



ХҒТАР 06.61.33  
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2789-4320-2026-1-51-71>

## Қазақстанның энергетикалық трансформациясы: жаңартылатын энергия көздерінің даму үрдістерін бағалау және кластерлік талдау

А.Ж. Сматаева\*<sup>1</sup>, Ж.С. Темербулатова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан

(E-mail: <sup>1</sup>akmaralsmatayeva@gmail.com, <sup>2</sup>zh.temerbulatova@almau.edu.kz)

**Аңдатпа.** Жаһандық энергетикалық трансформация мен климаттық сын-қатерлер жағдайында төмен көміртекті экономикаға көшу Қазақстан үшін стратегиялық басымдыққа айналып отыр. *Мақаланың мақсаты* – Қазақстандағы жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) қазіргі жағдайын, даму үрдістері мен өңірлік ерекшеліктерін талдау, аумақтық теңсіздіктерді анықтау және климаттық әрі ресурстық әлеуетті ескере отырып, олардың оңтайлы даму бағыттарын айқындау. *Зерттеу әдістері* ретінде салыстырмалы және кластерлік талдау қолданылып, ресми статистикалық деректер мен климаттық көрсеткіштер негізінде өңірлердің даму динамикасы бағаланды, өңірлік кластерлер айқындалып, 2060 жылға дейінгі көміртекті бейтараптық стратегиясын іске асыру аясында жаңартылатын энергия көздерінің тиімділігін арттыру бағыттары негізделді. *Зерттеу нәтижелері* жаңартылатын энергия көздерінің орнатылған қуаты мен генерация көлемінің тұрақты өсіп келе жатқанын, алайда өңірлер арасындағы айырмашылықтардың әлі де айқын екенін көрсетті. Кластерлік талдау нәтижесінде үш өңірлік топ айқындалды: күн және шағын су энергетикасы үшін әлеуеті жоғары оңтүстік-шығыс облыстар; өнеркәсіптік күн энергетикасына қолайлы оңтүстік өңірлер және жел мен гибриді жел-күн энергетикасын дамыту тиімді солтүстік пен батыс аймақтар. Алынған нәтижелер энергетикалық трансформация саясатын жетілдіруге және тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуге бағытталған ғылыми негіз қалыптастырады.

**Түйін сөздер:** жаңартылатын энергия көздері, энергетикалық трансформация, Қазақстан, декарбонизация, кластерлік талдау, өңірлік даму, көміртектік бейтараптық.

Received 11.11.2025. Revised 15.12.2025. Accepted 25.02.2026. Available online 30.03.2026

## Кіріспе

Соңғы бірнеше онжылдықтар бойы әлемдік қоғамдастық климаттың жедел өзгеру үдерісінің қуәсі болып отыр. Бұл құбылыстың ең айқын дәлелі – жаһандық орташа температураның үздіксіз өсуі (Shivanna, 2022). Осындай жағдайда халықаралық деңгейде дәстүрлі жаңартылмайтын энергия көздерінен парниктік газдардың төмен немесе нөлдік деңгейдегі шығарындыларымен ерекшеленетін жаңартылатын энергия көздеріне көшу қажеттілігінің маңыздылығы айқындалды.

Бұл бағытта 2015 жылғы Париж келісімі төмен көміртекті экономикаға көшу мен климаттық тұрақтылықты қамтамасыз етуге негіз қалады. Осы сәттен бастап декарбонизация әлемдік экономикалық саясаттың негізгі бағытына айналды (Грозин, 2025).

Қазақстан үшін бұл үдеріс ерекше мәнге ие, себебі экспорттық өнімдерінің басым бөлігі жоғары көміртек сыйымдылығымен сипатталады. Осыған байланысты ел энергетикалық трансформация бағытын ұстанып, 2060 жылға қарай көміртектік бейтараптыққа қол жеткізуді мақсат етті. Бұл мақсатқа жету үшін төмен көміртекті технологияларға шамамен 610 млрд АҚШ доллары көлемінде инвестиция тарту көзделген (Қазақстан Республикасы Президентінің №121 Жарлығы, 2023).

Қажетті инвестициялар ағынын қамтамасыз ету және қойылған мақсатты көрсеткіштерге қол жеткізу тұрғысынан алғанда, жаңартылатын және баламалы энергия көздерінен энергия өндіру саласындағы ішкі әлеуетті іске асыру айрықша маңызға ие болатыны сөзсіз. Қазақстан Республикасының аумағында жел, күн, атом, сутек, геотермалдық және биоэнергетиканы дамытуға мүмкіндік беретін елеулі табиғи және технологиялық ресурстар шоғырланған (Үоп, 2024). Сол себепті, жаңартылатын энергия көздерін дамытуға жағдай жасау мақсатында мемлекет тарапынан энергияны сатып алуға кепілдік беру, салықтық жеңілдіктер мен жеңілдетілген қаржыландыру тетіктері қарастырылған (Қазақстан Республикасының №165-IV Заңы, 2009). Дегенмен, жаңартылатын энергетика саласындағы аймақтық даму ерекшеліктері мен институционалдық тетіктерді кешенді бағалауға арналған зерттеулер жеткіліксіз. Бұл бағыттағы зерттеулердің шектеулі сипаты энергетикалық трансформацияның тиімділігін арттыру мәселесін өзекті етеді.

Осыған байланысты зерттеудің объектісі – Қазақстанның энергетикалық жүйесі, ал пәні жаңартылатын энергия көздерін дамытудың институционалдық және экономикалық аспектілері болып табылады. Зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасындағы энергетикалық трансформацияны жаңартылатын энергетика дамуының призмасы арқылы зерделеу және өңірлердің көміртектік бейтараптық мақсаттарына жетудегі әлеуетін анықтау.

Зерттеу жаңартылатын энергия көздері объектілерінің аумақтық орналасу заңдылықтарын талдауға, сондай-ақ төмен көміртекті экономикаға көшу жағдайында олардың тиімді іске асырылуына ықпал ететін негізгі факторларды бағалауға бағытталған.

## Әдебиетке шолу

Бүгінгі күні энергетикалық трансформация ұлттық деңгейде де, жаһандық деңгейде де жаңартылатын энергетиканың даму серпінін қалыптастыратын экономикалық, технологиялық және институционалдық факторлардың өзара ықпалдастығына негізделген көпқырлы үдеріс болып табылады (Adeniran, 2024).

Әлемдік ғылыми әдебиеттерде атап өтілгендей, жаһандық энергия тұтынуының 80 пайыздан астамы әлі күнге дейін қазба түріндегі отын есебінен қамтамасыз етіледі, бұл парниктік газдар шығарындыларының жоғары болуына және қоршаған ортаның ластануына әкеп соқтырады (Kang et al., 2020). Осыған байланысты жаңартылатын энергия көздеріне көшу көміртектік тәуелділікті төмендетуге бағытталған энергетикалық трансформацияның негізгі құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады (IPCC, 2022).

Сонымен қатар зерттеушілер дәстүрлі энергия көздерін толық алмастыру мәселесіне қатысты түрлі көзқарастар білдіреді: бір топ ғалымдар экономикалық және технологиялық шектеулерге назар аударса (Blazquez et al., 2018), басқалары жаңартылатын энергетика саласының әлеуетті артықшылықтарын ерекше атап өтеді. Мәселен, Galeotti және оның әріптестері (2022) өз зерттеуінде жаңартылатын энергетика технологияларын дамыту мен енгізуге бағытталған шаралар экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен бірге энергетика секторындағы инновациялық үдерістерді ынталандыратынын көрсетеді.

Аталған көзқарасты неміс зерттеушілері де қолдайды (Pahl-Wostl et al., 2021). Олардың пікірінше, тұрақты энергетикалық болашаққа табысты көшу тек технологиялық инновацияларды экономикалық ынталандырулар мен экологиялық басымдықтарды үйлестіруге бағытталған тиімді және жүйелі мемлекеттік саясатпен ұштастырған жағдайда ғана мүмкін болады.

Бірқатар ғылыми еңбектерде энергетикалық трансформацияның негізгі тетіктерінің бірі ретінде инвестициялық белсенділіктің артуы маңызды рөл атқаратынын көрсетіледі. Мәселен, Zhan (2021) таза энергия көздеріне деген сұраныстың өсуі инвестициялық кеңістікті өзгертетіні мен капиталдың жаңартылатын энергетика жобаларына бағытталуын ынталандыратынын көрсетеді. Осы тұжырымды дамыта отырып, Wang және әріптестері (2023) энергетикалық трансформацияның экономикалық қозғаушы күштері ретінде өнеркәсіптік инфрақұрылымға салынатын инвестицияларды, қаржы секторының нығаюын және ғылыми-зерттеу мен технологиялық әлеуеттің кеңеюін атайды.

Uzundu және Lele (2024) энергетикалық трансформацияның сәтті жүзеге асуын экономикалық ынталандырулар, технологиялық инновациялар және институционалды-саяси тетіктердің өзара үйлескен кешенді өзара іс-қимылына негіздейді. Өз кезегінде, Iurchenko және әріптестері (2024) бұл көзқарасты нақтылай отырып, жаңартылатын энергетиканың тұрақты дамуы тиімді мемлекеттік саясат, жоғары инвестициялық тартымдылық және технологиялық прогрестің теңгерімді ұштасуы жағдайында ғана мүмкін болатынын көрсетеді.

