

*Mehdiyev O.Ş.*AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan  
[depart4@iit.science.az](mailto:depart4@iit.science.az)**YAŞIL HESABLAMALAR: MÜASİR VƏZİYYƏTİ, PROBLEMLƏRİ VƏ PERSPEKTİVLƏRİ**

*Məqalədə yaşıl hesablamaların müxtəlif aspektləri, müasir vəziyyəti və inkişaf perspektivləri araşdırılır. Araşdırmalar göstərir ki, insanı əhatə edən ətraf mühit antropogen və texnogen təsirlərə məruz qalmaqda davam edir. Yer kürəsi kiçik, orta və böyük sənaye müəssisələrinin inkişafı səbəbindən global istiləşmə və karbon dioksid qazının artan emissiyası ilə üzlaşır. Müasir cəmiyyətin hərəkətverici qüvvəsinə çevrilən İKT-nin enerji sərfiyyatı və onların istehsalında istifadə olunan zəruri təbii xammalın miqdarı hər gün artır. Məqalədə bu problemə diqqət yetirmək və ətraf mühitin qorunmasına yönəldilmiş həllər təklif etmək üçün yaşıl hesablamalar çox vacib amil kimi tədqiq olunmuş və müvafiq tövsiyələr verilmişdir.*

*Açar sözlər: ekologiya, yaşıl hesablamalar, enerji effektivliyi, karbon izi.*

**Giriş**

Qədim dövrlərdən başlayaraq bu günə kimi insan cəmiyyəti xüsusi və ya fəvqəladə vəziyyətlərdə müxtəlif sivilizasiyaların məhvə səbəb olan ətraf mühit problemləri şəraitində inkişaf etmişdir. Müasir dövrdə zəlzələlər və sunamilərlə dağılmış və Yer üzündən silinmiş yaşayış məntəqələrinin sarsıdıcı video və foto materialları təbiət hadisələrinin (məs., 2004-cü ildə İndoneziya və 2011-ci ildə Yaponiyada baş vermiş fəlakətlər) dağıdıcı gücü haqqında əsaslandırılmış təsəvvürlər yaradır. Şübhəsiz ki, bu olduqca böyük problemdir və onun həlli insan fəaliyyətinin ətraf mühitə müxtəlif təsir formalarının araşdırılması və potensial təhlükəli xarakterinin proqnozlaşdırılması ilə bağlıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, bu problem baş vermiş sənaye inqilablarının inkişaf mərhələləri, onların dünyaya yayılması, cəmiyyətin sənayeləşməsi və urbanizasiyası ilə əlaqədar geniş yayılmışdır. Nəticədə atmosfer və hidrosferin çirklənməsi, torpağın eroziyası, meşələrin məhv edilməsi kimi ekoloji amillərin yaranmasının ilk əlamətləri aşkarlanmışdır. Artıq 1866-cı ildə alman alimi, bioloq Ernest Hekkel ekologiyayı “orqanizmlərin ətraf mühitlə münasibətləri haqqında elm” kimi müəyyən etmişdir.

Sənaye inqilabı ilk dəfə İngiltərədə XVIII əsrin ortalarında başlanmış və XIX əsrin birinci yarısında hərtərəfli xarakter almış, sonra isə Avropa və Amerikanın digər ölkələrini də əhatə etmişdir. Elektrikin kəşfi, mexaniki nəqliyyat vasitələrinin yaranması, neft və qazın istifadəsi təsərrüfat dövriyyəsinə yerin təbii ehtiyatlarının, suyun, meşə ehtiyatlarının və faydalı qazıntıların cəlb edilməsini intensivləşdirdi, bu da, öz növbəsində, ətraf mühitə antropogen və texnogen təsirlərin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına və çoxsaylı təhlükələrin yaranmasına səbəb oldu.

Müasir dövrdə kompüter texnikasının yaranması və inkişaf tarixi timsalında problemə kompüterlərdə və onların istehsalında istifadə edilən materialların ekoloji xüsusiyyətlərinin təsirinə diqqət yetirək. Belə ki, məsələn, EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer* – Elektron diskret dəyişkən avtomatik kompüter) kompüterinin yaddaşında civə gecikmə xətlərindən istifadə edilirdi [1]. Lakin sonrakı hadisələr və əlavə tədqiqatlar civənin çox təhlükəli xassələrini aşkarladı və onun istifadəsi təyinatlarının standartlaşmasını zəruri etdi. Hazırda civənin istifadəsi, civə tərkibli cihazların istehsalını (tamamilə dayandırılmasına qədər) azaltmaq üçün beynəlxalq ictimaiyyətin tədbirlərini nəzərdə tutan Civə haqqında Minamata Konvensiyası (2013-cü il) tərəfindən tənzimlənir. Civə insan sağlamlığına əhəmiyyətli dərəcədə nevroloji və digər təsirləri olan bir maddə kimi tanınır, onun hələ ana bətnində olan və yeni doğulmuş körpələrə zərərli təsirləri haqqında xüsusi narahatlıq ifadə edilir [2].

