

Elvin Aydın oğlu ƏLƏKBƏROV
Bakı Mühəndislik Universiteti

BƏRPA OLUNABİLƏN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN ENERJİ TƏHLÜKƏSİZLİYİNDƏ ROLUNUN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ ÜÇÜN SİSTEM DİNAMİKASI YANAŞMASININ TƏTBİQİ İMKANLARI

Xülasə

Qloballaşma dövründə beynəlxalq əlaqələr sürətlə inkişaf edir ki, bu da birbaşa xarici investisiyaların həcmnin artmasına, elmi-texniki yeniliklərin mübadiləsinə və innovasiyaların yayılmasına şərait yaradır. Lakin sürətli iqtisadi inkişaf xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə sosial və ekoloji problemlər ilə müşayiət olunur. Belə problemlərdən biri də iqlim dəyişikliyi ilə daha da kəskinləşən və həlli üçün qlobal səylər tələb edən enerji resurslarının çatışmazlığıdır.

Məqalədə xüsusilə bir neçə onillikdə neft və qaz ehtiyatlarının tükənməsi fonunda enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsinin vacibliyi vurğulanır. Müəllif bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafının zəruriliyini araşdırır və enerji təhlükəsizliyi kontekstində Azərbaycanın yaxın 40-50 il üçün proqnozunu təklif edir. Üç əsas aspekti vurğulayan bu konsepsiyanın müxtəlif tərifləri təqdim olunur: əlçatanlıq, əlverişlilik və davamlılıq.

O, həmçinin karbon emissiyalarını azaltmaq üçün bərpa olunan enerji mənbələrinə keçmək zərurətini vurğulayaraq infrastruktur, əlverişlilik və ekoloji dayanıqlıq məsələlərinə toxunur. Məqalədə 19-cu əsrdən etibarən enerji təhlükəsizliyi konsepsiyasının təkamülü və ona təsir edən əsas determinantlar təhlil edilir: mənbələrin diversifikasiyası, infrastrukturun etibarlılığı, iqtisadi sabitlik və texnoloji innovasiyalar.

UOT: 339

DOI: 10.54414/ZLMY1075

Giriş

Müasir dövrdə qloballaşma ölkələrarası əlaqələri sürətlə genişləndirir. Əlaqələrin genişlənməsi ayrı-ayrı ölkələrin dünya bazarına çıxışını asanlaşdırmaqla yanaşı, həm də birbaşa xarici investisiyaların həcmnin artmasına, elmi və texnoloji yenilikləri mübadilə etməyə, innovasiyaların diffuziyasına və sair geniş imkanlar yaradır. Ölkələrarası maliyyə axınlarının artması və innovasiyalı idarəetmənin mənimsənilməsi qlobal miqyasda istehlakın artmasına və həyat keyfiyyətinin yüksəlməsinə səbəb olub. Belə sürətli iqtisadi inkişaf dünyanın bir çox ölkəsində, xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə sosial və ekoloji problemlərlə müşayiət olunur. Lakin ayrı-ayrı ölkələrə xas olan bəzi lokal problemlər getdikcə qloballaşır. Belə problemlər arasında enerji çatışmazlığı, ərzaq çatışmazlığı və iqlim dəyişmələri xüsusilə narahatlıq doğurur. COVID-19 pandemiyası bir daha sübut etdi ki, qlobal səylər olmadan qlobal xarakter alan bu problemləri həll etmək mümkün deyil.

Enerji çatışmazlığı və iqlim dəyişmələri, digər cari problemlərlə müqayisədə, ilk baxışda ciddi hiss edilməsə də aparılan dərin tədqiqatların nəticələri sübut edir ki, hazırda mövcud olan neft və qaz ehtiyatları, hətta dünyanın cari istehlak həcmi dəyişmədiyi halda, cəmi beş-altı onilliklər ərzində tükənə bilər. Kömür ehtiyatı yüz ildən bir qədər artıq dövr üçün kifayət etsə də bu müddət cəmiyyətin həyatı üçün çox qısaqdır. Kəşf edilən karbohidrogen ehtiyatının ölkələr və regionlar üzrə həcmi, bu ehtiyatların istehsalı və istehlak həcmi ilə bağlı BP-nin hesabları yuxarıda qeyd etdiklərimizi bir daha sübut edir [1]. Alternativ enerji mənbələrinin, xüsusilə bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəsi istiqamətində aparılan tədqiqatlar və texnoloji yeniliklər müəyyən optimist ssenarilər vəd edir. Lakin karbohidrogen ehtiyatlarının istehlakının ildən ilə artması və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin texnoloji potensialından iqtisadi potensiala keçidin hələ də çətinliyi

bu sahədə global səylərin birləşdirilməsini tələb edir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz problemlər arasında enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi bütün ölkələr üçün mühüm prioritetdir. Qeyd etdiyim kimi, karbohidrogen ehtiyatları ilə zəngin ölkələr üçün enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi ilk baxışdan prioritet hesab edilməyə bilər. Lakin nəzərə alsaq ki, bu enerji mənbəyi tükənəndir və yaxın on illiklərdə tükənmə ehtimalı böyükdür, onda məhz belə ölkələr vaxt itirmədən karbohidrogen ehtiyatlarını əvəz edərək enerji mənbələrini əldə etməlidirlər ki, həm enerji təhlükəsizliyi təmin edilsin, həm də neft və qazdan gələn rentanın azalması büdcədə kəskin hiss edilməsin. Bu problemin Azərbaycan üçün də aktual olmasını nəzərə alaraq, biz ölkəmiz üçün enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsinin yaxın 40-50 il üçün proqnozlaşdırılmasını vacib hesab edirik.