Отандық ғылыми әдебиеттерде де энергетикалық өтпелі кезең мәселесіне деген қызығушылықтың артып келе жатқанын байқауға болады. Zhunussova және оның әріптестері (2020) өз зерттеуінде жаңартылатын энергетиканың даму қарқынын талдап, табиғи ресурстардың қолжетімділігіне, инфрақұрылымдық шектеулерге және салалық динамиканы қалыптастырудағы мемлекеттік саясаттың рөліне назар аударған.

Грозин (2025) Қазақстанның Париж келісіміне сәйкес тұрақты даму қағидаттарын енгізіп жатқанын атап өтеді. Дегенмен, ол «жасыл» мақсаттарға жету үшін өнеркәсіп пен энергетика секторларын төмен көміртекті технологиялар негізінде терең жаңғыртудың қажеттілігін көрсетеді.

Neafie және әріптестері (2025) Қазақстанның энергетикалық секторын көмірсутекті ресурстарға жоғары тәуелділікті сақтап отырған құрылым ретінде

сипаттайды. Зерттеушілер энергетикалық көшудің негізгі кедергілері ретінде институционалдық инерцияны, ведомствоаралық үйлестірудің әлсіздігін, жергілікті үй шаруашылықтарының жеткіліксіз қатысуын және жаңартылатын энергетиканы қолдаудың шектеулі қаржылық механизмдерін атап көрсетеді.

Глазачев (2023) өз зерттеуінде ұқсас тұжырымдар жасай отырып, еліміздің энергетикалық жүйесі арзан қазба көмірсутек отынына сүйенетінін, Қазақстанның энергетикалық секторын көміртегі бейтараптығына көшу үшін қомақты инвестициялар қажет екенін, Кеңес дәуірінде салынған жылу электр станцияларын жоюдың экономикалық тиімсіз екенін пайымдайды. Осыған байланысты, ол стратегияда белгіленген мақсаттарға жету мүмкіндігіне күмән келтіреді, себебі бұл үшін Қазақстанның электр энергиясын өндіру құрылымындағы гидроэлектр станцияларының, жел және күн электр станцияларының үлесін екі есеге арттыру қажет болатынын ескертеді.

Kamaljanova (2025), керісінше, Қазақстан жаңартылатын энергетиканы дамыту үшін қолайлы жағдай қалыптастыруда айтарлықтай жетістіктерге жеткенін атап көрсетеді. Автордың пікірінше, бұл заңнамалық реформаларды жүргізу, шетелдік инвестицияларды белсенді тарту және инфрақұрылымды жаңғырту арқасында мүмкін болды. Ол жүзеге асырылып жатқан шаралардың елдің климаттық саясат саласындағы халықаралық міндеттемелерін орындау қабілетін нығайтуға ықпал ететінін тұжырымдайды.

Осылайша, Қазақстан жаңартылатын энергия саласында айтарлықтай әлеуеті бар ел ретінде халықаралық және ұлттық ғылыми пікірталастардың нысанына айналып отыр. Кейбір зерттеушілер энергетикалық көшудің оң үрдістерін атап өтсе (Kamaljanova, 2025), басқалары институционалдық шектеулер, технологиялық кедергілер және экономиканың көмірсутек отынына жоғары тәуелділігімен байланысты мәселелердің сақталып отырғанын көрсетеді (Neafie et al., 2025; Глазачев, 2023). Дегенмен, жаңартылатын энергетиканы дамытудың аймақтық аспектілері ғылыми талдау аясынан сырт қалып отыр. Атап айтқанда, Қазақстан өңірлерінде нақты технологияларды енгізудің тиімділігін анықтайтын аймақтық ерекшеліктер мен климаттық факторлар, сондай-ақ жаңартылатын энергия көздерінің дамуы, генерация модельдері мен инфрақұрылымдық шектеулердегі аймақтық айырмашылықтар мәселелері әлі де фрагментарлы түрде зерттеліп, статистикалық талдаумен жеткілікті дәрежеде негізделмеген.

Осы тұрғыдан алғанда, аймақтардағы жаңартылатын энергетиканың дамуының ерекшеліктерін анықтауға және кластерлік модель құруға бағытталған зерттеу ерекше ғылыми және практикалық мәнге ие болады. Мұндай тәсіл құрылымдық диспропорцияларды айқындауға ғана емес, сонымен қатар Қазақстанның әр өңірінде және жалпы республика көлемінде күн, жел және су энергетикасын дамыту үшін оңтайлы бағыттарды негіздеуге мүмкіндік береді.

### **Зерттеу әдістері**

Осы зерттеудің әдіснамасы энергетикалық трансформация жағдайында Қазақстандағы жаңартылатын энергетиканың даму үрдісін кешенді түрде бағалауға мүмкіндік беретін жүйелік және салыстырмалы-талдамалық тәсілдерді қамтиды. Зерттеуде ресми статистикалық деректерге негізделген сандық талдау элементтері және аймақтық ерекшеліктер мен елдегі жаңартылатын энергия көздерін дамыту әлеуетін анықтауға бағытталған кеңістіктік-кластерлік талдау элементтері біріктірілген.

Зерттеудің эмпирикалық базасы ретінде Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросының ресми статистикалық деректері, «Самрук-Энерго» АҚ-ның, ҚР Энергетика министрлігінің аналитикалық есептері, «Казгидромет» РМК ұсынған климаттық деректер, атап айтқанда өңірлер бойынша орташа температура, жауын-шашын, ылғалдылық, күн сәулесінің инсоляциясы, су объектілерінің саны сияқты көрсеткіштер, сондай-ақ бірқатар нормативтік-құқықтық құжаттар талданды.

Елдегі жаңартылатын энергетиканың даму динамикасын бағалау мақсатында авторлар бір-бірін толықтыратын келесі талдау әдістерін пайдаланды:

*Аналитикалық талдау.* Бұл әдіс статистикалық деректер мен салалық есептерді жүйелі түрде талдауға негізделген. Зерттеу барысында жаңартылатын энергетика нысандарының жалпы орнатылған қуаты, электр энергиясын өндіру көлемі, салада жұмыс істейтін адамдар саны, электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі жаңартылатын энергия көздерінің (ЖЭК) үлесі және т.с.с. мәліметтер қарастырылды. Ұсынылған көрсеткіштерді зерттеу жаңартылатын энергетика саласының жұмысының негізгі көрсеткіштерін анықтауға және елдің энергетикалық трансформациясы шеңберінде оның даму үрдістерін бақылауға мүмкіндік берді.

*Салыстырмалы талдау.* Бұл әдіс жаңартылатын энергетиканың дамуы барысында елдің өңірлері мен энергетикалық аймақтары арасындағы айырмашылықтарды анықтауға бағытталды. Сонымен қатар, электр энергиясын өндірудің динамикасы генерация түрлері бойынша салыстырылды. Бұдан басқа, жел, күн, су және биогаз электр станцияларының орнатылған қуатының өсу қарқындары талданды. Нәтижесінде, технологиялық дамудың басым бағыттары айқындалып, ЖЭК-тің аумақтық құрылымындағы диспропорциялар анықталды, сондай-ақ жаңартылатын энергетиканың ең қарқынды дамып келе жатқан өңірлері мен ЖЭК-ті енгізу көрсеткіштері салыстырмалы түрде төмен өңірлер белгілі болды.

*Кластерлік талдау.* Бұл әдіс көпөлшемді статистикалық жіктеудің бір түрі болып табылады, ол объектілерді олардың сипаттамаларының ұқсастығы дәрежесі бойынша топтастыруға мүмкіндік береді. Кластерлік талдау көп жағдайда бес негізгі кезеңнен тұрады (Jain & Dubes, 1988): 1) сипаттамалар жүйесін қалыптастыру; 2) зерттеу саласына сәйкес келетін ұқсастық/айырмашылық өлшемдерін таңдау; 3) берілген алгоритм негізінде кластерлеуді жүзеге асыру; 4) алынған нәтижелерді жалпылау және деректерді абстракциялау; 5) қорытындылардың дұрыстығын тексеру және интерпретациялау. Ұсынылып отырған зерттеу аясында кластерлік талдау жел, күн және су электр станцияларын белгілі бір өңірлерде орналастырудың орындылығын ғылыми тұрғыда негіздеу үшін қолданылды, сонымен бірге жаңартылатын энергия нысандарын климаттық жағдайларды ескере отырып орналастыру олардың экономикалық тиімділігін арттыруға ықпал ететіні көрсетілді. Кластерлік талдау STATA бағдарламалық ортасында жүзеге асырылып, топ ішілік дисперсияны минимизациялауға және Қазақстан өңірлерінің объективті типологиясын құруға мүмкіндік берді.

Зерттеу логикасы үш иерархиялық деңгейге негізделіп құрылды: макродеңгейде жаңартылатын энергетиканы дамытудың бүкілұлттық тенденциялары мен стратегиялық бағыттары талданса, мезодеңгейде өңірлердің «жасыл» даму тәртібін іске асырудағы ерекшеліктері, кеңістіктік айырмашылықтары және облыстардың қатысу деңгейі зерттелді, ал микродеңгейде жергілікті деңгейдегі факторларға талдау жүргізілді. Мұндай тәсіл Қазақстанның жаңартылатын энергетикасының қазіргі

жағдайы мен болашақ даму перспективаларын тұтастай бағалауға, институционалдық және аймақтық кедергілерді анықтауға, сондай-ақ энергетикалық трансформация саласындағы мемлекеттік саясатты жетілдіру бағыттарын белгілеуге жағдай жасады.

