

Original Research Paper

KİÇİK ATOM ENERGETİKASI SÜNİ İNTELLEKTİN XİDMƏTİNDƏ VƏ YENİ NÜVƏ YARIŞININ MƏRKƏZİNDƏ

Rauf Mamedli, Aytac Əliyeva

<https://orcid.org/0009-0007-3333-5658>

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

Article history

Received: 29.09.2026

Revised: 05.10.2026

Accepted: 16.10.2026

*Corresponding Author: Rauf
Mamedli, Naxçıvan Dövlət
Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan
Email: raufmamedli@ndu.edu.az

Xülasə

Məqalədə məlumatların emalı mərkəzləri (MEM), süni intellekt sistemləri və elektrik nəqliyyatı tərəfindən enerjiyə olan tələbatın sürətli artımı ilə şərtlənən dünya nüvə energetikasının müasir dirçəliş mərhələsinin kompleks təhlili aparılmışdır. Karbohidrogen bazarlarının dəyişkənliyi şəraitində sabit baza yükünün və energetika təhlükəsizliyinin təmin edilməsinin əsas aləti kimi kiçik modul reaktorlar (KMR) texnologiyalarına və kiçik güclü atom elektrik stansiyalarına (KGAES) xüsusi diqqət yetirilmişdir. Aparıcı dünya dövlətlərinin — ABŞ, Çin, Hindistan, Böyük Britaniya, Fransa və Rusiyanın ("RİTM-200N" tipli innovativ reaktorlar, "Elena", "Şelf" layihələri, həmçinin Özbəkistandakı integrasiya olunmuş AES daxil olmaqla) miqyaslı strategiyaları və layihələri nəzərdən keçirilmişdir. KMR-lərin tətbiqinin iqtisadi aspektləri (CAPEX, LCOE), tənzimləyici maneələr və texnoloji məhdudiyyətlər, eləcə də atom generatorlarının sənaye klasterləri, aqrar sektor və kritik infrastrukturqlarla integrasiyası məsələləri təhlil olunmuşdur.

Açar sözlər: *atom energetikası, kiçik modul reaktorları (KMR), kiçik güclü atom elektrik stansiyaları (KGAES), süni intellekt, məlumatların emalı mərkəzləri (MEM), energetika təhlükəsizliyi, nüvə texnologiyaları, LCOE.*

GİRİŞ

Tədqiqat mövzusunun aktuallığı onunla şərtlənir ki, qlobal energetika sistemi dünya iqtisadiyyatındakı struktur dəyişikliklərin və enerji istehlakının sürətli artımının doğurduğu görünməmiş transformasiya yaşayır. Genişmiqyaslı rəqəmsallaşma, süni intellekt (Sİ) sistemlərinin hər yerdə tətbiqi, elektrik nəqliyyatının inkişafı və yüksək məhsuldarlıqlı məlumatların emalı

mərkəzlərinin (MEM) sayının əhəmiyyətli dərəcədə artması elektrik enerjisinə kolossal əlavə tələbat yaratmışdır [2, 3]. Fasilələrlə işləyən bərpaolunan enerji mənbələrinin (BEM) və qalıq yanacaqla işləyən maneərlə güclərin balanslaşdırılmasına əsaslanan, tarixən formalaşmış enerji təchizatı modeli karbohidrogen bazarlarındakı böhranlar şəraitində sistemli həssaslıq nümayiş etdirir [2, 3]. Bu çağırışlar həyati əhəmiyyətli infrastrukturun fasiləsiz qidalanmasını təmin edə bilən etibarlı, ekoloji cəhətdən təmiz və avtonom baza generasiyası mənbələrinin axtarışı vəzifəsini aktuallaşdırır [2, 16].

Karbonsuz energetikaya keçid məsələləri və atom sənayesinin inkişaf perspektivləri beynəlxalq təşkilatların (BAEA, IEA, WNA) və elmi kollektivlərin əsərlərində fəal müzakirə olunur [1, 2, 3, 15]. Lakin müasir ədəbiyyatda kiçik modul energetika (KMR) texnologiyalarının rəqəmsal iqtisadiyyatın infrastrukturunu (Sİ klasterlərinin MEM-ləri) və sənaye klasterləri ilə müxtəlif institusional və iqlim şəraitlərində inteqrasiyasından yaranan sinergetik effektdə həsr olunmuş kompleks tədqiqatların çatışmazlığı müşahidə edilir [8, 15, 16]. Mövcud işlərin əksəriyyəti ya dar istiqamətli, ya da lokal təsviri xarakter daşıyır və dövlət-özəl tərəfdaşlığı biznes modellərinin müqayisəli regional təhlilini (ABŞ, Çin, Hindistan və Rusiya nümunəsində) təqdim etmir [8, 15].

Elmi problem bir tərəfdən rəqəmsal sektorun enerji təchizatının sutkalıq sabitliyinə (baza yükünə) olan sərt tələbləri və ənənəvi iri AES-lərin məhdudiyyətləri (yüksək kapital xərcləri, uzun tikinti müddətləri, şəbəkələrə qarşı sərt tələblər), digər tərəfdən isə innovativ nüvə texnologiyalarının çevik, desentralizə edilmiş şəkildə tətbiqi zərurəti arasındakı ziddiyyətdən ibarətdir [6, 15, 16].

Bu işin məqsədi atom energetikasının dirçəlişinin qlobal tendensiyalarının, yüksək texnoloji iqtisadiyyat sektorlarının və uzaq sənaye klasterlərinin enerji təminatı üçün kiçik güclü atom stansiyalarının (KGAES) və KMR-lərin texnoloji xüsusiyyətlərinin və inteqrasiya modellərinin müqayisəli analitik tədqiqatını aparmaqdan ibarətdir [6, 16, 17].

Qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün işdə aşağıdakı vəzifələr müəyyən edilmişdir:

Dünya enerji balansının strukturunda məlumatların emalı mərkəzləri və texnologiya sektoru tərəfindən enerji istehlakının artımının makroiqtisadi hərəkətverici amillərini aşkar etmək [3, 4, 6].

Aparıcı nüvə dövlətlərinin (ABŞ, Çin, Hindistan) atom generasiya güclərinin yerləşdirilməsi üzrə milli strategiyalarını və miqyaslı proqramlarını təhlil etmək [1, 2, 6].

Kiçik güclü innovativ reaktor qurğularının (o cümlədən "RİTM», "Şelf», "Elena» sıraları, həmçinin xarici analoqlar BWRX-300, Hermes-2, BSR) layihələndirilməsi və kommersiyalaşdırılması üzrə texnoloji təcrübəni ümumiləşdirmək [5, 6].

İqtisadi parametrləri (CAPEX, LCOE), tənzimləyici maneələri və KGAES-in regional infrastrukturla inteqrasiyasının multiplikativ effektini qiymətləndirmək [6, 8, 15].



MATERIAL VƏ METODLAR

Tədqiqatın metodoloji əsasını qlobal energetika proseslərinin və texnoloji trendlərin təhlilinə sistemli yanaşma təşkil etmişdir [8, 16]. İşdə müqayisəli, struktur-funksional və statistik təhlil metodlarından, eləcə də modelləşdirmə və proqnozlaşdırma metodlarından istifadə olunmuşdur [8, 16].

Tədqiqatın informasiya-empirik bazasını aparıcı beynəlxalq təşkilatların rəsmi analitik hesabatları, statistik məcmuələri və uzunmüddətli proqnozları təşkil etmişdir: Beynəlxalq Enerji Agentliyi (IEA), ABŞ Enerji Məlumatları İdarəsi (EIA), Dünya Nüvə Assosiasiyası (WNA / World Nuclear Energy Outlook), həmçinin sahə layihə məlumatları və profil elmi-tədqiqat institutlarının (MET “Kurçatov İnstitutu», NİKİET, “Rosatom» DK) materialları [1, 2, 3, 4, 6].

Kompleksliyin prinsipi nüvə texnologiyalarının inkişafına təcrid olunmuş şəkildə deyil, süni intellekt infrastrukturunun iqtisadi tələbatları, qlobal ekoloji tələblər (karbonsuz energetika) və regional logistika xüsusiyyətləri (arktik layihələr, Mərkəzi Asiyanın inkişafı) ilə sıx əlaqədə baxmağa imkan vermişdir [6, 8, 11].

Müqayisəli metod müxtəlif ölkələrdə (ABŞ, Kanada, Polşa, Çin, Hindistan, Rusiya və Özbəkistan) KMR layihələrinin texniki xarakteristikalarının, icra müddətlərinin və tənzimləmə xüsusiyyətlərinin müqayisəsində tətbiq edilmişdir [1, 2, 5, 6, 15].

Atom energetikasına aktiv investisiyalar hələ 1960-cı illərdə başlamışdır; bu, elmin və texnikanın sürətli inkişafı, elektron hesablama maşınlarının və istehsalın avtomatlaşdırılmasının tətbiqi ilə bağlı idi [6, 11]. Genişmiqyaslı sənaye layihələrinin həyata keçirilməsi, eləcə də kosmonavtika kimi perspektivli sahələrin mənimsənilməsi istilik elektrik stansiyalarının təklif edə bildiyindən daha çox güc tələb edirdi [6, 11]. Mühüm hadisələrdən biri 1973–1974-cü illərin neft böhranı oldu; bu böhran enerji almaq məqsədilə nüvənin parçalanma zəncirvari reaksiyasının tətbiqinə və onun aktiv istifadəsinə təkan verdi [6].

