


ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Կանաչ ջրածնի զարգացումը Հայաստանում. հիմնախնդիրներ, ռեսուրսներ և հնարավորություններ

Մանուկյան Սարգիս Ֆ.


*տ.գ.թ., Տեխնոլոգիաների կառավարման ամբիոնի դոցենտ,
Ինժեներական տնտեսագիտության և կառավարման ֆակուլտետ,
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (Երևան, ՀՀ)*

 <https://orcid.org/0009-0001-0485-4869>

sarkis.ar@gmail.com

Միմոնյան Կարեն Վ.

*Տեխնոլոգիաների կառավարման ամբիոնի ուսանող,
Ինժեներական տնտեսագիտության և կառավարման ֆակուլտետ,
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (Երևան, ՀՀ)*

 <https://orcid.org/0009-0003-6117-0660>

simonyanshinllc@gmail.com

ՀՏԳ՝ 320.91; 338.45; EDN: SZKMBO; JEL: O13, P48, Q42, Q43, Q47

DOI: 10.58587/18292437-2024.6-175

Հանգուցարաներ և բառակապակցություններ՝ մարուր ջրածին, կանաչ ջրածին, վերականգնվող էներգիա, էլեկտրոլիզային կայաններ, ջրի էլեկտրոլիզ, ածխածնազերծում

Развитие зеленого водорода в Армении. проблемы, ресурсы и возможности

Манукян Саркис Ф.

*к.т.н, доцент кафедры технологического менеджмента,
Факультет инженерной экономики и менеджмента,
Национальный Политехнический Университет Армении (Ереван, РА)*

Симонян Карен В.

*Студент кафедры инженерной экономики,
Факультет инженерной экономики и менеджмента,
Национальный Политехнический Университет Армении (Ереван, РА)*

Аннотация. В последние годы наблюдается глобальный интерес к решению энергетических проблем с использованием водорода. Можно сказать, что в последние годы это одна из перспективных отраслей энергетики, к которой наблюдается серьезный интерес. Многие страны приняли стратегии производства водорода, включая водород с низким уровнем выбросов (чистый водород) и особенно зеленый водород (GH2). Растущая потребность в устойчивых энергетических решениях привлекла внимание всего мира к зеленому водороду, универсальному и экологически чистому энергоносителю. Зеленый водород, получаемый с помощью возобновляемых источников энергии путем электролиза воды, предлагает многообещающие решения для сокращения выбросов парниковых газов и содействия энергетической безопасности стран. Развитие зеленого водорода может сыграть значительную роль в укреплении энергетической стабильности Армении. Наши солнечные, ветровые и водные ресурсы позволяют нам трансформировать энергетическую модель путем перехода к чистым и ориентированным на будущее технологиям. Этот шаг также позволит Армении идти с мировыми тенденциями, участвуя в растущем внешнем рынке зеленой энергии. В статье представлена важность развития зеленого водорода в энергетической и экологической системе Армении с учетом потенциала существующих ресурсов и необходимости обеспечения энергетической безопасности.

Ключевые слова и словосочетания: чистый водород, зеленый водород, возобновляемая энергетика, электролизные установки, электролиз воды, декарбонизация

The development of green hydrogen in Armenia. issues, resources and opportunities

Manukyan Sarkis F.

*Associate Professor, Chair of Technological Management, PhD,
Faculty of Engineering Economics and Management,
National Polytechnic University of Armenia (Yerevan, RA)*

Abstract. In recent years, there has been a global interest in solving energy problems using hydrogen. It can be said that in recent years it is one of the promising branches of energy, in which there is serious interest. Many countries have adopted strategies for hydrogen production, including low-emission hydrogen (clean hydrogen) and especially green hydrogen (GH₂). The growing need for sustainable energy solutions has shifted global attention to green hydrogen, a versatile and clean energy carrier. Green hydrogen, produced by renewable energy through the electrolysis of water, offers promising solutions to reduce greenhouse gas emissions and contribute to the energy security of countries. The development of green hydrogen can play a significant role in strengthening Armenia's energy stability. Our solar, wind and water resources enable us to transform the energy model by transitioning to clean and future-oriented technologies. This move will also allow Armenia to stay in line with global trends, participating in the growing foreign market for green energy. The article presents the importance of the development of green hydrogen in the energy and ecological system of Armenia, taking into account the potential of existing resources and the need to ensure energy security.

Keywords & phrases: pure hydrogen, green hydrogen, renewable energy, electrolysis plants, water electrolysis, decarbonization

Թեև որոշ գիտական և գործարար կառույցներ Հայաստանում արդեն զբաղվում են կանաչ ջրածնի ներուժի գնահատմամբ և արտադրության կազմակերպման փորձերով, այնուամենայնիվ այն դեռևս հասարակության մեջ քիչ է հանրայնացված և այս տեղեկատվական-վերլուծական հոդվածը նպատակ է հետապնդում հետաքրքրություն առաջացնել կանաչ ջրածնի նկատմամբ՝ այն որպես էներգիայի մաքուր աղբյուր և տնտեսության համար էներգետիկայի հեռանկարային ոլորտ դիտարկելու համար: Սակայն դրա համար նախևառաջ անհրաժեշտ են կանաչ ջրածնի զարգացման նպատակահարմարության համալիր և բազմաշերտ հետազոտություններ:

Հոդվածի արդիականությունը կայանում է նրանում, որ մեր երկրում առկա վերականգնվող ռեսուրսները՝ արևային և հողմային, դեռևս արդյունավետ և մեծ ծավալով չեն օգտագործվում, իսկ ջրային ռեսուրսները զգալիորեն կորցնում ենք՝ ոչ արդյունավետ յուրացման և դեպի Ադրբեյջան հոսող գետերի պատճառով: Խիստ կարևորվում է նաև էներգետիկ անվտանգության բարձրացումը, հատկապես հաշվի առնելով էներգակիրների ներմուծման կախվածությունը: Այդ խնդիրների մասնակի լուծմանը կարող է նպաստել Հայաստանում կանաչ ջրածնի արտադրությունը:

Հայաստանում վերականգնվող էներգիայի և կանաչ ջրածնի զարգացման վերաբերյալ հոդվածները մեր կողմից կուսնենան շարունակական բնույթ:

Ջրածինը, մաքուր ջրածինը և կանաչ ջրածինը որպես էներգիայի աղբյուր

Ջրածինը (H₂) լայնորեն կիրառվում է արդյունաբերության տարբեր ճյուղերում, էներ-

գետիկայում, շինարարության մեջ և տրանսպորտում՝ որպես վառելիք և էներգիայի կրող: Ջրածնի արտադրությունը հիմնականում կախված է հանածո վառելիքներից (ածուխ, բնական գազ), ինչը աղտոտում է շրջակա միջավայրը [1, էջ 13]: Ջրածնի կիրառությունը լայն տարածում է գտնում ամբողջ աշխարհում, քանի որ բազմաթիվ երկրներ նպատակ ունեն ածխածնի արտանետումները նվազեցնելու և կիրառելու այն ոլորտներում, ինչպիսիք են՝ ծանր արդյունաբերությունը (պողպատի արտադրությունը, ցեմենտի արտադրությունը, պարարտանյութերի և որոշ քիմիական ապրանքների արտադրությունը և այլն), ծանր փոխադրումները (նավագնացությունը, ավիացիան), որոնց արտադրությունը բարդ է իրականացնել միայն էլեկտրաէներգիայի միջոցով [2, էջ 1]:

«Ցածր արտանետումներով ջրածինը», որը կոչվում է նաև «մաքուր ջրածին», այն ջրածինն է, որն արտադրվում է ջերմոցային գազերի նվազագույն արտանետումներով՝ համեմատած սովորական կամ ավանդական մեթոդներով ջրածնի ստացման հետ: Արտադրության մեթոդներով և արտանետումների մակարդակով պայմանավորված առանձնանում են մաքուր ջրածնի հետևյալ տեսակները՝ [3]

Կանաչ ջրածին (GH₂). արտադրվում է ջրի էլեկտրոլիզի (էլեկտրատարալուծման) միջոցով՝ օգտագործելով վերականգնվող էլեկտրաէներգիա (հողմային, արևային և հիդրոէներգիա): Սա համարվում է ջրածնի ստացման ամենամաքուր տեխնոլոգիան, քանի որ արտադրության ընթացքում չի արտանետում CO₂ և մեծամասամբ հիմնված է վերականգնվող էներգիայի ռեսուրսների վրա: էլեկտրոլիզի գործընթացում ջուրը (H₂O) բաժանվում է ջրածնի (H₂) և թթվածնի (O₂)՝ առանց ածխածնի արտանետում-

ների, դարձնելով այն էկոլոգիապես կայուն: Ջրածինը անջատվում է որպես չափազանց բարձր մաքրության գազ: Իսկ անջատված թթվածինը կարող է օգտագործվել այլ նպատակներով, օրինակ՝ արդյունաբերության և բժշկության մեջ: Ջրածինը կարող է պահվել որպես սեղմված գազ կամ հեղուկ վիճակում: Միակ «թափոնը» դա գոլորշին է: Կանաչ ջրածինը առաջարկվում է հանածո վառելիքի փոխարեն մաքուր այլընտրանք՝ ապահովելով ածխածին չպարունակող էներգիայի աղբյուր բարձր ջերմաստիճան պահանջող արդյունաբերական գործընթացների և տրանսպորտի համար:

Կապույտ ջրածինը ստացվում է բնական գազից, սակայն ածխածնի արտանետումները որսվում և պահվում են գետնի տակ (Carbon Capture and Storage - CCS տեխնոլոգիա՝ ածխածնի հավաքում և պահեստավորում): Թեև այն նվազեցնում է արտանետումները, սակայն դեռևս ամբողջովին չեզոք չէ ածխածնի նկատմամբ:

Փիրուզագույն ջրածինը արտադրվում է պիրոլիզի արդյունքում, որը քայքայում է մեթանը ջրածնի և պինդ ածխածնի: Սա զերծ է CO₂ արտանետումներից, թեև դրա համար օգտագործվում է բնական գազ:

Բնականաբար Հայաստանի համար մաքուր ջրածին արտադրելու տեսակետից սեփական ռեսուրսների առկայության առումով կիրառական է հենց կանաչ ջրածնի արտադրությունը: Ի տարբերություն մաքուր ջրածնի, ջրածնի արտադրության մյուս ձևերը (ոչ մաքուր կամ բարձր արտանետումներով) դասակարգվում են՝ ելնելով դրանց արտադրության մեթոդներից, որոնք սովորաբար պայմանավորված են շրջակա միջավայրի վրա իրենց ազդեցությամբ՝

Մոխրագույն ջրածին. սա ջրածնի արտադրության ամենատարածված ձևն է և ստացվում է բնական գազից կամ մեթանից՝ մեթանի գոլորշու բարեփոխում (SMR) կոչվող գործընթացի միջոցով: Այս մեթոդը արտանետում է զգալի քանակությամբ CO₂, այն դարձնելով շրջակա միջավայրի համար վնասակար: Ներկայումս դա ջրածնի արտադրության հիմնական տեխնոլոգիան է, որը կազմում է ավելի քան 70-75%-ը: Բնականաբար Հայաստանում ձեռնառու չէ ներմուծվող բնական գազից ստանալ մոխրագույն ջրածին և այն օգտագործել տնտեսության մեջ տարբեր նպատակներով, քանի որ գազի ներկրման տրանսպորտային ծախսերի աճի պատճառով այն կրկնակի թանկանում է: Միաժամանակ այս տեսակի ջրածնի ստացման նպատակով ենթակառուցվածքներ ստեղծելը կապիտալատար է և ներկրվող բնական գազից կրկին կախվածություն ունենալը անտրամաբանական է և ամենևին էլ չի նպաստում էներգետիկ

անկախությանը: Նշենք, որ 1 կգ մոխրագույն ջրածին ստանալու համար ծախսվում է 4,5-5 մ³ բնական գազ:

Սև ջրածին. արտադրվում է ածուխի գազայնացման արդյունքում, հաճախ այն կոչվում է նաև դարչնագույն ջրածին: Այս մեթոդը շրջակա միջավայրը խիստ աղտոտում է CO₂-ով և այլ վնասակար կողմնակի նյութերով: Այս տեխնոլոգիային բաժին է ընկնում ջրածնի արտադրության մոտ 10-15%-ը: Հայաստանը չի տիրապետում ածխի արդյունաբերական խոշոր պաշարների, իսկ հանրապետությունում առկա գորշ ածխի և կոքսացվող քարածխի ոչ մեծ պաշարներից սև ջրածնի ստացումը տնտեսապես ձեռնառու չէ և տեխնոլոգիական առումով բարդ է:

Դեղին (կամ նարնջագույն, վարդագույն) ջրածին, որը ատոմակայանի էներգիայի միջոցով ջրի էլեկտրոլիզի միջոցով ջրածնի ստացումն է: Նշենք, որ 1 կգ կանաչ ջրածնի ստացման համար միջինը ծախսվում է 50-55 կՎտժ էլեկտրաէներգիա: Դեղին ջրածնի արտադրության կազմակերպումը տեսականորեն հնարավոր է Հայաստանի համար: Սակայն այստեղ ներկրվող հարստացված ուրանից կրկին կախվածության խնդրին ենք հանգում և մեծ ծավալի ներդրումների անհրաժեշտություն կա:

Ավելի նպատակահարմար է կանաչ ջրածնի համար ենթակառուցվածքների ստեղծումը, որտեղ կանաչ ջրածնի ստացման համար էլեկտրաէներգիայի պակասուրդը կարող է լրացուցիչ սնուցվել ատոմակայանի էլեկտրաէներգիայի ավելցուկային ծավալների հաշվին:

