

DOI 10.52260/2304-7216.2022.4(49).30
 ЭОЖ 338.012
 FTAMP 06.71.02

Б.М. Мусин*, PhD докторанты¹

З.М. Мусина, PhD²

ҚР Президентінің жанындағы

Мемлекеттік басқару академиясы,

Астана қ., Қазақстан¹

Алматы технологиялық университеті,

Алматы, Қазақстан²

* – негізгі автор (хат-хабарларға арналған автор)

e-mail: mbm_85@list.ru

ҚАЗАҚСТАНДА СУТЕГІ ЭНЕРГЕТИКАСЫН МЕМЛЕКЕТ ТАРАПЫНАН ДАМУ ТҮМКІНДІКТЕРІ

Елімізде энергетикалық кешенді әртараптандыру мақсатында сутегі энергетикасы экономикалық және экологиялық тұрғыдан таза энергетиканы дамытудың перспективалы бағыты ретінде қарастыруға толық мүмкіндігі бар.

Соңғы он жылда әлемде жаңартылмайтын энергия көздерінің, яғни табиғи ресурстардың сарқылуына байланысты сутегі энергиясы ғылыми және экономикалық тұрғыдан жан-жақты зерттелуде.

Сутегі энергиясы – энергетикалық секторды түрлендіруге және климаттық өзгерістердің жағымсыз әсерлерін азайтуға мүмкіндік беретін энергия көзі.

Мақалада сутегі энергетикасының технологияларын дамытудың қазіргі тенденцияларына шолу, перспективалық даму мүмкіндіктері қарастырылды.

Сонымен қатар энергетикалық секторда сутегі энергетикасын келешекте қолданудың проблемалары және өндіруші қуаттардың тиімділігін арттыру мүмкіндігі қарастырылды. Еліміздегі энергетикалық қауіпсіздікті ескере отырып, парниктік газдар шығарындыларын төмендету саясатына сәйкес сутегі энергетикасын дамыту мүмкіндіктеріне сипаттама берілді және талдаулар жасалды.

Зерттеу барысында елімізде сутегі энергетикасын ауқымды дамыту үшін келесі проблемалар анықталды: сутегі өндірісінің жоғары құны, инфрақұрылымның шектеулер, сутегі технологияларын одан әрі жетілдіру бойынша ғылыми-зерттеу және тәжірибелік жұмыстарды жүргізу қажеттілігі, инновациялық технологиялардың және кешенді, мақсатты мемлекеттік қолдаудың жоқтығы.

Аталмыш жұмыс халықаралық энергетикалық ұйымдардың мәліметтері, шетелдік ғылыми басылымдар мен әдеби дереккөздері негізінде жүзеге асырылды. Сонымен қатар зерттеуде талдау әдісі мен SWOT талдау әдіс қолданылды, олар елдегі сутегі энергиясын баламалы отын ретінде пайдалану кезінде артықшылықтарына ұсыныстар жасауға мүмкіндік берді.

Кілт сөздер: Сутегі энергиясы, энергетикалық қауіпсіздік, сутегі отыны, инфрақұрылым, сутегі технологиялары, талдау, мемлекеттік қолдау, энергия ауысу, жасыл Қазақстан, энергетикалық саясат.

Ключевые слова: Водородная энергетика, энергетическая безопасность, водородное топливо, инфраструктура, водородные технологии, анализ, государственная поддержка, энергопереход, зелёный Казахстан, энергетическая политика.

Keywords: Hydrogen energy, energy security, hydrogen fuel, infrastructure, hydrogen technologies, analysis, governmental support, energy transition, green Kazakhstan, energy policy.

Кіріспе. Қазіргі уақытта қауіпсіз, экологиялық таза, сенімді және үнемді энергия көздері қоғам үшін өте маңызды. Халық санының өсуі және елдің экономикалық дамуы қосымша дәстүрлі емес энергия көздеріне деген сұранысты арттыруда. Бүгінгі кезде дәстүрлі энергия көздерінде көптеген зиянды заттар шығарындылары болуына байланысты қоршаған ортаға үлкен зақым келуде. Көптеген дамыған елдер дәстүрлі энергия көздерінен бас тарту жолдарын қарастыру үстінде. Нәтижесінде әр мемлекет дәстүрлі энергетикалық ресурстарды келешекте тиімді және тұрақты энергия көздерімен алмастыру сұрағын қарастыратын болады.