Enerji təhlükəsizliyinə iqtisadi ədəbiyyatda müxtəlif təriflər verilib. Məsələn, Daniel Yergin [2] öz tədqiqatında enerji təhlükəsizliyini “əlverişli qiymətlərlə kifayət qədər enerji təchizatının mövcudluğu” kimi müəyyən edir. Bu tərif təklifin sabitliyi və qiymətin əlverişliliyi arasındakı tarazlığı vurğulayır. Beynəlxalq Enerji Agentliyi [3] enerji təhlükəsizliyini “müvafiq qiymətə enerji mənbələrinin fasiləsiz əldə edilməsi” kimi müəyyən edir. BEA-nın diqqəti həm qısamüddətli təchizatın pozulmasına, həm də enerji resurslarının uzunmüddətli mövcudluğuna yönəlib. Cherp və Jewell [4] öz tədqiqatlarında enerji təhlükəsizliyini “həyati enerji sistemlərinin aşağı həssaslığı” olaraq təyin edirlər. Bu yanaşma diqqəti enerji sistemlərinin müxtəlif növ risklərə, o cümlədən siyasi, iqtisadi və ekoloji təhlükələrə qarşı dayanıqlılığına yönəldir. BP [5] tərəfindən verilən tərif enerji təhlükəsizliyinin üç sütununu özündə birləşdirir: mövcudluq, əlverişlilik və davamlılıq. Bu, ekoloji davamlılığı uzunmüddətli enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində mühüm aspekt kimi əlavə edir. Kruyt və digərləri [6] enerji təhlükəsizliyinin dörd ölçüsünə əsaslanan tərif təklif edirlər: mövcudluq, əlçatanlıq, əlverişlilik və məqbulluq. Bu, diqqəti təkcə tədarük və xərcləri deyil, həm də geosiyasi və ekoloji problemləri əhatə edir. Biz “enerji təhlükəsizliyi” deyəndə daha çox BP (2013) tərəfindən verilən tərifə üstünlük verərək,

hesab edəcəyik ki, “enerji təhlükəsizliyi” ölkədə iqtisadi fəaliyyətin davam etdirilməsi, cəmiyyətin sosial ehtiyaclarının ödənilməsi və davamlı həyat səviyyəsini qoruyub saxlamasını təmin etmək üçün enerji resurslarının mövcudluğu, əlçatanlığı və səmərəli istifadəsi deməkdir.

“Enerjinin mövcudluğu” dedikdə təchizatın sabitliyi və resurs adekvatlığı nəzərdə tutulur. Bu, cari və gələcək tələbatı ödəmək üçün kifayət qədər enerji resurslarına (neft, təbii qaz, kömür və ya bərpa olunan mənbələr kimi) malik olmaq deməkdir. Lakin enerji mənbələrinin mövcudluğu hələ o demək deyil ki, enerji təhlükəsizliyi təmin edilib. Əsas məsələlərdən biri də enerjinin istehlakçıya çatdırılmasıdır. Bu, enerjinin “əlçatanlığıdır”. Enerjinin lazım olduğu yerə çatdırılması üçün lazımı infrastruktur, məsələn, boru kəmərləri, elektrik stansiyaları, şəbəkələr və sair olmalıdır.

Elə hallar ola bilər ki, ölkədə enerji mənbələri var və onların istehlakçıya çatdırılması üçün infrastruktur da qurulub. Lakin enerjinin qiyməti elə həddədir ki, onun istehlak edilməsi əlverişli deyil. Yəni “qiymətin əlverişliliyi” enerji təhlükəsizliyinin daha bir aspektidir. Enerji qiymətlərinin sabit, həmçinin istehlakçılar üçün əlverişli olması iqtisadi sabitlik üçün çox vacibdir. Həm biznes subyektlərinin, həm də ev təsərrüfatlarının enerji xərcləri elə həddə olmalıdır ki, uyğun olaraq, mənfəət kəskin azalmasın və yoxsulluq səviyyəsi artmasın.

Enerji təhlükəsizliyi həm də ekoloji dayanıqlılıqla bağlıdır. Bu, ənənəvi enerji mənbələrindən bərpa olunan enerji mənbələrinə keçidi zəruri edir. Karbohidrogen enerji mənbələrindən istifadə karbon dioksidin yaranmasına səbəb olur. Ona görə də enerji təhlükəsizliyinin mühüm aspektlərindən biri də bərpa olunan enerji mənbələrinə, o cümlədən günəş və külək enerjisinə keçidlə bağlıdır. Məhz bu aspekt istixana qazlarının emissiyalarının azaldılması və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə üçün mühümdür. Enerji təchizatının kəsilməzliyi və təbii fəlakətlər, texniki nasazlıqlar və ya siyasi münaqişələrlə bağlı risklərin azaldılması, enerji sisteminin səmərəliliyinin artırılması da enerji təhlükəsizliyinin mühüm aspektlərindəndir.

• *enerji təhlükəsizliyi anlayışının tarixi təkamülü*

Enerjinin insan həyatı üçün vacibliyini yalnız qıdanın vacibliyi ilə müqayisə etmək olar. Hələ insanlar sürü ilə yaşayanda onların istiliyə ehtiyacı var idi. Lakin enerji təhlükəsizliyi XIX əsrin ikinci yarısında daxiliyanma mühərrikinin ixtirası ilə daha çox gündəmə gəldi. 20-ci əsrin əvvəllərində avtomobil və sənaye sektorlarının yüksəlişi neftdən asılılığın artmasına səbəb oldu. Enerji təhlükəsizliyi xüsusilə ABŞ və Avropada inkişaf edən iqtisadiyyatların yanacaq üçün etibarlı neft təchizatının təmin edilməsi məsələsinə çevrildi. Birinci və İkinci Dünya Müharibəsinin mahiyyətində də enerji ehtiyatları üzərində nəzarət elementlər var idi. Son yüz ildə neft ehtiyatlarına nəzarət strateji prioritet hesab edilərək, neftlə zəngin regionlara çıxışla bağlı münaqişələrə səbəb olub.

Enerji təhlükəsizliyi konsepsiyası 1973-cü il neft böhranı zamanı daha da prioritet qazandı. Neft böhranlarına cavab olaraq, bir çox ölkələr, xüsusən də Qərb, nüvə enerjisi, təbii qaz və bərpa olunan enerjiyə sərmayə qoyaraq enerji mənbələrini diversifikasiya etməyə başladı. Enerji səmərəliliyi və qənaət tədbirləri də əhəmiyyət kəsb etdi. 1980 və 1990-cı illərdə rəqabəti artırmaq və bazar mexanizmləri vasitəsilə enerji təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq məqsədi daşıyan tənzimləmə və özəlləşdirmə ilə enerji sektorunda bazarın liberallaşdırılmasına doğru keçid baş verdi. Son onilliklərdə Çin və Hindistan kimi inkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatların yüksəlişi enerjiyə, xüsusən də neft və təbii qaza olan global tələbatı kəskin artırdı.

Enerji resurslarına olan tələbat artdıqca bəzi enerji ilə zəngin ölkələr öz resursları üzərində daha çox nəzarəti gücləndirməyə başladılar və bu, istehsalçılar və istehlakçılar arasında gərginliyə səbəb oldu. Lakin neft və qazla bağlı tələbatın artması ilə yanaşı iqlim dəyişikliyi ilə bağlı narahatçılıqlarda artmaqdadır. Ona görə də külək və günəş və digər bərpa olunabilən enerji mənbələrinə keçid karbohidrogen yanacağından asılılığı azaltmaq və uzunmüddətli enerji təhlükəsizliyini artırmaq üçün əsas strategiyaya çevrildi.

