

Хэвтээ болон налуу гадаргад тусах нарны цацрагийн энергийн бодит нөөцийг Улаанбаатар, Сайншандад тодорхойлсон дүн

Г.Батсүх, Ц.Баатарчулуун, Б.Ганбат, Б.Даариймаа
Монгол Улсын Их Сургууль, Физик-Электроникийн Сургууль, Геофизикийн тэнхим

I. ОРШИЛ

Нарнаас дэлхийн гадаргад тусах цацрагийн хэмжээ нь агаар мандал дахь гэрлийн сарнил ба шингээлтээс шалтгаалан сулардаг үндсэн процессоос гадна нарны өндөр, үүлшлийн хэлбэр, хэмжээ, түүний давтагдал, тухайн газар нутгийн байршил, тухайн газар нутаг дахь нарны гийгүүллийн үргэлжлэх хугацаа зэрэг олон хүчин зүйлүүд, тухайн гадаргууд нарны цацраг тусах тусгалын өнцөг зэргээс хамаардаг тул нарны цацрагийн энергийн хэмжээ хэвтээ болон налуу гадаргуу бүхэнд харилцан адилгүй байна.

II. СЭДВИЙН ҮНДЭСЛЭЛ

Дэлхий дээр хэрэглэж ирсэн уламжлалт энергийн эх үүсвэр түлшний нөөц шавхагдаж байгаатай уялдан сэргээгдэх эрчим хүч ялангуяа нарны энергийг хэрэглэх явдал хүн төрөлхтний өмнө тулгамдсан асуудлын нэг болоод байна. Орчин үед нарны цацрагийг автоматаар, нарийвчлал сайтай хэмжих болсноор янз бүрийн гадаргууд тусах нарны цацрагийн энергийн бодит хэмжээг илүү нарийвчлал сайтай тодорхойлох боломж бүрдсэн. МУИС-ийн Геофизикийн тэнхимээс, Токиогийн Хөдөө Аж Ахуй Технологийн Их Сургууль (ХААТИС)-ийн судлаачидтай хамтран хийж буй судалгаанд нарны нийлбэр цацрагийг автоматаар хэмжигч CPR-СМ-21 пиранометрийг хэрэглэж Сайншандад 2002 оны 10-р сараас 2009 оны 3-р сар хүртэл налуу болоод хэвтээ гадаргад хийсэн хэмжилт болон дээрх ажлын хүрээнд МУИС-ийн Геофизикийн судалгааны төв дээр MS-601 пиранометрээр налуу гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийг 2005 оны 7-р сараас одоог хүртэл хэмжсэн судалгааны үр дүнгээр налуу гадаргад тусах энергийн хэмжээг тодорхойлон хэвтээ гадаргад тусах нарны цацрагийн энергийн хэмжээтэй тус тус харьцуулан судлах боломж бүрдсэн юм.

III. ЗОРИЛГО

Энэхүү ажлын хүрээнд:

- Улаанбаатар орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн хэмжээг тодорхойлох
- Сайншанд орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн хэмжээг тодорхойлох
- Хоёр бүс нутагт янз бүрийн байрлалтай гадарга дээр тусах цацрагийн хэмжээг харьцуулан үнэлэх зорилт тавив.

IV. АЧ ХОЛБОГДОЛ

Бүс нутаг болон тухайн орон нутагт тусах нарны цацрагийн нөөц болон түүний тархалтыг оновчтой тогтоох нь агаар мандлын ерөнхий төлөв байдал, түүний сар жилийн өөрчлөлтийн онцлог шинжийг илрүүлэхэд шинжлэх ухааны ач холбогдолтой төдийгүй нарны энергийг ашиглах, хөдөө аж ахуй газар тариалангийн үйлдвэрлэл, байгалийн нөөцийг үнэлэх зэрэгт практик ач холбогдолтой юм.