Дамыған елдер энергетикалық қауіпсіздікке жету, «жасыл» экономикаға көшу саясатында көміртегі шығарындылары төмен, потенциалы жоғары сутегіні келешек отын көзі ретінде қарастыруда. Сонымен қатар аталмыш отын түрі жылу бергіштігі, жануы, энергия сақтау сияқты қасиеттері табиғи шикізаттармен салыстырғанда тиімділігі жоғары.

Бүгінгі таңда дамыған мемлекеттер сутегі энергетикасын дамыту бойынша стратегияларды, жол карталарды жасақтап, осы салаға инвестиция салуда. Осы бастаманы қолдаған елдер дәстүрлі энергия түрлерін сутегі энергетикасына алмастыруды жоспарлауда.

Қазақстан пайдалы қазбалар қоры бойынша бай елдердің бірі санала отырып, оңтайлы энергетикалық саясатты жүзеге асырудың тиімді жолдарын іздеуде.

Қазақстан Республикасының Президенті Қ.К. Тоқаев 17-өңіраралық ынтымақтастық форумында 2060 жылға қарай Қазақстан көміртегі бейтараптығына қол жеткізетіні және сол уақытқа дейін мемлекет көміртегі бейтараптығы доктринасын жасақтайтының мәлімдеген болатын [1].

Сондай-ақ, 2030 жылға қарай елдегі көмір стансаларының энергия өндіру үлесін 69%-дан 40%-ға дейін төмендету міндеті қойылған, сонымен қатар баламалы энергия көздерінен энергия өндірісін 24%-ға дейін арттыру көзделген [2].

Осы мақсаттарға қол жету үшін елімізде сутегі энергетикасын дамыту мүмкіндігі жоғары, өйткені ол экономиканың әртүрлі секторларындағы көміртегі ізін азайтуға және елдің отын-энергетикалық кешенінің жаңа деңгейге жеткізуге мүмкіндік береді.

Бұл ретте Қазақстанда сутегіні өндіру бойынша өте қолайлы, яғни көптеген табиғи ресурстар, баламалы энергия көздерінің потенциалдары жоғары. Демек, еліміз сутегіні аз шығынмен өндіруге мүмкіндігі бар.

Аталмыш жұмыстың мақсаты болып елдегі сутегі энергетикасының даму перспективаларын анықтап, сутегі өндірісіндегі ресурс шектеулерінің ерекшеліктері және аспектілерін анықтау болып табылады. Аталмыш технологияны дамытуға және энергетика секторына енгізуге әсер ететін факторларды және кедергілерді сипаттау. Шетелдік және отандық ғылыми жұмыстарға шолу жасап, жүргізілген талдау әдістерінің нәтижесіне еліміздің энергетика саласын дамытуға тиімді жолдарды іздестіру.

Зерттеу әдістері. Сутегі энергетикасының елде дамыту мүмкіндіктерін қарастыру кезінде елдегі энергетика саласының жағдайы егжей-тегжейлі талданды, ғылыми басылымдар мен әдеби дереккөздер негізінде талдау жүргізілді. Халықаралық энергетика агенттігінің статистикалық мәліметі, халықаралық энергетика агенттігінің есептері қарастырылды. Сондай-ақ Қазақстан Республикасы энергетика министрлігінің және еліміздің басқа да уәкілетті мемлекеттік органдарының ресми деректері пайдаланылды, салыстырмалы және SWOT талдау әдістері жүргізілді.

Әдебиеттік шолу. Аталмыш жұмыста тақырыпты толығымен ашу мақсатында шетелдік және отандық ғалымдардың аталмыш зерттеуге қатысты еңбектері қарастырылды. Абанадес А. пікірінше сутегі энергетикасы келешекте жаңартылатын энергия көздерімен қатар энергетика секторларын декарбонизациялауға үлес қосатын бірден бір энергия көзі деп санайды. Сутегі өнеркәсіптік деңгейде өндіріске және химия өнеркәсібіне өте лайықты энергия көзі екені атап өтті [3].