• ***enerji təhlükəsizliyinin əsas determinantları***

Enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün ona təsir edən amillərin və ya determinantların

müəyyənləşdirilməsi zəruridir. Belə determinantlar arasında a) Enerji Mənbələrinin Müxtəlifliyi; b) İnfrastruktur Etibarlılığı; c) iqtisadi sabitlik; d) enerji effektivliyi; e) texnoloji inkişaf; f) infrastruktur etibarlılığı və sair determinantları qeyd etmək olar.

Enerji mənbələrinin müxtəlifliyi ona görə vacibdir ki, hər hansı bir enerji növü ilə bağlı risklər yaranarsa, digər mənbələrdən istifadə edərək enerjiyə olan tələbi təmin etmək mümkün olsun. Bu, determinant enerji təchizatında diversifikasiyanın zəruriliyi ilə bağlıdır. Son illər Ukrayna-Rusiya müharibəsi sübut etdi ki, ölkələrin, o cümlədən Avropa ölkələrinin qaza olan tələbatının mühüm hissəsinin Rusiyadan təmin edilməsi bu ölkələrdə enerji təhlükəsizliyinə təhdid yaradır. Belə bir hal dünyanın əksər ölkəsinə aiddir. Enerji təchizatının diversifikasiya səviyyəsinin yüksək olması enerji təhlükəsizliyi üçün vacibdir.

Enerji təhlükəsizliyinin mühüm determinantlarından biri də enerji infrastrukturunun etibarlılığıdır. Elektrik stansiyaları, neftayırma zavodları, boru kəmərləri və ötürücü şəbəkələr kimi möhkəm və baxımlı infrastruktur enerjinin ardıcıl çatdırılması üçün çox vacibdir. Bu infrastruktur texnoloji inkişafı ilə bağlı həmişə yenilənməli və təkmilləşməlidir. İnfrastrukturların nəinki texniki cəhətdən yenilənməsi, hətta belə infrastruktur sistemlərinin idarəedilməsində innovasiyanın tətbiqi mümkündür.

Enerji ölkənin bütün iqtisadi fəaliyyət sahələrinin, ev təsərrüfatlarının, dövlət idarələrinin və sair insan həyatının bütün sahələrinin normal fəaliyyəti üçün vacibdir. Xüsusilə, elektrik enerjisi müasir sivilizasiyanın mahiyyətidir. Ona görə də ölkədə istənilən iqtisadi və siyasi qeyri-sabitlik enerji təhlükəsizliyinə təhdid yaradır. Enerjinin istehlakçılar üçün əlçatan olmasını təmin etmək üçün onun qiyməti ümumi iqtisadi inkişaf səviyyəsinə uyğun olmalıdır. Belə ki, elektrik enerjisinin inkişaf etmiş və inkişaf etməkdə olan ölkələrdə eyni olması nəinki arzuolunan deyil, hətta ciddi sosial problemlərə və enerji çatışmazlığına səbəb ola bilər. Elə o an görə də inkişaf etməkdə olan ölkələrin əksəriyyətində enerji sektoru, xüsusilə elektrik enerjisi sektoru dövlətin monopoliyasındadır. Bu sektorun özəlləşdirilməsi qiymətlərin qalxmasına və inkişaf etmiş ölkələrdəki qiymət

səviyyəsinə yaxın olmasına səbəb ola bilər. Bu isə iqtisadiyyatda və sosial həyatda enerjiyə olan tələbi kəskin azalda və iqtisadi tənəzzülə səbəb ola bilər. Bunu nəzərə alaraq, hər bir hökumət iqtisadi və siyasi sabitləşməni enerji təhlükəsizliyi üçün mühüm determinantlardan biri hesab edirlər.

Son iki yüz ildə sənayeləşmə nəticəsində enerji istehlakı artdıqca, xüsusilə karbohidrogen ehtiyatlarından istifadənin miqyası artdıqca, ətraf mühitə dəyən zərərin həcmi də artıb. İqlim dəyişmələrinin əsasən antropogen xarakterli olması və getdikcə təhlükəli hal alması artıq mif deyil. Karbohidrogen ehtiyatlarından istifadə nəticəsində ətraf mühitə dəyən zərərin azaldılması üçün yeganə yol, bu ehtiyatlardan istifadənin azaldılmasıdır. Lakin bu, bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin artmasını tələb edir. Əks halda enerji balansını təmin etmək mümkün deyil. Elə bu səbəbdən də ekoloji dayanıqlılığın təmin edilməsinin və iqlim dəyişmələrinin azaldılmasının zəruriliyi enerji təhlükəsizliyinin mühüm determinantı hesab edilir. Enerji təhlükəsizliyini artırmaq üçün bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin artırılması ilə yanaşı, həm də enerji itkisinin azaldılması və smart şəbəkələr üçün yeni texnologiyalar işlənməlidir. Belə texnologiyaların yaradılması isə R&D xərclərinin artırılmasını tələb edir.

- ***Bərpa olunan enerji növləri***

Bərpa olunan enerji mənbələrindən ən çox ümidverici mənbə günəş enerjisi hesab edilir. Günəş enerjisi günəş radiasiyasından əldə edilir. Günəş panelləri (fotovoltaik elementlər) və günəş istilik sistemləri kimi texnologiyalardan istifadə edərək elektrik və ya istiliyə çevrilə bilər. Günəş enerjisi yaşayış, kommersiya və sənaye proqramlarında elektrik enerjisi istehsalı, suyun qızdırılması və enerji təchizatı cihazlarında istifadə olunur. Onun əsas üstünlüyü bol olmasında, bütün ölkələr üçün zənginliyində və istifadəsi zamanı istixana qazları yaratmamasındadır. Lakin bu o demək deyil ki, günəş enerjisindən asanlıqla elektrik enerjisi hasil etmək mümkündür və bu yolla qısa müddətdə enerji təhlükəsizliyini təmin etmək mümkün olacaqdır. Belə ki, günəş enerjisinin “resurs potensialı” zəngin olsa da bu potensialı reallaşdırmaq və

“texniki potensial”, “iqtisadi potensial və “market potensialı” səviyyəsinə qədər inkişaf etdirmək xeyli xərc tələb edir. Günəş batareyalarının, o cümlədən PVT və PV batareyaların istehsalı və quraşdırılması ilə yanaşı, onların işləmə müddəti başa çatdıqdan sonra utilizasiyası problemi də mövcuddur. Digər tərəfdən, günəş enerjisi həm də hava şəraitindən asılıdır. Qeyd edək ki, Azərbaycanda günəş enerjisi potensialı yüksəkdir. Lakin hazırda günəş batareyalarında istehsal edilən elektrik enerjisi istilik elektrik stansiyalarında istehsal edilən enerjидən daha baha başa gəlir.