V. ҮР ДҮН

МУИС-ийн Геофизикийн судалгааны төв дээр Улаанбаатар орчимд хэвтээ гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийг ОХУ-д үйлдвэрлэсэн М-80 пиранометрээр 1980 оноос хойш цаг тутамд хэмжиж байгаа билээ. Үүний зэрэгцээ МУИС, Японы ХААТИС-ийн эрдэмтдийн хамтарсан судалгааны хүрээнд автомат хэмжигч MS-601 пиранометрээр урагш харсан налуу (45^0) гадаргад ирэх нарны интеграл нийлбэр цацрагийг 2005 оны 7-р сараас эхлэн хэмжиж эхэлсэн. Хэвтээ гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрийг трапецийн [1-3] аргыг хэрэглэн тодорхойлсон дүнг 1-р хүснэгтэд үзүүллээ. Хүснэгт 1-ээс харвал Улаанбаатар орчимд тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрийн хамгийн их утга нь олон жилийн дундажаар 5-р сард (683 МДж/м^2), хамгийн бага

утга нь 12-р сард (140 МДж/м^2) ажиглагдаж байна.

Хүснэгт 1

Улаанбаатар орчимд хэвтээ гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүд [МДж/м^2]

сар он	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
1980	179	315	504	655	776	746	675	544	460	312	185	146	5497
1981	173	248	419	555	723	751	670	514	383	314	202	117	5069
1982	162	244	407	637	683	579	538	528	454	304	179	124	4839
1983	152	233	435	529	705	490	621	501	380	329	199	145	4719
1984	167	263	436	536	666	577	539	486	331	281	226	158	4666
1985	197	281	480	534	703	580	465	479	454	305	209	131	4643
1986	173	284	482	574	704	668	676	630	522	370	221	152	5456
1987	178	266	469	612	736	726	659	545	438	289	201	142	5261
1988	185	270	507	622	620	649	618	473	412	340	215	155	5066
1989	188	289	494	558	694	700	608	535	471	299	205	152	5193
1990	186	252	378	601	714	683	505	480	423	333	192	141	4888
1991	189	287	433	587	736	704	627	578	445	319	184	129	5218
1992	171	266	479	579	628	695	647	508	373	312	168	118	4944
1993		259	459	590	683	575	512	588	437	364	208	133	4989
1994	169	259	516	542	704	672	605	509	416	305	169	152	5018
1995	206	305	514	547	659	623	594	493	434	323	212	162	5072
1996	203	316	454	621	697	610	549	544	485	346	212	142	5179
1997	178	283	458	607	642	605	576	553	478	345	201	141	5067
1998	195	246	489	545	664	595	616	429	399	326	171	140	4815
1999	187	274	470	564	626	635	645	539	394	341	179	143	4997
2000	186	309	446	612	684	677					232	142	5182
2001	210	310	540	636	741	636	633	554	494	378	182	128	5442
2002	186	283	474	544	600	675	720	523	460	289	186	129	5069
2003	161	249	459	559	614	648	650	658	433	337	214	144	5126
2004	172	298	506	590	675	675	648	472	417	346			5128
дундаж	181	276	468	581	683	647	608	528	433	325	198	140	5062
дундаж квадрат хазайлт	15	24	38	37	44	61	63	52	43	26	18	12	226

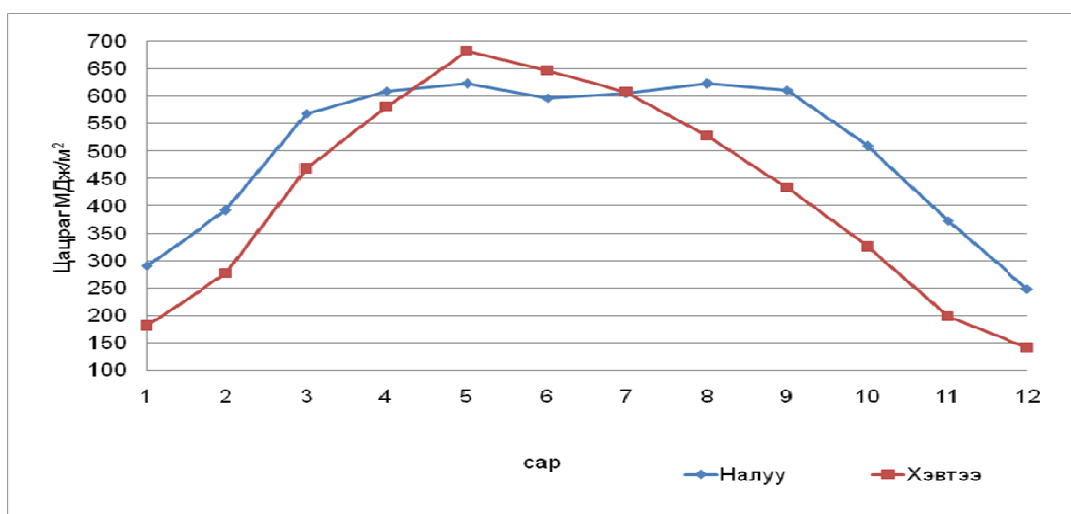
MS-601 пиранометрээр 2005 оны 7-р сараас урагш харсан налуу гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийг хэмжсэн хэмжилтийн утгаарцацрагийн сарын нийлбэрүүдийг тооцоолон гаргаж 2-р хүснэгтэд үзүүлээ. Энэ хүснэгтээс үзэхэд налуу гадаргад тусах интеграл нийлбэр цацрагийн хамгийн бага утга нь өмнөхийн адил 12-р сард (248 МДж/м^2), хамгийн их утга 5 ба 7-р сард (623 МДж/м^2) ажиглагдаж байна. Улаанбаатар орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад ирэх цацрагийн жилийн явцыг 1-р зурагт харууллаа. 1-р зургаас үзвэл хэвтээ гадаргад тусах нийлбэр цацрагийн жилийн явц нь 5-р сард хамгийн их

