

DOI 10.52260/2304-7216.2026.1(62).13
 ЭОЖ 338.43
 FTAMP 68.75.02

Б.Б. Болатбек*, PhD, ассист. профессор¹
Б.Ж. Нурахова, PhD, қауымд. профессор¹
А.М. Дуйсебаева, PhD, қауымд. профессор¹
А. Адбанова, PhD докторанты²
Нархоз Университеті, Алматы қ., Қазақстан¹
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы қ., Қазақстан²
 * – негізгі автор (хат-хабарларға арналған автор)
 e-mail: botagoz.bolatbek@narхоз.kz

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКА САЛАСЫ: БЕЙІМДЕЛУ ЖОЛДАРЫ

Мақалада «энергетика саласындағы климаттық өзгерістер» тақырыбы бойынша ғылыми жарияланымдар арасындағы байланыстарды талдау нәтижесінде алынған библиометриялық зерттеу материалдарының интерпретациясы ұсынылады. Бұл тәсіл зерттеу бағыттарының құрылымын айқындауға, ең белсенді елдер мен авторларды анықтауға, сондай-ақ ғылымдағы жаңа және дамып келе жатқан трендтерді бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеудің негізгі дереккөзі ретінде халықаралық ғылыми мақалалар мен деректерді индекстейтін Scopus деректер базасы қолданылды. Іздеу сұранысын қалыптастырып, тиісті сүзгілер қолданылғаннан кейін таңдалған жарияланымдар Scopus жүйесінен экспортталып, кейін VOSviewer бағдарламасы арқылы өңделді. Аталған бағдарламаның көмегімен ғылыми зерттеулердің құрылымы, тақырыптық кластерлер, авторлар арасындағы ғылыми байланыстар және халықаралық ғылыми ынтымақтастық желілері анықталды. Нәтижелер VOSviewer бағдарламасы арқылы ғылыми зерттеу ландшафтының библиометриялық карталары түрінде визуализация жасалынды. Талдау нәтижелері энергетика және климаттың өзгеруі мәселелеріне арналған зерттеулердің соңғы жылдары қарқынды өскенін көрсетеді. Әсіресе жаңартылатын энергия көздерін дамыту, көміртегі шығарындыларын азайту, энергетикалық жүйелердің климаттық өзгерістерге бейімделуі және тұрақты энергетикалық саясатты қалыптастыру бағыттарына ғылыми қызығушылықтың артып келе жатқаны байқалады. Сонымен қатар мақалада соңғы 30 жыл ішінде әлемнің әртүрлі елдеріндегі энергетикалық сектордың даму ерекшеліктері мен экономикалық факторлардың ықпалы талданады.

Кілт сөздер: энергетика саласы, климаттық өзгерістер, көміртегі шығарындылары, библиометриялық талдау, кластер, Vosviewer, бейімделу.

Ключевые слова: энергетическая отрасль, климатические изменения, выбросы углерода, библиометрический анализ, кластер, Vosviewer, адаптация.

Keywords: energy sector, climate change, carbon emissions, bibliometric analysis, cluster, Vosviewer, adaptation.

Кіріспе. Климаттық өзгерістердің әсерлері кең таралған және табиғи экожүйелерге, адам денсаулығына, экономикаға және жаһандық тұрақтылыққа терең ықпал етіп, барған сайын күшейіп келеді. Төменде көрсетілген соңғы оқиғалар климаттық өзгерістердің күшейіп келе жатқан әсерін көрсетеді:

1. Температураның көтерілуі. Жаһандық температураның өсу үрдісі жалғасып, температура рекорды жаңартылуда.

2. Мұздықтар мен теңіз деңгейінің көтерілуі: полярлық мұздардың жоғалуы мен мұздықтардың еруі теңіз деңгейінің көтерілуіне әкеліп, жағалаудағы қауымдастықтар мен экожүйелерге қауіп төндіреді.

3. Денсаулыққа қауіптер: аптап ыстықтардың жиілігінің артуы ыстыққа байланысты ауруларды күшейтеді.

4. Азық-түлік пен су қауіпсіздігі. Жауын-шашын үлгілерінің өзгеруі мен экстремалды ауа райы ауыл шаруашылығына кері әсер етіп, азық-түлік қамтамасыз етілуін қауіпке тігіп, осал аймақтарда аштық қаупін арттырады.