Ал Чжан Б. және басқаларының зерттеулеріне сәйкес сутегіден электр энергияны өндіру үшін суды электролиздендіруге жаңартылатын энергия көздерін қолдану экономикалық тиімді деп санайды. Алайда қазіргі уақытта әлемдегі сутегінің 96%-дан астамы дәстүрлі табиғи шикізат көздерінен өндіріледі [4].

М. Ғұбайдуллина және басқаларының пікірінше Қазақстанда күн және жел энергиясының жоғары потенциалы және табиғи ресурстардың үлкен қоры болуына байланысты келешекте елдің энергетикалық қауіпсіздікке толығымен жетуге мүмкіндігі бар екені көрсеткен [5]. Ал Бесвик Р. және басқаларының ойынша келешекте жаңартылатын энергия көздерін пайдаланып, суды электролиздеу тәсілі арқылы сутегі өндірілетіні және осы тәсілмен жылына 2,3 Гт сутегі өндірілетіні болжаған [6].

Ж. Кулекеев және Г. Нұртаева зерттеулерінде сутегі технологиясының кемшіліктері қарастырылған, яғни ол жоғары баға, сутегіні сақтау және тасымалдау қиындықтары айтылған. Қазақстанда сутегі энергетикасын дамыту керектігі және мемлекеттік бағдарламалық құжаттарда бірнеше рет атап өтілгеніне қарамастан, аталмыш сала дамымай қалғаны айтылған [7].

Жоғарыда аталған жұмыстарды түйіндей келе, сутегі энергиясы энергетикалық қауіпсіздікті және жаңартылатын энергия көздерімен қатар нөлдік эмиссияны төмендетуге қол жеткізуге маңызды энергия көзі екені зерттелген. Шет елдік зерттеулерге сәйкес әлемде сутегі энергетикасы келешек маңызды энергия көзі болып мемлекет тарапынан қолдау көрсетіліп жатырғаны анықталды. Көптеген елдер сутегі энергиясын пайдалануды ынталандыру және сутегі өнеркәсібін дамытуды қолдау мақсатында сутегі саясаты мен заңдарын жүзеге асыруда. Отандық ғылыми еңбектерде сутегі энергиясы бойынша арнайы талдау жүргізілмегендігі және осы технологияны әрі қарай жетілдіру, жұмыстары қарастырылмағандығы анықталды.

Негізгі бөлім. Сутегі ғаламдағы ең көп таралған, ең жеңіл отын және масса бірлігіне шаққанда энергияға ең бай элемент. Қазірде перспективалы газ тәрізді сутегі түрі электр энергия өндіруге, сутегі өндірісіне, автокөлік, реактивті ұшақтарға отыны ретінде және барлық ішкі энергия өндірісіне қажетті отын.

Жаңартылатын энергия көздерінің халықаралық агенттігінің мәліметіне сәйкес сутегі 2050 жылға қарай жаһандық энергияны пайдаланудың 12% қамтитыны болжануда. Агенттіктің бағалауы бойынша қазірде 30-дан астам елдер белсенді түрде сутегі саудасымен айналысуға дайын. Соның ішінде табиғи отынды импорттаушы Жапония, Германия секілді елдер арнайы сутегі дипломатиясын енгізуде. Айта кету керек, сутегі саясаты үнемі дамып, Германия, Жапония, Оңтүстік Корея, Нидерланды және Ұлыбритания сияқты бірнеше ел сутегіге қатысты заңдар қабылдады. Бұл заңдар сутегіні өндіруге, сақтауға және пайдалануға көзделіп, оның энергетикалық жүйеге интеграциялануына ықпал етуге бағытталған [8]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

