd bilan almashtirilib, dizel lokomotivlaridan butunlay voz kechishga chog'lanishmoqda. Ishlangan gazlar o'rniga suv olinadi [8].

Germaniyaning Avacon kompaniyasi po'lat quyish sanoatini dekarbonlovchi ekologik toza vodorodni ishlab chiqarish bo'yicha yirik korxonadir.

Shamol turbinalaridan elektr energiya har biri 1,25 MVt quvvatga ega ikkita elektrolizyorlarga kelib tushadi. Ular Salzgitter Group ga kiruvchi Salzgitter Flachstahl kompaniyasi tomonidan o'rnatildi. Ishlab chiqarilgan vodorod yoqilg'isi temir rudasini eritishda ishlatiladi. Loyiha uchun jami taxminan 50 million yevro sarflandi.



Elektrolizyorlarni yaratish KfW nemis davlat banki tomonidan moliyalashtirildi.



WindH2 – metallurgiya sanoatida ekologik toza vodoroddan foydalanishni o'z ichiga olgan yagona loyiha emas. Masalan, H2 Green Steel shved startapi "ekologik toza vodorod ishlab chiqarish bo'yicha dunyodagi eng yirik fabrika"dan energiya oladigan po'lat quyish zavodini qurish niyatida [9].

Shell britaniya-niderlandiya konserni Yevropa Ittifoqining moliyaviy ko'magida Kyoln yaqinidagi Vesselingedagi o'z neftni qayta ishlash zavodi hududida Germaniyaning elektroliz yo'li bilan dunyodagi eng yirik vodorod ishlab chiqarish zavodini qurishga kirishdi. Bu yerda uni haligacha tabiiy gazdan olishadi.

Global isish va issiqxona gazlari

Ayni paytda uchinchi yirik Britaniya shahri Lidsda Northern Gas Networks energetika kompaniyasi nemis Gentxin shahrida o'tkazilayotganiga o'xshash, ammo ko'lami bo'yicha undan sezilarli darajada ustun bo'lgan H21 ko'p ma'noli pilot loyihani tayyorlamoqda.

Yakuniy maqsad: shahar bo'ylab isitishni butunlay tabiiy gaz, metan, vodorodga o'tkazish. Elektroliz uslubi bilan uni ishlab chiqarish uchun dengiz shamol parklari mavjud [10].



Yoqilg'i resurslarining inqirozi

Hozirgi qazib olish sur'atlarida neft 53 yildan keyin, tabiiy gaz - 54 yildan keyin, ko'mir esa - 110 yildan so'ng tugaydi. Bu Xalqaro energetika agentligi tomonidan olib borilgan World Energy Outlook 2015 tadqiqotini hisobga olgan holdagi ma'lumotlari. Tadqiqotga ko'ra, hattoki iqlim sohasidagi agressiv siyosatga qaramay 2040 yilda birlamchi energiyaga umumiy talabdan qazilma yoqilg'ilar 59% ni tashkil qiladi.



Boshqa tadqiqotchilar, tashkilotlar va hukumatlar o'zlarining ma'lumotlari va taxminlariga qarab, qazilma yoqilg'ining tugashi uchun turli muddatlarni ko'rsatishadi. Amerika neft institutining 1999 yildagi bahosiga ko'ra, jami jahon neft zaxiralari 1,4 dan 2 trillion barrelgacha tashkil etishi sharti bilan jahon neft zaxiralari 2062 va 2094 yillar orasida tugaydi [11].

Ushbu muammoni hal qilish uchun yashil vodorodning afzalliklaridan birini qo'llash mumkin. Vodorodni nafaqat neft va gazdan, balki bioyoqilg'i, kanalizatsiya cho'kindilari va suvdan ham moddalarning katta miqdoridan olish mumkin. Shunday qilib, bizda hech qachon vodorod zaxirasi tugab qolmaydi va bu barcha uchun energiya resurslar bilan ta'minlanganlikni bildiradi.

Misol uchun, Avstraliyada tadqiqotchilar vodorod ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida oqova suvlarni o'rganish uchun kommunal korxonalar bilan ishni boshlashdi [12].