Bərpa olunan və günəş enerjisisindən sonra daha bol enerji mənbələrindən biri də külək enerjisi. Külək enerjisi küləkdən alınan kinetik enerjini külək turbinlərindən istifadə edərək mexaniki gücə və daha sonra elektrik enerjisinə çevirməklə hasil olunur. Külək enerjisinin də üstünlüyündən biri onun dünya üzrə daha geniş arealda paylanmasıdır. Hazırda dünyanın bir çox ölkəsində külək enerjisindən geniş istifadə edilir. Elektrik enerjisi istehsalı üçün geniş miqyaslı külək fermalarından, həmçinin kiçik və lokallaşdırılmış sistemlərdən istifadə olunur. Külək enerjisinin əsas üstünlüyü külək turbinlər quraşdırıldıqdan sonra əməliyyat xərclərinin aşağı olmasından, həmçinin ətraf mühitə zərərsizliyindən ibarətdir. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, külək turbinləri həmişə işləmir və küləyin yalnız müəyyən sürət intervalında faydalı olur. Digər tərəfdən, böyük külək turbinlərinin işləməsi zamanı müəyyən qədər küy yaranır. Qeyd edək ki, Azərbaycanda külək enerjisi potensialı yüksəkdir. Xüsusilə, Bakı və Abşeron yarımadasında külək turbinlərindən istifadə ölkənin enerjiyə olan tələbatının mühüm hissəsini təmin edə bilər.

Su elektrik stansiyaları da bərpa oluna bilən enerji mənbəyi hesab edilir və bəzi ölkələrin enerji balansında mühüm paya malikdir. Su elektrik stansiyaları adətən çaylardan və ya bəndlərdən axan suyun enerjisindən istifadə etməklə elektrik enerjisi istehsal edir. Suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisi istehsal edən turbinləri hərəkətə gətirir. Böyük miqyaslı su elektrik stansiyaları milli şəbəkələri elektrik enerjisi ilə təmin edir, kiçik miqyaslı su sistemləri isə ayrı-ayrı kənləri enerji ilə təmin edə bilər. Azərbaycanda 70 ildən çox bir müddətdə Mingəçevir

Su Elektrik Stansiyası fəaliyyət göstərir. Bu növ bərpa olunabilən enerji mənbəyindən istifadənin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, su elektrik stansiyaları böyük miqdarda elektrik enerjisi istehsal etmək qabiliyyətinə malikdir və dayanıqlı enerji mənbəyidir. Lakin su elektrik stansiyalarının ətraf mühitə təsirinin olması qeyd edilməlidir. Belə ki, böyük bəndlərin yaradılması landşaftın pozulması ilə, hətta bəzən ətraf ərazilərdə yaşayan insanların köçürülməsi ilə nəticələnən təsirlərə səbəb olur.

Bərpa olunabilən enerji mənbələri arasında bioenerji, geotermal enerji, okean enerjisi və sair enerji mənbələri də var. Lakin Azərbaycan üçün günəş, külək və su elektrik enerjisinin resurs potensialının böyük olduğunu nəzərə alaraq, əsas diqqət bu mənbələrə yönəldilir.

• ***Bərpa olunabilən enerji növlərindən istifadənin dünyə təcrübəsi***

Karbohidrogen enerji ehtiyatlarının sürətlə tükənməsi və iqlim dəyişmələrinin getdikcə kəskin xarakter almaqası, həmçinin rifah səviyyəsinin davamlı artımı dünya ölkələrini, xüsusilə inkişaf etmiş ölkələri enerji təhlükəsizliyinin daha etibarlı təmin edilməsi ilə bağlı təcili tədbirlər görməyə vadar edir. Hazırda Avropa ölkələrində BOEM keçid və yaşıl iqtisadiyyat modelinin tətbiqi enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində prioritet siyasət hesab edilir. Məsələn, Danimarka külək enerjisi sahəsində qlobal liderdir. Ölkə 1970-ci illərdə neft böhranlarından sonra külək enerjisinə böyük həcmdə investisiya qoyaraq külək turbinləri texnologiyası və tətbiqi sahəsində qabaqcıl ölkə oldu. Bunun nəticəsidir ki, 2023-cü ilə qədər Danimarka elektrik enerjisinin 50%-dən çoxu külək enerjisindən əldə edilir. Digər tərəfdən külək turbinləri istehsalı sahəsinin inkişafı və bu sahə ilə əlaqəli texnologiyanın ixracı ölkə iqtisadiyyatına əlavə gəlir gətirir.

Yaxıl iqtisadiyyata, o cümlədən BOEM-dən istifadəyə keçidin mühüm özəlliyi ondan ibarətdir ki, güclü dövlət dəstəyi olmadan uğur əldə etmək mümkün deyil. Çünki bu sahə böyük həcmdə investisiya tələb edir. Özəl sektorlar bu sahəyə investisiyanı yalnız dövlət-özəl əməkdaşlığı çərçivəsində yönəldə bilirlər. Danimarkanın təcrübəsi göstərir ki, ölkənin elektrik enerjisinə olan tələbatının əhəmiyyətli hissəsini təmin edən BOEM sektoru qurmaq mümkündür.

BOEM sahəsində mühüm uğurlara imza atan ölkələrdən biri də Almaniya. 2000-ci illərin əvvəllərində Almaniyanın Energiewende şirkəti BOEM sahəsində fəaliyyətə başlayıb. Son 20 ildə Almaniya BOEM sektoru ilə sürətlə inkişaf etdi ki, 2023-cü ildə ölkənin elektrik enerjisinin 40%-dən çoxunu külək, günəş, biokütlə və su enerjisi də daxil olmaqla BOEM vasitəsilə istehsal etmək mümkün oldu. BOEM-in belə sürətli inkişafı imkan verdi ki, Almaniya nüvə enerjisindən imtina etsin və kömürdən asılılığını əhəmiyyətli dərəcədə azaltsın.

İslandiya dünyada yeganə ölkədir ki, elektrik enerjisinin təxminən 100%-i bərpa olunan mənbələrdən, ilk növbədə geotermal və hidroenergetikadan hasil edilir. Ölkədə geniş çay sistemləri və zəngin geotermal ehtiyatları var. İslandiyanın geotermal enerjisi istilik və elektrik enerjisini təmin edir. Su elektrik stansiyaları isə elektrik enerjisinə olan tələbatı ödəyir. İslandiya elektrik enerjisinə olan tələbatı BOEM vasitəsilə ödəyərək və enerji təhlükəsizliyini daha etibarlı təmin edərək digər ölkələr üçün model ola bilib.