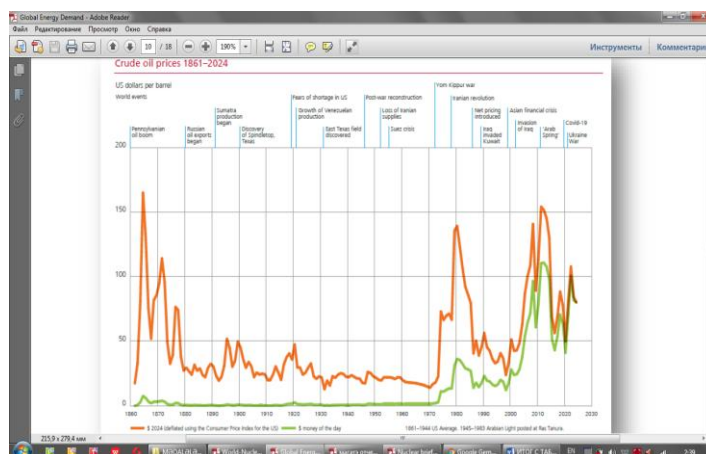
Qərbi Almaniya milli tələbatın 30%-ni ödəyən 22 reaktoru istismara verdi [6]. ABŞ-da 60 AES-də 99 reaktor tikildi [6]. İnvestisiyaların əsas zirvəsi 1975-ci ilə, yəni neft böhranının pik dövrünə təsadüf etdi [6]. Lakin 1980-ci ildən başlayaraq atom energetikası uzunmüddətli durğunluq dövrünə qədəm qoydu [6, 15]. Təhlükəsizlik baxımından iri atom elektrik stansiyalarının tikintisinin məqsədəuyğunluğu ilə bağlı texnoloji və sosial problemlər üzündən inkişafın dondurulması başladı [6, 15]. Eyni zamanda, birinci nəsil reaktorlar ildə təxminən 20 ton nüvə tullantısı istehsal edirdi [6]. Sonradan 3 faciəli hadisə dalğası nüvə texnologiyaları nailiyyətlərinin ictimai həyata tətbiqini ləngitdi [6]:



Birincisi, ABŞ-da Three Mile Island AES-də qəza; bu qəza ixtisaslı işçinin səhvi ilə, nasosun əvəzinə təhlükəsizlik sistemini söndürməsi ilə bağlı idi [5, 6]. Məntiqi nəticə ABŞ-da geniş ictimai rezonans və təhlükəsizlik tələblərinin sərtləşdirilməsi oldu [5, 6]. Sənaye üçün iqtisadi nəticələr ağır oldu: 1974–1978-ci illərdə imzalanmış 126 müqavilə ləğv edildi və 2008-ci ilə qədər bir dənə də olsun yeni sifariş yerləşdirilmədi [5, 6].

İkincisi, daha sonra, 26 aprel 1986-cı ildə SSRİ-də Çernobil AES-in enerji bloklarından birində partlayış baş verdi [6]. Faktiki səbəb təhlükəsizlik və soyutma sistemlərinin söndürülməsi nəticəsində reaktorun həddindən artıq qızması və sonradan hidrogen partlayışı oldu [6]. ÜST-nin qiymətləndirmələrinə görə, nəticədə radiasiya təsiri iki onillik ərzində 4 mindən çox insanın həyatına son qoydu [6]. “Çernobil» ictimaiyyətə Xirosima və Naqasakini xatırlatdı və atomun dinc məqsədlərlə istifadə edilsə belə dağıdıcı xassələrə malik olduğunu göstərdi [6]. Sonradan bir çox layihələr dayandırıldı, Avropada referendumlar keçirildi və AES-lərin fəaliyyətini məhdudlaşdıran qanunlar qəbul edildi [6].

Üçüncüsü, Yaponiyada zəlzələnin törətdiyi və on minlərlə insanın həyatına son qoyan Fukusima-1 qəzasından sonra iri sənaye mərkəzlərinin və şəhərlərin enerji və istilik təchizatının təhlükəsizliyi problemi yenidən aktuallaşdı [6]. Üçüncü nəsil reaktorların tətbiqi vəziyyəti köklü şəkildə yaxşılaşdırmadı. Bərpaolunan enerji mənbələri və onların inkişafı energetikada strateji istiqamətə çevrildi [2, 6].



Şəkil 1. 1861–2024-cü illərdə xam neftin qiymətlərinin dinamikası [Sahə tədqiqatları materialları, 2025–2026, s. 10]

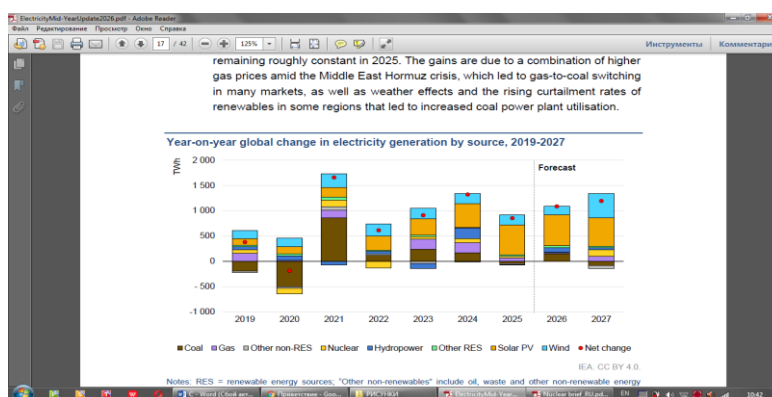
Statistik məlumatlar karbohidrogenlərin yüksək istehlak templəri şəraitində onların qiymətlərinin artma tendensiyasını aydın göstərir. Eyni zamanda ekoloji və iqlim problemləri alternativ enerji mənbələrinin fəal axtarışına səbəb olmuşdur [2, 6]. Günəş, geotermal, külək və bioenerji ilə yanaşı, bu sahənin onilliklər boyu durğunluğundan sonra nüvə enerjisinə yanaşmanın yenidən nəzərdən keçirilməsi dekarbonizasiya məqsədilə strateji istiqamətə çevrildi [2, 6].



Dekarbonizasiya və karbohidrogenlə işləyən stansiyaların istismarının azaldılması baxımından mühüm cəhət ətraf mühitin qorunması və qlobal istiləşmə ilə mübarizə məqsədilə təmiz istehsal texnologiyalarına enerji keçidinin əsasını qoyan, karbohidrogenlə işləyən elektrik stansiyalarının azaldılması üzrə yol xəritəsini müəyyən edən 2015-ci ilin tarixi Paris Sazişidir [2, 6]. Digər mühüm qərar 2022-ci ildə nüvə enerjisinin yaşıl taksonomiyaya daxil edilməsi oldu [6]. Bu qərar atom sənayesinin dirçəlişi məsələsinə güclü təkan verdi [2, 6]. COP-28-də 2050-ci ilə qədər güclərin üç dəfə artırılması haqqında qəbul edilmiş Bəyannamə tarixi qərar oldu [2, 6].

Müasir AES-lər istilik elektrik stansiyalarıdır; onlarda yanacaqın çevrilməsi nəticəsində karbohidrogenlərin yandırılması ilə müqayisədə təxminən milyon dəfə çox enerji ayrılır. Atom sənayesi üçün yanacaq kimi emal olunmuş uran, plutonium və qismən torium xidmət edir [6]. Böyük güclü reaktorlarla yanaşı, hazırda kiçik modul reaktorların və mikroreaktorların istismarı prioritet sayılır [2, 6].

Məhz KMR-lər və mikroreaktorlar müasir dövrün yeni iqtisadi reallıqlarında fəaliyyət göstərmək üçün böyük potensiala malikdir [2, 6]. KMR — stansiyanın konstruktor kimi tikildiyi daha ucuz və daha sürətli tikinti vəd edən texnologiyadır [6, 15]. Google, Amazon və Rolls-Royce KMR-lərə investisiya qoyur [1, 5, 6]. Son onilliklər ərzində atom energetikasının unudulmağa məhkum olduğu görünürdü. Çernobil və Fukusimadan sonra bir çox ölkə bərpaolunan enerji mənbələrinə keçdi, reaktorlar isə risk mənbəyi sayılmağa başladı [6]. Müasir texnologiyaların, məsələn, süni intellektin, elektromobillərin və rəqəmsal iqtisadiyyatın təsiri ilə elektrik enerjisinə tələbat artdıqda, köhnə qorxular arxa plana keçdi [2, 3, 6].



Şəkil 2. 2019–2027-ci illərdə elektrik enerjisinin generasiyasında mənbələr üzrə illik qlobal dəyişiklik [Global Energy Review, 2025, s. 17; Sahə tədqiqatları materialları, 2025–2026, s. 17]

Elektrik enerjisi generasiyasının 2019–2027-ci illər üzrə mənbələrə görə illik qlobal dəyişməsinə dair analitik məlumatlar aşağıdakı nəticə və proqnozları verməyə imkan yaradır:

Birincisi, 2025-ci ildə qlobal generasiya səviyyəsi nisbi sabitlik nümayiş etdirir [3, 6]. Qalıq mənbələr üzrə istehsal həcmindəki dalğalanmalar qazın yüksək qiymətləri ilə şərtlənir; bu, bir çox



bazarları müvəqqəti olaraq qazdan kömürə keçməyə məcbur etmişdir [3, 6]. İqlimin və texnologiyaların təsirini də az əhəmiyyətli amil kimi qeyd etmək olmaz. Hava şəraiti amilləri və bir sıra regionlarda bərpaolunan enerji mənbələri üçün məhdudiyyətlərin artması əlavə təsir göstərir; bu səbəbdən kömür stansiyalarının yüklənməsini gücləndirmək lazım gəlmişdir [3, 6].

İkincisi, nüvə energetikasının sabit baza töhfəsi böhranlar fonunda balanslaşdırıcı rolunu oynayır. Histoqramda nüvə energetikasına (Nuclear) aid seqmentlər ildən-ilə müsbət zonada dayanıqlı mövcudluq nümayiş etdirir [3, 6]. Kömür və qazdan fərqli olaraq, spekulativ kəskin sıçrayışlara və enişlərə (2020–2023-cü illərdə dərin düşüşlər və zirvələr) məruz qalmayan nüvə generasiyası gücün proqnozlaşdırıla bilən və fasiləsiz artımını təmin edir; bu, atom energetikasına karbohidrogen bazarlarının turbulentliyi şəraitində baza yükünün və energetika təhlükəsizliyinin təmin edilməsinin etibarlı aləti kimi global maraqları artıdığını təsdiqləyir [2, 3, 6].

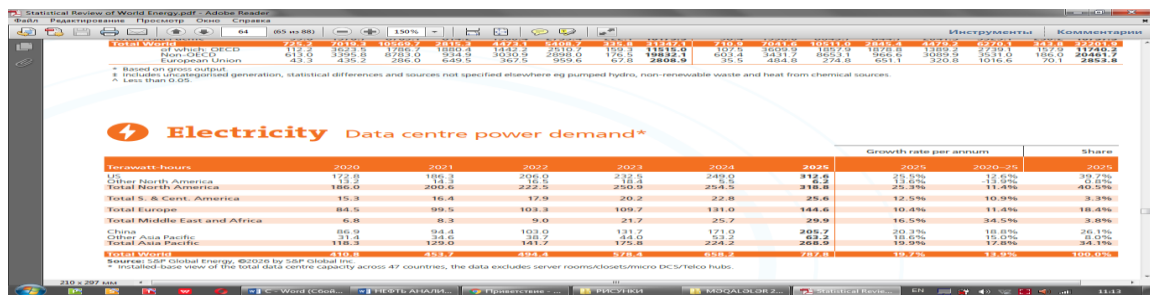
Üçüncüsü, 2026–2027-ci illər üçün proqnozlaşdırılan dövrdə təmiz artımın ümumi əyrisi (qırmızı nöqtələrlə qeyd olunub) əminliklə yuxarı qalxır; bu zaman atom komponenti günəş (Solar PV) və külək (Wind) generasiyasının genişmiqyaslı yerləşdirilməsi ilə yanaşı, karbonsuz enerji balansının əsas stabilizatoru rolunu oynamaqda davam edir [2, 3, 6].