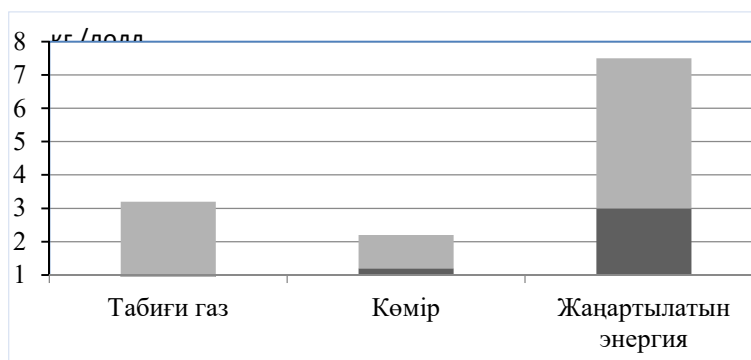
Ал халықаралық энергетикалық агенттіктің мәліметіне сәйкес бүгінгі кезде Германия сутегі өндіру және сақтау технологиясы бойынша көшбасшылыққа шыққан. Жапония көлік және энергетика салаларында сутегіні кең көлемде пайдаланып бастаған. Сонымен қатар Оңтүстік Корея, АҚШ, Франция, Австралия сутегі инфрақұрылымына айтарлықтай қомақты инвестиция салуда. Соңғы жылдары Қытай сутегі өнеркәсібінің өсуін қолдау үшін инфрақұрылымға, зерттеулерге инвестиция салуда. Қытай үкіметі сутегі саласында жұмыс істейтін компаниялар мен ұйымдарға қаржылық қолдау көрсетуде. [9].

АҚШ үкіметі және жеке компаниялар сутегі технологияларын дамытуға инвестиция салып, қазіргі кезде таза сутегінің 90% табиғи газдан өндіруде. Электролиздеуге жұмсалатын электр энергия көлемінің көп бөлігі қазба отындарының жағылуы арқылы алынады, яғни сутегінің бір бірлігін өндіру үшін төрт бірлік энергия жұмсалады. Сондықтан электролиз арқылы судан сутегін алу үшін жаңартылатын энергия көздерін пайдалану экономикалық жағынан тиімді. Мысалы, жел турбинасының пайдалы әсер коэффициенті 30-40% болса, 1 бірлік сутегі энергиясын алу үшін 3 бірлік жел энергиясы жұмсалады. Ал ең тиімді деген күн панельдерінің тиімділігі 10%, яғни 1 бірлік сутегіні алу үшін 9 бірлік күн энергиясы қажет [10].

2020 жылы дүниежүзінде сутегі шикізатына сұраныс 90 миллион тоннаны құраған, оның негізгі тұтынушылары өңдеу және өнеркәсіптік секторлары. Қазіргі уақытта дүниежүзінде сутегіні қолдану бойынша 350-ге жуық жоба әзірленуде және 2030 жылға қарай сутегі өндірісінің қуаттылығын 54 ГВт-қа дейін жеткізу жоспарлануда. Келешекте осы жобалардың барлығы жүзеге асырылса, әлемде электролиздеу арқылы сутегіні өндіру көлемі 2030 жылға қарай 8 миллион тоннаға жетуі мүмкін [11].

Оширо және басқаларының зерттеу [12] нәтижесіне сәйкес 2050 жылға дейін сценарий бойынша сутегінің ең ірі тұтынушысы болып көлік секторы, одан кейін өнеркәсіп және электр энергиясын өндіру секторы құрайтының болжаған.

Жаңартылатын энергия көздері, яғни күн және жел энергиясының құны төмендеген сайын көптеген елдер электролиттік сутегіге қызығушылық білдіруде. 2018 жылғы Халықаралық энергетика агенттігінің есебі бойынша көмірді қолданып 1 кг сутегіні өндіріге 1,2-2,2 АҚШ доллар жұмсалатыны анықталды. Сәйкесінше табиғи газбен 1 кг сутегіні өндіріге 0,9-3,2 АҚШ доллары, ал жаңартылатын энергия көздерінен 1 кг сутегіні өндіріге 3,0-7,5 АҚШ доллары жұмсалады [13].