Enerji istehlakına görə dünyanın aparıcı ölkələrindən biri olan Çinin enerji təhlükəsizliyi üçün BOEM-dən istifadənin genişləndirilməsi imperativdir. Bu ölkədə günəş və külək enerjisi potensialı böyükdür. Ölkə hazırda dünyanın ən böyük günəş panelləri istehsalçısıdır. Çin, həmçinin qlobal miqyasda quraşdırılmış ən geniş günəş enerjisi gücünə malikdir. 2023-cü ilə qədər Çində quraşdırılan Günəş enerjisi stansiyaları 300 GVt-dan çox gücə malikdir. Müqayisə üçün qeyd edək ki, hazırda Azərbaycanda fəaliyyət göstərən elektrik enerjisi stansiyaların cəmi gücü 8 GVt-dır. Çində Günəş enerjisindən istifadənin belə yüksək səviyyədə inkişafında dövlət siyasəti mühüm rol oynayır. BOEM-in inkişafına subsidiyaların verilməsi, əlverişli tariflərin tətbiqi və BOEM sektoruna geniş miqyaslı investisiyaların ayrılması öz töhvəsini verib.

BOEM sektorunun inkişafı sahəsində dünyada qabaqcıl ölkələr sırasında Kosta Rika (BOEM elektrik enerjisinin 98% təmin edir) və Mərakeş (BOEM elektrik enerjisinin 40%-dən çoxunu təmin edir) də var. Azərbaycanda BOEM cəmi 1324.6 MVt gücünə malikdir. Bu, elektrik enerjisi stansiyaların cəmi gücünün 16.6% deməkdir. Onlardan da 1164.7 MVt gücü

SES aiddir. Külək enerjisi stansiyaları, Günəş enerjisi stansiyaları, Bərk məişət tullantıları zavodu və Bioqaz Elektrik Stansiyaları, uyğun olaraq, 64.0 MVt, 51.2 MVt, 44.0 MVt və 0.7 MVt gücə malikdirlər. Baxmayaraq ki, Azərbaycanda BOEM-in mövcud gücü hələ arzu olunan səviyyədə deyil, lakin bu istiqamətdə hökumətin məqsədyönlü siyasəti yaxın gələcəkdə yaşıl iqtisadi modelə keçidi üçün perspektivlər vəd edir.

- *Bərpa olunabilən enerji mənbələrindən istifadənin enerji təhlükəsizliyinə təsirinə nəzəri yanaşmalar*

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, “enerji təhlükəsizliyi” deyəndə biz enerjinin əlçatanlığını (yəni istehlak üçün bazarda mövcudluğunu), qiymət baxımından əlverişliliyini, ekoloji cəhətdən məqbuluğunu nəzərdə tuturuq. Bu tərifə əsasən “BOEM-in enerji təhlükəsizliyinə təsiri” deyəndə də biz əsasən bu aspektlərə olan təsirləri nəzərdə tutacağıq. Bu mənada BOEM karbohidrogen enerjisi ehtiyatlarını (xüsusilə idxal olunan həcmi) əvəz edərək ölkənin enerji balansını şaxələndirir və digər ölkələrdən enerji asılılığını azaldır. Belə asılılığın azalması isə qlobal enerji bazarında baş verə bilən risklərdən ölkəni sığortalamış olur.

BOEM-dən istifadə həcmının artması ölkənin enerji sistemlərinin sabit fəaliyyəti üçün mühüm töhvə verə bilər. Qeyri-sabitlik müxtəlif səbəblərdən baş verə bilər. Məsələn, regionda müharibələr, təbii fəlakətlər, yaxud enerji bazarında qiymət şokları səbəbindən yaranan fasilələrə qarşı BOEM daha davamlıdır. Həm kəmiyyət, həm də ekoloji təhlükəsizlik baxımından enerji resurslarının mövcudluğu enerji təhlükəsizliyində mühüm amildir. BOEM-in tükənməzliyi və ekoloji cəhətdən, demək olar ki, təhlükəsizliyi enerji təchizatında dayanıqlılıq üçün mühüm töhvədir.


- *sistem dinamikası yanaşmasının enerji təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsində və proqnozlaşdırılmasında tətbiqi*

BOEM-in enerji təhlükəsizliyində müstəsna rolunun olması bütün tədqiqatçılar tərəfindən təsdiq edilir. Ona görə də əsas sual BOEM-in imperativliyi ilə bağlı deyil. Karbohidrogen enerji ehtiyatlarının sürətlə tükənməsi və iqlim dəyişmələrinin təsirinin ilbəlil kəskinləşməsi BOEM-in rolunu daha artıracaq. Odur ki, hər bir

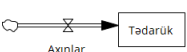

ölkə iqtisadiyyatı üçün cavabı axtarılan əsas sual ölkənin enerji təhlükəsizliyində BOEM-in cari rolunun qiymətləndirilməsi və yaxın onilliklər üçün proqnozlaşdırılmasından ibarətdir. Belə proqnozlaşdırma karbohidrogen enerjisinin tükənməsi və iqlim dəyişmələrinin azaldılması kontekstində BOEM-in inkişafının izlənməsinə və enerji balansının zəruri həcmdə təmin edilməsi üçün uyğun siyasətin həyata keçirilməsinə imkan verə bilər. Bu məqsədlə müxtəlif proqnozlaşdırma metodlarından, o cümlədən, sistem dinamikası (SD) modelləşdirilməsindən istifadə edilə bilər.


Sistem dinamikası (SD) yanaşması enerji təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün güclü vasitədir, çünki o, zamanla enerji sisteminin müxtəlif komponentləri arasındakı mürəkkəb qarşılıqlı əlaqənin modelləşdirilməsinə imkan verir. SD modelləşməsinin hər hansı bir ölkənin enerji təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsinə və proqnozlaşdırılmasına tətbiqi algoritmi bir neçə mərhələdən ibarət ola bilər: a) Enerji Təhlükəsizliyində Sistem Dinamikasının (SD) tətbiqinin məqsəd və vəzifələrinin müəyyən edilməsi; b) Enerji Təhlükəsizliyi üçün SD modelləşdirməsində əsas komponentlərin (“Tədarük” (Stocks), “Axınların” (Flows), “əks əlaqə döngələrinin” (Feedback loops), “köməkçi dəyişənlərin” (Auxiliary variables) və sair müəyyən edilməsi; c) SD modellərində enerji təhlükəsizliyi göstəricilərinin müəyyən edilməsi; d) Enerji təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsində SD modelləşməsinin yerinə yetirilməsi; e) SD modelləşməsi vasitəsilə enerji təhlükəsizliyinin proqnozlaşdırılması.