5. Экстремалды ауа райы оқиғалары: қатты дауылдар, ұзаққа созылған құрғақшылықтар және қатаң орман өрттері жиілеп, әлемдегі қауымдастықтарға үлкен зиян келтіруде. Бұл оқиғалардың жиі және қатты болуы климаттық өзгерістермен байланысты болады.

Климатқа байланысты қауіптердің (аптап ыстық, құрғақшылық, су тасқыны, дауылдар) тез дамуы және күрделі климаттық тәуекелдердің пайда болуы әлеуметтік-экономикалық және экологиялық осалдықтар жөніндегі алаңдаушылықтарды күшейткен. Энергетика қоғамның өркендеуіне, сондай-ақ экономиканың үздіксіз жұмыс істеуі мен өсуіне айтарлықтай үлес қосатын іргелі компонент болып табылады. Алайда, бұл ресурс халықтың өсуіне, инфрақұрылымның дамуына, климаттың өзгеруіне және басқа да көптеген факторларға байланысты күйзеліске ұшырайды. Көп елдер энергияға деген қажеттіліктерін әлі күнге дейін қанағаттандыруға тырысады.

Елдің энергетика саласы фосильді отындарға тәуелді, мұнай өндірісі жалпы энергия өндірісінің 50%-дан астамын құрайды, көмір 28%-ға жуық, ал табиғи газ 17% үлеске ие. 2025 жылы мұнай өндірісі 75,7 млн тоннаға жетіп, өткен жылмен салыстырғанда 13,2% өсті. Электр энергетикасында негізгі үлес көмір мен газға тиесілі, олардың үлесі шамамен 85%-ды құрайды, ал жаңартылатын энергия көздері — гидроэнергия, жел және күн энергиясы жалпы өндірістің тек 15%-ын қамтиды. Елде жаңартылатын энергия қуаты 2,903 МВт-қа жетіп, 2014 жылмен салыстырғанда 16 есе өскен, бірақ жалпы электр өндірісіндегі үлесі әлі де төмен — шамамен 7–8% ғана. Қазақстан энергетикалық саясатын жасыл экономикалық өту тұжырымдамасына бейімдеп, 2050 жылға қарай электр энергиясының 50%-ын баламалы немесе жаңартылатын көздерден өндіруді мақсат етуде. Дегенмен, 2030 жылға арналған нақты жаңартылатын энергия мақсаттары ресми түрде бекітілмеген. Энергетикалық сектор елдің парниктік газ шығарындыларының 70%-дан астамына жауап береді, сондықтан декарбонизация бағытына көшу, энергия тиімділігін арттыру және жаңартылатын энергия көздеріне инвестиция салу басты міндет болып отыр.

Баламалы энергия көздерін дамыту, декарбонизация және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету бағытында реформалар мен нақты саясатты күшейту қажет, өйткені қазіргі таңда фосильді энергияға тәуелділік әлі де жоғары және экономикалық, экологиялық тәуекелдер тудырады. Осылайша, Қазақстан энергетика саласын тұрақты дамыту арқылы экономикалық өсу мен экологиялық қауіпсіздікті үйлестіруге тырысып отыр, бірақ мақсаттарға жету үшін жүйелі саясат, қаржылық қолдау және технологиялық жаңғырту міндетті болып қала береді.