Melburndagi Monash universiteti jamoasi loyiha ustida ishlaydi. Tadqiqotchilar uning doirasida suvni qayta ishlaydigan va elektroliz yordamida vodorodga aylantiradigan innovatsion yondashuvni ishlab chiqishga umid qilmoqdalar.

Yoqilg'i resurslarining inqirozi



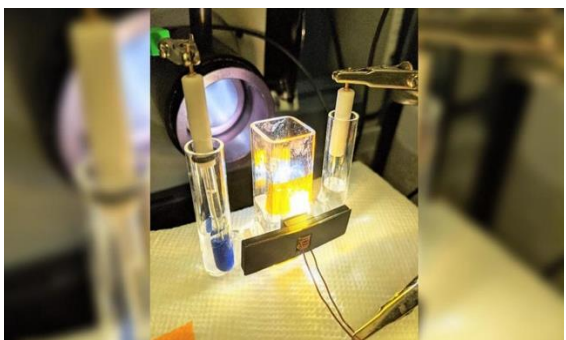
Kimyoviy muhandislik professori Chjivan Syanning so'zlariga ko'ra, mavjud oqova suvlar miqdori vodorod ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan suv miqdoridan anchagina oshadi. Avstraliyada tozalangan suvning katta qismi yoxud yaqin oradagi suv havzalariga oqizilar, yoxud sug'orish uchun ishlatilar edi.

"Markazlashgan shahar oqava suvlarini

tozlash inshootlaridan olinadigan suv hajmi juda barqaror ekanligini hisobga olsak, bu elektroliz uchun juda istiqbolli manba hisoblanadi", - deya qayd etadi professor.

Oqava suvlardan vodorod ishlab chiqarish bilan bir qatorda vodorodni olishning ko'plab ilg'or texnologiyalari mavjud.

Masalan, Ostindagi Texas universiteti muhandislari quyosh nuri yordamida suv molekulasidan kislorod molekulasini ajratib olish uchun oson usulni taklif qilishdi. Buning uchun tadqiqot mualliflari turli – biri quyosh nuri (masalan, kremniy)ni yaxshi yutadigan, yana biri esa ishlanma (kremniy dioksidi kabi)ning barqarorligini ta'minlaydigan materiallarning kombinatsiyalaridan foydalanishdi [13].



Quyosh nuri bilan yoritilgan qurilma bir tomondan kislorod molekulari, alohida elektrodda esa vodorod molekularini hosil qilgan holda suvni samarali tarzda oksidlaydi. Bundan tashqari, uzoq muddatli ekspluatatsiya qilish davomida uning barqarorligini isbotladi. Bu uslub katta moliyaviy investitsiyalarni talab qilmaydi,

bundan tashqari, uni osonlik bilan katta hajmlarda ishlab chiqarish uchun ko'lamlashtirish mumkin.

Yoqilg'i resurslarining inqirozi

Shunga o'xshash "yashil loyihalar" boshqa mamlakatlarda ham amalga oshirilmoqda.

Masalan, Xitoyning shimolidagi avtonom tuman bo'lgan Ichki Mongoliya, "yashil" vodorodni ishlab chiqarish uchun quyosh va shamol energiyasidan foydalaniladigan keng ko'lamlı energetik megaloyihani ma'qulladi [14].

Zavod guruhlari yiliga 66 900 tonna "yashil" vodorod ishlab chiqarish uchun 1,85 gigavatt quyosh energiyasi va 370 megavatt shamol energiyasidan foydalanadi.



Bloomberg tahlilchisi Syaotin Vanning so'zlariga ko'ra, ushbu loyiha davlat tarixidagi boshlangan eng yirik loyiha hisoblanadi. U yiliga 681 million litr benzindan voz kechish uchun yetarli vodorod ishlab chiqarish imkonini berishi mumkin.

Vodorod energetikasi Xitoy uchun 2060 yilga borib dekarbonizatsiyaga erishish uchun juda muhimdir. Mamlakat vodorod sanoatining ishlab chiqarish hajmi besh yil ichida bir trillion yuanni (154 milliard dollar) tashkil etishi, 2050 yilga borib esa u 12 barobar o'sishi mumkin [15].