### Нәтижелер мен талқылау

Бүгінгі күні Қазақстандағы жаңартылатын энергетика секторы көп деңгейлі институционалдық жүйені құрайды, мұнда мемлекеттік органдар стратегиялық даму бағыттарын айқындайтын болса, жобаларды іске асыру мен қаржыландыру жеке капитал мен халықаралық ұйымдардың белсенді қатысуымен жүзеге асырылады. Сонымен бірге, жаңартылатын энергия көздерін Қазақстанның энергетика секторына интеграциялау декарбонизацияға, энергия тиімділігіне және энергетикалық жүйенің құрылымдық трансформациясына оң әсерін тигізіп отыр. Елде жаңартылатын көздерден энергия өндіру көлемінің тұрақты өсуі байқалып, баламалы энергетика саласында ауқымды әрі өршіл жобалар жүзеге асырылып жатыр. Мәселен, 2020 жылға қарай электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі жаңартылатын энергия көздерінің үлесін 3%-ға жеткізу мақсатына қол жеткізілді (Самұрық-Энерго, 2025).

Кейінгі жылдары Қазақстандағы барлық жаңартылатын энергия көздерінің жалпы орнатылған қуаты 1050,12 МВт-тан 2868,6 МВт-қа дейін артты, яғни 2,7 еседен астам өсті (Кесте 1).

Кесте 1 – Жаңартылатын энергия көздерінің жалпы орнатылған қуаты, МВт

	01.01.2020	01.01.2021	01.01.2022	01.01.2023	01.01.2024
Жел электр станциялары	283,8	486,3	684	957,5	1 394,60
Су электр станциялары	222,2	229,04	281	280	269,605
Күн электр станциялары	541,7	911,6	1 037,6	1 149,0	1 202,6
Биогаз электр станциялары	2,42	7,82	7,8	1,8	1,77
Барлығы	1050,12	1 634,7	2 010,7	2 388,0	2 868,6

Ескертпе: (Ұлттық статистика бюросы, 2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Ең жоғары өсім қарқыны жел электр станцияларына (ЖЭС) тиесілі болды. 2020 жылдың басында олардың жиынтық орнатылған қуаты 283,8 МВт болса, 2024 жылдың басына қарай бұл көрсеткіш 1394,6 МВт-қа дейін өсті. Осылайша, ЖЭС секторы зерттеліп отырған кезеңдегі жиынтық өсімнің 38%-дан астамын қамтамасыз етті.

Күн электр станциялары (КЭС) секторында да елеулі өсім байқалды: олардың жиынтық орнатылған қуаты 2020 жылғы 541,7 МВт-тан 2024 жылы 1202,6 МВт-қа дейін ұлғайып, 122%-дық өсімді көрсетті. Су электр станцияларының (СЭС) қуат көрсеткіштері 2020-2024 жылдар аралығында салыстырмалы тұрақтылық сақтап, 222,2-281 МВт аралығында өзгеріссіз қалды.

Биогазбен жұмыс істейтін электр станциялары секторы жаңартылатын энергетика құрылымындағы ең баяу дамып келе жатқан бағыт болып отыр. 2020 жылы олардың орнатылған қуаты 2,42 МВт болса, 2021 жылы бұл көрсеткіш 7,82 МВт-қа дейін

ұлғайған, алайда кейінгі жылдары төмендеу үрдісі байқалып, 2024 жылы небәрі 1,77 МВт деңгейінде тіркелді.

Сондай-ақ, 2020-2024 жылдар аралығында жаңартылатын энергия көздері секторындағы жұмыспен қамтылғандар саны 88%-ға өсіп, 955 адамнан 1 794 адамға дейін артты (Ұлттық статистика бюросы, 2024).

2025 жылдың бірінші жартыжылдығының мәліметтері бойынша Қазақстанда жалпы саны 156 жаңартылатын энергия нысаны жұмыс істейді, олардың ішінде 63-і жел және 48-і күн электр станциясы болып табылады. Мемлекеттік стратегияға сәйкес, 2030 жылға қарай елдің энергетикалық теңгеріміндегі жаңартылатын энергия көздерінің үлесін 15%-ға дейін арттыру көзделген. Бұл мақсатқа жету үшін жиынтық орнатылған қуаты 2258 МВт болатын 91 жобаны жүзеге асыру және ЖЭК-тің жалпы қуатын 10 ГВт деңгейіне дейін ұлғайту жоспарлануда. Ал 2050 жылға қарай елде өндірілетін электр энергиясының кемінде 50%-ы жаңартылатын және баламалы энергия көздерінен алынуы тиіс деп болжануда (Қазақстан Республикасының Энергетика министрлігі, 2024).

Сонымен қатар, 2016-2025 жылдар аралығында Қазақстанда жаңартылатын энергия көздері нысандарымен өндірілетін электр энергиясының жалпы көлемі тұрақты өсім қарқынын көрсетті. Осы кезеңде жалпы генерация 2016 жылғы 94 076,5 млн кВт·сағ-тан 2025 жылы 123110,9 млн кВт·сағ-қа дейін ұлғайып, 30,9%-ға артты (Кесте 2).

Кесте 2 – 2016-2025 жылдар аралығында Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерімен электр энергиясын өндіру көлемі, млн кВт·сағ

Жылдар	Барлығы	Су электр станциялары (СЭС)	Жел электр станциялары (ЖЭС)	Күн электр станциялары (КЭС)
2016	94076,5	11605,9	274,1	86,1
2017	102384	11157,9	338,5	89,8
2018	106798	10343	400,5	138,6
2019	106030	9984,9	701,9	409,4
2020	108086	9545,8	1094,1	1250,7
2021	114448	9184,9	1758	1636,5
2022	112866	9185,1	2361,8	1754,7
2023	112823	8748,2	3805,6	1881,7
2024	117915	11223,4	4497,6	1895,6
2025	123111	10493,8	5400,7	2074,6

Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2025) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

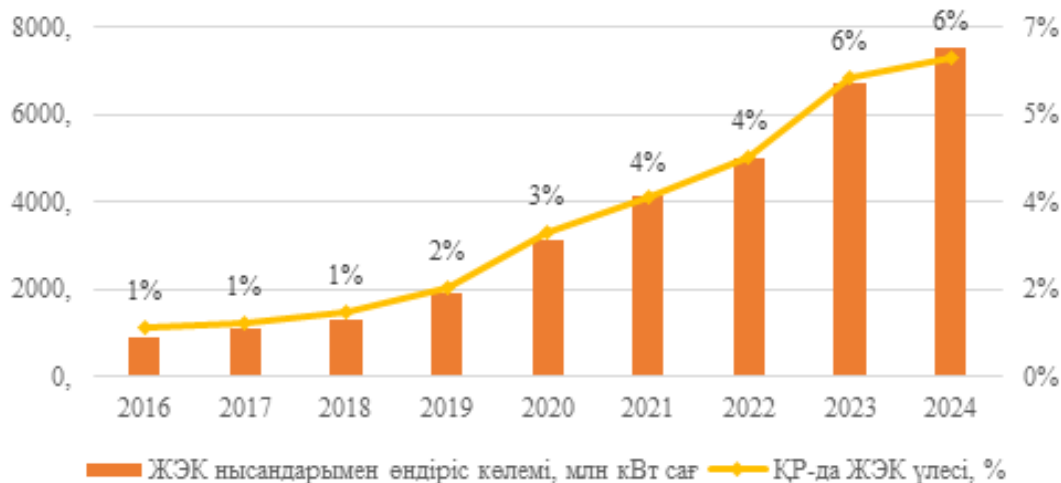
ЖЭС есебінен өндірілетін электр энергиясының көлемі 2016 жылы 274,1 млн кВт·сағ деңгейінен 2025 жылы 5 400,7 млн кВт·сағ-қа дейін ұлғайып, 19,7 есе өскенін көруге болады. Генерация көлемінің үдемелі өсуі 2020 жылдан басталып, сол жылы алғаш рет 1 млрд кВт·сағ-тан асты.

КЭС есебінен өндірілетін электр энергиясының көлемі де жыл сайын артып отырды. Мәселен, 2025 жылы өндіріс көлемі 2016 жылмен салыстырғанда 24 есе ұлғайып, 86,1 млн кВт·сағ-тан 2 074,6 млн кВт·сағ-қа дейін жетті. 2019-2020 жылдары электр энергиясын өндіру деңгейі (409,4 млн кВт·сағ-тан 1 250,7 млн кВт·сағ-қа дейін) үш

есеге жуық өсті. Дегенмен, соңғы жылдары өсу қарқыны баяулап, 2024 жылы КЭС-терде өндірілген электр энергиясының көлемі 1 895,6 млн кВт·сағ-ты құрады, бұл 2023 жылмен салыстырғанда шамамен 0,74%-ға ғана артық.

СЭС-та электр энергиясын өндіру көлемі 2016 жылғы 11 605,9 млн кВт·сағ-тан 2025 жылы 10 493,8 млн кВт·сағ-қа дейін төмендеп, 10%-дық азаюға тап болды.