утга бүхий ерөнхий явцтай байдаг бол харин налуу гадаргын хувьд жилийн явц нь 5 ба 8-р сард хамгийн их утгатай байхаас гадна зуны 5, 6-р сард налуу гадаргад тусах интеграл нийлбэр цацраг нь хэвтээ гадарга дээрх цацрагаас бага, харин 5-р сараас өмнөх ба 8-р сараас хойших сар бүхэнд налуу гадаргад тусах цацрагийн хэмжээ хэвтээ гадаргад тусах цацрагаас $100\text{-}150 \text{ МДж/м}^2$ -аар их болдог онцлог харагдаж байна. Ийнхүү зуны сард хэвтээ гадаргад ирэх цацрагийн хэмжээ их, бусад саруудад налуу гадаргад тусах цацрагийн хэмжээ их байгаа нь налуу гадаргад тусах нарны тусгалын өнцөгийн өөрчлөгдөх онцлогтой холбоотой. Өөрөөр

Нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүд [МДж/м²]

сар он	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
2005							597	604	658	528	355	255	6077
2006	273	285	511	572	620	645	595			517		249	5873
2007	309	445	536	643	594						393	244	6108
2008	316	443	661	614	653	521	652	641	564	480	368	244	6157
2009	266					625	578						
дундаж	291	391	569	610	622	597	606	623	611	508	372	248	6054
дун. кв. хаз	25	92	80	36	30	67	32	26	66	25	19	5	125
вариаци	9	23	14	6	5	11	5	4	11	5	5	2	2

хэлбэл өвлийн улиралд Улаанбаатар хот гадаргад тусах нарны цацрагийн тусгалын орчмын өргөрөгт хэвтээ гадаргад тусах нарны өнцгөөс их байдагтай холбоотой. цацрагийн тусгалын өнцөг нь налуу (45⁰)



Зураг 1. Улаанбаатар орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн жилийн явц

Дээр дурьдсан хамтарсан судалгааны хүрээнд утгаар хэвтээ гадаргад ирэх нийлбэр цацрагийн Сайншандад CPR-СМ-21 пиранометрээр 2002 сарын нийлбэрүүдийг тооцоолон гаргасан дүнг оноос 10 минут тутамд хэмжсэн хэмжилтийн 3-р хүснэгтэд үзүүлээ.

Сайншанд орчимд хэвтээ гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүд [МДж/м²]

сар он	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
2002									525	409	288	242	6103
2003	294	357	527	613	713	709	710	664	540	448	275	240	6090
2004	272	348	547	688	797	720	776	659	530	440	288	209	6273
2005	273	353	578	654	655	779	737	689	543	425	281	226	6193
2006	248	356	539	575	711	710	741	670	537	424	282	213	6006
2007			521	653	726	733	725	676	540	432	291	224	

2008	264	361	518	618	703	677	701	680	527	409	271	215	5945
2009	278	334											
дундаж	272	352	538	633	718	721	732	673	534	427	282	224	6102
дун. кв. хаз	15	9	22	40	46	34	27	11	7	15	7	13	120
вариаци	6	3	4	6	6	5	4	2	1	3	3	6	2

3-р хүснэгтээс харахад Сайншанд орчимд хэвтээ гадарга дээр тусах нарны нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрийн хамгийн

их утга нь олон жилийн дундажаар 7-р сард ($732\text{МДж}/\text{м}^2$), хамгийн бага утга нь 12-р сард ($224\text{МДж}/\text{м}^2$) ажиглагдаж байна.

