



# Актинометрические данные как основа для оценки ресурсов солнечной энергии

---

ЛЕКЦИЯ 8

# МЕТОД РАСЧЕТА СУММ ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

МЕТОД ТРАПЕЦИИ

В основу метода расчета сумм радиации за определенный интервал времени положено допущение о линейном изменении значений интенсивности рассматриваемых величин от срока к сроку.

$$S_{сут} = \frac{S_1}{2} \tau_1 + \left( \frac{S_1}{2} + S_2 + S_3 + S_4 + \frac{S_5}{2} \right) 180 + \frac{S_5}{2} \tau_2, \quad S_{мес} = \sum_{i=1}^N S_{сут},$$

$S_1$  - интенсивность прямой радиации в первый срок наблюдения;

$S_2$  - интенсивность прямой радиации во второй срок наблюдения;

$S_n$  (в данном случае  $S_5$ ) - интенсивность радиации в последний срок наблюдения;

$\tau_1$  - промежуток времени между восходом солнца и первым сроком наблюдения, выраженный в минутах;

$\tau_2$  - промежуток времени между последним сроком наблюдения и заходом солнца, выраженный в минутах;

$N$  - число календарных дней в месяце.

## Месячные суммы прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность (МДж/м<sup>2</sup>)

В ослаблении солнечной радиации большую роль играет атмосфера. Земная поверхность получает в виде возможной прямой солнечной радиации относительно теоретической в январе от 10% до 18%, в апреле и июле 28–35%, а в октябре 19–25%.

**Возможный приток** солнечной радиации в зимний период возрастает от северных районов республики к южным рубежам и имеет хорошо выраженный широтный характер. На равнинной территории Казахстана изменение интенсивности возможной прямой солнечной радиации в среднем для января составляет от 110 МДж/м<sup>2</sup> до 210 МДж/м<sup>2</sup>, а в октябре от 290 МДж/м<sup>2</sup> до 390 МДж/м<sup>2</sup>.

Для весеннего и летнего периодов отклонение от широтной зональности поступления прямой солнечной радиации проявляется более существенно как для возможного, так и действительного притока радиации. Так, для апреля изолинии возможной суммы прямой радиации соответствуют осредненной величине 510 МДж/м<sup>2</sup> (на севере) и 610 МДж/м<sup>2</sup> (на юге). Фактические значения прямой радиации составляют в среднем 290 МДж/м<sup>2</sup> (на севере) и 350 МДж/м<sup>2</sup> (на юге).

**Действительные суммы** прямой солнечной радиации тесно связаны с коэффициента прозрачности атмосферы. последний зависит от содержания в атмосфере водяного пара и аэрозолей: чем их больше, тем меньше значение коэффициента прозрачности при прочих равных условиях.