Әдебиеттік шолу. Энергетика саласы климаттың өзгеруін бәсеңдетуде және оның туындататын қауіптерін азайтуда маңызды рөл атқарады. Таза энергия технологияларын көбейту парниктік газдар шығарындыларын азайтудың және көміртексіздендірудің негізгі алғышарты болып табылады. Алайда зерттеуші Gernaat D. пікірінше, климаттың өзгеруінің әсерлері қазірдің өзінде байқалып отыр және болашақта одан әрі күшейе түседі деп болжайды [1]. Осы мақсатта жаңартылатын энергия көздері саласындағы компаниялар климаттық тәуекелдер мен осалдықты бағалау жұмыстарын жүргізе алады. Бұл климаттық қауіп-қатерлерге ұшырауы мүмкін және ресурстарды анықтауға, бейімделу әлеуетін арттыруға, сондай-ақ төмен көміртекті энергетикаға көшуге байланысты тәуекелдерге алдын ала дайындалуға мүмкіндік береді [2]. Алайда климаттың өзгеруі әсерлерінің жиілігі мен ауқымының өзгеруі, көптеген оқиғалардың өзара байланыстылығы және олардың тізбекті салдарлары бейімделу жоспарлары мен шаралары барған сайын күрделендіріп отыр [3]. Соның нәтижесінде бейімделу алшақтығы ұлғаюда, яғни бейімделуге деген қажеттілік пен нақты бейімделу әрекеттері арасындағы айырмашылық артып келеді [4]. 2023 жылы экстремалды климаттық құбылыстардың көпшілігі қайталанатын, соның ішінде құрлық пен мұхиттағы аптап ыстық толқындар, орман өрттер, су тасқындары мен құрғақшылық байқалады [5]. Бұл оқиғалардың барған сайын көбі антропогендік климаттың өзгеруімен байланыстырыла бастады [6]. Catherine Ritter және басқалар зерттеуінде Қазақстанда жасыл энергияға көшу қаржылық және нормативтік кедергілерге тап болатынын, зерттеу бюджеттік қолдау мен тұрақты реттеудің жоқтығы, инфрақұрылымның ескіргендігі және жергілікті өндірістің төмен дамуы сияқты көптеген факторлардың жаңартылатын энергияны дамытуға тежеу салатынын дәлелдейді, бұл ретте әлеуметтік-саяси тәуекелдер экономикалық қаржылық тәуекелдерден асып түседі [7].

Xuan Zhai, Bingham Du және басқа зерттеушілер Қазақстандағы энергия тұтыну мен экономикалық өсудің өзара байланысын талдай отырып, ел экономикасының даму кезеңдері энергетикалық тұтынудың құрылымына тікелей әсер ететінін көрсетеді. Авторлардың пікірінше, тәуелсіздік алғаннан кейін Қазақстан экономикасы үш негізгі кезеңнен өткен: экономикалық тұрақсыздық кезеңі (1992–2000), қарқынды даму кезеңі (2001–2013) және тұрақты даму кезеңі (2014 жылдан кейін). Бұл кезеңдерде энергетикалық тұтыну деңгейі экономикалық өсумен қатар өзгеріп отырғаны анықталған, сондықтан энергетикалық саясатты қалыптастыру кезінде экономикалық

құрылымдағы өзгерістерді ескеру маңызды [8]. Lu, Ahmad, Noureen және Salman зерттеушілер жасыл экономикалық өсу мен энергетикалық ауысу арасындағы байланысты зерттей отырып, төмен көміртекті экономикаға көшу үшін инновациялар, ресурстық тиімділік және жаңа энергетикалық технологияларды енгізу шешуші рөл атқаратынын атап көрсетеді. Авторлардың пікірінше, энергетикалық жүйелердің тұрақты дамуы энергия тиімділігін арттыру, жаңартылатын энергия көздерін кеңінен енгізу және өндірістік технологияларды жаңғырту арқылы жүзеге асады [9]. Joshi, Sharma, Kumar және басқа авторлар жүргізген жүйелі дамушы елдердегі энергетикалық ауысудың негізгі бағыттарын талдай отырып, декарбонизация саясаты, жаңартылатын энергияны енгізу және тұрақты энергетикалық саясат қалыптастыру негізгі ғылыми трендтер екенін көрсетеді [10].

Әдебиеттерді талдау энергетикалық кешеннің трансформациясы көп факторлы процесс екенін көрсетеді. Зерттеулерде жаңартылатын энергия көздерін дамыту, жасыл қаржы механизмдерін енгізу, инновациялық технологияларды пайдалану және қоғамның қолдауын қамтамасыз ету энергетикалық ауысудың негізгі алғышарттары ретінде қарастырылады.