Хүснэгт 4

Сайншанд орчимд налуу гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүд [$\text{МДж}/\text{м}^2$]

сар он	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
2002										623	581	463	
2003	537	574	697	667	683	644	650	684	675	714	522	542	7589
2004	566	582	647	771	765	662	728	693	667	703	583	458	7828
2005	590	598		728	719	689	670	721	697	695	587	541	7962
2006	518	598	763	646									
2007			759	778	724	681	697	742	719	740	657	557	8238
2008	603	678	762	716	700	640	681	752	705	702	592	518	8048
2009	643	606											
дундаж	576	606	726	718	718	663	685	718	693	696	587	513	7900
дун. кв. хаз	46	37	52	53	31	22	30	30	22	39	43	43	243
вариаци	8	6	7	7	4	3	4	4	3	6	7	8	3

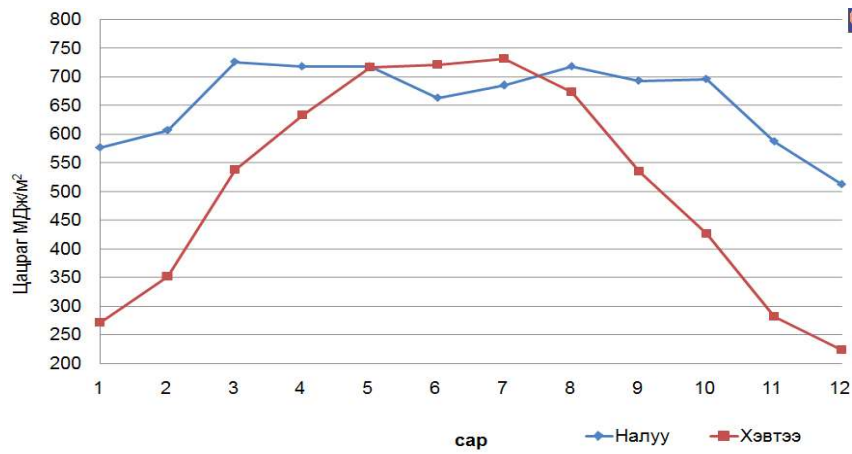
CPR-CM-21 пиранометрээр 2005 оны 10-р сараас налуу гадаргад тусах цацрагийн хэмжсэн хэмжилтийн утгаар нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүдийг тооцоолон гаргаж харуулсан 4-р хүснэгтээс үзэхэд хамгийн бага утга нь өмнөхийн адил

12-р сард ($513\text{МДж}/\text{м}^2$) хамгийн их утга 3,4,5 ба 8-р сард ($718\text{МДж}/\text{м}^2$) ажиглагдаж байгаа нь бусад судлаачдын [1-4] тооцоолон гаргасантай сайн тохирч байна. 2-р зурагт Сайншанд орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад ирэх цацрагийн жилийн явцыг үзүүллээ.

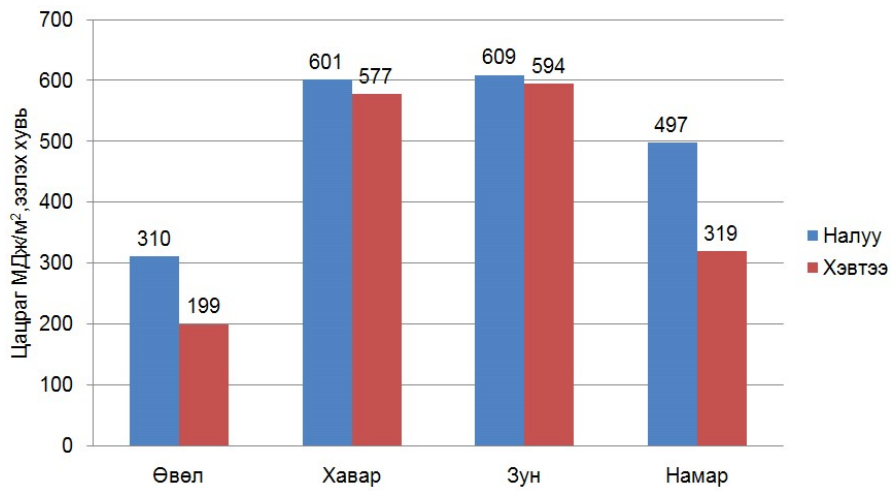
2-р зургаас үзвэл хэвтээ гадаргад тусах нарны интеграл нийлбэр цацрагийн жилийн явц нь 7-р сард хамгийн их утга бүхий тэгш хэмтэй маягийн ерөнхий явцтай, налуу гадаргын хувьд

