

UOT 621.382

AZƏRBAYCAN İQLİM BÖLGƏLƏRİ VƏ SAHƏLƏRİ ÜZRƏ GÜNƏŞ FOTOELEKTRİK QURĞULARININ ENERJİ HASILATI HESABATININ METODİKASI VƏ NƏTİCƏSİ

HƏŞİMOV A.M., SƏFƏROV N.Ə., MƏDƏTOV R.S.*, ƏHMƏDOV Q.M.

Azərbaycan MEA Fizika İnstitutu

**Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutu*

Son zamanlar ekoloji nöqteyi nəzərdən təmiz və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə geniş yer verilir. Bu səbəbdən günəşli günləri çox olan və coğrafi yerləşməsi münasib olan regionlar üçün günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirən silisium fotoelektrik modullarının tətbiqi xüsusi maraq kəsb edir.

Regiondan və qurğunun konstruktör sxemindən asılı olaraq silisium günəş elementlərinin hasil etdiyi elektroenerji müxtəlif qiymətlər alır. Məsələn elektroenerji hasilatı günəş radiasiyasının xarakterindən asılı olur.

Bu işdə enerji hasilatının hesablanması zamanı fotoelektrik qurğuların altı növ konstruktiv sxemindən istifadə edilmişdir:

I Modul: Cənubə yönəlmiş və üfüqi müstəviyə hər hansı bir α - bucağı altında yerləşmiş, tərpənməz müstəvi fotoelektrik modulu

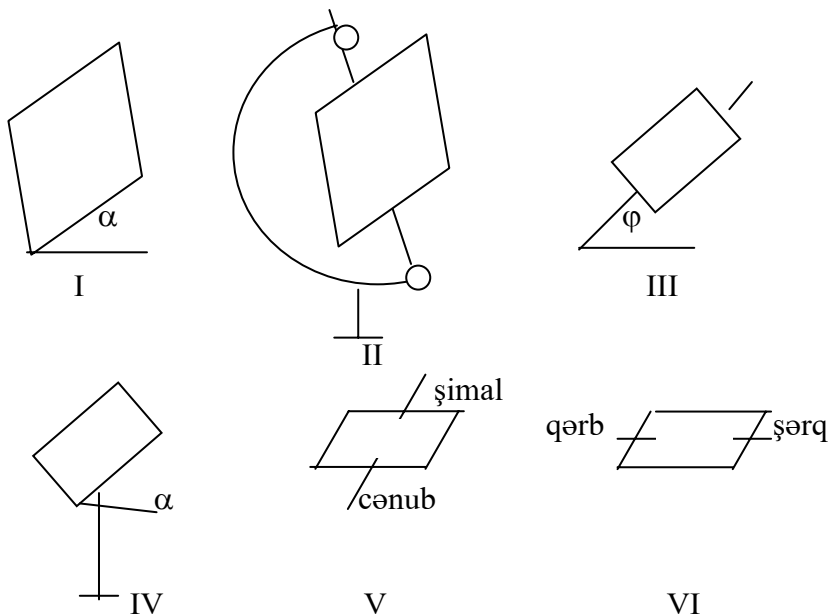
II Modul: Daima günəşə yönəlmə üçün 2-oxlu fırlanan, fotoelektrik modulu

III Modul: Dünya oxuna paralel 1-oxlu fırlanan fotoelektrik modulu; bu zaman fırlanma oxunun meyl bucağı ərazinin coğrafi eninə bərabərdir - φ

IV Modul: Üfüqə hər hansı bucaq altında yerləşən və modulun fırlanma azimütü həmişə günəşin azimütünə bərabər olmaqla şaquli oxda fırlanan fotoelektrik modulu

V Modul: Şimal-cənub istiqamətində yerləşən üfüqi oxda fırlanan fotoelektrik modulu

VI Modul: Şimal-qərb istiqamətində yerləşən üfüqi oxda fırlanan fotoelektrik modulu



Belə qurğular üçün günəş şüası konsentratorsuz orta illik xüsusi elektroenerji hasilatı aşağıdakı formula ilə təyin edilir:

$$\bar{W} = (\bar{S} + \bar{D})\eta$$

burada η - F.İ.Ə., ən geniş yayılmış monokristallik silisium fotoelektrik çeviriciləri üçün 0,12 götürülməsi qəbul edilmişdir.