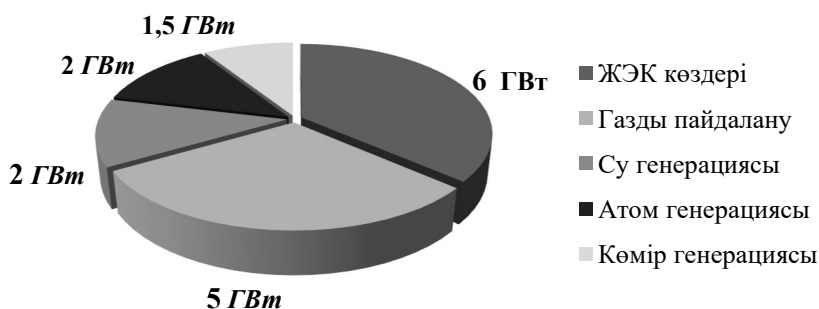


1-сурет. Сутегіні өндіруге жұмсалатын шығын (кг/долл)*

* Авторлармен [13] дереккөз негізінде әзірленген

Жоғарыдағы суретте көрсетілген мәліметтерге сүйенсек қазіргі уақытта табиғи газ және көмірден сутегіні өндіру экономикалық тұрғыдан қарағанда тиімді екені анық.

Елдегі энергетика саласындағы жағдайды қарастыратын болсақ, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігімен еліміздің энергетикалық теңгеріміне сәйкес 2021-2035 жылдар кезеңінде электр энергиясын тұтынудың орташа жылдық өсімі 2,7%-ға артады деп мәлімденді. 2035 жылға шамамен 17,5 ГВт жаңа энергия генерация нысандарын қосу қажет [14]. **Ошибкa! Источник ссылки не найден.** Мамандардың болжамы бойынша энергетикалық өндіріс көздерінің құрылымы төмендегідей болатыны болжануда (2-сурет).



2-сурет. Елдегі 2035 жылға дейін энергия өндіру көздерінің құрылымы*

* Авторлармен [14] дереккөз негізінде әзірленген

Елдегі энергетика секторының қазіргі жағдайын түсінуге және тиімді стратегияны әзірлеу үшін сутегіні дамыту бойынша SWOT талдау жасалды (1 – кесте).

1-кесте

Сутегі энергетикасына SWOT талдау*

Күшті жақтары	Әлсіз жақтары
<ul style="list-style-type: none"> -Табиғи ресурстардың мол қоры -Жоғары даму потенциалы -Қоршаған ортаны сақтау 	<ul style="list-style-type: none"> - Ғылым, технология, инновация бағытында мемлекеттік қолдаудың жеткіліксіздігі - Сутегіні өндірудің жоғары бағасы - Технологиялардың жетіспеуі - Сутегіні дамытуға инфрақұрылымның жоқтығы - Саладағы кадрлардың тапшылығы - Ішкі тұтыну нарығының болмауы
Мүмкіндіктері	Қауіптері
<ul style="list-style-type: none"> -Мемлекеттік қолдау -Жоғары әлеуметтік қолайлылығы -Перспективті технологияны дамытудағы көшбасшылық -Басқа елдермен ынтымақтастық 	<ul style="list-style-type: none"> - Инвестиция көздерінің тапшылығы - Басқа жаңартылатын энергия көздерімен бәсекелестігі - Нарықтық потенциалы дәлелденбеген - Жеткіліксіз қаржыландыру - Дамыған елдерде жаңа технологиялардың қарқынды дамуы - Дамыған елдермен бәсекелестік жасай алмауы

* Авторлармен құрастырылған

Қазақстанда қазірде өздік қажеттіліктері үшін энергия қондырғыларды суыту мақсатында Павлодар облысындағы ГРЭС және Маңғыстау облысындағы МАЭС-те сутегі өндірісі жолға қойылған. Қазақстан істегі энергия станциялардың негізгі жұмысына кедергі келтірместен электролиз арқылы қолданыстағы қуатпен жылына 1 миллион тоннаға дейін сутегіні өндіре алады. Қазақстанда сутегі өндірісін тек электростанция базасында емес, сутегімен жүретін транспортты кеңейтуге өндірістік базасы бар [15].