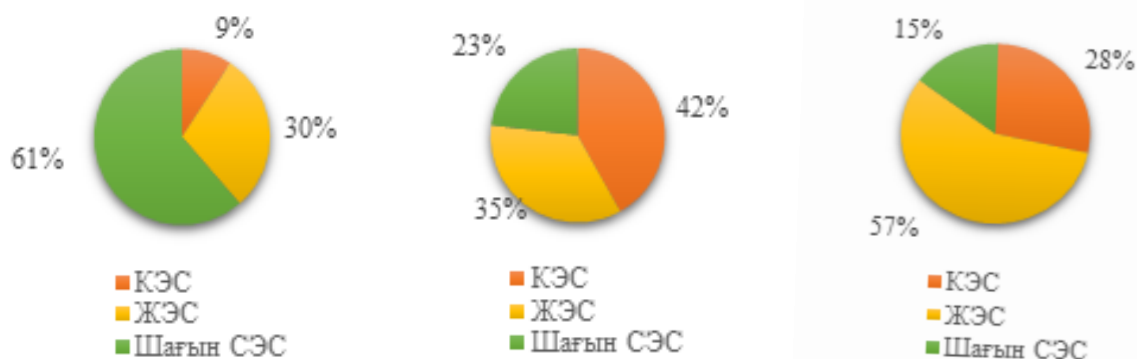
Жалпы алғанда, жел және күн энергиясын өндіру үлесі экспоненциалды түрде өсіп келеді, бұл төмен көміртекті энергетикаға қарай құрылымдық өзгерістердің орын алып жатқанын көрсетеді. 2016 жылы осы нысандардың электр өндірісінің жалпы өндірістегі үлесі тек 1% құраса, 2024 жылы бұл көрсеткіш 6,4%-ға жетті (Сурет 1).



Сурет 1 – 2016-2024 жылдар аралығында электр энергиясын өндірудің жалпы көлеміндегі жаңартылатын энергия көздерінің үлесі, %

Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Соңғы он жылда жаңартылатын энергия көздерін өндіру құрылымында да айтарлықтай өзгерістер бақыланды (Сурет 2). Бұл ретте, 2016 жылы жаңартылатын энергия көздерінің құрамында шағын су электр станциялары басым болып, жалпы көлемнің 61,3%-ын құрады. Жел электр станциялары 29,4%-ды, ал күн электр станциялары 9,2%-ды құрады.



Сурет 2 – 2016, 2020 және 2023 жылдары жаңартылатын энергия көздерімен электр энергиясын өндіру құрылымы

Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

2020 жылға қарай КЭС үлесі елеулі өсіп, 2016 жылғы деңгеймен салыстырғанда 4,5 есеге артып, 41,8%-ға жетті. ЖЭС үлесі де 34,9%-ға дейін өсті, алайда олардың өсімі айтарлықтай қарқынды болмады. 2023 жылы электр энергиясын өндіру құрылымында көшбасшылық жел электр станцияларына өтті: олардың үлесі 56,7%-ға жетіп, бақылау кезеңіндегі ең тұрақты және жоғары өсу динамикасын көрсетті. Сол кезеңде күн электр станцияларының үлесі 2020 жылмен салыстырғанда төмендеп, 28,0%-ға жетті. Осылайша, 2016-2023 жылдар аралығында гидроэнергетикалық үстемдіктен жел генерациясына ауысу үрдісі байқалып, 2020 жылы күн энергетикасы уақытша шыңға жеткені көрініс тапты.

Жаңартылатын энергия көздерінің қуаттары мен өндіріс көлемінің өңірлері бойынша таралуы

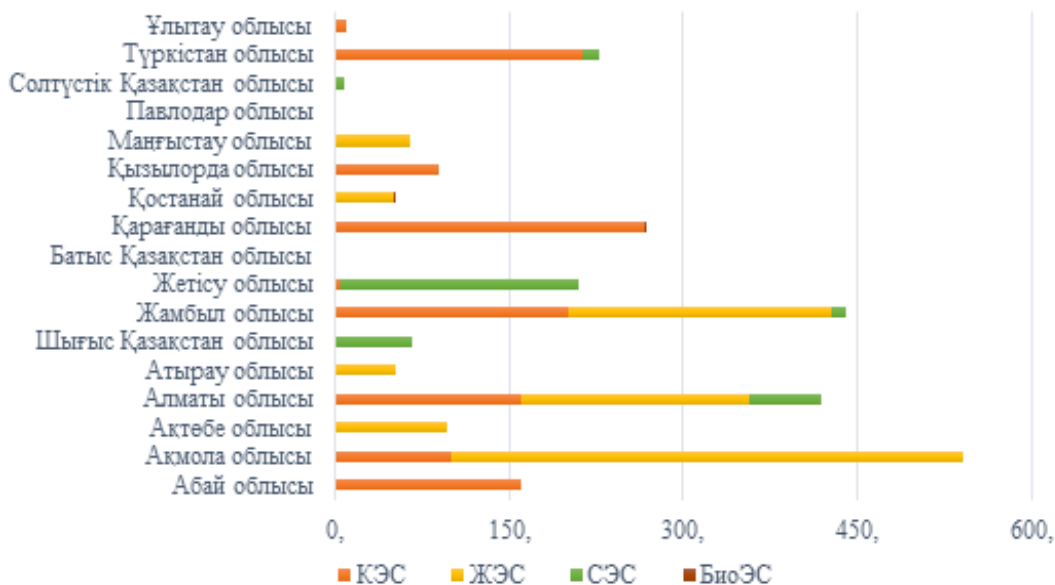
Жаңартылатын энергия көздері секторында қуат көлемінің, жұмыспен қамтудың және генерация көлемінің қарқынды өсуі жағдайында жаңартылатын энергетиканың өңірлік даму құрылымы ерекше мәнге ие, өйткені ол өңірлердің «жасыл» күн тәртібін іске асырудағы белсенділігін көрсетеді (Кесте 3).

Кесте 3 – 2024 жылғы 1 қаңтардағы жағдай бойынша Қазақстан өңірлерінде жаңартылатын энергия көздерінің орнатылған қуаттары мен нысандар санының өңірлік таралуы

Өңір атауы	Жиынтық орнатылған қуаты, МВт	ЖЭК нысандарының жалпы саны	Жалпы орнатылған қуаттағы үлесі, %
Абай облысы	159,7	8	6
Ақмола облысы	541,35	8	19
Ақтөбе облысы	96,45	3	3
Алматы облысы	371,446	23	13
Атырау облысы	52,8	1	2
Шығыс Қазақстан облысы	66,705	5	2
Жамбыл облысы	540,83	19	19
Жетісу облысы	209,895	10	7
Батыс Қазақстан облысы	0	0	0
Қарағанды облысы	272,47	7	10
Қостанай облысы	98,35	3	3
Қызылорда облысы	88,9701	6	3
Маңғыстау облысы	65,6	5	2
Павлодар облысы	0	0	0
Солтүстік Қазақстан облысы	7,96	3	0
Түркістан облысы	278,285	19	10
Ұлытау облысы	10	1	0

Ескертпе: (Qazaq Green, 2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Қазақстандағы жаңартылатын энергия көздерінің орнатылған қуаты өңірлер арасында біркелкі таралмаған. 2024 жылы көшбасшылықты Ақмола облысы (541,35 МВт) және Жамбыл облысы (540,83 МВт) иеленіп, елдегі барлық жаңартылатын энергия көздерінің орнатылған қуатының шамамен 40%-ын қамтамасыз етті. Маңызды үлес Алматы облысына (13%), сондай-ақ Қарағанды және Түркістан облыстарына (әрқайсысы 10%) тиесілі болды. Алайда, кейбір өңірлерде ЖЭК дамуы төмен деңгейде қалып отыр: Батыс Қазақстан және Павлодар облыстары қуат құрылымында мүлдем көрсетілмеген, ал Солтүстік Қазақстан және Ұлытау облыстарында жалпы орнатылған қуаттың үлесі 1%-дан төмен болды.



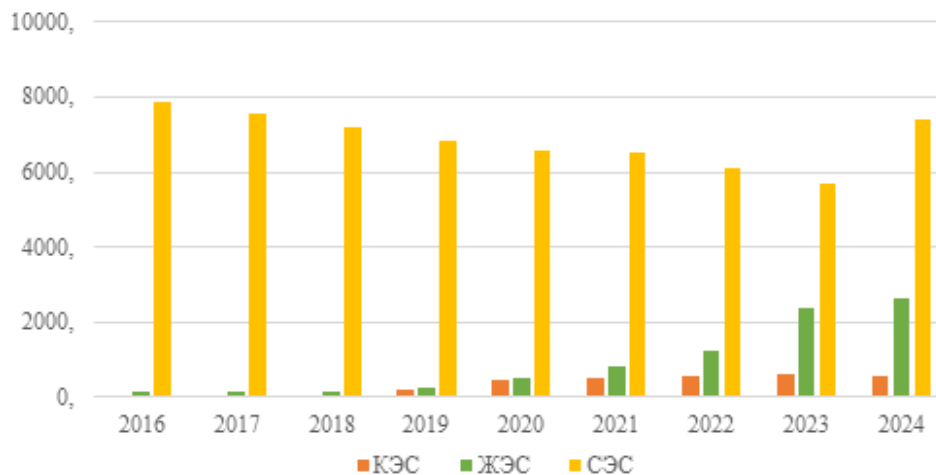
Сурет 3 – 2024 жылғы 1 қаңтардағы жағдай бойынша Қазақстан өңірлеріндегі жаңартылатын энергия көздері нысандарының орнатылған қуатының құрылымы мен генерация түрлері бойынша таралуы

Ескертпе: (Qazaq Green, 2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Қазақстан өңірлеріндегі жаңартылатын энергия көздері нысандарының орнатылған қуаты құрылымында генерация түрлері бойынша жел энергетикасының ең жоғары шоғырлануы Ақмола облысында 441,35 МВт және Жамбыл облысында 25,65 МВт деңгейінде байқалады. Күн энергетикасы бойынша көшбасшылар: Қарағанды облысы (266,00 МВт), Түркістан облысы (213,11 МВт) және Жамбыл облысы (201,25 МВт). Су электр станциялары негізінен Жетісу облысында (204,95 МВт) және Алматы облысында (62,38 МВт) шоғырланған. Биогаз негізіндегі электр энергиясын өндіру шектеулі сипатқа ие: ол тек Қарағанды облысында – 1,07 МВт және Қостанай облысында – 0,35 МВт көлемінде жүзеге асырылады. Батыс Қазақстан және Павлодар облыстары сияқты кейбір өңірлерде мұндай қуаттардың болмауы аумақтық теңсіздікті көрсетіп, өңірлердің жаңартылатын энергетиканы дамытуға әрқелкі қатысуын айғақтайды.