Nəzərə almaq lazımdır ki, atom vasitəsilə istilik və elektrik enerjisi əldə etməyin yeni üsulları hesabına güclərin və müxtəlif innovativ həllərin sürətlə artırılması yeni nüvə yarışının xarakterini xatırladır. Fərq yalnız ondadır ki, qarşıdurma yüklərin sayının və daşıyıcıların ballistik imkanlarının artırılmasında deyil, yeni stansiyaların kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərindədir [6].

Digər tərəfdən, bərpaolunan enerji mənbələrinin etibarlılığı da şübhə doğurur [6]. Bunun bariz nümunəsi 2025-ci ildə İspaniya və Portuqaliyada baş vermiş blackoutlardır [6]. Beləliklə, dinc atoma qayıdışın zəruriliyi məntiqi dünyada üstünlük təşkil etməyə başlamışdır [6]. Bütün əlamətlər göstərir ki, KMR-lər müasir dünyanın doymaz enerji tələbatı ilə idarə olunan global rəqabətə çevrilir [2, 6].

Nüvə texnologiyalarından istifadəyə münasibətin yenidən nəzərdən keçirilməsinə, onların təkmilləşdirilməsinə qayıdışa imkan yaradan əsas amil süni intellektin sürətli inkişafı olmuş, bu da öz növbəsində məlumatların emalı mərkəzlərinin (MEM) enerji istehlakının artmasına gətirib çıxarmışdır.





Şəkil 3. Dünya regionları üzrə məlumatların emalı mərkəzlərinin enerji istehlakı (Data centre power demand) [Advanced Nuclear Technologies..., 2024, s. 64; Sahə tədqiqatları materialları, 2025–2026, s. 64]

Məlumatların emalı mərkəzlərinin enerji istehlakına dair məlumatları təhlil edərkən aşağıdakı faktları qeyd etmək lazımdır:

1. Dünyada MEM-lərin ümumi enerji istehlakı (Total World) sürətlə artır: 2020-ci ildə 410,8 TVt·saatdan 2024-cü ildə 658,2 TVt·saata yüksəlmiş və 2025-ci ildə 787,8 TVt·saata çatmışdır [4, 6]. İllik artım tempi (Growth rate per annum) 2025-ci ildə 19,7%, 2020–2025-ci illər üzrə orta illik tempi isə 13,9% təşkil etmişdir [4, 6].
2. Şimali Amerika (Total North America) 2025-ci ildə ümumi həcmi 318,8 TVt·saat olmaqla ən böyük istehlakçıdır (ABŞ-ın payına 312,6 TVt·saat düşür); bu, ümumdünya göstəricisinin 40,5%-ni təşkil edir [4, 6].
3. Asiya (Total Asia Pacific) kolossal artım tempi nümayiş etdirir [2, 4, 6]. Xüsusilə, Çində MEM-lərin enerji istehlakı 2025-ci ildə 205,7 TVt·saata qədər artmışdır (il ərzində artım 20,3%, 2020–2025-ci illər üzrə orta hesabla 18,8%) və dünya bazasının 26,1%-ni formalaşdırır [2, 4, 6]. Asiya-Sakit okean regionu üzrə cəmi istehlak 2025-ci ildə 268,9 TVt·saata (ümumdünya göstəricisinin 34,1%-i) çatmışdır [2, 4, 6].
4. Avropada (Total Europe) məlumatların emalı mərkəzləri tərəfindən enerji istehlakı 2025-ci ildə 144,6 TVt·saat (bazar payının 18,4%-i) təşkil etmiş, illik artım 10,4% olmuşdur [1, 4, 6].
5. Digər regionlarda da davamlı artım qeydə alınır: Yaxın Şərq və Afrikada (2025-ci ildə 29,9 TVt·saat) və Cənubi və Mərkəzi Amerikada (25,6 TVt·saat) [4, 6].

Məlumatlar 47 ölkədə MEM-lərin quraşdırılmış baza gücünü əks etdirir və server otaqlarını, kiçik şkafları, mikro-MEM-ləri və ya telekommunikasiya qovşaqlarını (Micro DCS / Telco hubs) nəzərə almır [4, 6].

ABŞ-da kiçik atom energetikasının inkişafında müəyyənəddici amil texnologiya nəhənglərinin investisiyalarının olmasıdır [5, 6]. Google-un dayanıqlı inkişaf üzrə direktoru Kate Brandt-ın bildirdiyinə görə, əlamətdar sazişin çərçivəsində Google təkmilləşdirilmiş reaktor olan Hermes 2 layihəsinin həyata keçirilməsinə kömək etmək üçün Kairos Power şirkəti və Tennessee Valley



Authority (TVA) ilə birləşmişdir [5, 6]. Şirkətin məqsədi öz məlumatların emalı mərkəzləri (MEM) üçün sıfır emissiyalı elektrik enerjisi istehsalını təmin etməkdir [5, 6]. Gücü 50 MVt olan prototip reaktorun tikintisinə hazırlıq 2024-cü ildə Tennessi ştatının Oak Ridge şəhərində başlamışdır [5, 6]. Sınaqlar uğurla keçərsə, Hermes 2 2030-cu ildə istismara veriləcək və Tennessi və Alabamadakı Google server fermalarını qidalandıracaqdır [5, 6]. Amanda Peterson Corio-nun vurğuladığı kimi, növbəti məqsəd ABŞ enerji sisteminə 500 MVt-a qədər atom enerjisinin verilməsi olacaqdır [5, 6]. 2016-cı ildə Kaliforniyada təsis edilmiş startap olan Kairos Power üçün kiçik modul reaktorlar sahəsində lider mövqe tutmaq üçün unikal şans yaranır [5, 6].

2022-ci ildə Kairos Power BloombergNEF və New Mexico fondundan qrantlar almışdır [5, 6]. İki il sonra ABŞ Energetika Nazirliyi tədqiqat reaktorunun tikintisi üçün 303 milyon dollar ayırmışdır [5, 6]. Nüvə Tənzimləmə Komissiyası icazəni cəmi 18 aya vermişdir [5, 6]. Beləliklə, Hermes-2 Qərbi dünyasında tikintisi başlanmış ilk nüvə modul reaktoru olmuşdur [5, 6]. Onun istismarına 2027-ci ildə başlanması planlaşdırılır [5, 6].

2025-ci ildə Böyük Britaniya atom energetikasının inkişafında öz sıçrayışını həyata keçirdi [1, 6]. Rolls-Royce SMR şirkəti Hitachi, Westinghouse, Holtec kimi rəqibləri qabaqlayaraq ölkənin əsas təchizatçısı seçildi [1, 6]. Yeni yaradılmış dövlət şirkəti Great British Energy Nuclear Böyük Britaniyanın atom energetikası gücünü 2050-ci ilə qədər 6,5 QVt-dan 24 QVt-dan çox çatdırmağı hədəfləyir [1, 6]. Hökumət özəl şirkətlərlə birlikdə Sizewell C iri AES-nin tikintisinə və uzun müddət təxirə salınmış Hinkley Point C layihəsinin tamamlanmasına 38 milyard funt sterlinq investisiya qoymağı planlaşdırır [1, 6]. Lakin əsrin ortalarına qədər 24 QVt-a nail olmağa yalnız belə iri layihələrin KMR şəbəkəsi ilə birləşməsi imkan verəcəkdir [1, 6].

Lakin Rolls-Royce SMR Kairos Power qədər innovativ deyil [1, 5, 6]. Hazırda bir çox perspektivli modul reaktorlar əsasən layihə mərhələsindədir [5, 6, 15]. Bu, ilk növbədə tənzimləmə maneələri ilə şərtlənir [6, 15]. Kairos prototipləri artıq tikinti mərhələsindədir [5, 6]. Rolls-Royce GE Hitachi layihə konstruksiyalarını Kanadaya göndərmişdir; orada müvafiq icazələr tam həcmdə operativ şəkildə alınmış, gücü 300 MVt olan reaktor 2030-cu ildə işə başlamalıdır, sonradan daha üçün istismara verilməsi planlaşdırılır [1, 6].

Avropada belə ilk reaktorun Polşada tikilməsi planlaşdırılır [6]. Avqustun sonunda Orlen və Synthos Energy şirkətləri tərəfindən Vlotsklavək yaxınlığında BWRX-300 blokunun tikintisi planı təqdim edilmişdir [6]. 2035-ci ilin sonuna qədər Orlen şirkəti ümumi gücü 600 MVt olan ən azı iki KMR-in işə salınmasını planlaşdırır [6].

Enerji Məlumatları İdarəsinin 2025-ci ilin avqust ayına dair hesabatına görə, ABŞ-da elektrik enerjisi istehlakı ildə 3% artır və 2025-ci ildə 4168 milyard kVt·saata çatacaqdır [4, 6]. Əsas



hərəkətverici qüvvə kriptovalyuta mayninqindən süni intellektə qədər MEM-lərdir; onlar istehsalı daim artırmağa və daha ucuz enerji mənbələri axtarmağa məcbur edir [4, 6].

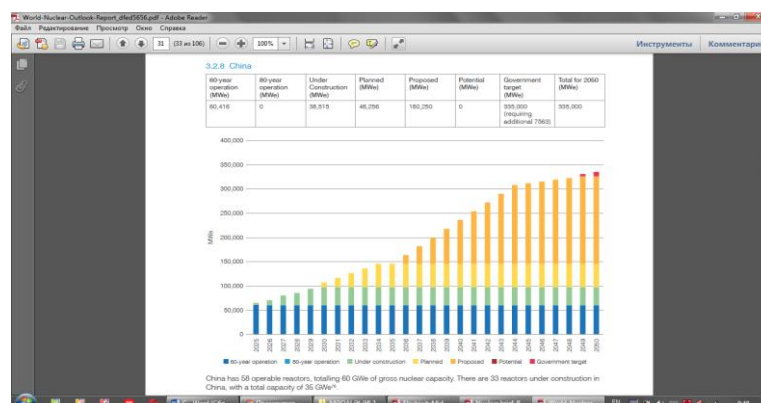
2024-cü ildə Çin Xalq Respublikasında istehlak 6,8% artaraq 9852 milyard kilovat-saata çatmış və ABŞ göstəricisini 2 dəfə üstələmişdir [2, 4, 6]. Sənayeyə və süni intellektə əlavə olaraq, bunu elektromobillərin sürətli yayılması da qidalandırır [2, 6]. Hazırda Çin yollarında müxtəlif qiymətləndirmələrə görə 31 milyondan çox elektromobil var [2, 6].