Негізгі бөлім. Бұл зерттеуде климаттың өзгеруі, энергетикалық қауіпсіздік және энергетикалық ауысу мәселелеріне арналған ғылыми жарияланымдардың даму үрдісін анықтау үшін библиометриялық талдау әдісі қолданылды. Библиометриялық талдау ғылыми әдебиеттердің құрылымын, негізгі зерттеу бағыттарын және тақырыптық байланыстарын анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу бірнеше кезеңнен тұрды:

1. ғылыми жарияланымдарды дерекқордан іздеу;
2. жарияланымдарды іріктеу және сүзгілеу;
3. библиометриялық көрсеткіштерді өңдеу;
4. ғылыми тақырыптардың желілік визуализациясын жасау.

Талдау үшін негізгі дереккөз ретінде Scopus халықаралық дерекқоры платформасы таңдалды. Бұл дерекқор экономика, тұрақты даму және ауыл шаруашылығы салаларындағы рецензияланатын ғылыми журналдар материалдарын кең көлемде қамтуымен танымал болып табылады.

Іздеу бірнеше кезеңде жүргізілді:

1-кезең. Негізгі тақырыптық сұранысты анықтау. Іздеу сұранысы климаттың өзгеруі мен энергетика саласындағы зерттеулерді қамтитындай етіп құрастырылды.

2-кезең. Уақыттық шектеу енгізу. Ғылыми жарияланымдар белгілі бір кезең бойынша таңдалды. Талдау кезеңі 1995-2025 жылдар аралығын қамтиды, себебі 1997 жылдан бастап энергетика саласының климаттық өзгерістерге бейімделуінен бастап, соңғы онжылдықта өзектілігін көрсетеді. Scopus дерекқорында жүргізілген бастапқы іздеу нәтижесінде 4776 жазба анықталды, бұл зерттеліп отырған тақырыпқа ғылыми қауымдастықтың қызығушылығын көрсетеді. Тіл (ағылшын тілі), құжат түрлері бойынша (мақалаларды), зерттеу тақырыбы бойынша (Климаттық өзгерістер және Энергетика) бойынша сүзгілер қолданылып, сондай-ақ қатысы жоқ материалдар алынып тасталғаннан кейін деректер жиынтығы 1300 мақалаға дейін қысқартылды.

3-кезең. Құжат түрлері бойынша сүзгі. Зерттеу сапасын қамтамасыз ету үшін тек келесі жарияланым түрлері алынды: ғылыми мақалалар, шолу мақалалары, конференциялық материалдар

4-кезең. Тілдік сүзгі. Негізінен халықаралық ғылыми айналымды көрсету мақсатында ағылшын тіліндегі жарияланымдар қолданылды. Библиометриялық талдау кезінде негізгі тақырыптық сөздер, энергетика саласына қатысты және экологиялық әсер ретінде негізгі кілт сөздері қолданылды. Негізгі тақырыптық кілт сөздер үшін: климаттың өзгеруі (climate change), энергия (energy), энергетикалық ауысу (energy transition), энергетикалық қауіпсіздік (energy security), жаһандық жылыну (global warming). Энергетика саласына қатысты негізгі кілт сөздер ретінде жаңартылған энергия (renewable energy), күн энергиясы (solar energy), сутекті отын (hydrogen fuels), биоотын (biofuels), биомасса (biomass) қолданылды. Экологиялық әсер ретінде көмірқышқыл газы (carbon dioxide), газ шығарындылары (gas emissions), CO₂ шығарындыларын азайту (CO₂ reduction), экологиялық саясат (environmental policy) кілт сөздері қолданылды.

Қажетті сүзгілер қолданылғаннан кейін іріктелген мақалалар Scopus дерекқорынан экспортталып, кейіннен VOSviewer бағдарламасының көмегімен өңделді. Осы деректер негізінде VOSviewer арқылы библиометриялық карталар құрастырылды. Бұл карталар мақалалардың атаулары мен аңдатпаларында жиі кездесетін негізгі терминдерді, олардың жылдар бойынша уақыттық динамикасын, сондай-ақ зерттеу белсенділігінің географиялық таралуын көрсетуге

мүмкіндік берді. Нәтижесінде климаттың өзгеруіне энергетика саласының бейімделуінің экономикалық аспектілерін зерттеумен ең белсенді айналысатын елдер анықталды.