Осыған байланысты сутегі энергетикасын келешекте дамыту үшін елде келесі стратегияны қолдануға мүмкіндіктері бар, біріншіден, табиғи газды қолдану арқылы кең ауқымды сутегі

технологияларын дамыту, екіншіден, сутегі элементтерінен көліктерді жасау және сутегі нарығы мен салалық стандарттардан стратегиялар құру. Сонымен қатар, үкімет сутегі энергетикасына субсидиялар мен салық жеңілдіктерін жасау арқылы шетел капиталын тартып, соның ішінде сутегі энергиясын индустрияландыру мен коммерцияландыруға қатысуды ынталандыру.

Қорытынды бөлім. Сутегі энергиясының баламалы отын көзі ретінде айтарлықтай әлеуеті бар, бірақ елімізде оны дамыту үшін әлі де шешуді қажет ететін проблемалар бар. Оған қарамастан, баламалы отын көзі ретінде сутегіні пайдаланудың артықшылықтарын елемеге болмайды және тұрақты энергетикалық болашақты құру үшін мемлекет осы салаға инвестиция салу мүмкіндігін қарастыру қажет.

Жоғарыдағыларды ескере отырып, келесідей қорытынды шығарылып, мынадай бағыттарды ескерген жөн:

- Әлемдік тенденцияларды ескере отырып, үкімет сутегі энергетикасын әрі қарай дамыту үшін ғылыми-зерттеу және тәжірибелік жұмыстарды жандандыру, сонымен қатар білікті мамандарды дайындауды қолға алу қажет;

- Еліміз сутегі энергетикасын дамытып, көмірсутегі секторын біртіндеп әртараптандыру қажет;

- Бастапқы кезеңде жасалатын сутегі жобаларға мемлекеттік субсидия және салықтық жеңілдіктер қолдану қажет;

- Үкімет жасыл сутегіні дамыту үшін сутегі инфрақұрылымын құрып, табиғи отындарға қаржыландыруды біртіндеп азайту;

- Сутегі энергетикасын дамытудың ұлттық стратегиясын жасақтау қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Казинформ. Около 20 стран рассматривают возможность строительства АЭС – президент РК [Электрондық ресурс] // Казинформ. Казинформ, 2022. – URL: https://www.inform.kz/ru/okolo-20-stran-rassmatrivayut-vozmozhnost-stroitel-stva-aes-prezident-rk_a3950109 (өтініш берген күні: 31.01.2023).

2. Қазақстан 2060 жылға қарай көміртегінен таза ел болуды көздейді – Қ.Тоқаев - Қазақстан және әлемдегі соңғы жаңалықтар [Электрондық ресурс]. – URL: <https://24.kz/kz/zha-aly-tar/basty-zha-aly-tar/item/501600-aza-stan-2060-zhyl-a-araj-k-mirteginen-taza-el-boludy-k-zdejdi-to-aev> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

3. Abánades A. Perspectives on hydrogen // *Energies*. – 2022. – Vol. 16, № 1. – 437 p.

4. Zhang B. et al. Progress and prospects of hydrogen production: Opportunities and challenges // *Journal of Electronic Science and Technology*. – 2021. – Vol. 19, № 2. – 100080 p.

5. Gubaidullina M., Balaubaeva B., Karimova Sh. Возобновляемые источники энергии и региональная перспектива устойчивого развития Центральной Азии. Вестник КазНУ. Серия международные отношения и международное право, [S.l.], v. 80, n. 4. – P. 4-17, mar. – 2018. – ISSN 2618-1215. – <https://bulletin-ir-law.kaznu.kz/index.php/1-mo/article/view/745>

6. Beswick R.R., Oliveira A.M., Yan Y. Does the green hydrogen economy have a water problem? // *ACS Energy Letters*. – 2021. – Vol. 6, № 9. – P. 3167-3169.

7. Kulekeyev Z.A., Nurtayeva G.K. The future of Hydrogen Energy // *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. – 2020. – Vol. 2, № 4. – P. 88-95.