Çin onlarla yeni stansiya tikir, ABŞ və Avropa nüvə enerjisi hesabına güc istehsalının artım templərini yüksəltmək üçün tədricən fəal tədbirlər görür, Hindistan da yarışa qoşulur [1, 2, 6]. Hindistanın sürətli iqtisadi inkişafı elektrik enerjisinə tələbatın ildə 3–4% artması ilə müşayiət olunur və bu gün o, 1694 TVt·saata çatır [2, 6, 7].

2024-cü ildə dünyada elektrik enerjisi istehlakı 4,3% artmışdır [3, 6]. IEA-nın məlumatlarına görə, tələbat orta hesabla ildə 3,9% artacaqdır [3, 6]. Agentliyin bəyanatına görə, artımın əsas hərəkətverici qüvvəsi MEM-lərdir [3, 6]. MEM-lər sabit mənbələr tələb etdiyi, BEM-lər isə həddindən artıq qeyri-sabit olduğu üçün getdikcə daha çox ölkə yenidən atom enerjisinə müraciət edir [3, 6].

2025-ci ilin yanvar ayına dair hesabatə görə, dünyada ümumi gücü 371 QVt olan 411 reaktor fəaliyyət göstərir [2, 6]. Təkcə 2024-cü ildə 8,2 QVt güc əlavə edən 7 yeni layihə istismara verilmişdir: Çində — 3, BƏƏ-də, Fransada, Hindistanda və ABŞ-da isə birer layihə [1, 2, 6]. Həmçinin 13 ölkədə 61 reaktorun tikintisi aparılır [2, 6]. Son 5 ildə 40 yeni layihə işə salınmışdır; bunlardan 26-sı Çindədir [2, 6].

Aparılmış statistik məlumatlar təhlilinə görə, bu gün, onilliklər davam edən tənəzzüldən sonra, Çin danılmaz lider olmuşdur [2, 6]. Çində ümumi gücü 60 QVt-dan çox olan 58 reaktor istismar edilir [2, 6].



Şəkil 4. Çin atom energetikasının 2050-ci ilə qədər inkişaf proqnozu [*Small Modular Reactors: Developments and Outlook, 2025, s. 31; Sahə tədqiqatları materialları, 2025–2026, s. 31*]



World Nuclear Energy Outlook-un 2026-cı ilin yanvar ayına dair Çin üzrə təqdim etdiyi məlumatların təhlilinə görə, ÇXR rəhbərliyi 2050-ci ilə qədər 335 000 MVt (335 QVt) hədəf göstəricisinə nail olmağı qarşıya məqsəd qoymuşdur [2, 6]. Şübhəsiz ki, Çin nüvə güclərini 5 dəfədən çox artırmağı planlaşdıraraq atom energetikasının genişlənmə templərinə görə mütləq dünya lideri statusunu saxlayır [2, 6]. Çin kiçik energetika sahəsində inqilabi layihələr təklif edir [2, 6].

Çinin kiçik güclü kommersiya yerüstü reaktorlar seqmentində flaqman layihəsi ACP100-dür ("Lyanlun-1" və ya Linglong One kimi də tanınır) — BAEA-nın rəsmi təsdiqini almış dünyada ilk yerüstü üçüncü nəsil kiçik modul reaktor (KMR) [2, 6].

Modulluq kapital xərclərini və tikinti müddətlərini azaltmağa imkan verir [2, 6, 9]. Eyni zamanda, kompakt dizayn qovşaqların zavod şəraitində yığılmasına imkan yaradır [2, 6, 9]. ACP100 inteqral tipli, təzyiq altında sulu-su nüvə reaktorudur (PWR); burada birinci konturun əsas elementləri (reaktor korpusu, buxar generatorları və nasoslar) uzun sirkulyasiya boru kəmərləri ilmələri olmadan vahid korpusda birləşdirilmişdir [2, 6]. Reaktorun elektrik gücü 125 MVt (istilik gücü — 385 MVt) təşkil edir [2, 6]. Layihə operatorun müdaxiləsi və ya xarici qida mənbələri olmadan aktiv zonanın 72 saat müddətində avtonom soyudulmasını təmin edə bilən yüksək passiv təhlükəsizlik səviyyəsi ilə seçilir [2, 6].

İldə təxminən 1 milyard kVt·saat elektrik enerjisi istehsalından əlavə, qurğu kogenerasiya üçün uyğunlaşdırılmışdır: mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı, sənaye buxar təchizatı və suyun şirənləşdirilməsi [2, 6]. Baş nümayiş qurğusunun tikintisi Xaynan adasındakı fəaliyyətdə olan "Çanczyan" AES-in sahəsində aparılır [2, 6]. Layihə Çin Milli Nüvə Korporasiyası (CNNC) tərəfindən həyata keçirilir; bu zaman modul yanaşma əsas qovşaqların zavod şəraitində hazırlanmasına və sonradan obyektə sürətli yığılmasına imkan verir [2, 6].

ABŞ hələ də dünyanın ən böyük atom reaktorları parkına malikdir — ümumi gücü 96 QVt olan 94 reaktor [4, 6].

2024-cü il sentyabrın 20-də Constellation Energy şirkəti Three Mile Island-ın işinin bərpası üçün Microsoft ilə 1,6 milyardlıq saziş bağlandığını elan etdi [5, 6]. Növbəti 20 il ərzində stansiyanın istehsalı süni intellektlə məşğul olan Microsoft MEM-inə veriləcək [5, 6]. Tezliklə digər ştatlarda digər şirkətlər tərəfindən analogi addımlar atıldı [5, 6]. Miçiqanda Holtec International Palisades Nuclear Power Plant-ı qismən onun öz KMR-lərinin istehsalı üçün baza rolunu oynaması məqsədilə bərpa edir [5, 6]. NextEra Energy MEM-ləri ucuz elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün Ayova ştatındakı köhnələn Duane Arnold Energy Center reaktorunun işini bərpa etməyi planlaşdırır [4, 5, 6].



Amazon Energy Northwest ilə əvvəlcə hər biri 320 MVt gücündə 4 KMR üçün, 12-yə qədər genişləndirmə imkanı ilə saziş imzalamışdır [5, 6]. Amazon həmçinin öz kapitalına — bu texnologiyanın sürətləndirilmiş inkişafına investisiya qoyur [5, 6]. Amerika texnologiya şirkətləri fəallıq göstərdikdən sonra Vaşinqton qanunvericilik səviyyəsində strateji inkişaf vektorlarını təmin etdi [5, 6]. 2025-ci il mayın 23-də atom energetikasının genişmiqyaslı inkişafına və ABŞ nüvə sənayesinin yenidən işə salınmasına (Amerikanın “nüvə renessansı» kimi də tanınır) yönəlmiş dörd əsas fərmandan ibarət paket imzalanmışdır [5, 6].

Bu sənədlər bir neçə strateji istiqaməti əhatə edir [5, 6]:

Executive Order 14299 — “Deploying Advanced Nuclear Reactor Technologies for National Security» (“Milli təhlükəsizlik üçün qabaqcıl nüvə reaktorlarının yerləşdirilməsi») [5, 6]. Fərman kritik əhəmiyyətli obyektlərin və süni intellekt (Sİ) data-mərkəzlərinin qabaqcıl reaktorlar vasitəsilə enerji təchizatının təmin edilməsinə, həmçinin hərbi bazalarda nüvə energetikasının tətbiqinə yönəlmişdir [5, 6].

Executive Order 14300 — “Ordering the Reform of the Nuclear Regulatory Commission» (“Nüvə Tənzimləmə Komissiyasının — NRC islahatı») [5, 6]. Sənəd yeni güc obyektlərinin tikintisini stimullaşdırmaq üçün lisenziyalaşdırma prosedurlarını yenidən nəzərdən keçirməyi və sürətləndirməyi (yeni reaktorlar üzrə qərar qəbulu müddətlərini azaltmaqla), tənzimləmə maneələrini azaltmağı və radiasiya nəzarəti standartlarını yenidən nəzərdən keçirməyi nəzərdə tutur [5, 6].

Executive Order 14301 — “Reforming Nuclear Reactor Testing at the Department of Energy» (“Energetika Nazirliyində nüvə reaktorlarının sınaqlarının islahatı») [5, 6]. Fərman Energetika Nazirliyinin (DOE) himayəsi altında innovativ reaktor texnologiyalarının sınaq və işə salma prosesini optimallaşdırır [5, 6].

Executive Order 14302 — “Reinvigorating the Nuclear Industrial Base» (“Nüvə sənaye bazasının dirçəldilməsi») [5, 6]. Tədbirlər daxili yanacaq dövrünün, uran təchizatı zəncirlərinin möhkəmləndirilməsinə və ABŞ-ın ümumi nüvə enerjisi istehsalını hazırkı təxminən 100 QVt-dan 2050-ci ilə qədər 400 QVt-a çatdırmaq üçün istehsal güclərinin genişləndirilməsinə yönəlmişdir [4, 5, 6].

2025-ci il mayın 29-da isə ABŞ Nüvə Tənzimləmə Komissiyası NuScale-in kiçik modul reaktorunun (SMR) yenilənmiş və təkmilləşdirilmiş layihəsini hər modul üçün artırılmış 77 MVt (elektrik) gücü ilə (əvvəl təsdiq edilmiş 50 MVt əvəzinə) rəsmi olaraq təsdiqlədi [5, 6]. Belə altı moduldan ibarət konfigurasiyalı stansiya layihəsi US460 rəsmi işarəsini aldı (stansiyanın ümumi elektrik gücü — 462 MVt) [5, 6]. Layihə çəkisi 700 ton, hündürlüyü 3 metr olan silindrik obyekt



nəzərdə tutur [5, 6]. Qeyd etmək lazımdır ki, bu, son 20 ildə layihənin ilk təsdiqidir [5, 6]. Tənzimləyicidən əvvəlki icazə 2004-cü ildə Westinghouse şirkətinin reaktoru üçün alınmışdı [5, 6]. NuScale Power-in KMR layihəsi lisenziyalaşdırma üçün sənədləri 2017-ci ildə təqdim etmişdir [5, 6].