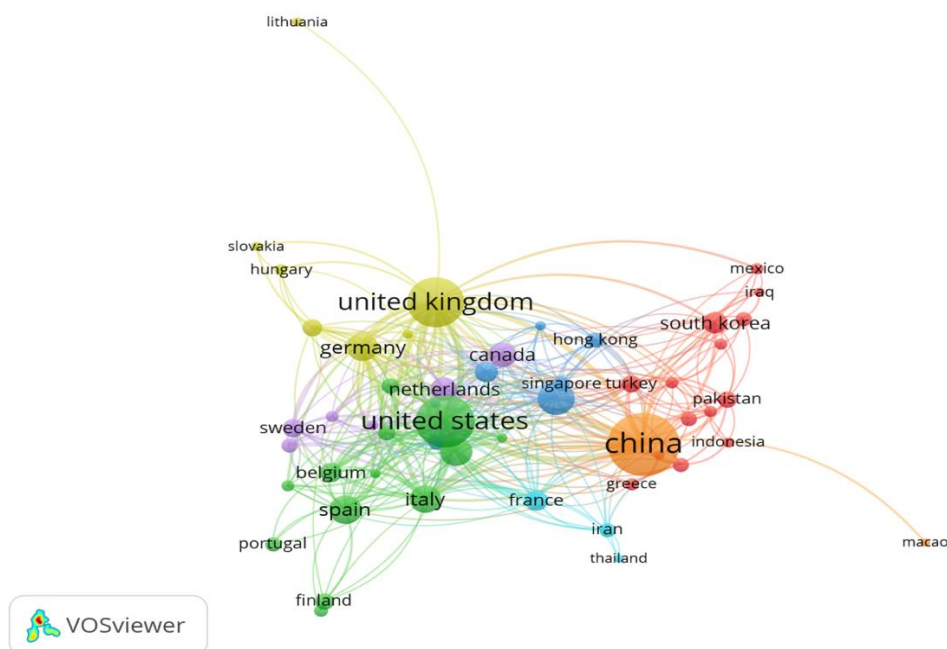
Талдау келесі әдістерді қамтыды:

1. Co-occurrence analysis талдауы. Кілт сөздердің бірге кездесуі бойынша библиометриялық желілік талдау.

2. Co-authorship by country талдауы. Елдер арасындағы ғылыми ынтымақтастықтың (co-authorship by country) библиометриялық желілік талдауын көрсетеді. Мұндай карта ғылыми мақаланың әдістемесі мен нәтижелерін түсіндіру бөлімінде толық сипатталуы керек. Төменде осы суретке сәйкес келетін ғылыми сипаттама үлгісі берілген.

3. Density visualization библиометриялық тығыздық талдауы. Ғылыми жарияланымдардың таралу тығыздығын визуализациялау әдісі.

Ғылыми зерттеулердің географиялық құрылымын және халықаралық ғылыми ынтымақтастықты анықтау мақсатында елдер арасындағы бірлескен жарияланымдарға библиометриялық талдау жүргізілді (сурет 1).



Сурет – 1. Климаттық өзгерістер және энергия бойынша елдер арасындағы ғылыми байланыстар

**VOSviewer бағдарламалық құралы негізінде авторлармен құрастырылған*

Желілік картада әрбір түйін белгілі бір елді білдіреді, ал түйіндердің арасындағы байланыстар ғылыми мақалалардың бірлесіп жариялануын көрсетеді. Түйіннің өлшемі сол елдің жарияланымдар санына пропорционалды, ал байланыс сызықтарының қалыңдығы ғылыми ынтымақтастықтың қарқындылығын көрсетеді. Сонымен қатар картадағы түрлі түстер әртүрлі ғылыми ынтымақтастық кластерлерін сипаттайды.

Сары кластерге Америка Құрама Штаттары, Польша, Тайвань және Финляндия сияқты елдер кіреді. Бұл кластер зерттеу белсенділігінің жоғары деңгейімен, әсіресе электр энергиясы нарықтарының дамуы энергия бағаларының тұрақтылығына әсер етіп, микрожелілерді енгізу, қолданыстағы инфрақұрылымды жаңғырту және энергияны жинау технологияларын қолдану арқылы энергетикалық жүйелердің тиімділігі мен тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Қызыл кластер Ұлыбритания, Италия, Испания және Нидерланды сияқты елдерді біріктіреді. Бұл кластер климаттың өзгеруі жағдайында энергияға көшу үдерісі энергия қауіпсіздігін

көздері және көмірқышқыл газын азайту технологиялары бойынша бірлескен зерттеулер экономиканың жаңа секторларын қалыптастырады.