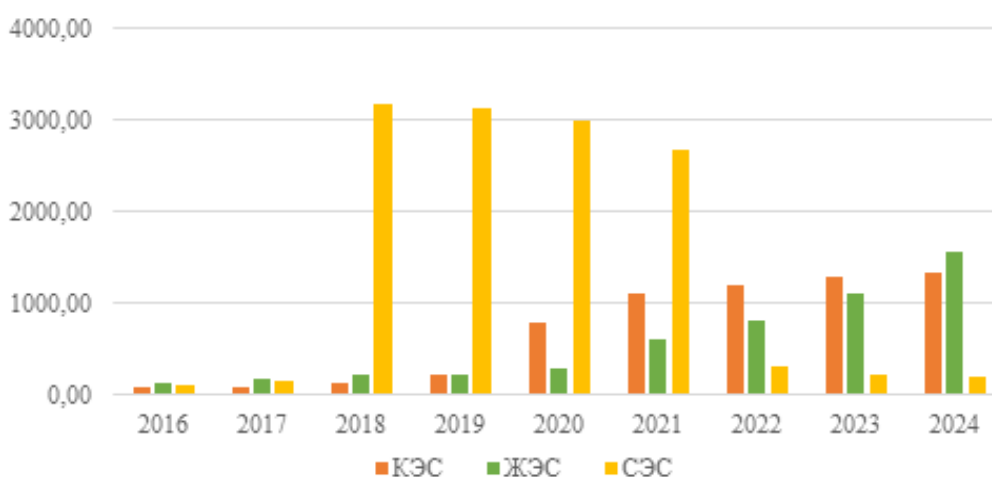
Өңірлік тұрғыдан алғанда, ЖЭК нысандарының электр энергиясын өндіруін Қазақстан Республикасының бірыңғай электр энергетикасы жүйесі (БЭЭЖ) аясында қарастыру қажет. Аталған жүйе үш аймақтан тұрады – Солтүстік, Оңтүстік және Батыс (Қазақстан Республикасы Энергетика министрінің бұйрығы, 2021).

Солтүстік аймаққа Абай, Ақмола, Ақтөбе, Шығыс Қазақстан, Қарағанды, Қостанай, Павлодар, Солтүстік Қазақстан, Ұлытау облыстары және Нұр-Сұлтан қаласы кіреді. Оңтүстік аймақ Алматы, Жамбыл, Жетісу, Қызылорда және Түркістан облыстарын, сондай-ақ Алматы және Шымкент қалаларын қамтиды. Батыс аймаққа Атырау, Батыс Қазақстан және Маңғыстау облыстары кіреді.



Сурет 4 – 2016-2024 жылдары жаңартылатын энергия көздерімен генерациялау түрлері бойынша Солтүстік аймақтағы электр энергиясын өндіру көлемі, млн кВт·сағ  
Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

2016-2024 жылдары Солтүстік аймақта күн және жел электр станцияларымен электр энергиясын өндіру көлемінің тұрақты өсуі байқалды, ал СЭС өндірісінің көлемі зерттеліп отырған кезеңнің басында біртіндеп төмендеп, тек 2024 жылы ғана бұрынғы деңгейіне жуық қалпына келді. Күн электр станцияларында электр энергиясын өндіру 2018 жылы мардымсыз көлемнен бастау алып, 2023 жылға қарай ең жоғары деңгейге – 594,6 млн кВт·сағ-қа жетті. 2016-2024 жылдар аралығында жел электр станцияларындағы энергия өндіру шамамен 17 есеге өсіп, 156,0 млн кВт·сағ-тан 2627,8 млн кВт·сағ-қа дейін ұлғайды, ал өсімнің ең қарқынды кезеңі 2020 жылдан кейін байқалды.

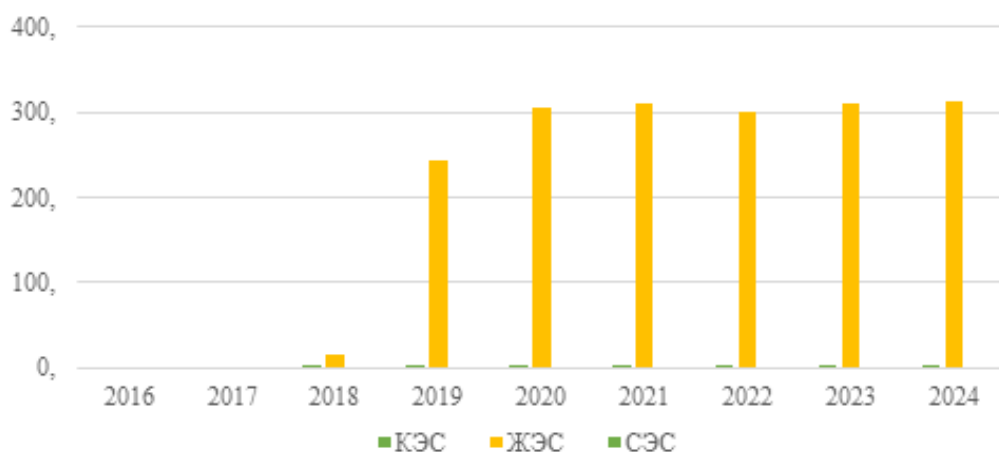


Сурет 5 – 2016-2024 жылдары жаңартылатын энергия көздерімен генерациялау түрлері бойынша Оңтүстік аймақтағы электр энергиясын өндіру көлемі, млн кВт·сағ  
Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Оңтүстік аймақта 2016-2024 жылдар аралығында күн электр станцияларындағы электр энергиясын өндіру көлемі 90 млн кВт·сағ-тан аспаған, алайда 2024 жылға қарай бұл көрсеткіш 1300 млн кВт·сағ-тан жоғары деңгейге жетіп, өңірдің күн энергиясы әлеуетін жүйелі пайдалану үрдісін танытты.

Жел генерациясы да айқын оң динамика көрсетті: 2024 жылға қарай жел электр станцияларындағы энергия өндіру көлемі бастапқы деңгеймен салыстырғанда 13 еседен астам өсіп, 1556,2 млн кВт·сағ-қа жетті.

Су электр станцияларындағы электр энергиясын өндіру тұрақсыз сипатқа ие болды. Ең жоғары өндіріс көлемі 2018-2019 жылдары тіркеліп, 3100 млн кВт·сағ-тан асты. Алайда осы кезеңнен кейін айтарлықтай төмендеу байқалып, 2024 жылы өндіріс көлемі 203,8 млн кВт·сағ деңгейінде қалыптасты.



Сурет 6 – 2016-2024 жылдары жаңартылатын энергия көздерімен генерациялау түрлері бойынша Батыс аймақтағы электр энергиясын өндіру көлемі, млн кВт·сағ  
Ескертпе: (Самұрық-Энерго, 2016-2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Батыс аймақта 2016-2024 жылдар аралығында жаңартылатын энергия көздерінен электр энергиясын өндіру негізінен жел генерациясы бағытында дамыды. 2018 жылы оның көлемі 16,6 млн кВт·сағ құраса, 2019 жылы бұл көрсеткіш күрт өсіп, 14 еседен астам жоғарылап, 244,2 млн кВт·сағ деңгейіне жетті. Кейінгі жылдары да өсім жалғасып, 2024 жылы өндіріс көлемі 313,6 млн кВт·сағ болды. Өңірдегі күн қондырғылары бойынша электр энергиясын өндіру көлемі тұрақты түрде төмен деңгейде сақталып, жылына 2,6-3,2 млн кВт·сағ шамасында өзгеріп отырды және айқын өсу үрдісі байқалмады. Аталған аймақта су электр станциялары орнатылмаған.

#### Қазақстан өңірлерін ЖЭК дамуы тұрғысынан кластерлік талдау

Қазақстанның бірыңғай электр энергетикасы жүйесінің шартты түрде Солтүстік, Оңтүстік және Батыс аймақтарға бөлінуі энергожүйенің сұлбалық-режимдік жұмыс істеу жағдайларындағы айырмашылықтарды ескере отырып жүзеге асырылады. Алайда анықталған аумақтық теңсіздіктер мен өңірлердің ЖЭК дамуына біркелкі тартылмауы табиғи-ресурстық әлеуетке сүйенген неғұрлым егжей-тегжейлі жіктеудің қажеттілігін көрсетеді. Осыған байланысты өңірлердің климаттық деректері негізінде STATA бағдарламасында жел, күн және су энергетикасы нысандарын оңтайлы орналастыру мен перспективалы бағыттарды объективті айқындау мақсатында кластерлік талдау жүргізілді.

Өңірлерді кластерлерге бөлу үшін пайдаланылған климаттық параметрлер «Қазгидромет» РМК ресми сайтынан алынды. Әрбір облыс төңірегінде деректер метеорологиялық станциялар бойынша ұсынылуына байланысты, тұтас облыс бойынша жиынтық көрсеткіш алу үшін барлық станциялардың орташа мәні есептелді.