Məlumdur ki, müasir cəmiyyət çoxlu sayda kompüter, planşet, smartfon və digər elektron texnikasından fəal istifadə edir və bütün bunlara uyğun olaraq elektrik enerjisinin istehlakının və bununla bağlı karbon dioksid qazının emissiyasının artması baş verir. Proqnozlara görə, qlobal İKT sektorunun 2020-ci ilədək ümumi karbon dioksid emissiyalarında payı 3,5%-ə qədər olacaq [3]. Həm də çoxlu sayda İKT qurğularının həyat tsiklinin sonunda elektron tullantılarına çevrilməsi ciddi fəsadlar yaradır. Yaxın gələcəkdə bu tendensiya dəyişməyəcəkdir. Ona görə də İKT vasitələrinin ətraf mühitə təsirinin maksimal azaldılması məqsədilə müvafiq fəaliyyət konsepsiyasının hazırlanıb həyata keçirilməsi lazımdır.

Yaşıl hesablamaların (YH) məqsədi hesablama və telekommunikasiya qurğularında təhlükəli materiallardan istifadənin azaldılması, onların enerji səmərəliliyinin maksimuma çatdırılması, əvəzolunmaz maddələr dövriyyəsinin artırılması və alternativ enerji mənbələrindən istifadəsinin təmin olunmasıdır. YH elektron sistemlərdən genişmiqyaslı məlumat mərkəzlərinə qədər olan bütün sistem sinifləri üçün vacibdir.

Məqalə YH təşəbbüsünün tədqiqinə, bu sahədə inkişaf tendensiyalarına və müvafiq tövsiyələrin formalaşdırılmasına həsr edilmişdir.

### Yaşıl hesablamalar sahəsində tədqiqatların və normativ sənədlərin qısa icmalı

İnkişaf etmiş ölkələrdə 1950-ci illərdən başlayaraq ətraf mühitin çirklənməsi geniş müzakirə edilən mövzuya çevrilmiş və 1970-ci illərdə bu ölkələrdə ekologiya üzrə müxtəlif dövlət qurumları yaradılmağa başlamışdır. Bu qurumların vəzifəsi yığılan faktlar əsasında müvafiq siyasətlərin işlənilməsi və həyata keçirilməsi idi. BMT-nin ətraf mühitin problemləri üzrə konfransında (Stokholm, 1972-ci il) “Dayanıqlı inkişaf” konsepsiyası müzakirə edildi [4]. Bu konsepsiya elektrik enerjisinin klassik istehsal metodlarında məhdudiyətlərə və iqtisadi göstəricilərə diqqət etmək əvəzinə ekoloji meyarların maksimal uçotunun aparılmasını nəzərdə tuturdu.

Bəşəriyyət və gələcək nəsillər qarşısında ekoloji məsuliyyətin başa düşülməsi ABŞ-ın ətraf mühitin mühafizəsi agentliyini (*United States Environmental Protection Agency, EPA*) 1992-ci ildə monitorlarda və digər elektron qurğularda enerji istehlakının azalmasına yönələn *Energy Star* (Enerji ulduzu) könüllü sertifikatlaşdırma proqramını tətbiq etməyə vadar etdi [5]. Həmin vaxt ilk dəfə *green computing* (yaşıl hesablamalar) termini istifadə edildi. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, digər sertifikatlaşdırma proqramları da analoji məqsədlərə xidmət edir. İsveç Həmkarlar Konfederasiyasının *TCO* (1992-ci ildə qəbul edilmişdir) standartını və 1978-ci ildə Almaniya Federal Daxili İşlər Nazirliyinin təşəbbüsü ilə yaradılmış *Der Blaue Engel* (Mavi mələk) sertifikatlaşdırma proqramını (əmtə və xidmətlər üçün ekoloji təhlükəsizlik nişanı) buna misal göstərmək olar. Ekoloji nişanlamanın olması göstərirdi ki, istehsal prosesində və sonrakı istifadə zamanı istehsalçılar ətraf mühitə təsiri azaltmaq üçün bütün mümkün imkanlardan istifadə etməyə çalışmışlar. *Energy Star* proqramının ən nəzərə çarpan töhfəsi kompüterlər üçün “yuxu” rejimi olmuşdur ki, istifadə edilmədiyi vaxtda sistem sadəcə “yuxu” rejiminə keçir, bununla da enerjiyə qənaət etmiş olur.