Климаттың өзгеруі мен энергетикалық қауіпсіздік мәселелері көптеген елдердің экономикалық тұрақтылығына тікелей әсер етеді. Бірлескен зерттеулер энергия көздерін әртараптандыруға, жаңартылатын энергия үлесін арттыруға, энергия импортына тәуелділікті азайтуға мүмкіндік береді. Бұл факторлар ұлттық экономиканың тұрақтылығын күшейтеді.

Картада климаттың өзгеруі тақырыбының пәнаралық сипатын айқын көрсетеді. Зерттеулер саясат пен басқаруды, технологиялық инновацияларды, жаңартылатын энергия көздерін, көміртекті азайту стратегияларын біріктіре қарастырады.

Жүргізілген зерттеу климаттық өзгерістердің энергетика саласының көптеген аспектілеріне әсер ететіне күмән жоқ екенін көрсетті.

Қорытынды. 1. Барлық елдер мен аймақтар климаттың өзгеруінің қолайсыз салдарларынан барған сайын көбірек зардап шегуде, сондықтан климаттың өзгеруінің теріс әсерлерін болдырмау және шектеу, сондай-ақ жаһандық энергетикалық жүйені трансформациялау бойынша тиімді шараларды қабылдау үшін халықаралық қауымдастық тарапынан ұжымдық және тиісті шараларды әзірлеу қажеттілігі туындап отыр.

2. Энергетикалық және климаттық қауіпсіздікті тұжырымдау оның концептуалдық аясын кеңейтуді талап етеді. Бұл тек қазба отын ресурстарының қолжетімділігі мәселесін ғана емес, сонымен қатар тұрақты даму философиясына, яғни қазіргі ұрпақтың қажеттіліктерін болашақ ұрпақтың даму мүмкіндіктеріне нұқсан келтірмей қанағаттандыру қағидатына сәйкес келуі тиіс. Бұл экономикалық өсу мен қоршаған ортаны қорғау арасындағы өзара байланысты экономикалық, әлеуметтік, экологиялық және энергетикалық қажеттіліктерді теңгеретін түрде қалыптастыру қажет екенін білдіреді.

3. Климаттық өзгерістер мен энергетика саласындағы бейімделу үдерістерін зерттеу айқын аймақтық және тақырыптық бағытталуымен сипатталады. Бірақ бұл мәселе жаһандық сын-қатерлермен көрінеді, ал оларды еңсеру халықаралық деңгейде үйлестірілген және бірлескен іс-қимылдарды талап етеді.

4. Энергетика саласы климаттық өзгерістерге бейімделу тақырыбындағы жарияланымдар бойынша жаһандық көшбасшылық АҚШ, Ұлыбритания, Қытай және Нидерланды сияқты жетекші елдерде сақталуда. Германия, Түркия және Үндістан елдері, әсіресе энергетика саласы экономика үшін аса маңызды болып табылатын мемлекеттер, бұл тақырыпқа деген қызығушылықты арттыратынын көрсетеді.

5. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, энергетика саласы климаттық өзгерістерге бейімделу мәселесі бір ғана саланың емес, бірнеше ғылыми пәннің тәсілін қажет етеді және жүйелік тұрғыдан қарастыруды талап етеді. Сондықтан алдағы зерттеулерде ғылыми әдістерді біріктіру, халықаралық ынтымақтастықты дамыту және алынған білімді нақты энергетика саласы жүйелерінде қолдану маңызды болмақ.