\bar{S} - birbaşa günəş radiasiyası

\bar{D} - səpilmiş radiasiyadır

Gün ərzində hər hansı bir tərpnəməz və ya fırlanmaz müstəvi səthə düşən birbaşa günəş radiasiyası üçün aşağıdakı düsturu göstərmək olar:

$$S = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (S)_{\tau} \cdot (\cos i) \pi d\tau$$

$(S)_{\tau}$ - verilmiş τ - zaman anında günəş radiasiya selinin sıxlığı; i – həmin τ - zamanında birbaşa şüanın səthlə əmələ gətirdiyi bucaqdır.

Analoji olaraq səpilmiş radiasiya üçün aşağıdakı ifadəni yazma bilərik:

$$D = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (D)_{\tau} \cdot K_{\tau} \cdot d\tau$$

burada $(D)_{\tau}$ - verilmiş τ - anında səpilmiş radiasiyanın sıxlığıdır.

K_{τ} - yarımşəmanın görünən hissəsinin tam yarımşəma hissəsinə nisbəti ilə təyin edilir:

$$K = 1 - \frac{\alpha}{180}, \text{ əgər } \alpha\text{-dərəcə ilə verilir.}$$

$(S)_{\tau}$ və $(D)_{\tau}$ – in cari qiymətindən saatlar cəminin orta çoxillik qiymətinə keçəndə inteqrallardan cəmləmə əməliyyatına keçə bilərik. Bu yanaşmadan verilmiş ayda ortostatik gün ərzində düşən radiasiyanı belə təyin etmək olar:

$$S_{\text{gün}} = \sum_{\tau_1}^{\tau_2} [(S)_{\text{saat}} (\cos i)_{\text{saat}}]$$

$$D_{\text{gün}} = \sum_{\tau_1}^{\tau_2} [(D)_{\text{saat}} (K)_{\text{saat}}]$$

$$(K)_{\text{saat}} = (1 - \alpha/180)_{\text{saat}}$$

S və D-nin qiymətləri 25-illik statistik verilənlərə əsaslanmış Azərbaycanın İstilik Balansı /1/-dən götürülə bilər. $\cos i$ və $(1 - \alpha/180)$ qiymətləri isə hər bir modul üçün, coğrafi enlik və ilin ayından asılı olaraq hesablanmalıdır /2/. Aşağıda hər bir modul üçün $\cos i$ və $(1 - \alpha/180)$ qiymətlərini hesablamaq üçün düsturlar verilmişdir:

I Modul:

$$\cos i = \sin \delta [\sin \varphi \cos \alpha + \sin \alpha (\sin \varphi \tau \cos \delta - 1 / \cos \varphi)] + (\cos \varphi \cos \alpha + \sin \varphi \sin \alpha) \cos \delta \cos \tau$$

burada φ - coğrafi enlik, τ - günün vaxtı, δ - günəşin meyli

Bu modul üçün $\alpha = \text{const}$

II Modul

$$\cos i = 1$$

$$1 - \alpha/180 = 1 - [90 - \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau)]/180$$

III Modul:

$$\cos i = \cos \delta$$

$$1 - \alpha/180 = 1 - [\arccos(\cos \varphi \cos \tau)]/180$$

IV Modul:

$$\cos i = \cos[\pi/2 - \alpha - \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau)]$$

$$\alpha = \text{const}$$

V Modul:

$$\cos i = \sqrt{(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau)^2 + \cos^2 \delta \sin^2 \tau}$$

$$1 - \alpha/180 = 1 - [\arctg((\cos \delta \sin \tau) / (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau))] / 180$$

VI Modul:

$$\cos i = \sqrt{1 - \cos^2 \delta \sin^2 \tau}$$

$$1 - \alpha/180 = 1 - [\arctg(\text{tg} \varphi - 1 / ((\cos \varphi (\sin \varphi + \text{tg} \delta \cos \varphi \cos \tau)))] / 180$$

Hesablamanın sonrakı etarı fotoelektrik modulların verdiyi elektroenerji hasilatının hesablanmasıdır. Verilmiş ay üçün ortagünlük ,günəş şüası konsentratırsuz fotoelektrik qurğularının xüsusi elektroenerji hasilatı:

$$W_{\text{saat}} = (S_{\text{saat}} + D_{\text{saat}}) \eta ; \eta = 0.12$$

Verilmiş metodika ilə hesablamalar Azərbaycan Respublikasının 5 iqlim oblastı bütövlükdə isə 10 iqlim sahələri üzrə aparılmışdır. Bu iqlim oblastları və sahələri aşağıdakılardır:

I. Böyük Qafqaz bölgəsi

Cənub yamac : 1. Şəki-Zaqatala sahəsi

2. Şəki-Şamaxı sahəsi

Şimal-şərq yamac: 3. Quba-Xaçmaz sahəsi

4. Giləzi-Dübrar sahəsi

II. Kiçik Qafqaz bölgəsi

5. Şimal hissə

6. Cənub hissə

III. Naxçıvan bölgəsi

IV. Lənkəran bölgəsi

V. Mərkəzi çöl bölgəsi

7. Kür-Araz sahəsi

8. Abşeron sahəsi

Yuxarıda deyilənləri və Azərbaycanın 25-illik klimatik verilənlərini nəzərə alaraq, Azərbaycanın müxtəlif regionlarında fotoelektrik modullarla elektroenerji hasilatı üçün hesablamaların nəticələrini verək:

İllik xüsusi elektroenerji hasilatı (kVt saat/m²)

İqlim sahələri	coğrafi en	Fotoelektrik modullar					
		I	II	III	IV	V	VI
İ. Böyük Qafqaz bölgəsi							
cənub yamac :							
1. Şəki-Zaqatala sahəsi	41,3	193,9	226,8	199,2	197,6	220,2	221,1
2. Şəki-Şamaxı sahəsi	41,0	202,4	239,3	208,8	207,5	232,0	232,5
Şimal-şərq yamac:							

3. Quba-Xaçmaz sahəsi	41,3	205,9	240,2	211,7	209,6	231,6	234,1
4. Giləzi-Dübrar sahəsi	40,9	204,0	239,1	209,8	207,9	231,0	232,5
II. Kiçik Qafqaz bölgəsi							
5. Şimal hissə	40,5	205,5	247,3	214,8	209,1	239,1	240,7
6. cənub hissə	40,0	209,4	250,3	218,8	215,5	242,1	244,4
III. Naxçıvan bölgəsi	39,2	245,4	291,5	255,8	253,5	281,9	284,4
IV. Lənkəran bölgəsi	38,8	210,7	253,2	221,0	220,5	244,2	247,3
V. Mərkəzi çöl bölgəsi							
7. Kür-Araz sahəsi	40,0	230,3	275,3	240,6	237,0	264,3	268,8
8. Abşeron sahəsi	40,3	208,7	253,0	219,3	215,9	240,4	246,5

Xüsusi aylıq elektroenerji hasilatının hesablanması zamanı ilkin klimatik verilənlər çoxillik (25 il) tədqiqin orta qiymətləridir. Uyğun olaraq verilmiş ay üçün hesablanmış elektroenerji hasilatı orta qiymətə malikdir. İndi isə Azərbaycanın ayrıca götürülmüş istənilən iqlim sahəsində fotoelektrik modullarla hər bir ayda elektroenerji hasilatı üçün hesablamaların nəticələrini verək:

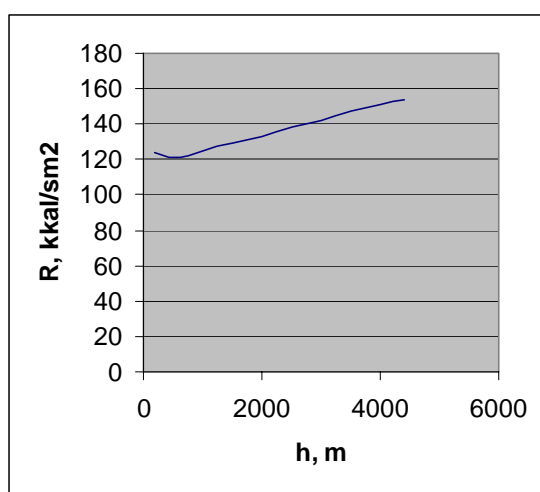
BÖYÜK QAFQAZ BÖLGƏSİ (ŞƏKİ-ZAQATALA SAHƏSİ) (kVt saat/m ²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	6.4	10.3	6.5	8.9	10.3	10.2
Fevral	8.2	12.6	8.6	10.2	12.6	12.1
Mart	11.6	16.1	12.1	11.4	16.1	15.2
Aprel	15.8	19.6	16.3	15.2	19.4	18.4
May	20.7	23.1	21.1	20.4	22.5	22.5
İyun	26.6	27.8	26.8	26.3	26.3	27.5
İyul	27.8	28.5	28.2	27.8	24.9	28.2
Avqust	25.9	27.1	26.3	25.7	25.7	26.8
Sentyabr	20.0	22.4	20.4	19.8	21.8	21.8
Oktyabr	14.1	17.7	14.7	13.7	17.6	16.6
Noyabr	8.4	11.6	8.8	8.2	11.6	10.7
Dekabr	6.7	10.2	7.1	8.1	10.3	9.8
BÖYÜK QAFQAZ BÖLGƏSİ (ŞƏKİ-ŞAMAXI SAHƏSİ) (kVt saat/m ²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	6.7	11.4	6.8	9.9	11.6	11.3
Fevral	8.5	13.1	8.9	10.6	13.1	12.7
Mart	12.8	17.7	13.5	12.7	17.7	16.9
Aprel	17.6	21.9	18.4	16.9	21.7	20.8
May	22.2	24.9	22.9	22.2	24.3	24.2
İyun	27.1	28.2	27.4	26.8	26.7	28.0

İyul	29.6	30.3	30.1	29.6	27.0	30.1
Avqust	27.4	28.7	27.7	27.1	27.4	28.4
Sentyabr	19.3	21.8	20.0	19.3	21.2	21.1
Oktyabr	13.1	16.5	13.7	12.7	16.3	15.5
Noyabr	8.8	12.1	9.3	8.8	12.1	11.4
Dekabr	7.5	11.3	8.1	9.2	11.6	11.0
BÖYÜK QAFQAZ (QUBA-XAÇMAZ) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	6.3	10.0	6.3	8.6	10.0	9.9
Fevral	7.5	11.6	8.1	9.3	11.6	11.3
Mart	11.7	15.9	12.3	11.6	16.2	15.4
Aprel	18.4	22.9	18.2	17.7	22.6	21.8
May	24.0	27.0	24.7	23.6	26.1	26.3
İyun	30.2	31.6	30.3	29.9	29.6	31.2
İyul	30.5	31.2	30.9	30.5	26.8	30.9
Avqust	27.4	28.7	27.7	27.1	27.1	28.2
Sentyabr	20.7	22.5	20.5	20.0	21.8	21.9
Oktyabr	13.4	16.8	13.8	13.0	17.0	15.8
Noyabr	8.1	11.2	8.5	7.9	11.2	10.5
Dekabr	6.7	10.2	7.1	8.1	10.3	9.8
BÖYÜK QAFQAZ (GİLƏZİ-DÜBRAR) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	9.2	10.6	6.7	9.3	10.9	10.6
Fevral	7.9	12.3	8.5	9.9	11.7	11.7
Mart	12.3	16.9	12.8	12.1	16.9	15.4
Aprel	18.0	22.4	18.9	17.2	22.2	20.4
May	23.1	25.9	23.6	23.1	25.3	25.0
İyun	28.8	29.8	28.9	28.0	28.1	29.5
İyul	30.1	30.8	30.5	29.9	26.8	31.0
Avqust	27.3	28.5	27.8	27.1	23.1	28.9
Sentyabr	19.7	22.1	20.1	19.7	21.5	21.9
Oktyabr	13.3	16.5	13.7	12.8	16.6	15.9
Noyabr	8.4	11.6	8.9	8.4	11.6	10.6
Dekabr	7.2	10.7	7.4	8.6	10.9	10.3
KİÇİK QAFQAZ BÖLGƏSİ (ŞİMAL HİSSƏ) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	7.7	13.4	8.4	11.6	13.5	13.3
Fevral	9.2	14.5	10.0	11.7	14.5	14.1
Mart	14.5	20.3	15.4	14.5	20.3	19.3
Aprel	18.4	22.4	19.1	17.7	22.6	21.8
May	21.5	24.3	21.9	21.5	23.6	23.8
İyun	25.9	27.1	26.1	25.6	25.3	26.8
İyul	27.0	28.5	27.4	27.0	23.8	27.4
Avqust	26.0	27.3	26.3	21.8	25.6	27.0
Sentyabr	20.1	22.8	20.8	20.1	22.1	22.1
Oktyabr	15.6	19.4	16.1	15.1	19.3	18.3
Noyabr	10.6	15.2	11.3	10.6	14.9	14.1
Dekabr	7.0	13.0	9.6	10.0	12.4	12.0
KİÇİK QAFQAZ BÖLGƏSİ (CƏNUB HİSSƏ) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	7.2	13.0	8.1	9.9	13.1	12.8
Fevral	8.9	14.1	9.6	11.4	14.1	13.7
Mart	13.8	19.4	14.8	13.8	19.4	18.6
Aprel	17.7	22.1	18.6	17.0	21.8	21.1

