

365±12 нм Долгионы Муж дахь Нарны Нил Ягаан Цацрагийн Эрчим

Б.Түвшинжаргал, Д.Батмөнх, Г.Даваахүү, Д.Мөнхманлай

ШУА, Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэн
tuvshinjargal@iag.ac.mn

В последнее время из-за уменьшения количества озонов в атмосфере Земли усиливается влияние солнечного ультрафиолетового излучения (УФИ) на живой организм на земной поверхности, в том числе на человека, и увеличилось число случаев кожных, глазных болезней и других заболеваний. Чтобы уберечь и предохранять людей от вредного влияния солнечного УФИ необходимо постоянно контролировать УФИ определяя его интенсивность.

В этой работе приведены некоторые результаты измерения интенсивности УФИ в области 365 ± 12 нм спектра на территории Монголии. Построены кривые интенсивности солнечного УФИ в зависимости от высоты Солнца, и оценены коэффициенты прозрачности атмосферы в области УФИ в разных точках территории.

Түлхүүр үгс: Нарны цахилгаан соронзон долгион, Нил ягаан цацраг, Дэлхийн агаар мандлын шингээлт ба цацаргалт

I. ОРШИЛ

Агаар мандалд сүүлийн хэдэн арван жилд хлор, фтор, нүүрстөрөгчийн нэгдлүүдийн агууламж бүхий бодисууд ихээр цацагдсанаар озоны давхаргад нөлөөлж озоны сийрэгжилтийг үүсгэснээр нарны нил ягаан цацрагийн (НЯЦ) тун хэмжээ ихсэж байгаа билээ.

Цацрагийн нөлөөнөөс болж дэлхий дээр жилд олон сая хүн нүдний болор цайх болон арьсны өвчинд нэрвэгдэж байна. Үүнээс сэргийлэх үүднээс дэлхийн олон оронд НЯЦ-ийн индексийг цаг агаарын мэдээтэй хамтатган мэдээлдэг болсон. Манай орны хувьд НЯЦ-ийн эрчим, индексийг тухайн цэгт тодорхойлж байх шаардлагатай юм. Газрын гадаргад ирж байгаа НЯЦ-ийн эрчим нь нарны өндөр буюу агаар мандлын зузаанаас хамаарахаас гадна тухайн газар нутгийн төлөв байдал, агаар мандлын шингээлт, сарнилт зэргээс хамаардаг.

Одон орон, геофизикийн хүрээлэн нь 2000 оноос эхлэн 365±12нм долгионы муж дахь нарны нилбэр болон шулуун цацрагийн эрчмийг VLX-3W маркийн багажаар Хүрэл Тогоот дахь хэмжилтийн байнгын цэгт, мөн хөдөө орон нутгуудад

явуулын хэмжилт хийж мэдээллийн санг өргөтгөж байгаа болно [3, 4].

Энэхүү судалгааны ажилд 2000-2015 онуудад хэмжигдсэн 365±12нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийг нарны өндрөөс хамааруулан хавар, зун, намрын улирал тус бүрт тодорхойлов. Мөн агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг тооцоолсон дүнг харуулав.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

A. Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарал

Тухайн цэг дэх НЯЦ-ийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарлыг эхний дөхөлтөөр шугаман хамаарлын хэлбэрээр авч үзье. Ингэхдээ хамгийн бага квадратын аргыг хэрэглэж болно [1].

$$y = a + bx + cx^2 \quad (1)$$

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, $n \geq 3$ гэж мэдэгдэж буй хэмжигдэхүүнүүдэд хамгийн сайн дөхөж очих $f(x)$ муруйн хазайлтын квадрат нь хамгийн бага байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл,

$$P = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i + cx_i^2)]^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

Энд: a, b, c - үл мэдэгдэх коэффициентууд,
 x_i, y_i – тухайн тохиолдолд нарны өндөр
ба эрчим.

В. Агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг тодорхойлох

Агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициентийг газрын гадаргад ирэх нарны цацрагийн эрчмийн сулралыг илэрхийлэх Буге-Ламбертийн хууль (3)-аар тодорхойлно:

$$S_\lambda = S_{0,\lambda} \cdot P^m \quad (3)$$

Энд: S_λ – газрын гадаргад тусах тухайн долгионы урттай нарны шулуун цацрагийн эрчим,

$S_{0,\lambda}$ - тухайн долгионы урт дахь нарны тогтмол,

P – агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент,

m – агаар мандлын оптик масс.