8. IRENA. Hydrogen economy hints at New Global Power Dynamics [Электрондық ресурс] // IRENA. – 2022. – URL: <https://www.irena.org/news/pressreleases/2022/Jan/Hydrogen-Economy-Hints-at-New-Global-Power-Dynamics> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

9. IEA. Climate change – topics [Электрондық ресурс] // IEA. – 2022. – URL: <https://www.iea.org/topics/climate-change> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

10. Николаевич Д. Перспективы водородной энергетики [Электрондық ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vodorodnoy-energetiki> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

11. Agaton C., Batac K., Reyes Jr. E. Prospects and challenges for green hydrogen production and utilization in the Philippines // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2022. – T. 47. № 41. – P. 17859-17870.

12. Oshiro K., Fujimori S. Role of hydrogen-based energy carriers as an alternative option to reduce residual emissions associated with mid-century decarbonization goals // *Applied Energy*. – 2022. – T. 313. – 118803 p.

13. Iea. Hydrogen production costs by production source, 2018 – charts – Data & Statistics [Электрондық ресурс] // IEA. – 2022. – URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-by-production-source-2018> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

14. Об энергетическом балансе Казахстана до 2035 года [Электрондық ресурс]. – URL: <https://e-cis.info/news/566/99199/> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

15. Развитие водородной энергетики – уникальный шанс для Казахстана [Электрондық ресурс]. – URL: <https://eenergy.media/archives/19643>. (өтініш берген күні: 31.01.2023).

REFERENCES

1. Kazinform. Okolo 20 stran rassmatrivajut vozmozhnost' stroitel'stva AJeS – prezident RK [About 20 countries are considering the possibility of building a nuclear power plant - President of the Republic of Kazakhstan] // Kazinform. Kazinform, 2022. – URL: https://www.inform.kz/ru/okolo-20-stran-rassmatrivajut-vozmozhnost-stroitel-stva-aes-prezident-rk_a3950109 (өтініш берген күні: 31.01.2023) [in Russian].

2. Қазақстан 2060 жылға қарай көміртегінен таза ел болуды көздеді – Қ.Тоқаев - Қазақстан және әлемдегі соңғы жаңалықтар [Kazakhstan aims to increase carbon production by 2060 - K. Tokaev - the latest news in the world of Kazakhstan]. – URL: <https://24.kz/kz/zha-aly-tar/basty-zha-aly-tar/item/501600-aza-stan-2060-zhyl-a-araj-k-mirteginen-taza-el-boludy-k-zdejdi-to-aeв> (өтініш берген күні: 31.01.2023). [in Kazakh].

3. Abánades A. Perspectives on hydrogen // *Energies*. – 2022. – Vol. 16, № 1. – 437 p.

4. Zhang B. et al. Progress and prospects of hydrogen production: Opportunities and challenges // *Journal of Electronic Science and Technology*. – 2021. – Vol. 19, № 2. – 100080 p.

5. Gubaidullina M., Balaubaeva B., Karimova Sh. Vozobnovljaemye istochniki jenerгии i regional'naja perspektiva ustojchivogo razvitija Central'noj Azii. [Renewable Energy Sources and the Regional Perspective for Sustainable Development in Central Asia] *Vestnik KazNU. Serija mezhdunarodnye otnoshenija i mezhdunarodnoe pravo*, [S.l.], v. 80, n. 4. – P. 4-17, mar. – 2018. – ISSN 2618-1215. – <https://bulletin-ir-law.kaznu.kz/index.php/1-mo/article/view/745> (өтініш берген күні: 31.01.2023). [in Russian].

6. Beswick R.R., Oliveira A.M., Yan Y. Does the green hydrogen economy have a water problem? // *ACS Energy Letters*. – 2021. – Vol. 6, № 9. – P. 3167-3169.

7. Kulekeyev Z.A., Nurtayeva G.K. The future of Hydrogen Energy // *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. – 2020. – Vol. 2, № 4. – P. 88-95.

8. IRENA. Hydrogen economy hints at New Global Power Dynamics [Электрондық ресурс] // IRENA. – 2022. – URL: <https://www.irena.org/news/pressreleases/2022/Jan/Hydrogen-Economy-Hints-at-New-Global-Power-Dynamics> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

9. IEA. Climate change – topics [Электрондық ресурс] // IEA. – 2022. – URL: <https://www.iea.org/topics/climate-change> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

10. Nikolaevich D. Perspektivy vodorodnoj jenergetiki. [Prospects for hydrogen energy]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vodorodnoy-energetiki> (өтініш берген күні: 31.01.2023) [in Russian].