жилийн явц нь 3 ба 8-р сард хамгийн их утга бүхий явцтай байна. Эндээс үзэхэд Сайншандад Улаанбаатарт ажиглагдсаны нэг адил урагш харсан налуу гадаргад тусах интеграл нийлбэр цацраг зуны 6,7-р сард

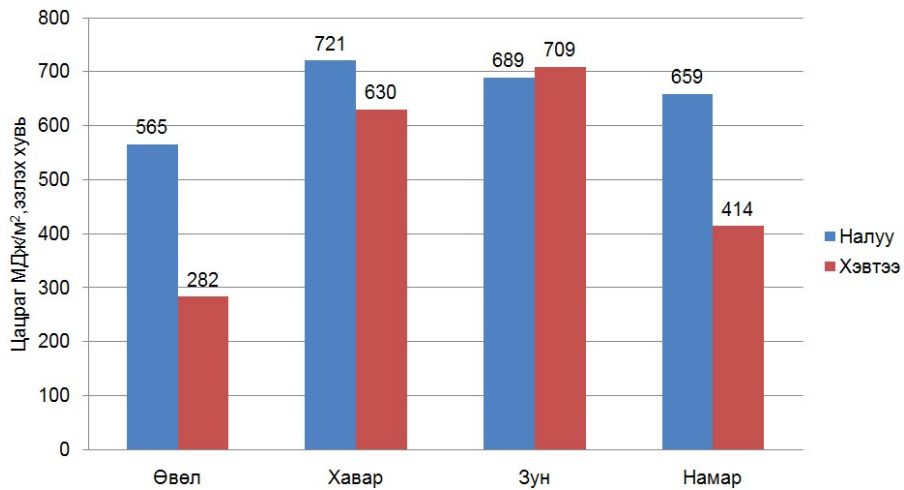
хэвтээ гадаргад тусах цацрагаас бага, харин 4-р сараас өмнөх болон 8-р сараас хойших саруудад налуу гадаргад тусах сарын нийлбэр цацраг нь хэвтээ гадаргад сард тусах цацрагаас $300\text{МДж}/\text{м}^2$ хүртэл ихэсдэг нь харагдаж байна. Энэ нь Сайншандын өргөрөгт өвлийн улиралд урагш харсан 45° -ын налуу гадарга дээр нар тусах өнцөг Улаанбаатарт нар тусах өнцгөөс илүү багасаж, нар гийгүүлэх хугацаа нь хойд өргөрөгүүдээс их болдог 2 шалтгаантай холбоотой. Улаанбаатар, Сайншандад хэвтээ болон налуу гадаргад ирэх цацрагийн сарын нийлбэрийн улирлын явцыг харгалзан 3,4-р зурагт үзүүллээ. 3-р зургаас авч үзвэл Улаанбаатар орчимд өвөл, намрын улиралд налуу гадаргад сард ирэх цацрагийн энергийн хэмжээ хэвтээ гадаргынхаас 36% орчмоор, хавар, зуны улиралд 5% орчмоор их байна. Харин Сайншанд орчимд өвлийн улиралд налуу гадаргад сард ирэх цацрагийн энергийн хэмжээ хэвтээ гадаргынхаас бараг 2 дахин их, намрын улиралд налуу гадаргад ирэх цацрагийн хэмжээ 37% орчмоор тус тус их байна.