May	21.4	24.0	22.1	21.4	23.3	23.5
İyun	26.8	28.4	27.4	26.8	26.8	28.1
İyul	30.8	31.3	31.2	30.8	27.1	31.2
Avqust	26.1	27.7	26.7	26.1	26.1	27.4
Sentyabr	20.7	23.3	21.4	20.7	22.8	22.6
Oktyabr	15.9	20.0	16.8	15.4	19.7	19.0
Noyabr	10.2	14.4	10.9	10.2	14.2	13.5
Dekabr	7.8	12.3	9.6	9.8	12.3	11.9
NAXÇIVAN BÖLGƏSİ (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	6.8	12.3	7.5	10.6	12.4	13.3
Fevral	8.2	14.0	9.5	11.3	14.0	13.5
Mart	14.1	19.7	14.5	14.1	19.7	18.7
Aprel	19.1	24.0	20.0	18.6	23.8	22.8
May	24.7	28.0	25.7	24.9	27.3	27.1
İyun	34.3	35.9	34.8	34.1	34.1	35.5
İyul	37.3	38.0	37.6	37.1	33.3	37.6
Avqust	34.5	36.2	35.2	34.4	34.5	35.8
Sentyabr	26.8	30.5	28.0	27.0	29.8	29.6
Oktyabr	19.3	24.5	21.5	18.9	24.2	23.1
Noyabr	11.0	15.4	11.6	11.0	15.4	14.4
Dekabr	7.5	10.7	8.5	9.9	12.3	11.9
LƏNKƏRAN BÖLGƏSİ (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	7.4	13.7	8.4	11.7	13.7	13.5
Fevral	8.6	15.2	10.3	12.3	15.2	14.8
Mart	13.1	18.6	14.2	13.3	18.6	17.7
Aprel	17.5	22.1	18.6	17.0	21.8	21.1
May	23.2	26.1	24.2	23.3	25.3	25.6
İyun	29.6	31.2	30.2	29.5	28.7	30.9
İyul	30.6	31.0	30.9	30.5	27.0	30.9
Avqust	28.4	29.8	28.8	28.2	28.0	29.5
Sentyabr	21.1	23.9	21.9	21.2	23.2	23.2
Oktyabr	14.1	17.9	14.9	13.8	17.7	16.9
Noyabr	8.4	11.9	9.1	8.5	11.9	11.2
Dekabr	6.8	11.4	8.1	9.2	11.6	11.0
MƏRKƏZİ ÇÖL BÖLGƏSİ (KÜR-ARAZ SAHƏSİ) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	8.1	14.2	8.9	10.9	14.2	14.1
Fevral	9.8	15.4	10.6	12.4	15.5	15.1
Mart	15.4	21.2	16.2	15.2	21.2	20.4
Aprel	20.1	24.3	20.4	18.9	23.9	23.2
May	24.8	26.3	24.3	23.6	25.7	25.7
İyun	30.1	31.2	30.2	29.5	29.5	30.9
İyul	33.4	34.4	34.3	33.8	29.8	34.3
Avqust	28.0	30.4	29.5	28.8	28.8	30.1
Sentyabr	21.9	25.6	23.5	22.8	24.9	24.9
Oktyabr	16.7	21.8	18.4	17.0	21.7	20.8
Noyabr	11.2	15.6	11.9	11.2	15.6	14.8
Dekabr	8.8	13.4	10.5	10.9	13.5	13.0
MƏRKƏZİ ÇÖL BÖLGƏSİ (ABŞERON SAHƏSİ) (kVt saat/m²)						
Fotoelektrik modullar						
	I	II	III	IV	V	VI
Yanvar	7.3	12.8	8.1	10.1	13.0	12.9
Fevral	8.9	13.9	9.6	11.3	14.1	13.8
Mart	13.9	19.7	14.6	13.8	19.1	18.4