11. Agaton C., Batac K., Reyes Jr. E. Prospects and challenges for green hydrogen production and utilization in the Philippines // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2022. – T. 47, № 41. – P. 17859-17870.

12. Oshiro K., Fujimori S. Role of hydrogen-based energy carriers as an alternative option to reduce residual emissions associated with mid-century decarbonization goals // *Applied Energy*. – 2022. – T. 313. – 118803 p.

13. Iea. Hydrogen production costs by production source, 2018 – charts – Data & Statistics [Электрондық ресурс] // IEA. – 2022. – URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-by-production-source-2018> (өтініш берген күні: 31.01.2023).

14. Об энергетическом балансе Казахстана до 2035 года [On the energy balance of Kazakhstan until 2035]. – URL: <https://e-cis.info/news/566/99199/> (өтініш берген күні: 31.01.2023) [in Russian].

15. Razvitie vodorodnoj jenergetiki – unikal'nyj shans dlja Kazahstana [The development of hydrogen energy is a unique chance for Kazakhstan]. – URL: <https://eenergy.media/archives/19643>. (өтініш берген күні: 31.01.2023) [in Russian].

Мусин Б.М., Мусина З.М.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация

В целях диверсификации энергетического комплекса в стране с экономической и экологической точек зрения водородная энергетика считается наиболее перспективным направлением для развития чистой энергетики.

В последние десять лет в связи с истощением невозобновляемых источников энергии, а именно природных ресурсов, водородная энергетика всесторонне изучается с научной и экономической точек зрения.

Водородная энергетика — это источник энергии, способный преобразовать энергетический сектор и уменьшить негативные последствия изменения климата.

В статье рассмотрены современные тенденции развития технологий и потенциал водородной энергетики в стране. Кроме того, рассмотрены проблемы перспективного использования и возможности повышения эффективности производственных мощностей в энергетическом секторе. С учетом энергетической безопасности описаны и проанализированы возможные развития водородной энергетики в соответствии с политикой сокращения выбросов парниковых газов.

В ходе исследования для масштабного развития водородной энергетики в стране выявлены следующие проблемы: высокая себестоимость производства водорода, инфраструктурные ограничения, необходимость проведения научно-исследовательских и экспериментальных работ по дальнейшему совершенствованию водородной технологий, недостаточное количество инновационных технологий и отсутствие комплексной, целенаправленной государственной поддержки.

Исследование выполнено на основе информации международных энергетических организаций, зарубежных научных публикаций и литературных источников. Кроме того, в работе использовались методы анализа и SWOT-анализа, что в свою очередь позволило дать рекомендации о преимуществах использования водородной энергетики в качестве альтернативного топлива в стране.

Mussin B., Mussina Z.

GOVERNMENT OPPORTUNITIES FOR DEVELOPING HYDROGEN ENERGY IN KAZAKHSTAN

Annotation

In order to diversify the energy complex in the country from an economic and ecological perspective, hydrogen energy is considered the most promising direction for the development of clean energy.

In the past decade, due to the depletion of non-renewable energy sources, such as natural resources, hydrogen energy is being studied comprehensively from a scientific and economic perspective.

Hydrogen energy is a source of energy that has the potential to transform the energy sector and reduce the negative consequences of climate change.

The article discusses current trends in technology development and the potential of hydrogen energy in the country. It also examines the challenges of using hydrogen energy effectively and the opportunities for improving energy efficiency in the energy sector. In light of energy security, the possible developments of hydrogen energy in line with a policy of reducing greenhouse gas emissions are described and analyzed.

The study on the scale development of hydrogen energy in the country has identified the following problems: high production cost of hydrogen, infrastructure limitations, the need for scientific and experimental work to further improve hydrogen technologies, insufficient number of innovative technologies, and lack of comprehensive and targeted government support. The study was based on information from international energy organizations, foreign scientific publications, and literary sources. In addition, the analysis and SWOT analysis methods were used, which in turn allowed recommendations on the advantages of using hydrogen energy as an alternative fuel in the country.