YH İKT-nin tətbiqi nəticəsində ətraf mühitə zərərli təsirlərin azaldılmasına yönələn təşəbbüsdür və onun həlli üçün aşağıdakı şərtlərin olması vacibdir:

1. Elmi nailiyyətlər və innovativ texnologiyalar.
2. Müvafiq konvensiyalar, qanunlar, standartlar, sertifikatlar.
3. Ekoloji maarifləndirmə, insan fəaliyyətinin təbiətə təsirinin müxtəlif təsirlərindən yaranan antropogen və texnogen faktorlar barədə məlumatlandırma.

YH 3R prinsipinə əsaslanır:

- *Reuse* – yenidən istifadə;
- *Reduce* – məhdud istehlak;
- *Recycle* – istifadə üçün təkrar emal.

Bir çox müəlliflər bu prinsipləri aşağıdakı kimi şərh edirlər [6, 7]:

– Yaşıl istifadə (*green use*) – kompüter texnikası və xarici qurğuların enerji istehlakının minimuma endirilməsi.

– Yaşıl zərərsizləşdirmə (*green disposal*) – aparat və proqram təminatının lazımi səviyyədə təkmilləşdirilməsindən sonra mövcud olan kompüterlərin təkrar istifadəsi və istismardan çıxarılmış nasaz texnikanın ekoloji cəhətdən təmiz üsullarla təkrar emalı.

– Yaşıl dizayn (*green design*) – kompüter texnikası, telekommunikasiya və digər rəqəmsal qurğuların layihələndirilməsi və istehsalı zamanı enerjiyə qənaət edən texnologiyaların və ekoloji cəhətdən təmiz materialların istifadəsi.

– Yaşıl istehsal (*green manufacturing*) – ətraf mühitə və insan sağlamlığına minimal mənfi təsirlərlə texnika və onların komponentlərinin istehsalının təşkili, təhlükəli ilkin materiallardan imtina və alternativ analoqlardan istifadə.

2005-ci ildə YH-nin məqsədlərini həyata keçirmək üçün ABŞ-da ekoloji meyarlar üzrə elektron məhsulların təsnifat proqramını əlaqələndirən *Green Electronics Council* (Yaşıl Elektronika Şurası) qeyri-kommersiya təşkilatı təsis edilmişdir [8]. Bu proqrama uyğun olaraq, İKT avadanlıqları və ya aparatları aşağıdakı vəzifələri həll etməyə yönəldilmiş 23 zəruri və 28 arzu olunan meyarların tələblərinə cavab verməlidir:

- ekoloji tarazlığı pozan maddələrin istifadəsini məhdudlaşdırmaq;
- ilkin materialların məsuliyyətli seçimi;
- həyat tsiklinin sonunda avadanlıqların istifadəsi üzrə layihələr;
- etibarlı və uzunmüddətli istismarın təmin edilməsi;
- enerji qənaəti təşəbbüsləri;
- tullantıların idarə edilməsi;
- ekoloji qablaşdırmadan istifadə;
- sərfiyyat materiallarına tələbatın azaldılması;
- avadanlıqların istifadə olunduğu yerlərdə ətraf mühitin keyfiyyəti.

Yuxarıda sadalanan problemlərin həllinə yönəlmiş bir sıra standartlar və direktivlər mövcuddur.

*IEEE 1680.1-2018* standartı (standartın ilk nəşri 2006-cı ildə qəbul edilmişdir) kompüter və displeylərin ekoloji və sosial məsuliyyətini qiymətləndirmək üçün nəzərdə tutulmuş və sadalanan məsələlərin həllinə yönəldilmişdir [9].

*IEEE 802.3az Energy Efficient Ethernet* standartı *Ethernet*-birləşməsi vasitəsilə kompüter şəbəkələrinin enerji istehlakının azaldılmasına yönəldilmişdir. Bu standart həmçinin *Green Ethernet* adlanır [10].

Avropa İttifaqının *2011/65/EU Restriction of Hazardous Substances Directive–RoHS* “Elektrik və elektron avadanlıqlarında bəzi təhlükəli maddələrin istifadəsinin məhdudlaşdırılması” adlı Direktivi [11] İKT və digər elektron avadanlıqlar istehsalında qurğuşun, kadmium, cıvə, 6 valentli xrom, polibromdifenil və onun efirlərinin istifadəsini qadağan edir. *RoHS* Direktivinin tələbləri bəzi Şərqi Asiya ölkələrinin milli normativ sənədlərinin hazırlanmasında da əsas götürülmüşdür [12].