Enerji təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması üçün SD modelləşməsinə əsas məqsədi ondan ibarətdir ki, ölkədə enerji təchizatı, enerjiyə olan tələbat, enerjinin qiymətləri, enerji sektoruna aid infrastruktur və texnologiya, həmçinin hökumətin enerji siyasəti və sair kimi bir-birindən asılı olan çoxsaylı komponentlər arasındakı qarşılıqlı əlaqə müəyyən edilərək, enerji təhlükəsizliyi səviyyəsi zəruri səviyyəyə qaldırılsın. Bu məqsədlə SD modelləşməsinə istifadə zamanı onun əsas komponentləri müəyyən edilməlidir. Bu komponentlər arasında “Tədarük” komponenti mühümdür. “Tədarük” komponenti SD

modelləşməsində  kimi işarə olunur. Enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində BOEM-in rolunun qiymətləndirilməsinə və proqnozlaşdırılmasında SD-nin tətbiqi zamanı “Tədarük” olaraq, a) “enerji ehtiyatlarını”; b) “infrastruktur imkanlarını”; c) “BOEM-ə ayrılan investisiyaları və sair istifadə etmək olar.

SD modelləşməsində digər mühüm komponent “Axınlardır”. “Axınlar” SD modelləşməsində “gələn axınlar” və “gedən axınlar” kimi fərqləndirilir. SD modelləşməsində

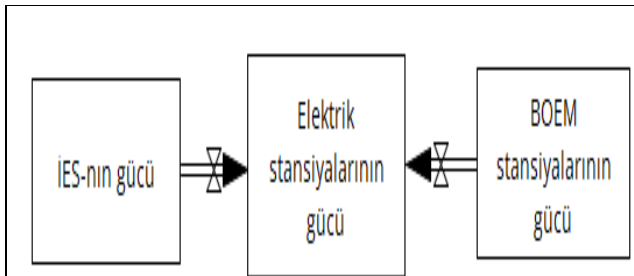
“Gələn axınlar”  kimi, “Gedən axınlar”  kimi işarə olunur.

Məsələn, enerji istehsalı “gələn axınlar”, enerji istehlakı isə “gedən axınlar” ola bilər. “Tədarük” və “axınlar” arasındakı hər hansı əlaqə, həmçinin “köməkçi dəyişənlər arasındakı əlaqələr “əks-əlaqə döngələri” vasitəsilə ifadə edilir. “Əks-əlaqə döngələri” SD modelləşməsində  kimi işarə olunur. Əlaqə döngələri “pozitiv” (R) və “neqativ” olur. Pozitiv döngələr iki göstəricidən birinin dəyişməsinin, məsələn, artmasının və ya azalmasının ikincidə, uyğun olaraq, artmaya və ya azalmaya səbəb olduğunu xarakterizə edir. Məsələn, BOEM-in inkişafına yönəldilən investisiya bu sektorda istehsal həcmünün artmasına səbəb olur. Mənfi döngələr (onlar həm də balanslaşdırıcı hesab edilir) elə iki göstərici arasında olur ki, birincinin artması ikincinin azalmasına səbəb olur.

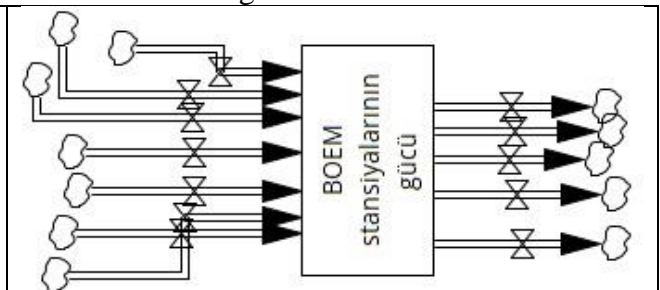
Məsələn, enerji qiymətlərinin artması enerjiyə olan tələb həcmi azalda bilər.

Bərpa olunabilən enerji mənbələrinin enerji təhlükəsizliyində rolunun SD vasitəsilə qiymətləndirilməsi zamanı “Tədarük”, “Axınlar” və “köməkçi dəyişənlər” kəmiyyətə ölçüləbilən olmalıdır. Tədqiqat zamanı “Tədarük” olaraq elektrik enerjisinin tədarüku ilə digər növ enerji mənbələrinin, məsələn, qaz və neft tədarükünün bir-birindən ayrılması məqsəduyğundur. Çünki Azərbaycanda və əksər inkişaf etməkdə olan ölkələrdə istilik enerjisi, əsasən qazla, nəqliyyat sistemi əsasən neft məhsulları ilə, elektrik cihazlarının fəaliyyəti isə elektrik enerjisi ilə təmin edilir. Elektrik enerjisinin əldə edilməsi isə əsasən qaz və kömürlə, həmçinin BOEM ilə təmin edilir. Ona görə də “enerji təhlükəsizliyinin” əlçatanlığı aspektini əsas götürərək, onun kəmiyyətə qiymətləndirilməsini üç komponentdən ibarət hesab etmək olar: a) qaz təchizatının təhlükəsizliyi; b) neft məhsullarının təchizatının təhlükəsizliyi; c) elektrik enerjisi təchizatının təhlükəsizliyi. BOEM əsasən elektrik enerjisinin təchizatında rol oynadığından biz əvvəlcə elektrik enerjisi komponenti üzrə “enerji təhlükəsizliyini” modelləşdirməyə və proqnozlaşdırmağa çalışacağıq.

Elektrik enerjisi “tədarükü” həm istilik elektrik stansiyalarının, həm də BOEM vasitəsilə alınan enerjinin tədarükündən formalaşır. “Elektrik enerjisi tədarükünü” “elektrik stansiyalarının gücü” kimi kəmiyyətə xarakterizə edə bilərik. Bu gücü “Tədarük” olaraq SD modelində 1.4.1-ci sxemdəki kimi göstərə bilərik.



Sxem 1.4.1. “Elektrik enerjisinin gücü”, İES-nin gücü və BOEM-in gücü “tədarüklərinin” əlaqəsi



Sxem 1.4.2. BOEM “Tədarükünə” təsir edən “axınlar”.