Şübhəsiz ki, Fransa nüvə enerjisi istehsalında lider mövqe tutur [6]. Bu, enerji böhranından çıxış və müharibədən sonrakı bərpa sahəsindəki kolossal təcrübə ilə şərtlənir [6]. 1973–1974-cü illərin dünya neft böhranı Fransanı Messmer planının həyata keçirilməsinə sövq etdi [6]. Proqramın həyata keçirilməsi nəticəsində PEON komissiyası tərəfindən atom elektrik stansiyalarının genişmiqyaslı tikintisi zamanı uranın zənginləşdirilməsi və şüalanmış yanacağın emalı üzrə son dərəcə bahalı zavodların tikintisi üçün cihazqayırma və maşınqayırma konsolidasiya edildi [6]. Messmer planı çərçivəsində bir onillik ərzində 58 reaktoru olan 19 stansiya tikildi; bunlar ölkənin tələbatının 80%-ni ödəyirdi və ona texnoloji suverenlik təmin etdi [6].

Müasir enerji böhranından çıxmaq üçün Fransa analoji istiqamətdə hərəkətə başlamışdır [6]. 6 yeni reaktorun tikintisi, gələcəkdə daha 8-in əlavə edilməsi imkanı ilə təklif olunmuşdur [6]. Avropa İttifaqının yaşıl taksonomiya ideyası irəli sürülmüşdür [6]. Nəticədə Almaniyanın etirazlarına baxmayaraq, atom enerjisi BEM-lərlə eyni dəstək statusu almışdır [6]. 2025-ci il iyulun 10-da Fransa hökuməti, sənaye və özəl şirkətlər üçtərəfli saziş imzaladılar; bu sazişə əsasən dövlət maliyyə dəstəyi göstərir və yeni kadrların axınını təmin edir [6]. Şirkətlər öz növbəsində ölkə daxilində işləmək üçün xarici tenderlərdə iştirakdan imtina etməyi qərara aldılar [6]. 2026-cı il yanvarın 1-nə ölkənin vahid enerji sisteminin ümumi quraşdırılmış gücü 159,1 QVt təşkil edir [6]. Dövlət şirkəti EDF-nin idarə etdiyi ümumi güc isə 88,7 QVt-dır [6]. Texnoloji suverenliyin qorunması üçün bu gün mühüm alət mikroreaktor startaplarının həyata keçirilməsidir [6].

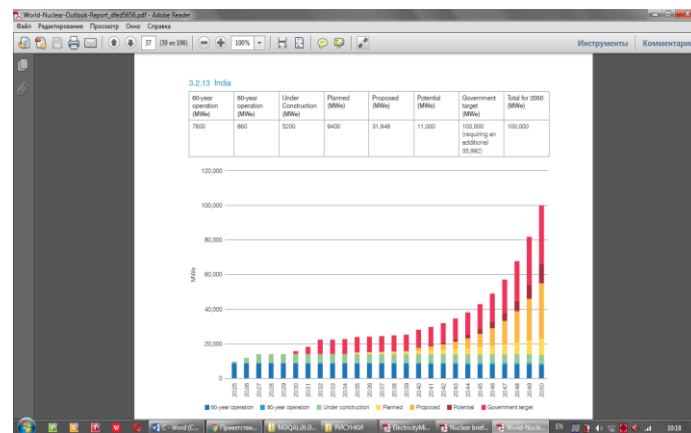
Fransada kiçik atom energetikasının inkişafının flaqman istiqaməti Avropa karbonsuz generasiyasının mövqelərini möhkəmləndirmək məqsədilə EDF şirkəti tərəfindən təşəbbüs edilmiş NUWARD kiçik modul reaktorunun (SMR) innovativ layihəsidir [6]. Layihə təqaüdə çıxan kömür və qaz güclərini əvəz edə bilən, həmçinin sənaye klasterlərini avtonom şəkildə təmin edə bilən unifikasiya olunmuş, asanlıqla miqyaslanı bilən kiçik güclü atom stansiyasının yaradılmasına yönəlmişdir [6]. NUWARD integrasiya olunmuş yüngül sulu təzyiqli reaktorlar (PWR) əsasında iki blokdan ibarət atom stansiyasıdır [6]. Layihənin hər reaktor bloku təxminən 170 MVt elektrik gücünə (təxminən 540 MVt istilik gücündə) hesablanmışdır; bu, cəmi təxminən 340 MVt gücündə stansiya təşkil edir [11]. Konstruksiyada birinci konturun uzun xarici boru kəmərlərinin minimuma endirildiyi integrasiya olunmuş yerləşdirmə dizaynı tətbiq edilir ki, bu da təhlükəsizlik səviyyəsini xeyli



yüksəldir [11]. Layihə reaktorların xarici elektrik qidalanması olmadan avtonom soyudulmasını təmin edən müasir passiv müdafiə sistemləri ilə təchiz edilir [11].

Elektrik enerjisi istehsalından əlavə, layihə əvvəldən kogenerasiya ehtiyacları üçün layihələndirilmişdir: şəhərlərin mərkəzləşdirilmiş istilik təchizatı, enerjitutumlu istehsallar üçün yüksəktemperaturlu texnoloji buxarın tədarükü, həmçinin dəniz suyunun iri miqyaslı şirənləşdirilməsi [11].

Layihə Avropa səviyyəsində fəal şəkildə təşviq olunur (Avropa İttifaqının SMR-in inkişafı təşəbbüsləri çərçivəsində əhəmiyyətli dövlət dəstəyi və təsdiq alaraq) və Fransa tənzimləyicisinin (ASNR) iştirakı ilə təhlükəsizliyin lisenziyadan əvvəlki qiymətləndirmə mərhələlərindən keçir [11].



Şəkil 5. Hindistan atom energetikasının 2050-ci ilə qədər inkişaf proqnozu [*World Nuclear Energy Outlook 2026*, s. 37]

World Nuclear Energy Outlook-un 2026-cı ilin yanvarında təqdim etdiyi Hindistana dair məlumatların təhlilinə görə [11]:

fəaliyyətdə olan güclər 7600 MVt (60 illik istismar) və 860 MVt (80 illik istismar) təşkil edir
tikilməkdə olanlar — 5200 MVt

planlaşdırılanlar — 9400 MVt

təklif olunanlar — 31 948 MVt

potensial — 11 000 MVt [11].

Hindistan ümumi gücü 8,9 QVt olan 25 reaktor istismar edir [11]. 2025-ci ilin aprelində o, 2047-ci ilə qədər 10 dəfə artmaq planlarını elan etmişdir: 18 yeni enerji bloku artıq layihələndirmə və tikinti mərhələsindədir [11].

Hindistan hökuməti 2050-ci ilə qədər 100 000 MVt (100 QVt) göstəricisinə nail olmağı hədəfləyir ki, bu da 33 992 MVt əlavə gücün istismara verilməsini tələb edir [11]. Hindistan öz layihələrini cari tikinti mərhələlərindən 2050-ci ilə qədər milli hədəfin miqyaslı icrasınadək genişləndirərək atom generasiyasının uzunmüddətli artımını nümayiş etdirir [11]. Qeyd etmək

lazımdır ki, Hindistan nüvə silahının yayılmaması haqqında müqaviləyə qoşulmamışdır [11]. BAEA yalnız milli hökumətin icazə verdiyi obyektləri yoxlaya bilər [11].

Hindistanın Tata Power şirkəti öz istifadəsi üçün gücü 220 MVt olan ağır sulu reaktorlar tikəcəkdir [11]. 1950-ci illərin sonunda Kanada atomçuları Hindistana CANDU (Canadian Deuterium Uranium) reaktorları tədarük etmişdir [16]. Nüvə silahının ilk sınaqları hələ 1974-cü ildə keçirilmişdir [16]. 2000-ci illərin əvvəlində Hindistan 100 enerji bloku yaratmaq niyyətini bəyan etdi və ABŞ-ı dəvət etdi [16]. Həmçinin “Rosatom» DK Hindistanda “Kudankulam» AES-ni tikir [11].

Sənayenin karbonsuz enerjiyə artan ehtiyacına və desentralizə edilmiş mənbələrə keçid zərurətinə cavab olaraq Hindistan öz kiçik reaktor layihəsini — Bharat Small Reactor (BSR) hazırlayır [11]. Layihə ilk dəfə Hindistan hökuməti tərəfindən 2024–2025-ci illər milli büdcəsi çərçivəsində rəsmi şəkildə təqdim olunmuşdur; bu, ölkə siyasətində tarixi dönüş oldu: özəl kapitalın atom generasiyasına buraxılması [11].

Bir çox qlobal konsepsiyalardan fərqli olaraq BSR sıfırdan yaradılmır, sübut olunmuş Hindistan texnologiyasına — təzyiq altında ağır sulu nüvə reaktoruna (PHWR) əsaslanır [6]. Qurğunun elektrik gücü 220 MVt təşkil edir [6]. Yanacaq kimi təbii uran istifadə olunur, istilik daşıyıcısı və yavaşladıcı rolunu isə ağır su oynayır [6]. Layihə tikinti sahəsinə və soyuducu suyun həcminə tələbləri azaltmaq üçün standart reaktorun dərin modernləşdirilməsini və qabarit ölçülərinin kiçildilməsini nəzərdə tutur [6]. BSR müasir passiv təhlükəsizlik sistemləri (ağırlıq qüvvəsindən və təbii sirkulyasiyadan istifadə edən) ilə təchiz edilir [6].

BSR-in əsas məqsədli təyinatı fasiləsiz baza yükü tələb edən enerji təvəllül sənaye obyektləri və klasterləri (bura iri məlumatların emalı mərkəzləri də aiddir) üçün ayrılmış (captive) elektrik stansiyası kimi işləməkdir [4, 6]. Layihə dövlət-özəl tərəfdaşlığı çərçivəsində həyata keçirilir: özəl biznes torpaq və investisiya təmin edir, Hindistan Nüvə Enerjisi Korporasiyası (NPCIL) isə layihələndirməni, keyfiyyətə nəzarəti və istismarı öz üzərinə götürür [6]. Reaktorun kompaktlığı BSR-i istismardan çıxarılan kömür istilik elektrik stansiyalarının yerində yerləşdirməyə, mövcud şəbəkə infrastrukturundan istifadə etməyə və kapital xərclərini azaltmağa imkan verir [6].