Зураг 2. Сайнианд орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн жилийн явц



Зураг 3. Улаанбаатар орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн улиралын явц



Зураг 4. Улаанбаатар орчимд хэвтээ болон налуу гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн улиралын явц

Улаанбаатар болон Сайншандад хэвтээ гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн жилийн явцын харьцаа

Станц	сар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
Сайншанд		272	352	538	633	718	721	732	673	534	427	282	224	6102
Улаанбаатар		181	276	468	581	683	647	608	528	433	325	198	140	5062
Харьцаа		1.50	1.27	1.15	1.09	1.05	1.11	1.20	1.27	1.23	1.31	1.43	1.60	1.21

Улаанбаатар болон Сайншандад налуу гадаргад тусах цацрагийн нөөцийн жилийн явцын харьцаа

Станц	сар	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	жилд
Сайншанд		576	606	726	718	718	663	685	718	693	696	587	513	7900
Улаанбаатар		291	391	569	610	623	597	606	623	611	509	372	248	6048
Харьцаа		1.98	1.55	1.28	1.18	1.15	1.11	1.13	1.15	1.13	1.37	1.58	2.07	1.31

Сайншанд, Улаанбаатарт хэвтээ гадаргад тусах цацрагийн сарын нийлбэр болон тэдгээрийн харьцааг 5-р хүснэгтэд, налуу гадаргад тусах нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэр, тэдгээрийн харьцааг 6-р хүснэгтэд тус тус үзүүлэв. Эдгээр хүснэгтээс үзэхэд хэвтээ ба налуу аль алинд нь нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэр Сайншанд орчимд их утгатай байдаг нь харагдаж байгаа боловч, цацрагийн нийлбэрийн харьцаанаас харахад Сайншанд болон Улаанбаатар орчимд сард ирэх нарны интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрийн зөрүү нь өвлийн саруудад их, зуны улиралд бага байдаг ажээ. Энэ нь өвлийн улиралд нарны гийгүүллийн үргэлжлэх хугацаа өргөрөг багасахад илүү их өсдөг бол нар хөөрөх өндөр нь өргөрөг ихсэхэд илүү огцом багасдагтай, харин зуны улиралд өргөрөг багасахад нарны гийгүүллийн үргэлжлэх хугацаа харьцангуй бага өсч, нарны хөөрөх өндөр харьцангуй бага нэмэгддэг тул зуны улирлын цацрагийн нийлбэрүүдийн зөрөө бага болдогтой тус тус холбоотой.

VI. ДҮГНЭЛТ

1. Улаанбаатар орчимд хэвтээ гадаргад тусах интеграл нийлбэр цацрагийн жилийн нийлбэр нь 5062 МДж/м² байдаг бол урагш харсан 45°-ын налуу байрлалтай гадаргад

тусах цацрагийн жилийн нийлбэр нь 6048 МДж/м² хүрч ойролцоогоор 1000 МДж/м²-аар их байдаг бол Сайншанд орчмын өргөрөгт хэвтээ гадаргад жилд тусах интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэр 6102 МДж/м², налуу гадаргад тусах цацрагийн жилийн нийлбэр 7900 МДж/м² буюу хэвтээ гадаргад тусах цацрагаасаа 1800 МДж/м²-аар, Улаанбаатарт налуу гадаргад тусах цацрагаас 1850 МДж/м² орчмоор их буюу 30% орчмоор их байгаа нь монгол орны нутаг дэвсгэр дээр нарны фотоахилгаан станцыг байгуулахдаа аль болох нам өргөрөгт орших өмнө зүгийн нутгуудыг сонгох, мөн нарны хавтангуудын налах өнцгийг оновчтой сонгон тохируулах шаардлагатай болохыг харуулж байна.

2. Урагш харсан 45° налуу гадаргад тусах интеграл нийлбэр цацрагийн сарын нийлбэрүүд нь хэвтээ гадаргад тусах цацрагийн нийлбэр бага байдаг өвлийн саруудад 300МДж/м²-аар буюу бараг 2 дахин ихсэж зуны саруудад харьцангуй бага (50 МДж/м² орчим) багасаж байдаг нь цацрагийн нийлбэрийн жилийн турш дахь өөрчлөлтийн зөрүүг багасгаж нарны станцуудын гаргах чадлын улирлын хамаарлыг жигд болгох боломжийг бүрдүүлдэг байна.

НОМ ЗҮЙ

1. “Агаар мандалд явагдах физик үзэгдлийн судалгаа” төслийн эрдэм шинжилгээний тайлан II бүлэг 25-33 хууд
2. “Таримал ургамлын ургацанд гол нөлөө бүхий нарны фотосинтезийн идэвхит цацрагийн судалгаа” эрдэм шинжилгээний тайлан 45-46 хууд