Название станции	S <sub>Т</sub>	S <sub>В</sub>	S <sub>Д</sub>	S <sub>В</sub> /S <sub>Т</sub> %	S <sub>Д</sub> /S <sub>В</sub> %	S <sub>Т</sub>	S <sub>В</sub>	S <sub>Д</sub>	S <sub>В</sub> /S <sub>Т</sub> %	S <sub>Д</sub> /S <sub>В</sub> %
	январь					апрель				
Рудный	874	92	35	11	38	1759	494	283	28	57
Астана, ГМО	1003	117	45	12	39	1768	559	282	32	50
Уральск	1084	109	42	10	38	1761	523	273	30	52
Жаныбек	1067	141	40	13	28	1773	574	270	32	47
Актау	1204	200	52	17	26	1788	568	306	32	54
Теректы	1078	157	53	15	34	1779	586	321	33	55
Жезказган	1119	172	70	15	41	1776	610	327	34	54
Балхаш, ОГМО	1185	187	96	16	51	1789	610	375	34	61
Семипалатинск, АС	1026	123	49	12	40	1773	560	292	32	52
Селезневка	1113	128	50	12	39	1774	560	311	32	56
Приозерный	1116	159	79	14	49	1779	608	358	34	59
Аральское Море	1150	180	80	16	45	1782	600	362	34	60
Айдарлы	1238	222	105	18	47	1799	632	337	35	53
Алматы, ГМО	1232	171	74	14	43	1791	568	254	32	45
	июль					октябрь				
Рудный	2364	695	390	29	56	1416	270	100	19	37
Астана, ГМО	2362	757	428	32	57	1632	318	109	19	34
Уральск	2360	696	410	29	59	1463	297	103	20	35
Жаныбек	2359	713	428	30	60	1492	317	129	21	41
Актау	2333	691	486	30	70	1572	365	187	23	51
Теректы	2359	765	474	32	62	1505	344	155	23	45
Жезказган	2355	782	508	33	65	1524	360	175	24	49
Балхаш, ОГМО	2367	784	588	33	75	1532	383	214	25	56
Семипалатинск, АС	2361	744	448	32	60	1473	323	119	22	37
Селезневка	2348	766	464	33	61	1519	328	145	22	44
Приозерный	2351	804	546	34	68	1524	366	187	24	51
Аральское Море	2349	761	572	32	75	1545	365	210	24	58
Айдарлы	2338	805	574	34	71	1603	398	227	25	57
Алматы, ГМО	2328	742	499	32	67	1594	346	196	22	57

**Пределы колебаний средних месячных и годовых отношений  
действительной продолжительности солнечного сияния к максимально возможной, %**

Широта град.	Станция	Зима (январь)	Весна (апрель)	Лето (июль)	Осень (октябрь)	Год
54–56	Петропавловск, Явленка	23–44 (30–33)	49–59 (53–57)	52–64 (58–62)	29–49 (31)	48–49
52–54	Костанай, Рудный, Павлодар	28–56 (34–43)	49–67 (55–64)	59–71 (59–71)	30–60 (36–45)	50–59
50–52	Актобе, Астана, Уральск, Семипалатинск	26–53 (31–45)	40–68 (53–61)	61–71 (63–71)	28–72 (39–48)	51–60
48–50	Калмыково, Торгай, Караганда, Уил, Кокпекты, Ыргиз,	28–55 (35–53)	42–74 (54–65)	65–77 (65–76)	33–75 (44–58)	54–64
46–48	Балкаш, Жезказган Бетпак-Дала, Буран, Зайсан	38–60 (40–55)	52–78 (56–65)	60–87 (66–84)	45–84 (54–69)	58–70
44–46	Аральское Море, Кызылорда, Сам, Чирик-Рабат, Фурмановка	31–53 (36–48)	49–80 (60–71)	72–93 (78–93)	45–89 (62–73)	62–71
42–44	Алматы, Жаркент, Туркестан, Тараз, Шымкент	36–60 (39–59)	38–76 (48–65)	61–92 (66–90)	43–89 (55–75)	53–70

Действительная продолжительность солнечного сияния **увеличивается с севера на юг**. Так, действительная продолжительность солнечного сияния за год составляет 48–49 % от возможной его величины на севере и 62–71 % на юге республики. **На севере Казахстана в январе действительная продолжительность солнечного сияния составляет 30 % от возможной его величины, а в июле 60 %. На юге рассматриваемой территории продолжительность солнечного сияния в январе почти в 2 раза больше, чем на севере, а в июле она может достигать 90 % от возможной длительности светового дня.**