Bu texnologiyalar Fukusimadan sonrakı təhlükəsizlik tələblərinə cavab verir: ölkə rəhbərliyi kömür elektrik stansiyalarını əvəz etmək vəzifəsini qoymuşdur [6]. İnvestisiyaya özəl şirkətlər buraxılmışdır [6]. Tata Power-in balansında müxtəlif növ elektrik stansiyaları var [6]. Vəzifə kömürü uranla əvəz etmək, ətraf mühitə yükü azaltmaqdır [6]. Yadda saxlamaq lazımdır ki, Hindistan ərazisi seysmik cəhətdən təhlükəlidir [6]. Bu, özəl xarici şirkətlərin cəlb edilməsindəki çətinliyi izah edir [6]. Hindistan Rusiyadan sonra sürətli neytronlu AES-i (BN) işə salan ikinci dövlətdir [6, 12]. 2026-cı il



aprelin 6-da gücü 500 MVt olan PFBR — Prototype Fast Breeder Reactor (sürətli bredp reaktorunun prototipi) reaktorunun işə salınmasına başlanmışdır [6, 12].

Aktiv zonanın ikiqat yüklənməsi, mərkəzdə MOKS-yanacaq, neytron seli kasıblaşdırılmış uranlı bloklara yönəlir [6, 12]. Beləliklə, yanacaq seansı müddətində uran-238-dən maksimal miqdarda plutonium əldə edilmişdir [6, 12]. Bu reaktor BAEA-nın zəmanəti altında deyil [6].

Rusiyanın kiçik güclü atom stansiyaları — KGAES — unikal potensiala və geniş tətbiq spektrinə malikdir [6]. Dinc atomun doğulması tarixən uzaq 1954-cü ildə Obninskdə baş vermişdir [6]. Məhz burada alimlər ilk dəfə cəmi 5 MVt gücündə nüvə qurğusu vasitəsilə lampa yandırmağa nail oldular [6]. BAEA-nın tərifinə görə, elektrik gücü 300 MVt-dan az olan qurğu kiçik reaktor sayılır [6, 10]. Müvafiq olaraq, dünyanın ilk atom elektrik stansiyası təxminən 50 il işləmiş kiçik güclü stansiya [6].

Bu gün MET “Kurçatov İnstitutu» az iddialı olmayan layihə — xarakteristikalarına görə unikal “Elena» layihəsini həyata keçirir [6]. Enerji qurğusu istilik istehsalı üçün nəzərdə tutulmuşdur [6]. İnnovativlik ondan ibarətdir ki, elektrik enerjisi turbinlərlə deyil, termoelektrik çeviricilərin köməyi ilə istehsal olunur [6]. Reaktorun FİƏ-si aşağıdır, lakin şübhəsiz üstünlük hərəkət edən hissələrin olmamasıdır ki, bu da sınıma və yeyilmə ehtimallarını minimuma endirir [6]. Bu konstruktiv xüsusiyyət etibarlılığı xarakterizə edir və istilik təchizatında potensial yaxşı perspektivləri müəyyən edir [6]. “Elena» layihəsinin üstünlüyü həmçinin tam avtonomluqdur [6]. Üstəlik, stansiya tam avtomatlaşdırılmışdır və daimi xidmət tələb etmir [6]. Kompaktlıq və etibarlılıq da üstünlüklərdəndir [6].

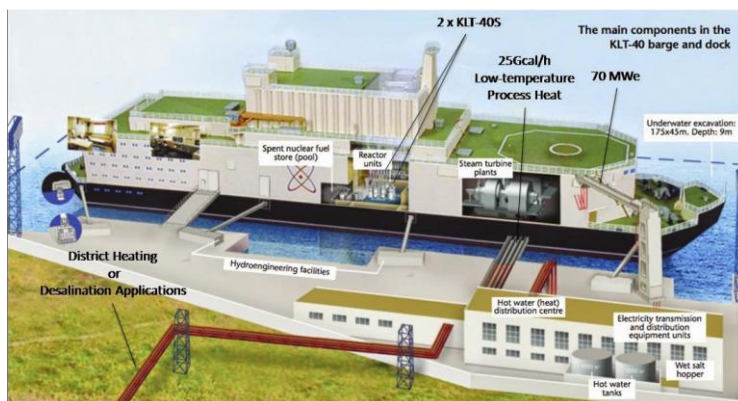
KGAES-in digər perspektivli layihələri ilə NİKİET məşğul olur [6]. “Şelf» miqyaslı layihəsinin həyata keçirilməsinə xüsusi diqqət yetirilir [6]. Bu, ümumi sahəsi 4 min kvadratmetr olan kiçik güclü atom stansiyasıdır. İqlim zonalarının ən geniş spektrində tikinti imkanı nəzərdə tutulur. Ən böyük hissə diametri 8 metr və uzunluğu 10 metr olan enerji kapsulu təşkil edən reaktor qurğusudur. Çəkisi 320 ton olan bu həcmdə sabit və təhlükəsiz iş üçün bütün avadanlıq yerləşdirilir. Qurğunun gücünün 10 MVt-a qədər olduğunu qeyd etmək lazımdır, bu zaman yanacaq 8 ildə bir dəfə dəyişdirilməlidir [6]. 2030-cu ilə qədər obyektin ilk fiziki və enerji işə salınması planlaşdırılır [6].

“Şelf-M» qurğusunun Çukotkada tikilməsi planlaşdırılır [6]. Onun modullarını yalnız bir sahədən digərinə köçürmək deyil, həm də bir-biri ilə birləşdirmək mümkün olacaqdır; bu, tələbə görə gücü artırmağa, bu kiçik stansiyanın gücünü 35 MVt-dan və yuxarı qaldırmağa imkan verəcəkdir [6]. Konstruksiya bir çox coğrafi enliklərdə fəaliyyət göstərməyə imkan verir, belə stansiya çoxillik donmuş torpaqlarda tikilə bilər [6].



Beləliklə, bu gün Rusiya KGAES-ləri təcrid olunmuş və çətin çatılan rayonlarda yerləşən infrastruktur obyektlərinin energetika təhlükəsizliyinin təmin edilməsində səmərəli alətdir [6].

Lakin hələ 1961-ci ildə öz dövrünü qabaqlayan işləmə həyata keçirilmişdir [6]. TES-3 — nəqliyyat atom elektrik stansiyası işləyib hazırlanmış və istismara verilmişdir [6]. TES-3 bir neçə moduldan ibarət idi, onların hər biri ayrıca özüyəriyən qurğuda yerləşirdi: reaktorlu ayrıca modul, turbinli ayrıca modul, generatorlu ayrıca modul [6]. Diqqətəlayiqdir ki, bu özüyəriyən qurğuların özləri T-10 ağır tankları əsasında yaradılmışdı [6].



Şəkil 6. *Özbəkistanda və Yakutiya da kiçik güclü AES-lərin və integrasiya olunmuş stansiyaların tikintisi layihələri (üzən atom istilik elektrik stansiyası “Akademik Lomonosov») [“Rosatom» Dövlət Korporasiyasının rəsmi saytı]*

TES-3-ün layiqli varisi dünyada analoqu olmayan üzən atom elektrik stansiyası — ÜAİES “Akademik Lomonosov»dur [6]. Stansiyanın mövcud iki KLT-40 reaktor qurğusu əhalisi təxminən yüz min nəfər olan şəhəri enerji ilə təmin edir [6]. 2019-cu ildən “Akademik Lomonosov» Pevək limanında yerləşir və bir neçə il ərzində bütöv bir rayonun tək cə elektrik enerjisi ilə deyil, həm də istilik təchizatı ilə etibarlı mənbəyi olmuşdur [6].

Eyni zamanda ÜAİES kiçik atom energetikasının nəqliyyat imkanlarını özündə birləşdirən nüvə energetikasının yeni perspektivli istiqamətini açır [6]. Bu innovativ yanaşma əsasında nüvə texnologiyaları bazarında yeni rəqabətqabiliyyətli məhsulun formalaşması üçün əlverişli şərait yaradılır [6]. Məsələn, “Akademik Lomonosov» vasitəsilə elektrik enerjisini ixrac etmək və ya şəhərin yaxud iri sənaye obyektinin həyat qabiliyyətini xeyli müddət ərzində saxlamaq mümkün olur [6]. Elektrik enerjisi çatışmazlığı bütöv regionların və ölkələrin inkişafını məhdudlaşdıran amil olduğuna görə, bu cür logistika və avtonomluq məqsəduyğun və səmərəlidir [6].

“Rosatom» Dövlət Korporasiyasında yeni nüvə reaktorlarının yaradılması sürətlə gedir [6]. Ən perspektivli kiçik güclü atom stansiyalarının əsasını KLT-40-ı əvəz edən “RİTM-200» təşkil edir [6, 13]. “Rosatom»un maşınqayırma divizionunun mütəxəssisləri onları atom buzqıranları üçün işləyib hazırlamışlar [6]. Korpuslar Moskva vilayətindəki Podolskda istehsal olunur [6]. Tam dövr 27



ay çəkir [6]. Reaktorun hazırlanmasının əsas mərhələlərindən biri qaynaq tikişinin yerinə yetirilməsidir [6]. Qaynaq prosesi fasiləsiz, sutka boyu davam edir, 6–7 gün ərzində təxminən 200 dərəcə Selsi temperaturda sabit şəkildə aparılır [6]. Tikişin qalınlığı təxminən 150 mm-dir ki, bu da yüksək möhkəmliyin təminatıdır [6]. Reaktorun divarları daxildən çəkisi 10 ton olan korroziyaya qarşı lentlə örtülür [6]. Belə mürəkkəb məsələlərin həlli üçün əvvəllər heç yerdə tətbiq olunmamış emal alətləri və texnologiyaları yaradılmışdır [6]. “RİTM-200» «Arktika» və «Sibir» buzqıranlarında quraşdırılmışdır [6]. Zavodun sexlərində «Leninqrad» atom buzqıranının reaktorunun yığım işləri aparılır [6]. Bu reaktorlar ailəsinin səciyyəvi xüsusiyyəti gücü manevr etmək imkanındır, yəni gücün 30%-ə qədər azaldılması zamanı o, tamamilə qüsursuz işləyir [6].

Qeyd etmək lazımdır ki, 2012-ci ildən zavod tərəfindən 10 enerji qurğusu hazırlanmışdır [6]. Yakutiya, Ust-Kuyqa qəsəbəsində «RİTM-200» reaktoru əsasında ilk yerüstü kiçik güclü atom stansiyasının tikintisi gedir [6, 13]. Onun üçün prefiks «N» olacaq, bu, yerüstü deməkdir [6, 13]. Onun istismarı iri qızıl yatağının təmin edilməsi məqsədilə planlaşdırılır [6].