Avropa İttifaqının *2010/30/EU Energy Label* Direktivi istehsalçılara öz məhsullarında enerji effektivliyi xarakteristikalarını göstərməsini tələb edir.

*Çinin enerjiyə qənaət təşəbbüsü*. 1998-ci ildə Çində Milli inkişaf və islahatlar üzrə Komissiyası tərəfindən enerji və sudan səmərəli istifadə məqsədilə və ekoloji cəhətdən təmiz məhsulların sertifikatlaşmasına dair Çin Enerji Saxlama Proqramı (ÇESP) təşkilatı təsis olunur. Onun əsas hədəflərindən biri istehlakçıları davamlı enerjiyə qənaət qərarlarını inkişaf etdirməyə təşviq etməkdir. Bu təşkilat milli və beynəlxalq arenada ətraf mühitin qorunmasında fəal iştirak edir [13].

YH çərçivəsində digər ekoloji təşəbbüs elektrik və elektron tullantıların davranış qaydalarına dair Avropa Birliyinin *2012/19/EU* sayılı Direktivi [14], eləcə də, təmir və təkrar emal üçün təhlükəsizlik standartlarını dəstəkləyən *e-Stewards* proqramıdır [15].

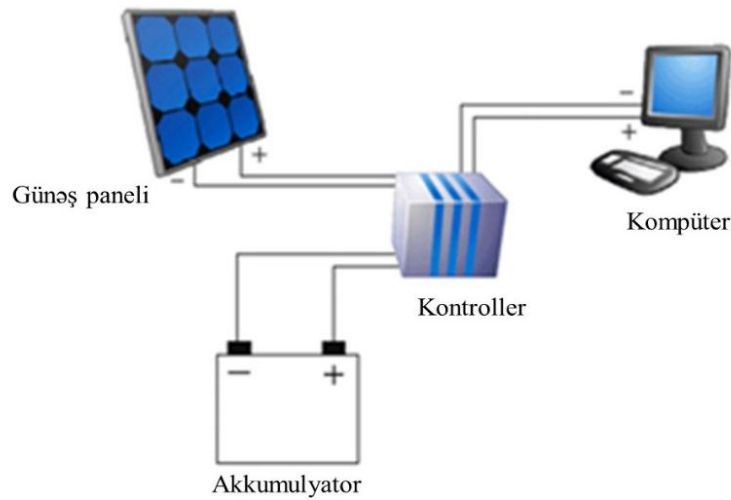
Aparıcı kompüter və elektron texnikası istehsalçı şirkətləri öz məmulatlarını yuxarıda qeyd edilən direktivlər və standartların tələblərinə əsasən nişanlayırlar.

Kompüterlərin və verilənlərin emalı mərkəzlərinin (VEM) enerji səmərəliliyini artıran intellektual texnologiyaları təbliğ etmək məqsədlərini qarşıya qoyan digər qeyri-kommersiya qrupları da vardır. Bunlara *Computing Initiative Climate Savers* və *The Green Grid* daxildir [16]. *The Green Grid*-in təşəbbüsü ilə VEM-də soyutma üçün suyun istifadə effektivliyini müəyyən edən “Sudn istifadə effektivliyi” (*Water Usage Effectiveness*) əmsalı tətbiq edilmişdir [17]. Kompüter qida bloklarında enerjinin istifadə effektivliyi *80 Plus* sertifikatlaşdırma proqramı ilə təmin edilir. Sertifikatlaşdırılmış kompüter qida blokları müəyyən yük səviyyələrində istilik şəklində 20% və ya daha az elektrik enerjisi istifadə edir, bununla da, elektrik enerjisi istehlakını və xərclərini adi elektrik qida blokları ilə müqayisədə azaldır [18].

### Elmin və innovativ texnologiyaların nailiyyətlərinin yaşıl hesablamaların inkişafına təsiri

Elm və texnikanın dinamik inkişafı İKT sahəsində daim yaranan ekoloji problemlərin həllində vacib rol oynayır. Belə ki, maye kristal monitorların ixtirası və tətbiqi elektron-şüa borulu texnologiyadan istifadə ilə müqayisədə elektrik enerjisi sərfiyyatını 90-120 Vt-dan 25-40 Vt-dək azaltmağa imkan vermişdir. İnternetdə ağac və təbii materiallar əsasında bioloji parçalanan çiplər haqqında məlumatlara rast gəlinir.