Алынған нәтижелер ұқсас сипаттамалары бар үш кластерді айқындауға мүмкіндік берді, бұл елде «жасыл» энергетиканы неғұрлым теңгерімді дамытуға мүмкіндік тудырады (Кесте 4).

Кесте 4 – Климаттық сипаттамалары бойынша Қазақстан өңірлерін кластерлік талдау нәтижелері

Кластер	Орташа температура (°C)	Жауын-шашын (мм)	Жел жылдамдығы (м/с)	Жылына күн сәулесінің түсу сағ-ы	Ылғалдылық (%)	Бұлтты күндер	Су нысандарының саны	Ұсынылатын жаңартылатын энергия көзінің түрі
1	8.14	458.71	1.73	2571.54	62.0	95.8	22.6	Күн және шағын гидроэнергетика
2	13.3	341.25	2.33	2909.99	56.5	51.0	22.75	Өнеркәсіптік күн энергетикасы
3	7.49	310.36	3.62	2508.11	66.18	87.73	15.82	Жел және күн энергетикасы

Ескертпе: (Қазгидромет, 2024) деректері негізінде STATA бағдарламасын пайдаланып авторлармен құрастырылған

Әрбір кластердің сипаттамасы мен құрамы Кесте 5-те келтірілген.

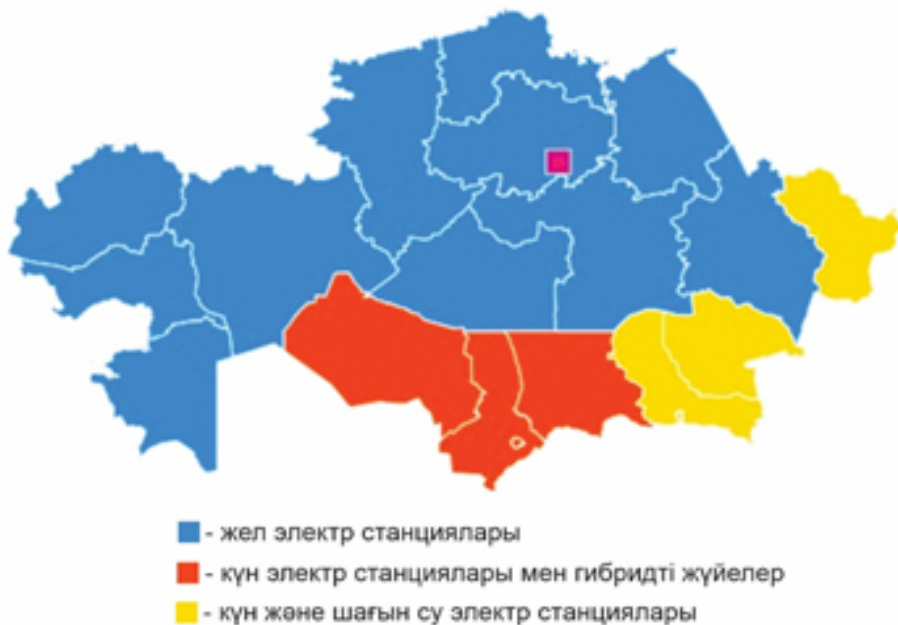
Кесте 5 – Қазақстан өңірлерінің кластерлік құрамы мен сипаттамалары және жаңартылатын энергия көздерін дамыту жөніндегі ұсынымдар

№	Кластер құрамы	Сипаттамасы
1	Алматы облысы, Шығыс Қазақстан облысы, Жетісу облысы, Астана қаласы, Алматы қаласы	Рельефі әртүрлі және климаты қоңыржай өңірлер. Күн радиациясы мен жауын-шашын деңгейінің үйлесімділігі байқалады. Астана және Алматы қалаларында электр энергиясына жоғары сұраныс бар. Кластердің шығыс және оңтүстік өңірлері гидроэнергетиканы дамыту үшін де әлеуетке ие. Күн және шағын су энергетикасына негізделген таратылған жүйелерді орнату ұсынылады.
2	Жамбыл облысы, Қызылорда облысы, Түркістан облысы, Шымкент қаласы	Аридті климатты оңтүстік өңірлер: ауа температурасы жоғары, жауын-шашын мөлшері аз және күн сәулесі түсетін сағат саны көп. Күн электр станцияларын орналастыруға ең қолайлы жағдайлар қалыптасқан. Күн энергетикасын, соның ішінде таратылған түрін кеңінен енгізу ұсынылады. Ауылдық аймақтарда гибридті жүйелерді орнату мүмкіндігі бар.

3	Абай облысы, Ақмола облысы, Ақтөбе облысы, Атырау облысы, Батыс Қазақстан облысы, Қарағанды облысы, Қостанай облысы, Маңғыстау облысы, Павлодар облысы, Солтүстік Қазақстан облысы, Ұлытау облысы	Қоңыржай континенттік климат тән солтүстік, батыс және орталық өңірлер: ауа температурасы салыстырмалы түрде төмен, жел ағындары тұрақты. Бұлттылықтың аздығы мен ашық аумақтардың кеңдігі жел энергетикасын дамытуға қолайлы жағдай жасайды. Сондай-ақ күн энергетикасын, әсіресе, Атырау және Маңғыстау облыстарында, дамыту мүмкіндігі бар.
---	---	--

Ескертпе: (Қазгидромет, 2024) деректері негізінде STATA бағдарламасын пайдаланып авторлармен құрастырылған

Қазақстан Республикасының өңірлерін климаттық параметрлер бойынша көрнекі түрде ажырату мақсатында авторлар төмендегі суретте көрсетілген кластерлік картаны әзірледі.



Сурет 7 – Өңірлердің климаттық сипаттамалары бойынша жіктелуі.

Ескертпе: (Қазгидромет, 2024) деректері негізінде авторлармен құрастырылған

Суретте Қазақстан өңірлерінің кластерлер картасы бейнеленген. Көк түспен қоңыржай континенттік климат пен тұрақты жел ағындары тән солтүстік, орталық және батыс облыстар белгіленген, осы өңірлерде жел энергетикасын дамыту ең тиімді болып табылады. Сары түспен климаты қоңыржай өңірлер белгіленген, мұнда күн қондырғылары мен шағын су электр станциялары негізіндегі таратылған энергетикалық жүйелерді дамыту орынды. Қызыл түспен күн сәулесі сағаттарының ең көп саны байқалатын оңтүстік облыстар көрсетілген, бұл аумақтарда күн электр станцияларын орналастыру және гибриді энергетикалық жүйелерді іске асыру жобаларын жүзеге асыру ең тиімді.

Кластерлік талдау нәтижелері жаңартылатын энергетика нысандарын орналастырудың экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Демек,

әрбір кластер бойынша ұсынылған жаңартылатын энергия көздеріне басымдық беру арқасында инвестициялық шығындардың оңтайлылығы қамтамасыз етіліп, өндірілетін электр энергиясының өзіндік құны төмендейді, сондай-ақ желілік инфрақұрылымға түсетін жүктеме де азаяды.

### **Қорытынды**

Жаһандық энергетикалық трансформация жағдайында Қазақстан жетекші әлемдік экономикалар жүзеге асырып жатқан декарбонизация үдерістеріне ықпалдасу бойынша шаралар қабылдап жатыр. Еуропалық Одақ пен Қытай сияқты негізгі сыртқы нарықтардағы бәсекеге қабілетті позицияларды сақтау экспорттық саясатты күшейіп келе жатқан «жасыл» стандарттарға бейімдеуді және парниктік газдар шығарындылары төмен технологияларға бағдарлануды талап етеді. Осы контексте елде жаңартылатын энергия көздерін дамытудың тұрақты оң серпіні байқалып келеді, бұл үрдіс орнатылған қуаттылықтың және электр энергиясын өндіру көлемдерінің өсуінен аңғарылады.

Сонымен қатар зерттеу нәтижелері жаңартылатын энергия көздерінің әлеуеті мен инфрақұрылымының таралуында айтарлықтай аумақтық әркелкіліктің бар екенін көрсетті. Солтүстік аймақ жел энергетикасының серпінді дамуымен сипатталса, оңтүстік өңірлерде күн және су энергетикасы жобалары қатар дамып келеді. Павлодар және Батыс Қазақстан облыстарын қоса алғанда, бірқатар өңірлер энергетикалық трансформация үдерістеріне әлі де жеткілікті дәрежеде тартылмаған. Бұл жағдай неғұрлым теңгерімді кеңістіктік саясатты қалыптастыру мен инвестициялық белсенділікті қайта бөлу өзектілігін айқындайды.

Бұдан бөлек, қазіргі кезде Бірыңғай электр энергетикасы жүйенің шартты аймақтық бөлінісі сұлбалық-режимдік ерекшеліктерді көрсеткенімен, генерация түрлерінің тиімділігіне айтарлықтай ықпал ететін климаттық параметрлер ескерілмейді. Осыған байланысты жүргізілген кластерлік талдау табиғи-климаттық параметрлері ұқсас үш аумақтық топты айқындауға мүмкіндік берді. Бірінші топқа күн және шағын су энергетикасын дамытуға әлеуеті жоғары шығыс және оңтүстік-шығыс өңірлер кіреді. Екінші топқа өнеркәсіптік күн генерациясын дамытуға ең қолайлы оңтүстік және оңтүстік-батыс облыстар біріктірілген. Үшінші топты тұрақты жел ағындары басым солтүстік, орталық және батыс өңірлер құрайды, мұнда жел және аралас жел-күн энергетикасын дамыту үшін оңтайлы жағдай қалыптасқан.