Aprel	18.1	22.8	18.5	17.3	21.8	21.2
May	22.4	24.8	22.0	21.5	23.6	23.7
İyun	28.2	29.7	27.9	27.6	27.1	29.0
İyul	30.1	32.5	32.1	30.7	27.2	32.5
Avqust	26.8	27.4	27.2	26.3	26.0	28.3
Sentyabr	19.8	23.5	22.4	20.6	22.5	22.6
Oktyabr	15.1	19.7	16.6	16.4	19.6	18.9
Noyabr	10.1	14.1	10.8	10.2	14.1	13.5
Dekabr	8.0	12.1	9.5	10.1	12.3	11.7

Elektroenerji hasilatının aylıq və illik gedişinə kifayət qədər həm coğrafi enlik faktoru, həm də verilmiş məntəqənin klimatik xarakteristikaları təsir edir. Nümunə kimi Şəki-Zaqatala sahəsi üçün dəniz səviyyəsindən olan hündürlükdən asılı ümumi günəş radiasiyasının dəyişməsinə əks etdirən qrafiki göstərmək olar.



Şəkil 2. Ümumi günəş radiasiyası ilə dəniz səviyyəsindən olan hündürlük arasındakı asılılıq (Böyük Qafqaz bölgəsi – Şəki-Zaqatala sahəsi)

Beləliklə, aparılmış hesabatdan sonra belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, konstruktiv modulun seçilməsi bir çox faktorlardan asılıdır və onu seçərkən bu qurğunun orta gücünü, tutduğu sahəni, yerli iqtisadi şəraiti, xüsusi texniki qulluğa zəruriliyini və s. nəzərə almaq lazımdır. Fotoelektrik modullarla xüsusi elektroenerji hasilatının Azərbaycanın müxtəli iqlim sahələri üzrə hesabatı modul seçiminin analizində ilkin material kimi istifadə edilə bilər.

Müəyyən edilmişdir ki:

1. Günəş enerjisindən istifadə baxımından ən əlverişli iqlim sahəsi Azərbaycanda Naxçıvan iqlim sahəsidir.
2. Energetik nöqteyi nəzərdən fırlanan modulların əlverişli olmasına baxmayaraq onların fırlanması üçün əlavə qida mənbəyinə ehtiyacı var. Bu baxımdan tərərnməz modulun istifadəsi Azərbaycan üçün daha məqsədəuyğundur.

1. Azərbaycan SSR EA Coğrafiya İnstitutu. Azərbaycan SSR-nin İstilik Balansı Atlası. Azərb.SSR EA müxbir üzvü Ə.M. Şıxlinskiyin redaksiyası ilə. SSRİ Nazirlər Soveti yanında Baş Geodeziya və xəritəçilik idarəsi Moskva 1078 , 92 səh.
2. Тарнижевский Б.В., Шмидт И.А., Добонов Л.Д., Мальцева А.В., Макарова Е.С. Методика и результаты расчета выработки энергии солнечными фотоэлектрическими установками// Энергетика.2001, .№6.

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ
СОЛНЕЧНЫМИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ
В КЛИМАТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ И ЗОНАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

ГАШИМОВ А.М., САФАРОВ Н.А., МАДАТОВ Р.С., АХМЕДОВ Г.М.

В статье изложены результаты и методика вычислений выработки электроэнергии солнечными фотоэлектрическими установками с различными конструкциями в климатических зонах Азербайджана. Учитывая резкие изменения солнечной радиации в холодных и теплых периодах года, для каждого модуля и климатической зоны рассчитаны месячные распределения выработки электроэнергии.

**CALCULATION METHOD AND RESULTS OF ELECTRICITY PRODUCTION
BY SOLAR PHOTOELECTRICAL DEVICES FOR THE AZERBAIJAN
CLIMATIC REGIONS AND ZONES**

HASHIMOV A.M., SAFAROV N.A., MADATOV R.S., AHMADOV G.M.

In the article calculation results and method of electricity production by solar photoelectrical devices with various constructions in the Azerbaijan climatic zones are presented. Taking into account the sharp change of solar radiation for the cold and warm periods, the monthly distributions of electricity production are calculated for each module and climatic zone.