Alternativ enerji mənbələrinin tətbiqi YH konsepsiyasının reallaşmasına əlavə təkan verməlidir. Məsələn, elektrik enerjisi mənbəyi kimi günəş enerjisindən istifadənin təklif olunduğu ideal yaşıl kompüterin reallaşması Şəkil 1-də göstərilir.



Şəkil 1. İdeal yaşıl kompüterin konsepsiyası

*Microsoft* şirkəti özünün VEM-nin dünya okeanı sularında yerləşdirilməsini sınaqdan keçirir. Aşağı temperaturlu okean suyu soyuducu sistemlərində sərf olunan enerji və şirin su tələbatını azaldır [19]. Bununla da, ətraf mühitə mənfi təsirlər xeyli azalır.

*Bio-computing*. Bio-kompüterlər molekulların xüsusiyyətlərinə və onların qarşılıqlı əlaqələrinə əsaslanan hesablama sistemləridir. Bioloji molekulların dielektrik, metal, yarımkəçirici və hətta superkeçirici xüsusiyyətləri ola bilər. Onların əsasında nanotranzistorları, nanodiodları, məntiqi elementləri yaratmaq mümkün olacaq. Yuxarıda göstərilən faktlar deməyə əsas verir ki, bio-kompüterlər ətraf mühitə uyğun ekoloji təmiz təbii elementlərdən hazırlanacaq.

*Nano-computing*. Nanohesablama nanometrərlə ölçülə bilən çox kiçik və ya nanocihazlardan istifadə edən bir hesablama sistemidir. Həmin cihazın ölçüsü bioloji hüceyrə kimi kiçik ola bilər. Bu, daha kiçik cihazların inkişafına kömək edəcək və YH-yə öz töhfəsini verə biləcək potensial texnologiyaya olacaq [20].

### Yaşıl hesablamaların enerji effektivliyi

Hazırda YH-nin tətbiq sahələri aşağıdakılardır:

1. bulud texnologiyaları;
2. tullantıların təkrar emalı və onların xammal halına salınması;
3. enerjinin idarə edilməsi;
4. virtuallaşdırma;
5. telekommunikasiya (distant tədris, videokonfrans);
6. hesablama və yaddaş resurslarının optimal (bərabər) paylanması.

Bulud hesablamalarının istifadəsi geniş yayılmışdır və buna uyğun olaraq, onların istehlak etdikləri enerjinin də həcmi artır. Müvafiq hesablamalar baxımından, YH-nin vəzifələrindən biri hesablamaların və müxtəlif növ xidmətlərin effektivliyinin artırılması və bununla bağlı elektrik enerjinin istehsalında əmələ gələn  $CO_2$  karbon-dioksit qazının emissiyalarının azaldılmasıdır.

Enerji istifadəsinin səmərəliliyi (*Power usage effectiveness, PUE*) enerji istehlakının hesablanması üçün geniş istifadə olunan əmsaldır [21, 22]:

$$PUE = \text{Ümumi istehlak gücü} / \text{İKT-nin istehlak gücü}$$

Müxtəlif iqlim zonaları üçün tövsiyə olunan *PUE* əmsalları ABŞ-ın İsitmə, Soyutma və Kondisioner Mühəndisliyi Cəmiyyətinin (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE*) standartı ilə müəyyən edilir. Bu səviyyələr Cədvəl 1-də göstərilmişdir [23].

Cədvəl 1. *ASHRAE* standartının *PUE* əmsalları

İqlim zonası	İqlimin xarakteristikası	<i>PUE</i> -nin tövsiyə olunan səviyyəsi	Ölkələrin nümunələri
1A	Çox isti, rütubətli	1,61	Tayland, Sinqapur, Hindistan, Meksika, Venesuela
1B	Çox isti, quru	1,53	
2A	İsti, rütubətli	1,49	Peru
2B	İsti, quru	1,45	
3A	İllıq, rütubətli	1,41	Argentina, İordaniya, Çin
3B	İllıq, quru	1,42	
3C	İllıq, dəniz	1,39	
4A	Qarışıq, rütubətli	1,39	Fransa, İspaniya
4B	Qarışıq, quru	1,38	
4C	Qarışıq, dəniz	1,38	
5A	Sərin, rütubətli	1,36	Polşa, Rumıniya, İsveçrə, Almaniya
5B	Sərin, quru	1,33	
5C	Sərin, dəniz	1,36	
6A	Soyuq, rütubətli	1,34	Norveç, Rusiya (Moskva, Volqoqrad)
6B	Soyuq, quru	1,33	
7	Çox soyuq	1,32	İslandiya, Qrenlandiya
8	Subarktik	1,3	Kanada (Yukon regionu)

YH konsepsiyasının uğurlu tətbiqinə nümunə İsveçin Luleo (orta illik temperaturu  $+2^{\circ}C$ ) şəhərində inşa edilən *Facebook*-un Verilənlərin Emalı Mərkəzində həyata keçirilir [24]. Burada soyutma xərclərinin əhəmiyyətli dərəcədə optimallaşdırılması hesabına *PUE*-nin 1,07 kəmiyyətinə endirmək mümkün olmuşdur.