Климаттық кластерлеу нәтижелері өңірлердің табиғи-ресурстық әлеуетін айқындап қана қоймай, жаңартылатын энергия көздерін дамыту мен орналастыру үдерістерін тиімді басқарудың жаңа модельдерін енгізуге мүмкіндік береді. Экономикалық сала тұрғысынан алғанда, зерттеу нәтижелері елдің ұзақ мерзімді тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуді қамтамасыз етуге бағытталған. Сонымен қатар, авторлармен жасалған тұжырымдар Қазақстанның энергетикалық саясатын неғұрлым икемді үлгіде қалыптастырудың ғылыми негізін қалайды, өңірлік деңгейде тұрақты дамуға бағытталған энергетикалық жүйелерді қалыптастыруға, инвестициялық ресурстарды ұтымды бөлуге және әлеуметтік-экономикалық дамуды теңгерімді үйлестіруге жағдай жасайды.

2060 жылға қарай көміртектік бейтараптыққа қол жеткізу үшін жаңартылатын энергетиканы қолдаудың институционалдық және қаржылық тетіктерін одан әрі

жетілдіру, климаттық өлшемдерді өңірлік даму бағдарламаларына интеграциялау, мемлекеттік-жекешелік әріптестікті белсенді дамыту және «жасыл» инвестицияларды тарту қажет. Энергияны сақтау мен таратудың инновациялық шешімдерін қамтитын ғылыми-технологиялық әлеуетті дамыту да ерекше маңызға ие.

Аталған бағыттарды іске асыру аумақтық теңсіздіктерді азайтуға, энергетикалық трансформацияның тиімділігін арттыруға және Қазақстанның Еуразия кеңістігіндегі тұрақты энергетикалық дамудың жетекші елдерінің бірі ретіндегі позициясын нығайтуға мүмкіндік беретін болады.

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылған (грант №АР26199935).

**Мүдделер қақтығысы:** авторларда мүдделер қайшылығы жоқ.

#### **Авторлардың қосқан үлесі:**

Сматаева А.Ж. – деректерді жинау, талдау және зерттеу нәтижелерін түсіндіру.

Темербулатова Ж.С. – деректерді талдау және мақаланың жариялануға арналған соңғы нұсқасын бекіту.

#### **Әдебиеттер тізімі**

1. Adeniran, O. (2024). Systemic factors in modern renewable energy development across national income categories. *Renewable Energies*, 2(2). <https://doi.org/10.1177/27533735241285352>

2. Blazquez, J., Fuentes-Bracamontes, R., Bollino, C. A., & Nezamuddin, N. (2018). The renewable energy policy Paradox. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.002>

3. Galeotti, M., Salini, S. & Verdolini, E. (2020). Measuring environmental policy stringency: Approaches, validity, and impact on environmental innovation and energy efficiency. *Energy Policy*, 136, 111052. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111052>

4. IPCC. (2022). The evidence is clear: The time for action is now. We can halve emissions by 2030. Қаралған күні: 2025 жылғы 10 қыркүйек, <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>

5. Iurchenko, M., Nyzhnychenko, Y., Rudyk, N., Zolotarova, O., & Stakhurska, S. (2024). Harnessing Renewable Energy for Sustainable Economic Growth and Environmental Resilience. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), 52-69. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr03>

6. Jain, A. K., & Dubes, R. C. (1988). *Algorithms for Clustering Data*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

7. Kamaljanova, T. (2025). Kazakhstan energy policy: transition to renewable energy sources and development prospects. *Journal of Philosophy Culture and Political Science*, 92(2), 127-141. <https://doi.org/10.26577/jpcp202592211>

8. Kang, J. N., Wei, Y. M., Liu, L. C., Han, R., Yu, B. Y., & Wang, J. W. (2020). Energy systems for climate change mitigation: A systematic review. *Applied Energy*, 263, 114602.

9. Neafie, J., Kenzhetayev, K., Laichinova, A., Mavletova, S., Tulegenova, A., Ramazanov, Z., & Bayramov, E. (2025). Energy transition governance in an emerging economy: opportunities and threats on the road to a sustainable future in Kazakhstan. *Environmental Research Letters*, 20. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/addd37>

10. Pahl-Wostl, C., Gorris, P., Jager, N., Koch, L., Lebel, L., Stein, C., Venghaus, S. and Withanachchi, S. (2021). Scale-related governance challenges in the water energy-food nexus: Toward a diagnostic approach. *Sustainability Science*, 16, 615-629. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00888-6>
11. Qazaq Green Renewable Energy Association. ЖЭК картасы. Қаралған күні: 2025 жылғы 20 тамыз, <https://qazaqgreen.com/kz/map/>
12. Shivanna, K. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of Indian National Science Academy*, 88, 160-171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>
13. Uzundu, N.C., & Lele, D.D. (2024). Socioeconomic challenges and opportunities in renewable energy transition. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(7), 1503-1519. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i7.1337>
14. Wang, Y., Wang, D., Yu, L. et al. (2023). What really influences the development of renewable energy? A systematic review and meta-analysis. *Environmental science and pollution research international*, 30, 62213-62236. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26286-w>
15. Yoon, Y. (2024). Kazakhstan's renewable energy policy and development potential: Focus on Solar Energy. *The Korean Association of Area Studies*. 42(2), 65-96. <https://doi.org/10.29159/KJAS.42.2.65>
16. Zhan, J.X. (2021). GVC transformation and a new investment landscape in the 2020s: Driving forces, directions, and a forward-looking research and policy agenda. *J Int Bus Policy*, 4, 206-220. <https://doi.org/10.1057/s42214-020-00088-0>
17. Zhunussova, G., Ratner, S., Nurmukhanova, G., Shaihutdinova, A. (2020). Renewable Energy in Kazakhstan: Challenges and Prospects. *International Energy Journal*, 20(3), 311-324. [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.21\(4\).2023.14](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.21(4).2023.14)
18. Глазачев, В. (2023). Стратегии развития энергетики государств объединенной энергосистемы Центральной Азии. *Энергетическая политика*, 10(189), 66-79. [http://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2023\\_10189\\_66](http://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_10189_66)
19. Грозин, А. (2025). Республика Казахстан и мировые стратегии зеленого перехода. *Геоэкономика энергетики*, 1(29). 141-164. [https://doi.org/10.48137/26870703\\_2025\\_29\\_1\\_141](https://doi.org/10.48137/26870703_2025_29_1_141)
20. Жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы: Қазақстан Республикасының 2009 жылғы 4 шілдедегі № 165-IV Заңы. Қаралған күні: 2025 жылғы 3 қыркүйек, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000165>
21. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің Ұлттық статистика бюросы. «Жасыл экономика» көрсеткіштері. Қаралған күні: 2025 жылғы 15 тамыз, <https://stat.gov.kz/green-economy-indicators/203/>
22. Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі. (2025, маусым). Қазақстанда «жасыл» энергетиканың қуаты 17 есеге артты: ел жаңа даму кезеңі үшін жаһандық инвесторларды тартады. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/press/news/details/1018652?lang=kk>
23. Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің кейбір бұйрықтарына өзгерістер енгізу туралы: Қазақстан Республикасы Энергетика министрінің 2021 жылғы 12 тамыздағы № 261 бұйрығы. Қаралған күні: 2025 жылғы 19 қыркүйек, [https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023972/compare?utm\\_source=chatgpt.com](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023972/compare?utm_source=chatgpt.com)
24. Қазақстан Республикасының көміртегі бейтараптығына қол жеткізуінің 2060 жылға дейінгі стратегиясын бекіту туралы: Қазақстан Республикасы Президентінің 2023 жылғы 2 ақпандағы № 121 Жарлығы. Қаралған күні: 2025 жылғы 3 қыркүйек, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>
25. РГП Казгидромет. Государственный климатический кадастр. Қаралған күні: 2025 жылғы 5 шілде, [https://meteo.kazhydromet.kz/climate\\_kadastr/](https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/)
26. Самұрық-Энерго АҚ. (2016-2025). Қазақстанның электр энергетикасы саласының нарығын талдау көрсеткіштері. Қаралған күні: 2025 жылғы 25 шілде, <https://www.samruk-energy.kz/ru/press-center/analytical-review>

**А.Ж. Сматаяева\*<sup>1</sup>, Ж.С. Темербулатова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup> *Алматы менеджмент университет, Алматы, Казахстан*

### **Энергетическая трансформация Казахстана: оценка современного состояния и кластерный анализ развития возобновляемых источников энергии**

**Аннотация.** В условиях глобальной энергетической трансформации и нарастающих климатических вызовов переход к низкоуглеродной экономике становится стратегическим приоритетом для Казахстана. *Цель статьи* – проанализировать современное состояние, тенденции и региональные особенности развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Казахстане, выявить территориальные диспропорции и определить оптимальные направления развития с учётом климатического и ресурсного потенциала регионов. *Методы исследования* – на основе официальных статистических данных, аналитических отчетов и климатических показателей проведен комплексный сравнительно-аналитический и кластерный анализ, позволивший оценить динамику, выявить кластеры регионов и обосновать направления повышения эффективности ВИЭ в рамках реализации стратегии углеродной нейтральности к 2060 году. *Результаты исследования* показывают устойчивый рост установленной мощности и объемов генерации ВИЭ при наличии выраженной региональной неравномерности. Кластерный анализ позволил выделить три группы регионов: юго-восточные области с потенциалом солнечной и гидроэнергетики, южные регионы с благоприятными условиями для промышленной солнечной генерации и северо-западные территории, где целесообразно развивать ветровую и гибридную ветро-солнечную энергетику. Полученные результаты формируют научную основу для совершенствования государственной политики в сфере энергетической трансформации и достижения целей устойчивого развития.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, энергетическая трансформация, Казахстан, декарбонизация, кластерный анализ, региональное развитие, углеродная нейтральность.