Բնական (սպիտակ) ջրածինը հավաքվում է բնական պայմաններում, օրինակ, այն կարող է առաջանալ տեկտոնական գոտիների ճեղքերում կամ այլ երկրաբանական միջավայրերում: Բնական պայմաններում սպիտակ ջրածնի աղբյուրների հայտնաբերման և հավաքման տեխնոլոգիաների հետազոտությունները դեռ նոր են սկսվել:

Ջրածնի և կանաչ ջրածնի գլոբալ միտումները

Ջրածնի համաշխարհային պահանջարկը 2023 թվականին կազմել է 97 միլիոն տոննա՝ 2022 թվականի համեմատ աճելով 2,5%-ով: Ջրածնի համաշխարհային արտադրությունը կշարունակի աճել՝ բավարարելու աճող պահանջարկը և կարող է մոտենալ 100 միլիոն տոննա մինչև 2024 թվականի վերջ [4, էջ 59]:

Չինաստանը առաջատար է արտադրության ծավալներով՝ որը կազմում է համաշխարհային արտադրության գրեթե 30%-ը, որին հաջորդում են ԱՄՆ-ն 14% և Հնդկաստանը՝ 9%-ը: Մպասվում է, որ մինչև 2030 թվականը շուկայի պահանջարկը կավելանա՝ գերազանցելով 200 միլիոն տոննան: Այն ներառում է բոլոր

տեսակների ջրածինը՝ մոխրագույն, սև, կապույտ, կանաչ, դեղին և այլ տեխնոլոգիաներով արտադրված: Արտադրված ջրածնի մեծ մասը (մոտ 95%) ստացվել է գազից և ածխից՝ օգտագործելով ածխաջրածինների վերամշակման տեխնոլոգիաները, ինչը հանգեցնում է մեծ քանակությամբ ածխաթթու գազի արտանետման: Միայն փոքր մասը՝ 5%-ից պակաս, արտադրվել է մաքուր ջրածնի տեխնոլոգիաներով, այդ թվում նաև կանաչ ջրածինը:

2023 թվականին գլոբալ ջրածնի շուկան գնահատվել է մոտ 242,7 միլիարդ դոլար և կանխատեսվում է, որ 2030 թվ.-ին այն կհասնի մինչև 410,6 միլիարդ դոլարի [5]:

Ընդհանրապես ջրածնի նկատմամբ պահանջարկը շարունակում է հիմնականում կենտրոնացված մնալ վերամշակման և քիմիական արդյունաբերությունների ոլորտներում և հիմնականում ապահովվում է «ոչ մաքուր ջրածնով», որն արտադրվում է հանածո վառելիքից (գազ, ածուխ): Նախորդ տարիներին ցածր արտանետումներով ջրածինը (կապույտ, փիրուզագույն, կանաչ) միայն մարզինալ դեր է խաղացել, ընդ որում այն 2023 թվականին ունեցել է 1 միլիոն տոննայից պակաս արտադրություն:

Կանաչ ջրածնի արտադրության ծավալը դեռ համեմատաբար փոքր է, սակայն վերջին տարիներին աճում է՝ հաշվի առնելով գլոբալ ջանքերը ուղղված արտանետումների կրճատմանը և վերականգնվող էներգիայի հզորությունների կիրառմանը ջրածնի արտադրության մեջ: Սպասվում է, որ 2030 թվականին կանաչ ջրածնի արտադրողականությունը կարող է հասնել 10 միլիոն տոննայի, իսկ մինչև 2050 թվականը՝ մոտ 100 միլիոն տոննայի:

Կանաչ ջրածնի համաշխարհային շուկան գնահատվել է 7,7 միլիարդ ԱՄՆ դոլար 2023 թվականին [6]: Սա համեմատաբար փոքր հատվածն է ընդհանուր ջրածնի շուկայում, բայց բուռն աճի փուլում է:

Կանաչ ջրածնի ստացման համար տեղակայված ջրի էլեկտրոլիզատորների (էլեկտրոլիզարար) հզորությունը 2023 թվականի վերջին հասել է 1,4 ԳՎտ-ի, որը կրկնակի ավելի է նախորդ տարվա համեմատ և մինչև 2024 թվականի վերջը այն կարող է հասնել 5 ԳՎտ-ի [7]: Չինաստանը առաջատարն է հայտարարված նախագծերի առումով, որի բաժինը կարող է կազմել ամբողջ հզորությունների գրեթե 70%-ը: Ամբողջ աշխարհում ավելի քան 300 միլիարդ դոլար է ներդրվել մաքուր ջրածնի նախաձեռնությունների վրա:

Կանաչ ջրածնի ստացման տեխնոլոգիաները

Բնականաբար, Հայաստանի համար ջրածնի ստացման միակ ուղղությունը դեռևս կարող է կանաչ ջրածինը լինել: Նշենք, որ 1 կգ ջրածին ստանալու համար պահանջվում է 9-11 լիտր ջուր և միջինը մոտ 50-55 կՎտ.ժ էլեկտրաէներգիա (էլեկտրոլիզով), իսկ ստացված 1 կգ կանաչ ջրածինը համարժեք է մոտ 33,6 կՎտ.ժ էլեկտրաէներգիայի կամ 2,8-3 մ³ բնական գազի էներգետիկ արժեքին:

Կանաչ ջրածնի արտադրության համար պետք է կիրառվեն մի քանի հիմնական համակարգեր և ենթահամակարգեր, որոնցից հատկապես կարևոր են՝ էլեկտրոլիզատորները և վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներին ինտեգրվելու համակարգերը: Այս համակարգերը կազմում են կանաչ ջրածնի արտադրության գործընթացի ողնաշարը:

Էլեկտրոլիզատորը (կամ էլեկտրոլիզարար) կանաչ ջրածնի արտադրության հիմնական տեխնոլոգիան է, որը վերականգնվող աղբյուրներից էլեկտրաէներգիան էլեկտրոլիզի (էլեկտրատարրալուծման) միջոցով ջուրը բաժանում է ջրածնի և թթվածնի: Ներկայումս օգտագործվում է էլեկտրոլիզատորների մի քանի տեսակ. [5]

- Պրոտոնային փոխանակման մեմբրանի (PEM) էլեկտրոլիզատորներ. դրանք նախընտրելի են կանաչ ջրածնի արտադրության համար՝ շնորհիվ իրենց բարձր արդյունավետության և փոփոխական բեռնվածությամբ աշխատելու ունակության, որը դրանց հարմար է դարձնում վերականգնվող էներգիայի (արևային և հողմային) աղբյուրների հետ ինտեգրվելու առումով:

- Ալկալային էլեկտրոլիզատորներ. դրանք լայնորեն օգտագործվում են համեմատաբար ցածր գնի և երկար գործառնական ժամկետի պատճառով, բայց դրանք ավելի քիչ արդյունավետ են, քան PEM էլեկտրոլիզատորները:

- Պինդ օքսիդի էլեկտրոլիզատորներ (SOE), դրանք գործում են բարձր ջերմաստիճաններում և ունեն ավելի բարձր արդյունավետություն, սակայն դեռևս գտնվում են զարգացման վաղ փուլերում:

Վերականգնվող էներգիայի ինտեգրման համակարգեր: Կանաչ ջրածնի արտադրության հաջողությունը կախված է վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների՝ հիմնականում արևային, հողմային և հիդրոէլեկտրակայանների արդյունավետ ինտեգրումից էլեկտրոլիզի տեխնոլոգիաների հետ: Դրանք կարող են կարգավորել վերականգնվող էներգիայի ընդհատումները և ապահովել էլեկտրոլիզատորներին էլեկտրաէներգիայի շարունակական մատակարարումը:

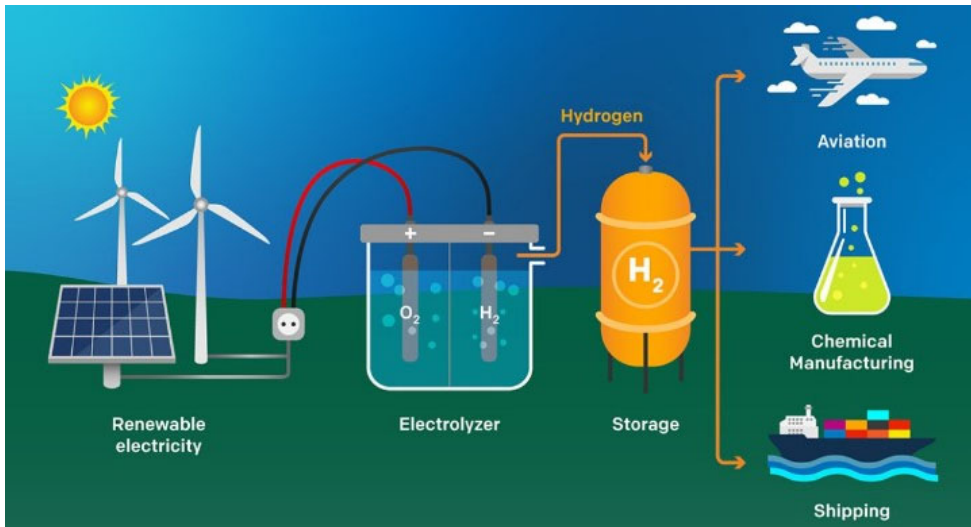
Հիմնական ինտեգրացիոն տեխնոլոգիաները ներառում են.

- խելացի ցանցեր. դրանք անհրաժեշտ են վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներից էլեկտրաէներգիան արդյունավետորեն կանաչ ջրածնի արտադրության օբյեկտներ բաշխելու համար՝ օպտիմալացնելով առաջարկի և պահանջարկի հավասարակշռությունը:

- էներգիայի պահպանման համակարգեր՝ կուտակիչներ, մարտկոցներ և պահեստավորման այլ տեխնոլոգիաներ, որոնք օգնում են կառավարել էլեկտրաէներգիայի փոփոխականությունը՝ ապահովելով ավելացված էլեկտրա-

էներգիայի կուտակումը և օգտագործումը կանաչ ջրածնի արտադրության համար էլեկտրաէներգիայի ցածր արտադրության ժամանակ (օրինակ՝ գիշերը կամ ամպամած օրերին):

Նշենք, որ էլեկտրոլիզատորների արդյունավետ գործելու համար պահանջվում է զգալի քանակությամբ մաքուր ջուր: Հայաստանում ջրային ռեսուրսները միշտ չէ, որ կարող են մատչելի լինել վերականգնվող էներգիայի բարձր ներուժ ունեցող տարածքներում: Ջրի մաքրման համակարգերը և ջրի արդյունավետ կառավարումը վճռորոշ նշանակություն կունենան ջրածնի արտադրությանն աջակցելու համար:



Նկար 1. Կանաչ ջրածնի ստացման, պահեստավորման և օգտագործման սխեմա

Կանաչ ջրածնի հիմնական առավելությունները և թերությունները

Կանաչ ջրածնի հիմնական առավելություններից կարելի է նշել.

1. Կանաչ ջրածինը ստացվում է ջրի բաժանման միջոցով՝ վերականգնվող էներգիայի օգտագործմամբ, ինչը հնարավորություն է տալիս նվազեցնել ածխածնի արտանետումները և պայքարել կլիմայի փոփոխության դեմ, այսինքն այն բնութագրվում է որպես՝ *էկոլոգիապես մաքուր արտադրություն*: 2. Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրները, ինչպիսիք են՝ արևային ու հողմային էներգիան, ըստ էության *անսահմանափակ են (սակայն ոչ անընդհատ)*, ինչը կանաչ ջրածինը դարձնում է էներգիայի կայուն և երկարաժամկետ այլընտրանք: 3. Ջրածինը *կարող է օգտագործվել բազմաթիվ ոլորտներում*, ինչպիսիք են՝ արդյունաբերությունը, գյուղատնտեսությունը, շինարարությունը, ջեռուցումը և տրանսպորտը՝ համապարփակ էներգետիկ փոփոխությունների հիմք դառնալով: 4. Ջրածինը կարելի է օգտագործել *էներգիայի պահես-*

տավորման միջոց, ինչը կարևոր է բազմաթիվ ոլորտների գործունեության անընդհատությունն ապահովելու համար:

Այն կարող է բերել բնական գազի խնայողությանը, տրանսպորտային միջոցների համար ներկրվող վառելիքի կրճատմանը: Հայաստանում տրանսպորտային պարկը ջրածնային շարժիչով աշխատող մեքենաներով նույնիսկ 10-20%-ի փոխարինման արդյունքում ներկրվող վառելիքի ծախսերը զգալիորեն կնվազեն, միաժամանակ կնվազեն շրջակա միջավայրի օդի աղտոտման ծավալները և բնակչությանը հասցված առողջապահական վնասը:

Կանաչ ջրածնի թերություններից կարելի է նշել.

1. *Բարձր ինքնարժեքը*, քանի որ կանաչ ջրածնի արտադրությունը պահանջում է բարձր ֆինանսական ներդրումներ, հատկապես տեխնոլոգիաների զարգացման այս փուլում [8, էջ 1]: Էլեկտրոլիզատորների արժեքը և վերականգնվող էներգիայի օգտագործման հետ կապված ծախսերը դեռևս բարձր են: Կանաչ ջրածնի ինքնարժեքը հիմնականում կախված է էլեկտրոլիզի գործընթացի և վերականգնվող

Էներգիայի արտադրության ծախսերից: Օրինակ, վերականգնվող էներգիայի (Էլեկտրականության) արժեքը տատանվում է 0,07-0,1 ԱՄՆ դոլար/կՎտժ սահմաններում [4]: Էլեկտրոլիզի 1 կիլոգրամ ջրածնի արտադրությունը պահանջում է մոտ 50-55 կՎտժ էներգիա, ինչի հետևանքով կանաչ ջրածնի ինքնարժեքը կազմում է մոտ 3-5,5 ԱՄՆ դոլար/կգ: Դա զգալիորեն բարձր է, համեմատած ջրածնի այլ տեսակների հետ (օրինակ, մոխրագույն ջրածնի ինքնարժեքը կազմում է մոտ 1-2 ԱՄՆ դոլար/կգ): Եթե միջազգային շուկայում ջրածնի գները աճեն կամ ստացման ինքնարժեքը նվազի, ապա նախագծերի շահութաբերության տոկոսները կարող են բավականին գրավիչ լինել:

2. Տեխնոլոգիական սահմանափակումներ: Կանաչ ջրածնի ստացման տեխնոլոգիաների

հասանելիությունը դեռևս չի հասել այն մակարդակի, որ այն ունենա լայն տարածում և հասանելի բոլոր երկրների համար: Արդյունավետ արտադրությունը և անվտանգ շահագործումը լուրջ բարդություններ են ներկայացնում:

3. Լոգիստիկ խնդիրներ: Ջրածնի տարանցումը և պահպանությունը բարդ խնդիրներ են, քանի որ այն հիմնականում գազային կամ հեղուկ վիճակում է և պահանջում է հատուկ պայմաններ՝ բարձր ճնշում կամ ցածր ջերմաստիճաններ: Դա մեծացնում է լոգիստիկ ծախսերը:

4. Էներգիայի կորուստներ: Կանաչ ջրածնի արտադրության գործընթացում, հատկապես Էլեկտրոլիզի փուլում, զգալի չափով էներգիայի կորուստներ են առաջանում, ինչը կարող է սահմանափակել դրա արդյունավետությունը՝ համեմատած այլ էներգակիրների հետ:



Նկար 2. Կանաչ ջրածնի տնտեսությունը ըստ AI գեներացման (արևային ՖՎ Էլեկտրակայան, հողմային Էլեկտրակայան, ջրամբար, ջրի Էլեկտրոլիզատոր, ջրածնի պահեստարաններ, GH2 –ի բաշխման համակարգ)

Հայաստանի կանաչ ջրածնի զարգացման ներուժը և ռեսուրսները

Հայաստանը զգալի ներուժ ունի կանաչ ջրածնի արտադրության համար՝ շնորհիվ արևային և հողմային էներգիայի մեծ պաշարների: Հայաստանի մի քանի տարածաշրջաններում հնարավոր է կառուցել կանաչ ջրածին արտադրող կայաններ՝ միաժամանակ բավարարելով երկրի ներքին պահանջարկը և ապագայում ապահովելով արտահանման ներուժ: Ներքին շուկայի ձևավորմանը զուգընթաց, կարևոր է կենտրոնանալ արտահանման հնարավորությունների վրա՝ համագործակցելով առաջատար երկրների հետ: Հայաստանում կանաչ ջրածնի ներքին սպառման շուկան կարող է զարգանալ հիմնականում արդյունաբերության և տրանս-

պորտի պահանջարկի բավարարման նպատակներով: Միևնույն ժամանակ, կանաչ ջրածնի արտահանումը մեծ հնարավորություններ ունի, հատկապես եվրոպական և ասիական շուկաներ:

Հարկ է նշել, որ արևային և հողմային էներգիայի աղբյուրները անսպառ են սակայն անընդհատ չեն, ինչը խնդիրներ է ստեղծում կայուն էներգիայի մատակարարման ապահովման համար: Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներից անընդհատություն կարող է ապահովել միայն երկրաջերմային (գեոթերմալ) էներգիայից ստացվող Էլեկտրաէներգիան: Սակայն դրա ներուժը Հայաստանում դեռևս պատշաճ գնահատված չէ [9, էջ 54]: Երկարաժամկետ կտրվածքում երկրաջերմային էներգիան կանաչ ջրածնի արտադրության համար

նույնպես հեռանկարային ուղղություն կարող է լինել, հատկապես հաշվի առնելով, որ երկրա-ջերմային էլեկտրակայաններից էլեկտրաէներգիայի ստացման ծախսերը բավականին ցածր են, էլեկտրաէներգիայի մատակարարումը անընդհատ է, սակայն բարձր են էներգումային ծախսերը:

Կանաչ ջրածինը կարող է հանդես գալ որպես էներգիայի պահպանման երկարա-ժամկետ լուծում՝ կուտակելով ավելցուկային վերականգնվող էներգիան, երբ արտադրությունը գերազանցում է պահանջարկը:

Հայաստանում կանաչ ջրածնի արտադրության համար օպտիմալ վայրերի ընտրությունը և արտադրական հզորության գնահատումը կախված է մի շարք հիմնական գործոններից, այդ թվում՝ վերականգնվող էներգիայի պոտենցիալից, ջրի հասանելիությունից, ենթակառուցվածքների որակից և արդյունաբերական ոլորտների պահանջարկից:

Գործոններ, որոնք պետք է հաշվի առնել վայրի ընտրության ժամանակ.

1. Ջրի հասանելիություն. էլեկտրոլիզը պահանջում է մեծ քանակությամբ ջուր, ուստի հուսալի ջրի աղբյուրների մոտ լինելը կարևոր է:

2. Էներգիայի աղբյուր. Կանաչ ջրածնի արտադրությունը պետք է սնուցվի վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներից, ուստի վերականգնվող էներգիայի էներգակայաններին մոտ լինելը շատ կարևոր է:

3. Տարածքային ենթակառուցվածքներ. պետք է հաշվի առնել էլեկտրացանցերի, տրանսպորտային ուղիների, կապի միջոցների և արդյունաբերական գոտիների հասանելիությունը:

4. Ազդեցություն շրջակա միջավայրի վրա. տեղանքը պետք է նվազագույնի հասցնի էկոհամակարգի վրա բացասական ազդեցությունները, հատկապես էկոլոգիապես զգայուն տարածքներում, ինչպիսին է Սևանա լիճը, բնության հատուկ պահպանվող տարածքները և այլն:

5. Սոցիալ-տնտեսական առանձնահատկությունները. մարզերի ընտրությունը, որոնք կարող են օգուտ քաղել այս ծրագրերից և աշխատատեղերի ստեղծումից: Պետք է ուշադրություն դարձնել, որպիսի դրանք բացասական ազդեցություն չունենան էկոտուրիզմի կամ գյուղատնտեսության վրա:

Հայաստանը իդեալական է արևային էներգիայի արտադրության համար: Առկա է նաև չօգտագործված հողմային էներգիայի զգալի ներուժ լեռնային շրջաններում [10, էջեր 167,168]:

Արևային ռեսուրսներ: Հայաստանն ունի բավարար վերականգնվող էներգիայի ռեսուրսներ՝ աջակցելու կանաչ ջրածնի արտադրությանը: Արևային էներգիան մեծ պոտենցիալ

ունի՝ հաշվի առնելով երկրի տարեկան 2000-2500 արևային ժամերը: Երկրի մեծ մասը գտնվում է բարենպաստ աշխարհագրական դիրքում, որտեղ արևային էներգիան կարող է կայուն կերպով յուրացվել:

Երկայունա Հայաստանում արևային ֆոտովոլտային (PV) տեխնոլոգիաների կիրառումը ընդլայնվում է և գործում են մի քանի միջին հզորության արևային կայաններ, նախատեսվում են նոր կայանների կառուցում: Արևային էներգիան կարող է առանցքային լինել կանաչ ջրածնի արտադրության համար, քանի որ այն մատչելի և վերականգնվող էներգիայի աղբյուր է, որը կարող է ապահովել ջրի էլեկտրոլիզի համար անհրաժեշտ էլեկտրաէներգիա:

Հողմային էներգիայի ռեսուրսներ:

Հայաստանը ունի նաև հողմային էներգիայի զարգացման ներուժ, հատկապես լեռնային շրջաններում, որտեղ քամիները կայուն են և ուժգին: Այս ռեսուրսները կարող են օգտագործվել էլեկտրոլիզի գործընթացի համար: Գործող հողմային էլեկտրակայաններ դեռևս քիչ կան, սակայն արվում են որոշակի քայլեր հողմային էներգիայի զարգացման ուղղությամբ: Քամու հզորությամբ կարելի է լրացնել էներգիայի պակասորդը, հատկապես այն շրջաններում, որտեղ արևային էներգիան կարող է պակաս արդյունավետ լինել գիշերային կամ ամպամած օրերին:

Այս երկու ռեսուրսների համադրությամբ, Հայաստանը կարող է ստեղծել կայուն էներգետիկ բազա՝ ինչպես սեփական կարիքների բավարարման, այնպես էլ կանաչ ջրածնի արտադրության համար:

Ջրային ռեսուրսներ:

Ջրի գործոնը կարևորվում է 2 առումով՝ որպես հիդրոէներգիայի աղբյուր և էլեկտրոլիզի միջոցով ջրածնի ստացման աղբյուր: Հայաստանն ունի զարգացած հիդրոէներգետիկա, որն ապահովում է էլեկտրաէներգիայի արտադրության մոտ 30-35%-ը:

Հայաստանում ջրի ռեսուրսների վրա պետք է հատուկ ուշադրություն դարձնել, քանի որ երկիրը սահմանափակ քանակությամբ քաղցրահամ ջրային ռեսուրսներ ունի: Հայաստանի գլխավոր ջրային ռեսուրսները ներառում են Սևանա լիճը, մակերևութային բազմաթիվ լճերը, գետային համակարգերը և ստորերկրյա ջրերը: Ջրային ռեսուրսների սահմանափակ լինելը նշանակում է, որ ջրածնի արտադրության ընթացքում անհրաժեշտ է խելամտորեն օգտագործել ջուրը՝ առանց վտանգելու երկրի ջրամատակարարումը:

Անձրևաջրերի և ստորերկրյա ջրերի արդյունավետ օգտագործումը, ինչպես նաև ջրի վերամշակման տեխնոլոգիաները կարող են նվազեցնել ջրային ռեսուրսների վրա ճնշումը:

Այսինքն, Հայաստանի չոր կլիման և ջրային ռեսուրսների փոփոխական հասանելիությունը մնում են մարտահրավերներ:

Հաշվի առնելով ջրի ներկայիս մարտահրավերները՝ Հայաստանը կարող է չունենալ բավականաչափ ջուր բացառապես խոշոր ծավալներով կանաչ ջրածնի արտադրություն կազմակերպելու համար, այլ հիմնականում փոքր և միջին հզորություն ունեցող էլեկտրոլիզային կայանների համար կարող են բավարարվին: Այսպիսով, կանաչ ջրածնի կայուն արտադրությունն ապահովելու համար անհրաժեշտ է ջրի պահպանման միջոցառումների, ժամանակակից տեխնոլոգիաների և ջրային ռեսուրսների կառավարման արդյունավետ քաղաքականություն:

Հայաստանում կան բազմաթիվ բարենպաստ տեղանքներ, որոնք հարմար են էլեկտրոլիզային կայաններ կառուցելու համար՝ հաշվի առնելով արևային, հողային, հիդրոէներգետիկ հզորությունները և ջրային ռեսուրսների առկայությունը: Նշենք դրանցից մի քանիսը և առավելությունները՝

1. **Կոտայքի մարզ (Հրազդան գետի ավազան)** - նշանակալի արևային էներգիայի ներուժ, գործող հիդրոէներգետիկ կայաններ և զգալի ջրային ռեսուրսներ:
2. **Ծիրակի մարզ (Ախուրյան գետի ավազան)** - զգալի արևային էներգիայի ներուժ, ուժեղ քամիներ Գյումրիի շրջակայքում և բավարար ջրային ռեսուրսներ:
3. **Վայոց ձորի մարզ (Արփա գետի ավազան)** - արևային ներուժ, հողմային էներգիա և Արփա գետի ջրային ռեսուրսներ:
4. **Լոռու մարզ (Դեբեդ գետի ավազան)** - արևային էներգիայի ներուժ, հողմային էներգիայի ներուժ և Դեբեդ գետի ջրային ռեսուրսներ:
5. **Սյունիքի մարզ (Որոտան գետի ավազան)** - արևային էներգիայի ներուժ, հողմային էներգիայի ներուժ և Որոտան գետի ջրային ռեսուրսներ:

Ուշադրության են արժանի հատկապես *Որոտան գետը* և դրա ջրամբարների համակարգը (Սպանդարյանի և Կեչուտի ջրամբարները), որոնք ջրի հուսալի աղբյուրներ են և Հայաստանի հիդրոէներգետիկ ենթակառուցվածքի մաս են կազմում: Որոտանի Կասկադ հիդրոէներգետիկ համակարգը էներգիայի կարևոր աղբյուրներից մեկն է Հայաստանում, որը կարող է ապահովել հիդրոէլեկտրակայանների և էլեկտրոլիզատորների միջև սիներգիայի ներուժ: *Կեչուտի և Սպանդարյանի ջրամբարներն* գտնվում են Հայաստանի հարավային մասում և ծառայում են ոռոգման և հիդրոէներգետիկ նպատակներին: Այս ջրամբարները

կարող են բավարարել կանաչ ջրածնի արտադրության կարիքները, եթե էներգետիկայի և գյուղատնտեսության համար ջրի պահանջարկը մնա հավասարակշռված:

Հայաստանի հյուսիսային մասով հոսող *Դեբեդ գետի* հոսքը չափավոր է և ջրի հասանելիությունը կարող է տատանվել սեզոնային եղանակներով պայմանավորված, ինչը այն դարձնում է ավելի քիչ հուսալի կանաչ ջրածնի շարունակական արտադրության համար: Լոռու մարզն ունի հողմային էներգիայի զարգացման ներուժ, Վրաստանին մոտ լինելը կարող է հնարավորություններ բացել միջսահմանային համագործակցության համար: Տարածաշրջանը հակված է լեռնամետալուրգիական արդյունաբերության գործունեության հետևանքով շրջակա միջավայրի դեգրադացիայի, ուստի կպահանջվի խիստ վերահսկողություն: *Աղստև և Քասախ գետերի* ռեսուրսներն էլ տեսականորեն կարող են բարենպաստ վայրեր լինել փոքր հզորության էլեկտրոլիզային կայանների համար:

Ինչպես տեսանք, հիմնական խնդիրը էլեկտրոլիզի համար ջրային ռեսուրսով ապահովելն է: Հնարավոր լուծումներից կարող են լինել՝

Ջրի մաքրման կայանների կառուցում: Մաքրված կեղտաջրերի օգտագործումը էլեկտրոլիզի համար կարող է մեղմել ճնշումը քաղցրահամ ջրերի ռեսուրսների վրա:

Էլեկտրոլիզի առաջադեմ տեխնոլոգիաներ, որոնք օգտագործում են ավելի քիչ ջուր կամ ապագայում կարող են դիտարկվել անջուր էլեկտրոլիզի տեխնոլոգիաները:

Կանաչ ջրածնի զարգացման հիմնախնդիրները Հայաստանում

Թեև Հայաստանում կանաչ ջրածնի ներուժը զգալի է, կան մի քանի հիմնախնդիրներ, որոնք պետք է լուծել այս ոլորտը զարգացնելու համար: Դրանք են՝

Բարձր ներդրումային ծախսեր. կանաչ ջրածնի արտադրության, պահեստավորման և բաշխման ցանցերի զարգացման համար անհրաժեշտ կապիտալ ներդրումները բավականին մեծ են: Հայաստանը պետք է կարողանա ապահովել ֆինանսավորում և միջազգային համագործակցություն՝ հատկապես զարգացման վաղ փուլերում: Կանաչ ջրածնի ներդրումները կարող են տարբեր լինել, ելնելով այնպիսի գործոններից, ինչպիսիք են՝ արտադրության մասշտաբները, օգտագործվող տեխնոլոգիաները, վերականգնվող էներգիայի աղբյուրները և տարածքային ենթակառուցվածքները:

Տեխնոլոգիաների հասանելիությունը՝ գեներացնելու կանաչ ջրածին: Կանաչ ջրածնի ծրագրերի և նախագծերի արդյունավետությունը մեծապես կախված է էլեկտրոլիզի տեխ-

նորոգիաների առաջընթացից և վերականգնվող էներգիայի ինտեգրման համակարգերից, որոնց օգտագործման փորձառություն Հայաստանը չունի:

Ջրային ռեսուրսների սահմանափակ քանակը և դրանց արդյունավետ օգտագործման անհրաժեշտությունը: Ջրային ռեսուրսների սահմանափակ լինելը պահանջում է զգուշավորություն և նորարարական տեխնոլոգիաների կիրառում՝ ջուրը խնայողաբար օգտագործելու համար: Այդ նախագծերը կարող են ազդել մակերևութային և ստորերկրյա ջրային ռեսուրսների վրա, ինչպես նաև փոխել էկոհամակարգերի բնական հավասարակշռությունը:

Բնապահպանական և սոցիալական խնդիրներ: Կանաչ ջրածնի արտադրությունը կարող է ունենալ մի շարք սոցիալ-բնապահպանական հետևանքներ, որոնք պետք է նախապես գնահատվեն և կանխարգելվեն՝ շահագործման ընթացքում շրջակա միջավայրի որակի պահպանման նպատակով: Արևային և հողմային կայանների պարկերի կառուցման համար անհրաժեշտ են մեծ տարածքներ, ինչը կարող է հանգեցնել բնական միջավայրերի և կենսաբազմազանության լուրջ վնասների:

Կանաչ ջրածնի արտադրությունը Հայաստանում իրենից ներկայացնում է և՛ հնարավորություններ, և՛ մարտահրավերներ: *«Թեև արտադրության ծախսերը կարող են համեմատաբար ավելի ցածր լինել, քան այլ երկրներում, ներքին օգտագործման ներուժի բացակայությունը և Հայաստանից ջրածնի արտահանման լոգիստիկ բարձր ծախսերը կարող են խոչընդոտել ներդրումները՝ ջրածնի արտադրության ամբողջ համայնքում»* [12, էջ 2]:

Այս խնդիրներին լուծում տալու համար կարևոր է ներգրավել միջազգային փորձառություն, տեխնոլոգիաներ և ներդրումներ: Այստեղ հատկապես կարևորվում են Գերմանիայի և այլ առաջատար երկրների փորձի կիրառումը, որոնք հաջողությամբ իրականացնում են կանաչ ջրածնի ծրագրեր: Գերմանիան առաջատար է կանաչ ջրածնի ոլորտում և այս երկրի հետ համագործակցությունը կարող է նպաստել նաև ջրային ռեսուրսների արդյունավետ կառավարման և վերականգնվող էներգիայի ինտեգրման առաջընթացին՝ Հայաստանում կանաչ ջրածնի արտադրությունը կայուն դարձնելու համար:

Հայաստանի և Իրանի միջև համագործակցությունը տնտեսական նպատակահարմարության առումով նույնպես հեռանկարային է, քանի որ այն ենթադրում է բնական, ֆինանսական, տեղեկատվական, գիտական, նյութական և լոգիստիկ ռեսուրսների ավելի արդյունավետ և համատեղ օգտագործում, հետազոտական և տեխնոլոգիական զարգացման խթանում:

Առաջարկություններ

Հայաստանում կանաչ ջրածնի զարգացման նպատակով անհրաժեշտ են՝

1. **Կառավարության աջակցություն.** Խրախուսել կանաչ ջրածնի արտադրությունը հատուկ օրենսդրական կարգավորումներով, հարկային արտոնություններով և ներդրումային ծրագրերով:

2. **Պիլոտային ծրագրեր.** նախևառաջ հարկավոր է կանաչ ջրածնի արտադրության պիլոտային ծրագրերի իրականացում՝ փոքր հզորությամբ էլեկտրոլիզային կայանների գործարկումով, որպեսզի ճիշտ գնահատվեն սոցիալական և էկոլոգիական հնարավոր ազդեցությունները, առավելությունները և թերությունները, կանաչ ջրածնի նախագծերի տնտեսական արդյունավետությունը և նպատակահարմարությունը:

3. **Հետազոտություններ և զարգացման ֆինանսավորում.** կառավարությունը կարող է մշակել ֆինանսավորման ծրագրեր՝ աջակցելու կանաչ ջրածնի տեխնոլոգիաների և նախագծերի հետազոտություններին ու դրանց զարգացմանը:

4. **Սուբսիդիաներ և հարկային խրախուսումներ.** կառավարությունը կարող է առաջարկել սուբսիդիաներ և հարկային արտոնություններ կանաչ ջրածնի արտադրությամբ զբաղվող ընկերություններին, որպեսզի խրախուսվեն ներդրումները և կատարելագործվեն արտադրական գործընթացները [11, էջ 442]:

5. **Կրթական ծրագրեր.** մշակել կրթական ծրագրեր և վերապատրաստման դասընթացներ, որոնք կպատրաստեն մասնագետներ կանաչ ջրածնի ոլորտում:

6. **Տարածաշրջանային և միջազգային համագործակցություն.** մասնակցել միջազգային և տարածաշրջանային ծրագրերին, որոնք ուղղված են կանաչ ջրածնի հետազոտման խնդիրներին, ինչը կհանգեցնի գիտելիքների և տեխնոլոգիաների փոխանակմանը:

7. **Գիտական հետազոտություններ.** գիտական ոլորտում ջանքեր և միջոցներ ներդնել կանաչ ջրածնի արտադրության նոր մեթոդների և տեխնոլոգիաների հետազոտության համար:

8. **Տեխնոլոգիական ինկուբատորներ.** ստեղծել տեխնոլոգիական ինկուբատորներ, որոնք կաջակցեն նորարարական նախագծերին և լուծումներին, որոնք ուղղված կլինեն վերականգնվող էներգետիկայի և կանաչ ջրածնի զարգացմանը:

9. **Արդյունաբերական ու տրանսպորտային հատվածի էկոլոգիացում.** Խթանել ջրածնի օգտագործումը արդյունաբերական ձեռնարկություններում և հանրային տրանսպորտի համակարգում՝ փոխարինելով ավանդական վառելիք օգտագործող տրանսպորտային միջոցներին:

Այս առաջարկությունները կարող են ապահովել Հայաստանի կանաչ ջրածնի զարգացումը, նպաստելով երկրի էներգետիկ անվտանգությանը, տնտեսական աճին և էկոլոգիական կայունության բարձրացմանը:

Ամփոփում

Ամփոփելով նշենք, որ կանաչ ջրածնի արտադրությունը Հայաստանում ունի զգալի տնտեսական ներուժ, սակայն դրա հաջող զարգացման համար անհրաժեշտ են պետական աջակցություն և միջազգային համագործակցություն, ինչը ենթադրում է ֆինանսավորում, տեխնոլոգիական աջակցություն և արտահանման շուկաների ստեղծում: Հայաստանում կանաչ ջրածնի արտադրության ներուժը կարելի է դիտարկել որպես երկարաժամկետ կայուն ներդրում, որը կարող է բերել ոչ միայն տնտեսական, այլև էկոլոգիական օգուտներ:

Հայաստանի ջրային ռեսուրսները արդյունավետ չեն օգտագործվում, քանի որ կորուստները շատ են, ջրամբարային համակարգն ամբողջական չէ: Բացի այդ Հայաստանի ջրառատ գետերը հոսում են Ադրբեջան, այն դեպքում երբ կանաչ ջրածնի արտադրության վրա կարող է օգտագործվել այդ գետերի ռեսուրսների չնչին մասը: Վերականգնվող էներգիայի և կանաչ ջրածնի ստացման տեխնոլոգիաները նույնպես իդեալական չեն էկոլոգիական առումով, սակայն անհամեմատ ավելի անվտանգ և մաքուր են, քան ավանդական տեխնոլոգիաները: Դրանք անսպառ բնական ռեսուրսներով են աշխատում, թափոններ չեն առաջացնում, բերում են ներկրովի վառելիքաէներգետիկ ռեսուրսների կրճատմանը, ֆինանսական միջոցների խնայողությանը, շրջակա միջավայր աղտոտման ծավալների կրճատմանը, աշխատատեղերի աճին և տարածքային և արդյունաբերական ենթակառուցվածքների զարգացմանը:

Գլոբալ առումով կանաչ ջրածնի պահանջարկի աճը վկայում է դրա ռազմավարական կարևորության մասին ապագա էներգետիկ շուկաներում: Ծուկաներ, որտեղ հիմնական ուշադրությունը կդրվի արդյունաբերական գործընթացներում ամխածնազերծման (դեկարբոնիզացիայի), մաքուր տրանսպորտային լուծումների և էներգիայի պահեստավորման վրա, կլինեն հիմնական շարժիչ ուժերը: Միաժամանակ կանաչ ջրածնի ստացման ծախսերի նվազեցումը անհրաժեշտ է, որպեսզի այն դառնա մրցունակ և հասանելի գլոբալ մասշտաբով: Միտումները տանում են նրան, որ այս տեխնոլոգիաների ներդրումային ծախսերը նվազելու են, զուգահեռաբար շուկաներում ջրածնի պահանջարկը աճելու է:

Գրագետ քաղաքականության, տեխնոլոգիաների մեջ ներդրումների և առաջատար երկրների հետ գործընկերության արդյունքում, Հայաստանը կարող է կապիտալիզացնել իր ռեսուրսները՝ իրանելու վերականգնվող էներգետիկական և կանաչ ջրածնային տնտեսությունը:

Օգտագործված գրականության ցանկ

1. Green hydrogen for sustainable industrial development, a policy toolkit for developing countries, IRENA, 2023
2. **Ali O. M. Maka and Mubbashar Mehmood**, Green hydrogen energy production: current status and potential, Clean Energy, 2024, Vol. 8, No. 2, 1–7 <https://doi.org/10.1093/ce/zkae012>
3. The hydrogen colour spectrum, <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/hydrogen-colour-spectrum>
4. The Global Hydrogen Review 2024, International Energy Agency
5. [Hydrogen production](https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis), Electrolysis, Office Energy Efficiency and Renewable Energy, <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-electrolysis>
6. Hydrogen market by sectors, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/hydrogen-market-132975342.html>
7. Green Hydrogen Market Size, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/green-hydrogen-market>, Global Market Insights
8. **Eugeniusz Mokrzycki and Lidia Gawlik**, The Development of a Green Hydrogen Economy: Review. Energies 2024, 17, 3165. <https://doi.org/10.3390/en17133165>
9. **Մանուկյան Ս., Բաղդասարյան Ս., Վեգիլյան Վ.**, Երկրաջերմային ռեսուրսների յուրացման տնտեսական ասպեկտները Հայաստանում: Էջեր 49-57: // Научно-аналитический журнал «Регион и мир», N1, 2019: - 166 էջ:
10. **Մանուկյան Ս.**, Վերականգնվող էներգետիկայի հաղթարշավն աշխարհում և հեռանկարային ուղղությունները Հայաստանում: Էջեր 161-170: // Научно-аналитический журнал «Регион и мир», 2020, N 2. - 182 էջ:
11. **Մանուկյան Ս.**, Վերականգնվող էներգետիկայի միտումները աշխարհում և Հայաստանի դիրքորոշումը: Էջեր 429-444: // ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔ եռամսյա գիտական հանդես, հունվար-մարտ, 2018:
12. **Pavel Bilek**, Green hydrogen in Armenia: opportunities and challenges, German Economic Team www.german-economic-team.com, 2023

Տճանա/Հանձնվել է՝ 22.10.2024
Рецензирована/Գրախոսվել է՝ 29.10.2024
Принята/Ընդունվել է՝ 05.11.2024