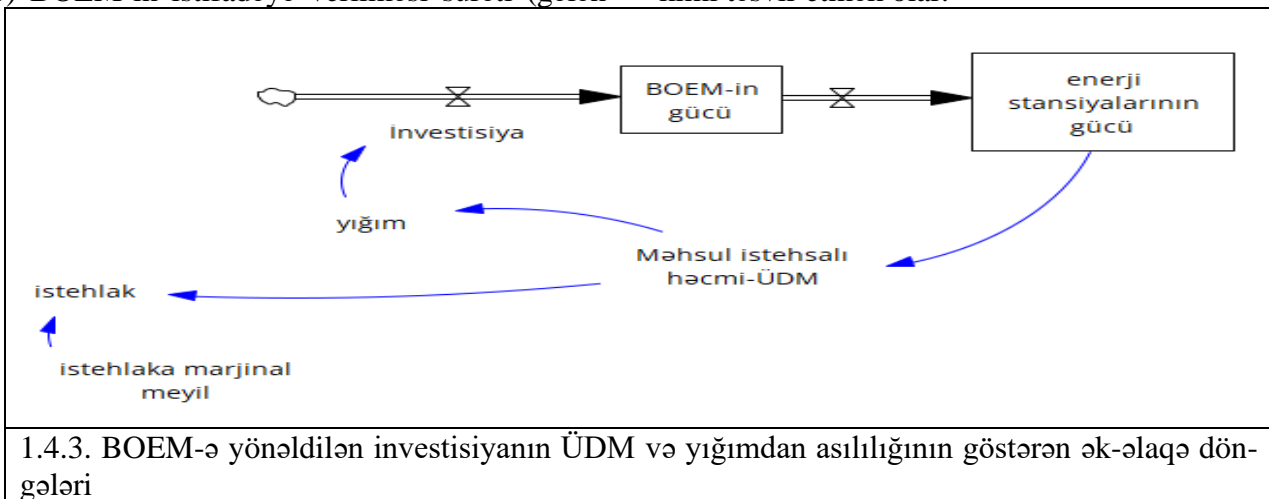
“Elektrik enerjisinin gücü” tədarük olaraq qəbul ediləndə həm istilik elektrik stansiyalarının, həm də BOEM üzrə quraşdırılmış gücünü

nəzərə alacağıq. Bu “Tədarük” yeni qurğular vasitəsilə artır və köhnə infrastruktur istismardan çıxarıldıqca azalır. Şübhəsiz ki, BOEM-in inkişafına yönələn investisiyalar belə “Tədarükür”

artmasına müsbət təsir edir. “Karbonhidrogen ehtiyatlarının həcmi” (məsələn, kömür, neft, təbii qaz) tədarükü” də ölkədə bu enerji ehtiyatları ilə quraşdırılmış, məsələn, qazla, mazutla və ya kömürlə işləyən istilik elektrik stansiyalarının gücünü ifadə edir. BOEM inkişaf etdikcə belə qurğuların müəyyən hissəsini aradan çıxara bilər. Bu o zaman olur ki, artıq ölkədə elektrik enerjisinin gücü tələbatı ödəyir. Belə sabit vəziyyətin saxlanılması üçün BOEM-in gücünün artırılması İES-nın gücünün azalmasına səbəb ola bilər.

Qeyd edək ki, 1.4.1-ci sxemdə “axın” rolunu oynayan “İES” və “BOEM-in gücü” həm də “Tədarük” rolunu oynaya bilər. “BOEM-in gücü” üçün a) BOEM-ə investisiya (gələn axın); b) BOEM-in istifadəyə verilməsi sürəti (gələn

axın); c) texnoloji tərəqqi (gələn axın); d) BOEM qurğularının istifadədən çıxarılması (gedən axın); e) BOEM-lə bağlı siyasətlər (gələn axın və gedən axın); f) enerji akkumulyasiya sistemlərinin yaradılması (gələn axın); g) cəmiyyətdə BOEM-ə olan münasibətin üstünlüyü (gələn axın); h) şəbəkə infrastrukturunun inkişafı (gələn axın və gedən axın); j) BOEM texnologiyalarının dəyəri (gələn axın və gedən axın); k) Enerjiyə olan tələbinin dəyişməsi (gələn axın və gedən axın); l) Karbonhidrogen enerjisi mənbəyi ilə rəqabət qabiliyyəti (gedən axın) və sair axınlar mümkündür. “BOEM-in gücü” “tədarükü” ilə bu axınlar arasındakı əlaqəni SD modelləşməsində 1.4.2-ci sxemdəki kimi təsvir etmək olar.



BOEM “Tədarükü” və ona təsir edən axınlar arasındakı əlaqəni xarakterizə edən və bu mürəkkəb sistemin daha adekvat qiymətləndirilməsi, həmçinin uzunmüddətli dövr üçün proqnozlaşdırılması üçün “əks-əlaqə döngələrindən” də istifadə edilir. BOEM üçün aşağıdakı əks əlaqə döngələrindən istifadə edilə bilər: a) investisiya; b) innovasiyalı texnologiya və səmərəlilik döngəsi; c) enerji qiymətləri döngəsi; d) ictimai dəstək döngəsi; e) enerji qiymətləri; f) digər növ enerji resursları ilə rəqabət və sair. Qeyd edək ki, qiymətləndirmə və ya proqnozlaşdırma zamanı bu döngələrin hər biri üçün kəmiyyətcə hesablamaq üçün uyğun düsturundan, əksər hallarda isə differensial tənliklərdən istifadə etmək lazım gəlir.

Qeyd edək ki, 1.4.2-ci sxemdəki axınların hər biri də çoxlu sayda axınlardan və ya köməkçi dəyişənlərdən asılı ola bilər. Məsələn, BOEM-in

gücünün artırılması üçün zəruri olan digər tədbirlərlə yanaşı, bu sahəyə investisiyanın yönəldilməsi zəruridir. Lakin zəruri həcmdə investisiyanın bu sektora yönəldilməsi üçün ölkənin ümummilli gəlirləri və ya büdcəsi imkan verməlidir. Lakin ÜMG mühüm hissəsi istehlaka gedir, müəyyən hissəsi isə yığıma yönəldilir. Əgər yığım azdırsa, onda BOEM sektoruna qoyulan investisiya imkanları da zəif ola bilər. Bu məqsədlə dövlət digər mənbələrdən, məsələn, beynəlxalq maliyyə institutlarından kredit cəlb edə bilər. ÜDM və ya ÜMG göstəricisi də çoxlu sayda göstəricidən, o cümlədən enerji stansiyalarının gücündən asılıdır. Əgər zəruri həcmdə enerji istehsalı mümkün deyilsə, onda ölkənin sənaye, nəqliyyat və digər sektorları səmərəli fəaliyyət göstərə bilməz. Qeyd edilən əlaqələrin sadələşdirilən sxemi 4.1.3-cü sxemdə SD modelləşməsi kimi verilmişdir. Bu

sxem BOEM-nin inkişafını xarakterizə edən mürəkkəb sistemin sadələşdirilmiş forması kimi qəbul edilə bilər.