**A.Zh. Smatayeva\*<sup>1</sup>, Zh.S. Temerbulatova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup> *Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan*

### **Energy Transformation in Kazakhstan: Assessment of the Current State and Cluster Analysis of Renewable Energy Development**

**Abstract.** In the context of global energy transformation and escalating climate challenges, the transition to a low-carbon economy has become a strategic priority for Kazakhstan. *The purpose of this article* is to analyze the current state, trends, and regional characteristics of renewable energy sources (RES) development in Kazakhstan, identify spatial disparities, and determine optimal development pathways based on the climatic and resource potential of regions. *Methods* – using official statistics, analytical reports, and climatic indicators, a comprehensive comparative and cluster analysis was conducted to evaluate the dynamics of RES growth, identify regional clusters, and justify strategic directions for enhancing efficiency within the framework of the national carbon-neutrality strategy by 2060. *The results* demonstrate steady growth in installed capacity and power generation from RES, alongside significant regional imbalances. The cluster analysis identified three distinct groups of regions: southeastern areas suitable for solar and small hydropower development; southern regions favorable for industrial-scale solar generation; and northern and western territories optimal for wind and hybrid

wind-solar systems. The findings provide a scientific basis for improving Kazakhstan's energy transition policy and advancing the country's sustainable development goals.

**Keywords:** renewable energy, energy transition, Kazakhstan, decarbonization, cluster analysis, regional development, carbon neutrality.

## References

1. Adeniran O. (2024). Systemic factors in modern renewable energy development across national income categories, *Renewable Energies*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.1177/27533735241285352> [in English]
2. Blazquez J., Fuentes-Bracamontes R., Bollino C. A., & Nezamuddin N. (2018). The renewable energy policy paradox, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1-5. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.002> [in English]
3. Galeotti M., Salini S., & Verdolini E. (2020). Measuring environmental policy stringency: Approaches, validity, and impact on environmental innovation and energy efficiency, *Energy Policy*, 136, 111052. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111052> [in English]
4. Glazachev V. (2023). Strategii razvitiya jenergetiki gosudarstv ob'edinennoj jenergosistemy Central'noj Azii [Energy development strategies of the states of the unified energy system of Central Asia], *Jenergeticheskaja politika* [Energy policy], 10(189), 66-79. Available at: [http://doi.org/10.46920/2409-5516\\_2023\\_10189\\_66](http://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_10189_66) [in Russian]
5. Gosudarstvennyj klimaticheskij kadastr [State Climate Cadastre]. Available at: [https://meteo.kazhydromet.kz/climate\\_kadastr/](https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/) [in Russian]
6. Grozin A. (2025). Respublika Kazahstan i mirovye strategii zelenogo perehoda [The Republic of Kazakhstan and Global Green Transition Strategies], *Geoekonomika jenergetiki* [Goeconomics of Energy], 1(29), 141-164. Available at: [https://doi.org/10.48137/26870703\\_2025\\_29\\_1\\_141](https://doi.org/10.48137/26870703_2025_29_1_141) [in Russian]
7. Iurchenko M., Nyzhnychenko Y., Rudyk N., Zolotarova O., & Stakhurska S. (2024). Harnessing renewable energy for sustainable economic growth and environmental resilience, *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), 52-69. Available at: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr03> [in English]
8. Jain, A. K., & Dubes, R. C. (1988). *Algorithms for Clustering Data*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. [in English]
9. Jańartylatyn energija kózderin paidalanýdy qoldaý týraly: Qazaqstan Respýblikasynyń 2009 jylǵy 4 shildedegi № 165-IV Zańy [Law of the Republic of Kazakhstan No. 165-IV dated July 4, 2009, «On Supporting the Use of Renewable Energy Sources»]. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000165> [in Kazakh]
10. Jasyl ekonomika kórsetkishteri [Indicators of the «Green Economy»]. Available at: <https://stat.gov.kz/green-economy-indicators/203/> [in Kazakh]
11. JEK kartasy [Map of Renewable Energy Sources]. Available at: <https://qazaqgreen.com/kz/map/> [in Kazakh]
12. Kamaljanova T. (2025). Kazakhstan energy policy: transition to renewable energy sources and development prospects, *Journal of Philosophy Culture and Political Science*, 92(2), 127-141. Available at: <https://doi.org/10.26577/jpcp202592211> [in English]
13. Kang J. N., Wei Y. M., Liu L. C., Han R., Yu B. Y., & Wang J. W. (2020). Energy systems for climate change mitigation: A systematic review, *Applied Energy*, 263, 114602. [in English]
14. Neafie, J., Kenzhetayev, K., Laichinova, A., Mavletova, S., Tulegenova, A., Ramazanova, Z., & Bayramov, E. (2025). Energy transition governance in an emerging economy: opportunities and threats on the road to a sustainable future in Kazakhstan. *Environmental Research Letters*, 20. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/addd37> [in English]

15. Pahl-Wostl C., Gorris P., Jager N., Koch L., Lebel L., Stein C., Venghaus S., & Withanachchi S. (2021). Scale-related governance challenges in the water energy-food nexus: Toward a diagnostic approach, *Sustainability Science*, 16, 615-629. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00888-6> [in English]
16. Qazaqstan Respýblıkasy Energetika ministriginiń kebir buiryqtaryna ózgerister engizý týraly: Qazaqstan Respýblıkasy Energetika ministriniń 2021 jylǵy 12 tamyzdaǵy № 261 buiryǵy [Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan No. 261 dated August 12, 2021, «On Amendments to Certain Orders of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan»]. Available at: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023972/compare?utm\\_source=chatgpt.com](https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100023972/compare?utm_source=chatgpt.com) [in Kazakh]
17. Qazaqstan Respýblıkasynyń kómirtegi beitaraptyǵyna qol jetkizýiniń 2060 jylǵa deingi strategiasyn bekity týraly: Qazaqstan Respýblıkasy Prezidentiniń 2023 jylǵy 2 aqpanndaǵy № 121 Jarlyǵy [Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 2, 2023, No. 121, «On the approval of the Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060»]. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> [in Kazakh]
18. Qazaqstanda «jasyl» energetikanyń qyaty 17 esege artty: el jańa damý kezeńi úshin jahandyq investorlardy tartady [The capacity of «green» energy in Kazakhstan has increased 17-fold: the country is attracting global investors for a new stage of development]. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/press/news/details/1018652?lang=kk> [in Kazakh]
19. Qazaqstannyń elektr energetikasy salasynyń naryǵyn talday kórsetkishteri [Indicators of the analysis of Kazakhstan's electric power industry market]. Available at: <https://www.samruk-energy.kz/ru/press-center/analytical-review> [in Kazakh]
20. Shivanna K. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare, *Proceedings of Indian National Science Academy*, 88, 160-171. Available at: <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6> [in English]
21. The evidence is clear: The time for action is now. We can halve emissions by 2030. Available at: <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/> [in English]
22. Uzundu N. C., & Lele D. D. (2024). Socioeconomic challenges and opportunities in renewable energy transition, *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(7), 1503-1519. Available at: <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i7.1337> [in English]
23. Wang Y., Wang D., Yu L. (2023). What really influences the development of renewable energy? A systematic review and meta-analysis, *Environmental Science and Pollution Research International*, 30, 62213-62236. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26286-w> [in English]
24. Yoon Y. (2024). Kazakhstan's renewable energy policy and development potential: Focus on Solar Energy, *The Korean Association of Area Studies*, 42(2), 65-96. Available at: <https://doi.org/10.29159/KJAS.42.2.65> [in English]
25. Zhan J. X. (2021). GVC transformation and a new investment landscape in the 2020s: Driving forces, directions, and a forward-looking research and policy agenda, *Journal of International Business Policy*, 4, 206-220. Available at: <https://doi.org/10.1057/s42214-020-00088-0> [in English]
26. Zhunussova G., Ratner S., Nurmukhanova G., & Shaihutdinova A. (2020). Renewable Energy in Kazakhstan: Challenges and Prospects, *International Energy Journal*, 20(3), 311-324. Available at: [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.21\(4\).2023.14](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.21(4).2023.14) [in English]

#### **Авторлар туралы мәлімет:**

**Сматаева А.Ж.** – хат-хабар авторы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің 2-курс докторанты, Әл-Фараби даңғылы, 71, 050040, Алматы, Қазақстан.

**Темербулатова Ж.С.** – PhD, зерттеуші профессор, Алматы Менеджмент Университеті, Розыбакиев көшесі, 227, 050060, Алматы, Қазақстан.

**Сматаева А.Ж.** – автор для корреспонденции, докторант 2 курса Казахского национального университета имени аль-Фараби, проспект аль-Фараби, 71, 050040, Алматы, Казахстан.

**Темербулатова Ж.С.** – PhD, профессор-исследователь, Алматы Менеджмент Университет, улица Розыбакиева, 227, 050060, Алматы, Казахстан.

**Smatayeva A.Zh.** – corresponding author, PhD Candidate, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, 050040, Almaty, Kazakhstan.

**Temerbulatova Zh.S.** – PhD, Research Professor, Almaty Management University, 227 Rozybakiev Street, 050060, Almaty, Kazakhstan.



**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>).