## Продолжительность солнечного сияния и оценка освещения прямыми солнечными лучами

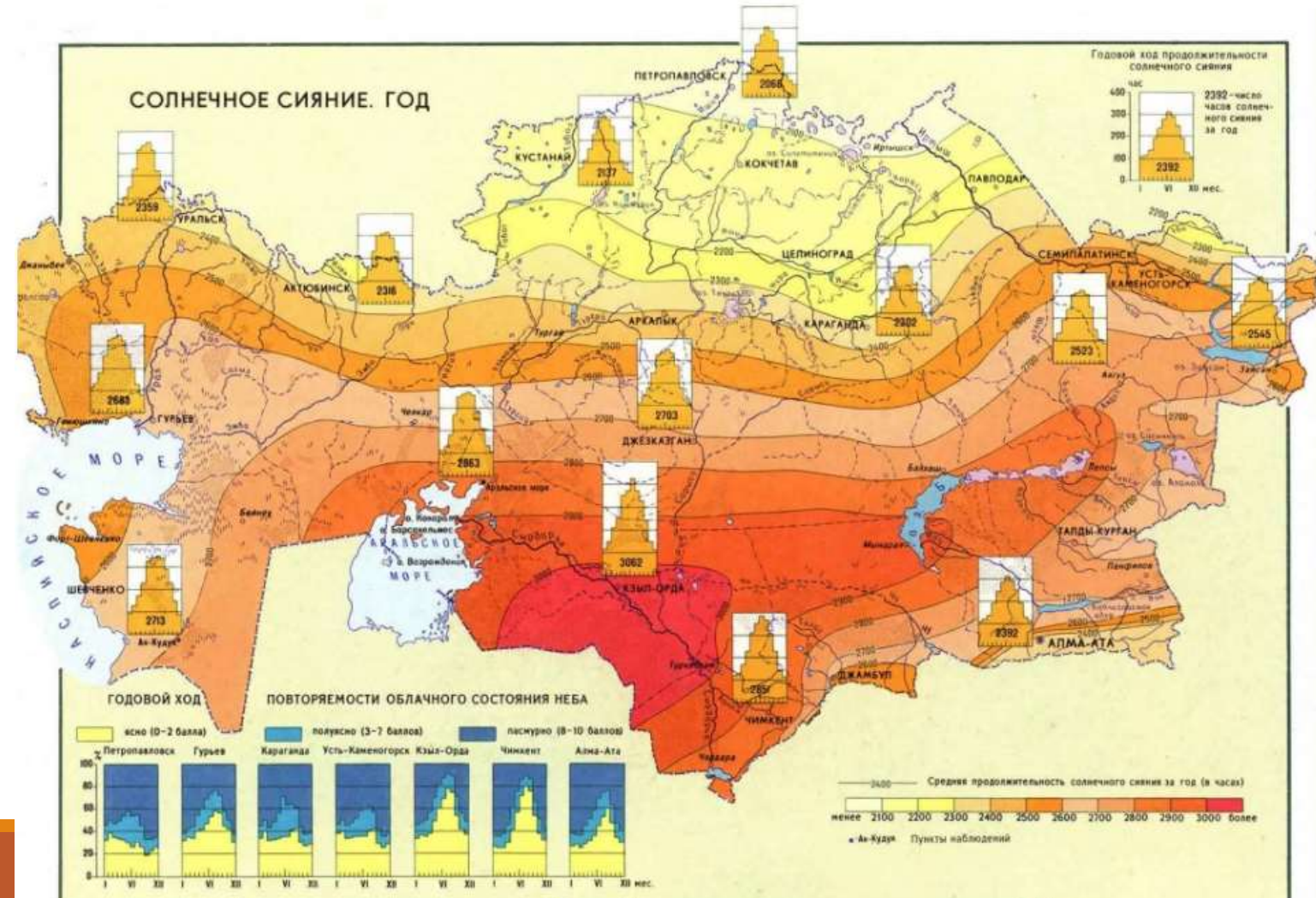
Наиболее распространенными характеристиками продолжительности солнечного сияния являются:

- ✓ возможная продолжительность, т. е. продолжительность солнечного сияния при отсутствии облачности;
- ✓ действительная продолжительность - продолжительность солнечного сияния при условиях облачности;
- ✓ отношение действительной продолжительности солнечного сияния к возможной длительности светового дня;
- ✓ число дней без Солнца.