6. Библиометриялық талдау нәтижелері халықаралық ғылыми ынтымақтастықтың құрылымын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде инновациялық технологияларды дамытуға, инвестициялық саясатты жетілдіруге және климаттың өзгеруі жағдайында экономиканың тұрақты дамуын қамтамасыз етуге маңызды экономикалық негіз қалыптастырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Gernaat D., de Boer H.S., Daioglou V., Yalaw S.G., Müller C., Vuuren D.P. Climate change impacts on renewable energy supply // *Nature Climate Change*. – 2021. – №11(2). – DOI: 10.1038/s41558-020-00949-9
2. Klein J., Käyhkõ J., Räsänen A., Groundstroem F., Eilu P. Climate risk perception, management, and adaptation in the Nordic mining sector // *The Extractive Industries and Society*. – 2022. – №10. – DOI: 10.1016/j.exis.2022.101092
3. Simpson N.P., Williams P.A., Mach K.J., Berrang-Ford L., Biesbroek R., Haasnoot M., Segnon A.C., Campbell D., Musah-Surugu J.I., Joe E.T., Nunbogu A.M., Sabour S., Meyer A.S., Andrews T.M., Singh C., Siders A.R., Lawrence J., Aalst M., Trisos C.H. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake // *Iscience*. – 2023. – №26(2). – DOI: 10.1016/J.ISCI.2023.105926

4. Garschagen M., Doshi D., Moure M., James H., Shekhar H. The consideration of future risk trends in national adaptation planning: Conceptual gaps and empirical lessons // *Climate Risk Management*. – 2021. – №34. – DOI: 10.1016/j.crm.2021.100357
5. Zachariah M., Philip S., Pinto I., Vahlberg M., Singh R., Otto F., Barnes C., Kimutai J. Extreme heat in North America, Europe and China in July 2023 made much more likely by climate change. – 2023. – DOI: 10.25561/105549
6. Philip S., Kew S., van Oldenborgh G.J., Otto F., Vautard R., Wiel K., King A., Lott F., Arrighi J., Singh R., Aalst M. A protocol for probabilistic extreme event attribution analyses // *Advances in Statistical Climatology, Meteorology and Oceanography*. – 2020. – №6(2). – DOI: 10.5194/ascmo-6-177-2020
7. Ritter C., et al. *Green energy in grey areas: The financial and policy challenges of Kazakhstan's energy transition*. *Energy Research & Social Science*. – 2025. – №124. – art. 104046. – DOI: 10.1016/j.erss.2025.104046
8. Zhai X., Juman J., Makulova A., Khamzayeva A., & Du B. Research on relationship between energy consumption and GDP in Kazakhstan. *Economies*. – №12(8). – 212 p. – DOI: 10.3390/economies12080212
9. Lu Y., Ahmad S., Noureen S., & Salman M. Green growth and sustainable energy transitions: Evaluating the role of technology and innovation in a low-carbon future. *Humanities and Social Sciences Communications*. – 2025. – №12. – 1527 p. – DOI: 10.1057/s41599-025-05823-7
10. Joshi S., Sharma M., Kumar A., Joshi T., Johri A., & Alfehaid M. Sustainable energy transition towards decarbonization among developing countries: A systematic literature review. *Frontiers in Sustainability*. – 2025. – №6. – art. 1641299. – DOI: 10.3389/frsus.2025.1641299