Qayta tiklanadigan manbalardan elektr energiyasini ortiqcha ishlab chiqarish

Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan (QTEM energetikani jadal rivojlantirish butun dunyoda yuz bermoqda. An'anaviy va unga xos notekisligi va generatsiyaning siklikligi bilan qayta tiklanadigan energetikani muvofiq keltirish muammolari esa istisnosiz barcha mamlakatlarga xosdir [16].

Shunday qilib, QTEM elektr energiya ishlab chiqarishning notekisligiga olib keladi. QTEMning rivojlanishi hozirning o'zida vaqti-vaqti bilan qayta tiklanadigan energiya manbalaridan, birinchi navbatda shamoldan elektr energiyani haddan tashqari ko'p ishlab chiqarishga duch kelmoqda. Kelajakda, quvvatlarning o'sishi bilan muammo faqat ortib boradi. Akkumulyatorli to'plagichlar, ayniqsa uzoq vaqt oralig'ida, muammoni hal qilmaydi va hal qila olmaydi. Vodorod shunday to'plagich bo'la oladi deb hisoblanadi [17].



Ushbu energiya tashuvchisining transport sohasida sezilarli darajada tarqalishi kutilmoqda. Parij iqlim bo'yicha bitimi talablarini bajarishda yaqin o'n yilliklarda global energetikaning tuzilmasi yoqilg'ining barcha turlaridan samarali foydalanish natijasida tub o'zgarishlarga uchrashi kerak. Vodorod ikkilamchi energiya tashuvchisi

hisoblanadi, lekin u barcha mavjud kimyoviy moddalarning eng sig'imli va ekologik toza energiya tashuvchisi sifatida alohida e'tiborga loyiqdir, chunki reaksiyaning yagona mahsuloti – bu suv [18].

Vodorodni energiyani saqlash ombori sifatida ishlatish texnologiyasi uzoq vaqtdan beri ma'lum bo'lgan, ammo uning tijorat maqsadlarida qo'llanilishi hali taqdim etilmagan edi.

Litiy-ion batareyalarini zaryadlashni doimiy ravishda yangilash zarurati ularni sanoat miqyosida juda samarali qilmaydi. Vodorod nazariy jihatdan ortiqcha energiyani ishonchli tarzda saqlanishiga imkon berib, vaziyatni to'g'rilashi mumkin.

Olimlar vodoroddan energiyani ombori sifatida foydalanish mumkin deb aytishadi. Bu uzoq muddatli saqlash joyi sifatida muhimdir. Masalan, elektr energiyani yozda rezervuarlarda to'plash, qishda esa ishlatish mumkin. Litiy-ion batareyalari bunday formatni ko'zda tutmaydi.

Qayta tiklanuvchi manbalardan elektr energiyasini ortiqcha ishlab chiqarish

Masalan, Shell, Uniper SE, BMW va Audi kompaniyalari bugungi kunda qimmat va qisqa muddatli liiy-ion energiya saqlash joylarini ehtimol o'rnini bosuvchi yechimlar uchun energiyani saqlashga vodoroddan foydalanish usulini izlamoqdalar [19].

Avstraliyaning Yangi Janubiy Uels shtatidagi Manilla (Manilla) kichik shaharchasida ham "qattiq holdagi vodorod" da energiyani saqlash bo'yichaloyihani amalga oshirish boshlandi.

Mahalliy jamoatni quyosh energiyasiga o'tkazishni ko'zda tutuvchi Manilla Community Solar loyihasi 4,5 MVt quvvatdagi quyosh elektr stansiyasi, 4,5 MVt/4,5 MVt-s litiy-ion energiya to'plagichi va 2 MVt quvvat va 17 MVt-s sig'im bilan vodorod energiyasini to'plash tizimi (ETT) ni o'z ichiga oladi.

Manilladagi ortiqcha quyosh energiyasi H₂ ga aylantiriladi, u natriy borogidridi (NaBH₄) deb ataladigan qattiq materialda saqlanadi.

Bu shimgich kabi vodorodni shimib olishi, keyin esa H₂ni qaytib ajratishi mumkin. Orqaga chiqarilgan vodorod elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun yoqilg'i elementiga yuboriladi.