Özbəkistan da «RİTM-200N» xeyrinə seçim etmişdir [6, 13]. 2026-cı ildə Cizzax vilayətində dünyada ilk integrasiya olunmuş AES-in tikintisinə start verilmişdir [6, 13]. İlk dəfə olaraq bir sahədə 2 kiçik reaktor tikiləcək: «RİTM-200N» (yerüstü) və VVER [6, 13]. «RİTM-200N» əsasında iki kiçik manevrli enerji bloku və hər birinin gücü 1000 MVt olan 428 sayılı layihənin VVER-1000 reaktorları bir sahədə ucaldılacaqdır [6, 13]. İki iri enerji bloku baza rejimində işləyəcək, iki kiçik blok isə güc manevrini təmin edəcəkdir [6, 13]. Cizzax vilayəti üçün ehtimal olunan təyinat — güman ki, «avtomobil vadisi» üçündür [6]. Cizzax vilayətində həmçinin aqrar sektor, istixana emalı mövcuddur [6, 13].

Dinc atom Özbəkistanda çoxdan tanınır, tədqiqat reaktorları heç vaxt dayanmamışdır [6]. Daşkənddəki institutun yaşı təxminən 70 ildir [6]. 1959-cu ildə Mərkəzi Asiyada ilk nüvə reaktoru VVER işə salınmışdır [6]. Bu gün reaktor elmi-tədqiqat məqsədləri üçün və tibbi izotopların istehsalı üçün istifadə olunur [6, 9]. Xüsusilə, burada XX əsrin 90-cı illərindən başlayaraq fosfor-32 istehsal olunur [6, 9]. Fosfor-32 olmadan insan genomunun deşifrə edilməsi sahəsində tədqiqatlar — elm tarixinin ən iddialı layihəsi — mümkün deyil [6, 9]. Institutun bazasında on beşə yaxın laboratoriya fəaliyyət göstərir [6].

Atom elektrik stansiyasının tikintisi — yeni sahənin inkişafıdır [6]. Bu, Cizzax vilayətinin inkişafına, infrastrukturun və sənayenin inkişafına, yeni iş yerlərinin yaradılmasına kömək edəcək sistemyaradıcı layihədir [6]. Bu vəzifələrin həyata keçirilməsi şübhəsiz ən ixtisaslı kadrların işi olmalıdır [6]. Buna görə də 2019-cu ildə Daşkənddə Rusiya Dövlət Neft və Qaz Universitetinin (MTU) / MTNU MİFİ filialı yaradılmışdır [6].



Yekun olaraq, “RİTM-200» irəliyiş layihəsinin rəqabət üstünlüklərinə diqqət yetirərkən yeni perspektivli işləmələri və tətbiq sahələrini qeyd etmək lazımdır [6]:

“RİTM-200N» Yakutiyanın Ust-Yana rayonu üçün tətbiq ediləcəkdir [6, 13].

“RİTM-400» “Lider» sinifli buzqıranlar üçün, “Rossiya» buzqıranı üçün, gücün ikiqat artırılması perspektivi ilə tətbiq ediləcəkdir [6].

“RİTM-200S» Şimal dəniz yolu üçün, emal üçün layihələndirilir [6].

NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Aparılmış təhlil atom energetikasının dirçəlişinin və KMR-lərin tətbiqinin üç dominant global modelini ayırd etməyə imkan verir; onların hər birinin özünəməxsus texnoloji, iqtisadi və tənzimləmə xüsusiyyətləri var [2, 6]:

1. Sİ nəhənglərinə yönəlmiş özəl-dövlət tərəfdaşlığı modeli (ABŞ) [5, 6]: hərəkətverici qüvvə Sİ data-mərkəzləri üçün yaşıl enerji çatışmazlığı ilə üzləşən özəl texnologiya korporasiyalarıdır (Microsoft, Google, Amazon) [5, 6]. Hibrid layihələrin maliyyələşdirilməsi (Three Mile Island kimi köhnə stansiyaların işinin bərpası və Kairos Power kimi startaplara investisiyalar) elektrik enerjisinin alınması üzrə uzunmüddətli müqavilələrə (PPA) əsaslanır [5, 6]. Əhəmiyyətli çatışmazlıq Nüvə Tənzimləmə Komissiyası (NRC) tərəfindən tənzimləmə təsdiqinin sərt və uzun prosedurlarıdır, baxmayaraq ki, Hermes-2 hadisəsi 18 ayda sürətləndirilmiş lisenziyalaşdırma presedentini nümayiş etdirmişdir [5, 6].
2. Dövlət tərəfindən planlaşdırılan miqyaslı ekspansiya (Çin və Hindistan) [2, 6, 12]: ÇXR və Hindistan nüvə güclərinin dəfələrlə artırılması üzrə uzunmüddətli dövlət strategiyaları həyata keçirir (Çinin hədəf göstəriciləri 2050-ci ilə qədər 335 QVt [2, 6], Hindistanın — 100 QVt-a qədər [6, 12]). Xüsusi fokus yanacaq dövrünün qapadılmasına (Hindistanın PFBR-i kimi sürətli neytron reaktorlarının inkişafı) və seriyalı tikintinin standartlaşdırılmasına yönəlir [2, 6, 10, 12].
3. Desentralizə edilmiş generasiyanın infrastruktur-ixrac modeli (Rusiya və Özbəkistan) [6]: Rusiya yanaşması gəmi nüvə energetikası sahəsindəki unikal səriştələrə əsaslanır (“RİTM-200» sırasının uyğunlaşdırılması, “Akademik Lomonosov» üzən AES-ləri, “Şelf», “Elena» layihələri) [6, 13]. İxrac-inteqrasiya yanaşmasının praktik təsdiqi Özbəkistanın Cizzax vilayətində kombinə edilmiş AES-in tikintisidir (VVER-1000 baza bloklarının və manevrli “RİTM-200N» KMR-lərinin inteqrasiyası) [6, 13].
4. Üstünlüklər: Yüksək mobillik, çətin çatılan arktik regionlar (Yakutiya, Çukotka) üçün tam avtonomluq və yerli sənaye və aqrar-sənaye sektoru ilə sinergiya [6, 8, 13].



Kiçik güclü atom stansiyalarının (KGAES) və kiçik modul reaktorların (KMR) tikintisinə keçid təkcə rəqəmsal sektorun texnoloji tələbləri ilə deyil, həm də dərin iqtisadi dəyişikliklərlə şərtlənir [2, 6]. Ənənəvi iri miqyaslı AES-lərin maliyyə modeli ciddi maneə ilə üzləşir: ilkin kapital xərclərinin (CAPEX) kolossal həcmi, uzun tikinti müddətləri (7 ildən 10 ilə qədər) və layihələrin həyata keçirilməsində mümkün gecikmələr səbəbindən borc kapitalının cəlb edilməsinin yüksək riskləri [6]. Nəhəng stansiyalardan fərqli olaraq, KMR-lərin iqtisadiyyatı prinsipcə fərqli əsaslar üzərində qurulur [6]:

Giriş astanasının aşağı salınması (Initial CAPEX): enerji blokunun təkgücünün azaldılması bir layihənin ümumi dəyərini aşağı salır və onu yalnız suveren büdcələr üçün deyil, həm də texnologiya korporasiyalarının iştirakı ilə iri özəl-dövlət tərəfdaşlıqları və konsorsiumlar üçün əlçatan edir (məsələn, IT nəhənglərinin Kairos Power və Constellation Energy ilə müqavilələri) [5, 6].

Seriyalı istehsal effekti: müasir mərhələdə KMR-lər üçün əsas iqtisadi çağırış “ilk tikilmiş nümunə» (First-of-a-Kind, FOAK) problemi olaraq qalır; belə ki, tədarük zəncirinin işləyib hazırlanmamışlığı səbəbindən güc vahidinə düşən xüsusi xərclər yüksək olur [6]. Lakin modulların seriyalı zavod istehsalına və Nth-of-a-Kind (NOAK) mərhələsinə keçid zamanı fərdi layihələndirmə ilə müqayisədə xüsusi kapital xərclərinin 20–30% azalacağı proqnozlaşdırılır [6].

Bərabərləşdirilmiş elektrik enerjisi dəyəri (LCOE): sahədə tikinti risklərinin minimuma endirilməsi (modullar zavodda yığılır və hazır şəkildə çatdırılır) və istismara vermə müddətlərinin qısaldılması hesabına KMR-lər üçün hesablanmış LCOE göstəricisi 2030-cu illər perspektivində 24/7 baza yükündə sabit iş şərti ilə qaz generasiyası ilə rəqabət aparmalıdır; bu, Sİ data-mərkəzlərinin fasiləsiz qidalanması üçün kritik əhəmiyyət daşıyır [2, 6].

Texnologiyanın məhdudiyyətləri, tənzimləmə maneələri və təhlükəsizlik riskləri [5, 6] Yüksək innovativ potensiala baxmayaraq, KMR-lərin qlobal miqyaslı yerləşdirilməsi bir sıra sistemli məhdudiyyətlərlə ləngidilir [5, 6]:

Tənzimləmə fraqmentasiyası və standartlaşdırma: vahid beynəlxalq sertifikatlaşdırma standartlarının fəaliyyət göstərdiyi aviasiya və ya gəmiqayırmadan fərqli olaraq, atom energetikasında hər yurisdiksiya sərt milli prosedurlardan keçməyi tələb edir (məsələn, ABŞ-da NRC və ya Avropa və Asiyada analoji tənzimləyicilər tərəfindən) [5, 6]. KMR-lərin universal beynəlxalq lisenziyalaşdırılmasının olmaması layihələrin kommersiyalaşdırılmasını illərlə ləngidir [5, 6].



Nüvə yayılması problemi: bir sıra innovativ KMR və mikroreaktor layihələri yüksək dərəcədə zənginləşdirilmiş urandan (uran-235 izotopu üzrə 19,75%-ə qədər, sözügedən HALEU) istifadəni nəzərdə tutur [6]. Belə yanacağın kütləvi istehsalı, daşınması və uzaq regionlara və ya inkişaf etməkdə olan ölkələrə beynəlxalq ixracı BAEA tərəfindən nüvə materiallarının fiziki nüvə təhlükəsizliyi və yayılmasına nəzarət sahəsində əlavə risklər yaradır [6].