BOEM-in enerji təhlükəsizliyində rolunun qiymətləndirilməsi üçün SD modelləşməsinin tətbiqi zamanı köməkçi dəyişənlərdən də istifadə edilir. Belə dəyişənlər sırasında a) Bərpa olunan Enerjinin cəmi enerji istehsalında Payı; b) Enerji idxalından asılılıq səviyyəsi; c) Enerji qiymətlərinin dəyişkənliyi; d) Enerjinin orta illik dəyəri; e) Enerji Saxlanma Tutumu; f) Elektrik enerjisi Şəbəkənin etibarlılığı; g) Karbon Emisiyasının həcmi; h) Siyasət Dəstəyi İndeksi; j) BOEM-ə ictimai dəstək səviyyəsi; k) BOEM-ə keçid dərəcəsi; l) karbohidrogen enerji ehtiyatının tükənmə dərəcəsi; m) BOEM sektorunda iş yerlərinin yaradılması; n) ölkənin enerji müstəqilliyi; o) BOEM-in enerji səmərəliliyi və sair geniş istifadə edilir. Bu dəyişənlərin hər birinin asılı olduğu yeni köməkçi dəyişənlərin SD modelləşməsinə daxil edilməsi mürəkkəbliyi artırmaqla yanaşı, həm də modelin adekvatlığını gücləndirə bilər.

Nəticə

Beləliklə, enerji sektorunun mürəkkəbliyini və bu sektora təsir edən determinantların müxtəlifliyini nəzərə alaraq, BOEM-in enerji təhlükəsizliyinə təsirlərini qiymətləndirmək və uzunmüddətli dövr üçün proqnozlaşdırmaq məqsədilə SD modelləşdirilməsindən istifadənin mümkünlüyünü əminliklə qeyd etmək olar. Belə modelin adekvatlığını təmin etmək üçün “Tədarük”, “Axınlar” və “köməkçi göstəricilərin” düzün və daha geniş spektrdə seçilməsinin, həmçinin bu göstəricilər arasında əks-əlaqə döngələrinin iqtisadi mahiyyətin nəzərə alınması şərti ilə müəyyən edilməsinin mühüm əhəmiyyət daşıdığını diqqətdə saxlamaq vacibdir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI:

1. BP, 2022. bp Statistical Review of World Energy 2022 | 71st edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
2. Daniel Yergin, 2006. Ensuring Energy Security. Foreign Affairs. Vol. 85, No. 2 (Mar. - Apr., 2006), pp. 69-82 (14 pages). <https://doi.org/10.2307/20031912>
3. IEA. 2 14. “Energy Supply Security.” International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/73908149-4d6e-4f10-b626-d55c60ab3bd7/ENERGYSUPPLYSECURITY2014.pdf>.
4. Cherp, A., & Jewell, J. (2010). Measuring energy security: From universal indicators to contextualized framework. In B. Sovacool (Ed.), *The Routledge Handbook of Energy Security* (pp. 330-355). Routledge. URL: <http://www.lub.lu.se/cgi-bin/ipchk/http://lund.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=668216>
5. BP, 2013. Speech by Bob Dudley, BP Group Chief Executive, to Canada Europe Energy Summit, London, 19 November, 2013. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/news-and-insights/speeches/speech-archive/bob-dudley-global-energy-security-2013.pdf>
6. Bert Kruyt, D.P. van Vuuren, H.J.M. de Vries and H. Groenenberg. Indicators for energy security. *Energy Policy*, 2009, vol. 37, issue 6, 2166-2181

Эльвин Айдын оглы АЛЕКПЕРОВ
Бакинский Инженерный Университет

Возможности применения подхода системной динамики для оценки роли возобновляемых источников энергии в обеспечении энергетической безопасности

Резюме

В эпоху глобализации международные отношения развиваются стремительно, что способствует увеличению объема прямых иностранных инвестиций, обмену научно-техническими новинками и распространению инноваций. Однако быстрое экономическое

развитие сопровождается социальными и экологическими проблемами, особенно в развивающихся странах. Одной из таких проблем является нехватка энергетических ресурсов, что обостряется изменением климата и требует глобальных усилий для решения.

В статье подчеркивается важность обеспечения энергетической безопасности, особенно в контексте истощения запасов нефти и газа, которые могут закончиться через несколько десятилетий. Автор рассматривает необходимость развития возобновляемых источников энергии и предлагает прогноз для Азербайджана на ближайшие 40-50 лет в контексте энергетической безопасности. Представлены различные определения этого понятия, акцентируются три ключевых аспекта: доступность, доступность и устойчивость.

Также рассматриваются проблемы инфраструктуры, ценовой доступности и экологической устойчивости, подчеркивается необходимость перехода на возобновляемые источники энергии для сокращения выбросов углекислого газа. Статья анализирует эволюцию концепции энергетической безопасности, начиная с XIX века, и ключевые детерминанты, влияющие на нее: диверсификация источников, надежность инфраструктуры, экономическая стабильность и технологические инновации.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, системная динамика, моделирование, альтернативная энергетика

Elvin Aydin ALEKPEROV
Baku Engineering University

POSSIBILITIES OF APPLYING THE SYSTEM DYNAMICS APPROACH TO ASSESSING THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ENSURING ENERGY SECURITY

Summary

In the era of globalization, international relations are rapidly evolving, facilitating an increase in foreign direct investment, the exchange of scientific and technological innovations, and the spread of new technologies. However, this rapid economic growth is accompanied by social and environmental challenges, especially in developing countries. One of the most pressing issues is the shortage of energy resources, exacerbated by climate change, which requires global efforts to resolve.

The article emphasizes the importance of ensuring energy security, particularly in light of the depletion of oil and gas reserves, which could run out in a few decades. The author highlights the need for the development of renewable energy sources and provides a forecast for Azerbaijan's energy security over the next 40-50 years. Various definitions of energy security are discussed, focusing on three key aspects: availability, accessibility, and sustainability.

The article also examines issues related to infrastructure, energy affordability, and environmental sustainability, stressing the necessity of transitioning to renewable energy sources to reduce carbon emissions. The evolution of the concept of energy security, starting from the 19th century, is analyzed, along with the key determinants affecting it: diversification of sources, infrastructure reliability, economic stability, and technological innovations.

The author identifies solar energy as the most promising renewable energy source but notes that realizing its full potential requires significant investment and technical solutions.

Keywords: renewable energy sources, energy security, system dynamics, modeling, alternative energy