REFERENCES

1. Gernaat D., de Boer H.S., Daioglou V., Yalaw S.G., Müller C., Vuuren D.P. Climate change impacts on renewable energy supply // *Nature Climate Change*. – 2021. – №11(2). – DOI: 10.1038/s41558-020-00949-9
2. Klein J., Käyhkö J., Räsänen A., Groundstroem F., Eilu P. Climate risk perception, management, and adaptation in the Nordic mining sector // *The Extractive Industries and Society*. – 2022. – №10. – DOI: 10.1016/j.exis.2022.101092
3. Simpson N.P., Williams P.A., Mach K.J., Berrang-Ford L., Biesbroek R., Haasnoot M., Segnon A.C., Campbell D., Musah-Surugu J.I., Joe E.T., Nunbogu A.M., Sabour S., Meyer A.S., Andrews T.M., Singh C., Siders A.R., Lawrence J., Aalst M., Trisos C.H. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake // *Iscience*. – 2023. – №26(2). – DOI: 10.1016/J.ISCI.2023.105926
4. Garschagen M., Doshi D., Moure M., James H., Shekhar H. The consideration of future risk trends in national adaptation planning: Conceptual gaps and empirical lessons // *Climate Risk Management*. – 2021. – №34. – DOI: 10.1016/j.crm.2021.100357
5. Zachariah M., Philip S., Pinto I., Vahlberg M., Singh R., Otto F., Barnes C., Kimutai J. Extreme heat in North America, Europe and China in July 2023 made much more likely by climate change. – 2023. – DOI: 10.25561/105549
6. Philip S., Kew S., van Oldenborgh G.J., Otto F., Vautard R., Wiel K., King A., Lott F., Arrighi J., Singh R., Aalst M. A protocol for probabilistic extreme event attribution analyses // *Advances in Statistical Climatology, Meteorology and Oceanography*. – 2020. – №6(2). – DOI: 10.5194/ascmo-6-177-2020
7. Ritter C., et al. *Green energy in grey areas: The financial and policy challenges of Kazakhstan's energy transition*. *Energy Research & Social Science*. – 2025. – №124. – art. 104046. – DOI: 10.1016/j.erss.2025.104046
8. Zhai X., Juman J., Makulova A., Khamzayeva A., & Du B. Research on relationship between energy consumption and GDP in Kazakhstan. *Economies*. – №12(8). – 212 p. – DOI: 10.3390/economies12080212
9. Lu Y., Ahmad S., Noureen S., & Salman M. Green growth and sustainable energy transitions: Evaluating the role of technology and innovation in a low-carbon future. *Humanities and Social Sciences Communications*. – 2025. – №12. – 1527 p. – DOI: 10.1057/s41599-025-05823-7
10. Joshi S., Sharma M., Kumar A., Joshi T., Johri A., & Alfehaid M. Sustainable energy transition towards decarbonization among developing countries: A systematic literature review. *Frontiers in Sustainability*. – 2025. – №6. – art. 1641299. – DOI: 10.3389/frsus.2025.1641299

Болатбек Б.Б., Нурахова Б.Ж., Дуйсебаева А.М., Адбанова А.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР: ПУТИ АДАПТАЦИИ

Аннотация

В статье представлена интерпретация материалов библиометрического исследования, полученных в результате анализа взаимосвязей между научными публикациями по теме «климатические изменения в энергетическом секторе». Данный подход позволяет определить структуру исследовательских направлений, выявить наиболее активные страны и авторов, а также оценить новые и развивающиеся научные тренды. В качестве основного источника данных использовалась база данных Scopus, индексирующая международные научные статьи и публикации. После формирования поискового запроса и применения соответствующих фильтров отобранные публикации были экспортированы из системы Scopus и далее обработаны с помощью программы VOSviewer. С использованием данного программного обеспечения были выявлены структура научных исследований, тематические кластеры, научные связи между авторами и сети международного научного сотрудничества. Полученные результаты были визуализированы в виде библиометрических карт научного исследовательского ландшафта с использованием программы VOSviewer. Результаты анализа показывают, что в последние годы наблюдается интенсивный рост исследований, посвященных вопросам энергетики и изменения климата. В частности, отмечается рост научного интереса к таким направлениям, как развитие возобновляемых источников энергии, сокращение выбросов углерода, адаптация энергетических систем к климатическим изменениям и формирование устойчивой энергетической политики. Кроме того, в статье анализируются особенности развития энергетического сектора и влияние экономических факторов в различных странах мира за последние 30 лет.

Bolatbek B., Nurakhova B., Duisebayeva A., Adbanova A.

CLIMATE CHANGE AND THE ENERGY SECTOR: ADAPTATION PATHWAYS

Annotation

The article presents an interpretation of bibliometric research materials obtained from the analysis of relationships between scientific publications on the topic of “climate change in the energy sector”. This approach makes it possible to determine the structure of research directions, identify the most active countries and authors, and assess emerging and developing scientific trends. The Scopus database, which indexes international scientific articles and publications, was used as the main data source. After forming the search query and applying the appropriate filters, the selected publications were exported from the Scopus system and subsequently processed using the VOSviewer software. With the help of this program, the structure of scientific research, thematic clusters, scientific collaboration among authors, and networks of international scientific cooperation were identified. The results were visualized in the form of bibliometric maps of the scientific research landscape using the VOSviewer program. The analysis results indicate that in recent years there has been a significant increase in research devoted to energy and climate change issues. In particular, growing scientific interest is observed in areas such as the development of renewable energy sources, reduction of carbon emissions, adaptation of energy systems to climate change, and the formation of sustainable energy policies. In addition, the article analyzes the development features of the energy sector and the influence of economic factors in different countries around the world over the past 30 years.