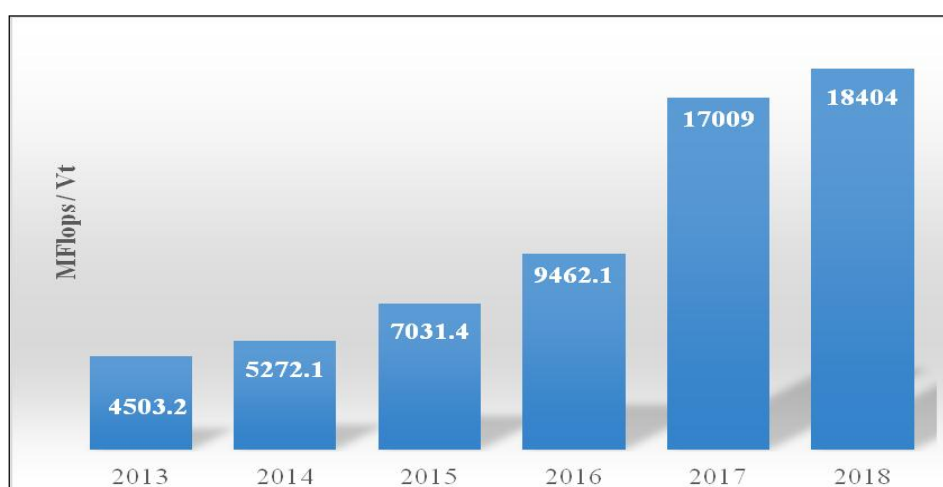
*PUE* kifayət qədər dəqiq bir meyar olsa da, enerjinin necə yaradıldığını və buna görə də onun karbon izini nəzərə almır.  $CO_2$  karbon-dioksit baxımından istifadə edilən enerjinin ətraf mühitə təsirini nəzərə almaq üçün bəzi müəlliflər “Karbonun effektiv istifadəsi” (*Carbon Usage Effectiveness, CUE*) əmsalından istifadə etməyi təklif edirlər [25]. Məsələn, su, nüvə, günəş və külək elektrik stansiyalarında istehsal olunan enerji karbon-dioksit emissiyasının mənbəyi deyil.

Kompüter sistemlərinin enerji səmərəliliyini xarakterizə edən daha bir meyar əldə olunmuş məhsuldarlığın (*Flops*) istehlak edilmiş gücə (*Vt*) nisbətidir -  $Flops/Vt$ . Bu meyara görə hər bir *Vt* sərf olunan enerjiyə nail olunmuş məhsuldarlıq hesablanır və beləliklə, enerji səmərəliliyini əks etdirən Green500 reytingi tərtib edilir [26]. Green500-də reytinglər *Top500* siyahısına daxil olan ən məhsuldar superkompüterlər arasında hesablanır (Cədvəl 2) [27].

Cədvəl 2. 2018-ci il iyun üçün *Green500* reytingləri

Green-500 reytingi	Top-500 reytingi	Superkompüter/ Ölkə	Məhsuldarlıq, TFlops	Güc, kVt	Enerji səmərəliliyi, Mflops/Vt
1	359	Shoubu systemB/ Yaponiya	857,6	47	18404
2	419	Suiren 2/ Yaponiya	798,0	47	16885
3	385	Sakura / Yaponiya	824,7	50	16657
4	227	DGX SaturnV Volta /ABŞ	1070,0	97	15133
5	1	Summit /ABŞ	122300,0	8806	13889
6	19	TSUBAME 3.0 /Yaponiya	8125,0	792	13704
7	287	AIST AI Cloud /ABŞ	961,00	76	12681

[28]-a əsaslanaraq, Şəkil 2-də son 6 ildə superkompüterlərin enerji səmərəliliyinin artımını əks etdirən diaqram göstərilir.