Tizim vodorodni yuqori zichlikda va past bosimda energiya sarflaydigan siqish yoki suyultirish zaruratisiz tejab saqlashga imkon beradi.

Saqlash joyi odatiy tartibda tashilishi mumkin bo'lgan standart 20 futli konteynerlarni o'zida namoyon qiladi.

Ushbu energiyani saqlash texnologiyasi professor Kondo-Fransua Aguey-Zinsou va uning jamoasi tomonidan Yangi Janubiy Uels universiteti (UNSW) Kimyo muhandisligi maktabida ishlab chiqildi va professor hammuassisi bo'lgan H2Store startapi bilan tadbiiq etilmoqda.

Ushbu yechim litiy-ion batareyalar asosida mavjud energiyani saqlash tizimlari bilan solishtirganda afzalliklarni taqdim etadi. Xususan, loyiha mualliflari o'z tizimlarining 30 yillik xizmat qilish muddatini ma'lum qildilar. Bundan tashqari, ular litiy-iondan farqli o'laroq yong'inga xavfsiz hisoblanadi [20].



1. The hydrogen solution? // <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0891-0>
2. Impact of hydrogen on the environment // <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319911017319>
3. Hydrogen Benefits and Considerations // https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_benefits.html
4. Энергетический бюллетень: водородная энергетика // https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/energo_oct_2020.pdf
5. Climate Action Fast Facts // <https://www.un.org/en/climatechange/science/key-findings>
6. Почему водород – топливо будущего? // <https://ru.toyota.lv/hydrogen/why-hydrogen.json>
7. Нулевые выбросы CO2 требуют роста производства H2 в шесть раз – МЭА // <https://globalenergyprize.org/ru/2021/05/26/nulevye-vybrosy-so2-trebujut-rosta-proizvodstva-n2-v-shest-raz-mea/>
8. Водород вместо нефти, газа и угля - новый тренд в Европе // <https://www.dw.com/ru/водород-вместо-нефти-газа-угля-новый-тренд-в-европе/a-50112770>
9. Немецкие сталелитейные заводы переходят на водородное топливо // <https://ecotechnica.com.ua/technology/5324-nemetskie-stalelitejnye-zavody-perekhodyat-na-vodorodnoe-toplivo.html>
10. Водород вместо нефти, газа и угля - новый тренд в Европе // <https://www.dw.com/ru/водород-вместо-нефти-газа-угля-новый-тренд-в-европе/a-50112770>
11. How long before the world runs out of fossil fuels? // <https://www.zmescience.com/science/news-science/how-long-fossil-fuels-last-43432/>
12. В Австралии задумали превратить сточные воды в водород // https://lenta.ru/news/2021/08/26/stoki_vodorod/
13. Шаг в будущее энергетики: создана новая технология получения водорода из воды // <https://www.vesti.ru/nauka/article/2590425>
14. China Approves Renewable Mega-Project for Green Hydrogen // <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-18/china-approves-renewable-mega-project-focused-on-green-hydrogen?srnd=green&sref=fgHqaWRV>
15. В Китае задумали "зеленый" мегапроект // https://lenta.ru/news/2021/08/18/mega_chi/
16. Как изменить нынешнюю модель энергогенерации? // <https://rent techno.ua/blog/100-percent-renewable.html>
17. Глобальное потепление // <https://ria.ru/20200220/1564978405.html>
18. Водородные и алюмоводородные накопители в электроэнергетике // <https://energypolicy.ru/vodorodnye-i-alyumovodorodnye-nakopiteli-v-elektroenergetike/energetika/2021/12/21/>
19. Водород может стать основой для промышленных систем хранения энергии // <https://nangs.org/news/renewables/hydrogen/vodorod-mozhet-stat-osnovoj-dlya-promyshlennykh-sistem-khraneniya-energii>
20. Хранение солнечной энергии в "твёрдом водороде" // https://elektrovesti.net/70044_khranenie-solnechnoy-energii-v-tverdom-vodorode

D 820



O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi
Ilmiy-texnik axborot markazi

Toshkent-2021