Desentralizə edilmiş məkanlarda radioaktiv tullantılarla rəftar: uzaq sənaye və ya arktik zonalarda (məsələn, Çukotka və ya Yakutiyaadakı layihələr) yüzrlə kiçik stansiyanın yerləşdirilməsi istifadə olunmuş nüvə yanacağının (İNY) qaytarılması logistikasını çətinləşdirir və sərt iqlim şəraiti olan regionlarda radioaktiv tullantıların (RAT) təhlükəsiz monitorinqi və müvəqqəti saxlanması üçün şaxələnmiş infrastrukturun yaradılmasını tələb edir [6, 13].

Müqayisəli dərkətmə: vahid güclü enerji sistemləri tələb edən ənənəvi iri AES-lərdən fərqli olaraq, KMR-lər infrastruktur çatışmazlıqlarının “nöqtəvi» həlli aləti kimi çıxış edir [6]. Maliyyə-iqtisadi maneələrin (FOAK/NOAK) və tənzimləmə ziddiyyətlərinin İT şirkətləri ilə ittifaqlar vasitəsilə (ABŞ-da) və ya dövlət subsidiyalaşdırılması ilə (RF və ÇXR-də) həlli yeni nüvə yarışında milli yurisdiksiyaların rəqabətqabiliyyətliliyini müəyyən edir [2, 5, 6, 13].

NƏTİCƏ

Aparılmış tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, dünya energetikası yüksək texnoloji iqtisadiyyat sektorlarından, o cümlədən məlumatların emalı mərkəzlərindən (MEM) və süni intellekt sistemlərindən elektrik enerjisinə kolossal tələbat artımının doğurduğu dərin transformasiya yaşayır [2, 3, 6]. Aşkar edilmişdir ki, geosiyasi və bazar qeyri-sabitliyi şəraitində fasilələrlə işləyən bərpaolunan enerji mənbələrinə əsaslanan ənənəvi enerji balansı modeli fasiləsiz baza yükünü təmin etməyə qadir deyil; bu, dinc atoma marağın genişmiqyaslı dirçəlişini şərtləndirir [2, 3, 6].

Sübut edilmişdir ki, yeni energetika yarışının texnoloji nüvəsini kiçik modul reaktorlar (KMR) və kiçik güclü atom stansiyaları (KGAES) təşkil edir [2, 6]. Onlar yerləşdirmənin yüksək çevikliyini, investisiya cəlbədiciliyini (initial CAPEX-in azaldılması və LCOE-nin optimallaşdırılması) və artırılmış təhlükəsizliyi təmin edir [2, 6].

Cədvəl 1. Kiçik modul reaktor layihələri [6].

Ölkə / Region	Tətbiqin əsas hərəkətverici qüvvəsi	Əsas layihələr / Texnologiyalar	Hədəf göstəriciləri / Güc	2026-cı il üzrə icra statusu
ABŞ [5, 6]	Sİ klasterlərinin MEM-lərinin enerji təminatı, dekarbonizasiya [5, 6]	Kairos Power (Hermes-2), Three Mile Island-in bərpası, Holtec (Palisades) [5, 6]	İT nəhənglərinin ehtiyacları üçün yüzrlə MVt-a qədər miqyaslanma [5, 6]	Lisensiyalaşdırma və prototiplərin tikintisi mərhələsi (Hermes-2-nin işə salınması ~2030) [5, 6]



Çin [2, 6]	Sənaye artımı, elektromobillər, uzunmüddətli plan [2, 6]	Üçüncü nəsillə seriyalı reaktorlar, yüksəktemperaturlu qazsoyutmalı reaktorlar [2, 6]	2050-ci ilə qədər 335 QVt-a qədər [2, 6]	Mütləq dünya lideri: 58 fəaliyyətdə olan, 33 tikilməkdə olan blok [2, 6]
Hindistan [6, 10]	Sənayeləşmə, kömür generasiyasının əvəzlənməsi [6, 12]	Ağır sulu reaktorlar (BSR), sürətli brider reaktorları (PFBR) [6, 12]	2050-ci ilə qədər 100 QVt-a qədər [6, 12]	Sürətli reaktor prototipi PFBR-in işə salınması (500 MVt, 2026-cı il aprel) [6, 10, 12]
Rusiya [6]	Arktikanın mənimsənilməsi, enerji çatışmazlığı olan uzaq regionlar [6]	Buzqıran reaktorları ("RİTM-200», "RİTM-200N»), ÜAİES "Akademik Lomonosov», "Şelf» [6]	Maşınqayırma divizionu bazasında seriyalı istehsal [6]	Yakutiya (Ust-Kuyqa) yerüstü KGAES-in tikintisi, Çukotkada ÜAİES-in istismarı [6, 13]
Özbəkistan [6, 13]	Aqrar-sənaye kompleksinin, avtomobil sənayesinin inkişafı, regional ixrac [6, 13]	İnteqrasiya olunmuş AES (VVER-1000 reaktorları və manevrli "RİTM-200N» KMR-ləri) [6, 13]	Cizzax vilayətində kombinə edilmiş stansiyanın tikintisi [6, 13]	Tikinti işlərinin başlanması (2026-cı il), MİFİ filialında kadr hazırlığı [6, 13]
Böyük Britaniya [6]	Yaşıl keçid, təqaüdə çıxan kömür güclərinin əvəzlənməsi [6]	Rolls-Royce SMR, Sizewell C layihəsi [6]	2050-ci ilə qədər atom generasiyasının 24+ QVt-a çatdırılması [6]	Əsas təchizatçının seçilməsi, tənzimləmə razılaşdırması mərhələsi [6]

Milli strategiyaların təhlili Çinin güc artırma templərində danılmaz liderliyini, ABŞ və Hindistanda generasiyanın modernləşdirilməsi üzrə miqyaslı planları, həmçinin qabaqcıl yerli işləmələrin ("RİTM», "Şelf», "Elena» reaktor sıraları) fəal tətbiqini və inteqrasiya olunmuş layihələrin beynəlxalq həyata keçirilməsini (o cümlədən Özbəkistanda kombinə edilmiş AES-in tikintisi) göstərmişdir [1, 2, 4, 5, 6, 12, 13].

Əldə olunmuş nəticələr təsdiq edir ki, iri atom layihələrinin paylanmış KMR şəbəkəsi ilə birləşməsi təkcə rəqəmsal iqtisadiyyat və sənaye üçün enerji gücü çatışmazlığını bağlamağa deyil, həm də tənzimləmə və logistika məhdudiyyətləri aradan qaldırıldığı təqdirdə infrastrukturunu çətin əlçatan regionların uzunmüddətli energetika təhlükəsizliyini təmin etməyə imkan verəcəkdir [2, 6, 13].

ƏDƏBİYYAT

1. World Nuclear Association. Nuclear Power in the World Today [Electronic resource]. — London: WNA, 2026. — Mode of access: <https://www.world-nuclear.org>.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). Small Modular Reactors: Developments and Outlook. — Vienna: IAEA, 2025. — 88 p.
3. Global Energy Review: The Future of Base-Load Power in AI and Data Centers. — International Energy Agency (IEA), 2025. — 120 p.



4. Advanced Nuclear Technologies and Captive Power Solutions for Industrial Clusters. — IAEA Technical Reports, 2024. — 96 p.
5. U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC). Licensing Framework and Progress Update for Advanced Small Modular Reactors. — Washington: NRC, 2026. — 54 p.
6. Аналитический обзор развития глобальной ядерной энергетики и рынка MMP. — Материалы отраслевых исследований, 2025–2026. — 112 с.
7. Department of Atomic Energy (DAE), India. Long-Term Nuclear Power Roadmap and Growth Targets to 2050. — Mumbai: DAE, 2025. — 45 p.
8. Министерство энергетики Республики Узбекистан. Отчет о развитии агропромышленного комплекса и интеграции энергетических систем. — Ташкент, 2025. — 78 с.
9. Институт ядерной физики Академии наук Узбекистана. Исследовательский реактор ВВЭР-С: история, научные достижения и производство медицинских изотопов. — Ташкент, 2025. — 64 с.
10. IAEA. SMR Definitions, Design Characteristics, and Global Classification. — Vienna: IAEA, 2024. — 52 p.
11. World Nuclear Energy Outlook 2026: Annual Review of Global Nuclear Capacities and Long-Term Projections. — London: World Nuclear Association, 2026. — 142 p.
12. Department of Atomic Energy (DAE), India. Prototype Fast Breeder Reactor at Kalpakkam, Tamil Nadu attains First Criticality. — Mumbai: DAE, 2026. — 28 p.
13. Официальный сайт Госкорпорации «Росатом». Проекты сооружения АЭС малой мощности и интегрированных станций в Узбекистане и Якутии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru>.
14. World Nuclear Association. Small Modular Reactors (SMRs) — Global Deployment and Market Analysis. — London: WNA, 2026. — 84 p.
15. Развитие атомной энергетики за рубежом: стратегия малых модульных реакторов (ММР) / аналитический обзор мировой ядерной ассоциации. — Женева, 2025. — 98 с.
16. Петров, В. Н. Малые модульные реакторы в архитектуре энергообеспечения высоконагруженных вычислительных комплексов и систем искусственного интеллекта / В. Н. Петров, И. С. Смирнов // Атомная энергия и технологии нового поколения. — 2025. — № 4. — С. 45–58.



17. Использование малых атомных реакторов для энергообеспечения центров обработки данных: аналитический доклад / под ред. академика РАН А. А. Ильина. — Москва : Наука, 2026. — 132 с

ABSTRACT

SMALL NUCLEAR POWER IN THE SERVICE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AT THE CENTER OF A NEW NUCLEAR RACE

Rauf Mamedli

Aytaj Aliyeva

The article provides a comprehensive analysis of the current stage of the global nuclear energy renaissance, driven by the rapid growth of energy consumption by data centers, artificial intelligence systems, and electric transport. Special attention is paid to small modular reactor (SMR) technologies and small modular nuclear power plants (SMNPPs) as a key tool for ensuring stable base load and energy security amid the volatility of hydrocarbon markets. The large-scale strategies and projects of leading global powers—the USA, China, India, the UK, France, and Russia (including innovative reactors such as the RITM-200N, the “Elena” and “Shelf” projects, as well as the integrated NPP in Uzbekistan)—are examined. The economic aspects of SMR implementation (CAPEX, LCOE), regulatory barriers, and technological limitations are analyzed, alongside the integration of nuclear generators with industrial clusters, the agricultural sector, and critical infrastructure objects.

Keywords: nuclear energy, small modular reactors (SMRs), small modular nuclear power plants (SMNPPs), artificial intelligence, data centers, energy security, nuclear technologies, LCOE.