Şəkil 2. Superkompüterlərin enerji səmərəliliyinin artım dinamikası [28]

Diaqramdan görüldüyü kimi, 2013-cü ilə nisbətən 2018-ci ildə ən yaşıl superkompüterin enerji səmərəliliyi 4503,2 Mflops / Vt-dan 18404 Mflops / Vt-dək artmışdır.

### **Ekoloji maarifləndirmə**

Ekoloji maarifləndirmə hər bir fərdin qərarların verilməsində və cəmiyyətin ehtiyaclarını təmin etməklə ətraf mühitə təsiri barədə məlumatlı olması üçün əhəmiyyətli faktor ola bilər. Məsələn, kimyəvi sabit cərəyanlı enerji mənbələri olan milyonlarla noutbuklardan, planşetlərdən, smartfonlardan və digər cihazlardan istifadə edirik. Bunlar bir dəfə istifadə olunan batareyalar və ya təkrar doldurulan akkumulyatorlardır. İstifadə edildikdən sonra bu elementlər tullantıya çevrilir. Onların tərkibində çox təhlükəli kimyəvi maddələr və birləşmələr var: civə, qalay, sink, kadmium, nikel, manqan, qələvi metallar və s. Qeyd edək ki, bu maddələrin yanması və ya buxarlanması nəticəsində insanlara və ətraf mühitə zərər verən müxtəlif birləşmələr və qazlar yaranır.

Təcrübələr göstərir ki, bir batareyada olan yüksək dərəcəli zəhərli kimyəvi maddə və birləşmələr bir neçə min litr içməli suyu yararsız vəziyyətə salır. Bərk məişət tullantıları poliqonlarında basdırılan batareya və akkumulyatorların aşınması nəticəsində tərkiblərində olan maddələr çox asanlıqla qurultularına sızıb su hövzələrini zəhərləyə bilər. Eyni zamanda, poliqonlara yaxın ərazilərdəki bitki və heyvandarlıq məhsulları istifadə üçün yararsız hala düşür [29]. Ekoloji maarifləndirmə bu kimi və digər biliklərin yayılmasında YH təşəbbüsünün ayrılmaz bir hissəsinə çevrilir.

Bir sıra ölkələrdə ekoloji maarifləndirmə ilə bağlı hüquqi normalar müəyyən edilmişdir. O cümlədən Azərbaycanda “Əhalinin ekoloji təhsili və maarifləndirilməsi haqqında” Qanun bu sahədə münasibətləri tənzimləyir və əhalinin ekologiya ilə bağlı dövlət siyasətinin hüquqi, iqtisadi və təşkilati əsaslarını müəyyən edir [30].

### **Nəticə**

Dünyada sənaye fəaliyyətinin artımına görə Yer in iqlimi tədricən dəyişir. İqlim dəyişikliyinə tamamilə azaldılması ölkələr arasında böyük investisiya və koordinasiya tələb edir. Bununla belə, beynəlxalq ictimaiyyət karbon emissiyalarını azaltmaq, alternativ enerji texnologiyalarını inkişaf etdirmək və istiləşmə səbəbindən riskləri azaltmaq üçün strategiya hazırlaya bilər. İqlim dəyişikliyi və ətraf mühitə antropogen və texnogen təsirin artması iri sənaye komplekslərinə ekoloji siyasətlərini yenidən nəzərdən keçirməyə vadar edir. İKT dünya miqyasında şirkətlərinin sayı sürətlə artmaqdadır. Bu şirkətlər xərcləri və ətraf mühitə təzyiği azaltmaq üçün YH təşəbbüsünə diqqəti artırırlar.

### **Ədəbiyyat**

1. Williams M. R. The origins, uses, and fate of the EDVAC // IEEE Annals of the History of Computing, 1993, Vol. 15, No. 1, pp. 22–38.
2. Минаматская конвенция о ртути. ЮНЕП, 2013 г. <http://www.mercuryconvention.org>
3. Belkhir L., A. Elmehri A. Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 and recommendations // Journal of Cleaner Production, 2018, Vol. 177, pp. 448-463.
4. Декларация Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды, <http://www.un.org/ru>
5. Brown R., Webber C., Koomey J. Status and Future Directions of the ENERGY STAR Program // Energy, 2002, Vol. 27, Issue 5, pp. 505-520.
6. Murugesan S. Harnessing green IT: Principles and practices // IT professional, 2008, Vol. 10, No. 1, pp. 24-33.
7. Saha B. Green Computing // International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT), 2014, Vol. 14, No. 2, pp. 46-50.
8. Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT), <https://www.epa.gov>