Возможная продолжительность солнечного сияния является наиболее устойчивой и достоверной характеристикой, она определяется по времени восхода и захода Солнца с учетом его рефракции, т. е. является чисто астрономическим показателем.

Продолжительность солнечного сияния есть время, в течение которого интенсивность прямой солнечной радиации равна или более  $0,14 \text{ кВт/м}^2$ . Продолжительность солнечного сияния выражается в часах с пределом допустимой погрешности  $\pm 0,1$  час.

Ошибка определения средней многолетней месячной продолжительности солнечного сияния (для срединных месяцев сезона) находится в пределах: 5–7% (январь), 3–4% (апрель), 1–2% (июль), 3–6% (октябрь).



Для определения суммарной длительности отрезков времени с солнечным сиянием внутри суток  $t_i$ , для которых выполняется условие  $S \geq S_i$ , используется следующее уравнение:

$$t_i = T \exp\left(-\frac{S_i}{\bar{S}}\right),$$

$T$  – средняя продолжительность солнечного сияния за сутки;  $S_i$  – пороговое значение притока прямой солнечной радиации;  $\bar{S}$  – среднее значение притока солнечной радиации за сутки

Значение среднемесячной продолжительности солнечного сияния в течение всего года выше нормы на севере республики. Так, зимой отклонение составляет 6,0–12,9%, летом – до 2,3%, а в среднем за год оно около 4%.

В центральных районах на станциях отмечается менее значимое отклонение средних от нормы (за год 0,2–0,8%): зимой как в сторону увеличения (2,2–6,9%), так и уменьшения (минус 2,6%); летом в диапазоне от 0,33% до минус 1,1%.

Отклонение (%) между средними многолетними значениями продолжительности солнечного сияния за различные периоды 1891–1945 гг. (1); до 1963 года (2); 1951–1980 гг. (3) и за весь однородный ряд наблюдений (по некоторым длиннорядным станциям)

Период	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Костанай, агро													
1	-8,2	-19,2	-16,8	-15,3	-5,5	-1,6	-5,3	-4,1	-8,7	-5,0	-12,9	-14,9	-8,3
2	-5,0	-10,8	-9,5	-3,9	-3,1	-0,9	-2,3	-3,3	-4,6	-8,3	-5,1	-13,4	-4,8
3	7,1	10,8	7,8	6,1	2,4	1,6	2,3	2,2	4,6	3,3	6,3	6,0	4,2
Тургай													
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-6,1	-5,8	-4,6	-1,3	-1,3	-0,3	0,0	-1,3	-2,0	-0,6	1,0	-8,2	-1,8
3	12,1	4,4	6,9	5,9	2,5	1,2	0,0	2,2	4,4	2,5	1,0	12,9	3,6
Бетпак-Дала													
1	-16,2	7,0	7,2	-8,6	-1,2	3,9	-0,5	-2,2	-3,3	7,0	3,3	-13,3	-0,7
2	-5,4	-5,1	-4,6	1,2	0,6	-0,6	0,5	-0,3	-0,7	2,3	-2,0	6,2	-0,4
3	6,9	0,0	-1,0	0,8	0,3	0,9	-1,1	0,3	0,3	0,0	0,7	-2,6	0,2
Зайсан													
1	-13,1	-9,0	-3,1	4,8	0,7	8,6	1,9	-2,3	-5,9	-6,0	-12,5	-13,8	-2,4
2	-0,7	-3,2	-1,6	-0,9	-1,1	-0,3	-1,6	-2,0	-2,0	0,6	-1,6	-3,7	-1,4
3	2,2	2,6	1,6	0,0	0,0	-0,7	-0,3	0,3	2,4	1,1	0,8	2,8	0,8

Продолжительность солнечного сияния, помимо астрономических факторов, зависит от ряда метеорологических факторов, главным образом, от облачности. Вследствие увеличения облачности за период 1955-1997 гг. годовые суммы продолжительности солнечного сияния уменьшились на 7,7%, а число дней без Солнца стало на 9,5% больше.