9. IEEE Std 1680-2006. Standard for Environmental Assessment of Personal Computer Products, Including Laptop Personal Computers, Desktop Personal Computers, and Personal Computer Monitors.
10. Браун Б. Ethernet энергию сбережет // Computerworld Online, 2010, <https://www.osp.ru/news/articles/2010/29/13003272>
11. Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011. On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, <http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex:32011L0065>
12. Kama M., Shiratori T. Contribution of Asian industries to hazardous substances management and e-waste recycling // Engineering Journal, 2016, No. 4, pp. 1-10.
13. Raza Kh., Patle V.K., Arya S. A review on green computing for eco-friendly and sustainable IT // Journal of Computational Intelligence and Electronic Systems, 2012, Vol. 1, No. 1, pp. 3-16.
14. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), <http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0019>
15. The e-Stewards Story, <http://www.e-stewards.org>
16. The Green Grid, <http://www.thegreengrid.org>
17. Miller R. Data Center Water Use Moves to the Forefront, <https://www.datacenterknowledge.com>
18. 80 PLUS Certified Power Supplies and Manufacturers. <https://www.plugloadsolutions.com>
19. Roach J. Under the sea, Microsoft tests a datacenter that's quick to deploy, could provide internet connectivity for years, 2018, <https://www.news.microsoft.com/for-years>
20. Singh Sh., Gond S. Green computing and its impact. Emerging, Chapter 4, Research Surrounding Power Consumption and Performance Issues in Utility Computing, 2016, pp.69-83.
21. Rouse M. Power usage effectiveness (PUE), <http://www.searchdatacenter.techtarget.com>
22. Кириллов И, Коваленко К. Эффективный дата-центр: о PUE и не только // Сети и бизнес, 2015, Т. 80, № 1, сс. 86-95.
23. Кириллов И. ЦОД в мире: что нового? // Сети и бизнес, 2015, Т. 85, № 6, сс. 60-69.
24. Bradbury D. Super cool: Arctic data centers aren't just for Facebook, 2016, [https://www.theregister.co.uk/2016/05/12/power\\_in\\_a\\_cold\\_climate/](https://www.theregister.co.uk/2016/05/12/power_in_a_cold_climate/)
25. Jauregui-alzo E. PUE: The Green Grid metric for evaluating the energy efficiency in DC (Data Center) / Measurement method using the Power Demand, Telecommunications Energy Conference (INTELEC), 2011, pp.1-8.
26. Feldman M. TOP500 Meanderings: Supercomputers Take Big Green Leap in 2017, <https://www.top500.org/news>
27. Green500 List for June 2018, <https://www.top500.org/green500/list/2018/06>
28. Green500 Lists, <http://www.top500.org/green500/lists>
29. Agayev B.S., Aliyev T.S. Classification of impact factors of certain electronic waste groups on human health // Problems of information society, 2018, No. 1, pp. 71-78.
30. “Əhalinin ekoloji təhsili və maarifləndirilməsi haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu. 2002, <http://www.eco.gov.az>



**УДК 004.3: 504.03**

**Мехтиеv Орхан Ш.**

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан  
[depart4@iit.science.az](mailto:depart4@iit.science.az)

**Зеленые вычисления: современное состояние, проблемы и перспективы**

В статье рассматриваются различные аспекты зеленых вычислений, состояние и перспективы их развития. Исследования показывают, что окружающая человека среда сталкивается с возрастающим давлением на нее антропогенных и техногенных факторов. Существенными стали проблемы глобального потепления и выбросов углекислого газа из-за развития малых, средних и крупных промышленных предприятий во всем мире. Потребление энергии аппаратными ресурсами информационно-коммуникационных технологий как движущей силы современного общества и, соответственно, количество природного сырья, необходимого для их производства, растут с каждым днем. В статье предлагается усилить внимание к этим проблемам и даны рекомендации для их решения на основе инициативы зеленых вычислений.

*Ключевые слова:* экология, зеленые вычисления, энергоэффективность, углеродный след.

**Orkhan Sh. Mehdiyev**

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan  
[depart4@iit.science.az](mailto:depart4@iit.science.az)

**Green computing: state-of-the-art, problems and perspectives**

The article discusses various aspects of green computing, the state-of-the-art and development perspectives. Studies show that the surrounding environment undergoes anthropogenic and man-made factors. The Earth confronts the problem of global warming and carbon dioxide emissions due to the development of small, medium and large industrial enterprises. Information and communication technologies have become the driving force of modern society. Their energy consumption and the amount of natural raw materials necessary for their production are daily growing. The article proposes to focus on these problems and provides recommendations for their solution based on the initiative of green computing.

*Keywords:* ecology, green computing, energy efficiency, carbon footprint.