Агаар мандлын тунгалагжилт нь агаар мандалд явагдаж буй физик процесстой нягт уялдан агаар мандлын оптик төлөвийг тодорхойлох нэг чухал үзүүлэлт бөгөөд цаг агаарын хувьсал өөрчлөлтийг үүсгэгч ерөнхий синоптикийн болон нутаг орны байдал цаг уурын өвөрмөц онцлогтой холбогдон хувьсаж байдаг.

Бидний хийсэн НЯЦ-ийн хэмжилтээр 2007 он хүртэл зөвхөн нарны нийлбэр цацрагийн эрчим, 2007 оноос хойш нарны нийлбэр болон шулуун цацрагийн эрчим тодорхойлогдсон тул нийлбэр цацрагийн хэмжилтээс шулуун цацрагийг тодорхойлох шаардлагатай болсон. Иймд дараах аргыг хэрэглэв.

Хэвтээ гадаргууд θ -өнцгөөр налсан хавтгайд тусах нарны нийлбэр цацрагийн хувьд дараах томъёог бичиж болно [2]:

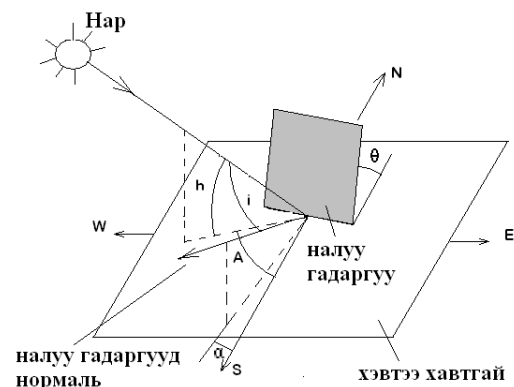
$$S_{NT} = S_{ND} \cos i + \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) S_s + \frac{1}{2} \rho (1 - \cos \theta) S_{HT} \quad (4)$$

Энд: S_{NT} - налуу гадаргууд тусах нарны нийлбэр цацрагийн эрчим,

S_{ND} - перпендикуляр гадаргууд тусах шулуун цацрагийн эрчим, S_s - сарнисан цацрагийн

эрчим, S_{HT} - хэвтээ гадаргууд тусах нарны нийлбэр цацрагийн эрчим, ρ - альбедо,

i -нарны чиглэл ба налуу гадаргуугийн нормаль хоёрын хоорондох өнцөг (Зураг 1).



Зураг 1. Хавтгайн байрлал, өнцгүүд.

Налуу гадаргуу нь нарыг дагах системээр хөдлөх тохиолдолд (4) томъёог дараах хэлбэртэй бичиж болно:

$$S_{NT} = S_{ND} + \frac{1}{2}(1+x) S_s + \frac{1}{2} \rho (1-x) S_{HT} \quad (5)$$

Нөгөөтэйгүүр, (4) томъёоноос хэвтээ гадаргууд тусах цацрагийн хувьд

$$S_{HT} = S_{ND} \cdot x + S_s \quad (6)$$

гэж бичиж болно. Энд $x = \sin h$ бөгөөд h нь нарны өндөр.

Сарнисан цацраг S_s нь цаг уурын нөхцөл, үүлшилт, тоосжилтоос хамаарч өргөн хязгаарт өөрчлөгддөг. Тэнгэр цэлмэг байх тохиолдолд Релейн сарнил зонхилж байна гэж үзвэл сарнисан цацрагийг Берляжегийн тэгшитгэлээр тооцоолж болно:

$$S_s = \frac{S_0 \cdot x(1-R)}{2(1-1.4x \cdot LnR)} \quad (7)$$

Энд дараах тэмдэглэлүүдийг хэрэглэв.

$$R = S_{ND}/S_0, R' = S_{NT}/S_0, R'' = S_{HT}/S_0 \quad (8)$$

S_0 – нарны тогтмол. R нь агаар мандлын нэвтрүүлэх чадвар бөгөөд нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент (P_x)-тэй дараах томъёогоор холбогдоно:

$$P_x = R^x \quad (9)$$

(5), (6) ба (7) томъёоноос агаар мандлын нэвтрүүлэх чадвар R -ийн хувьд дараах хялбар томъёонд хүрнэ. Үүнд:

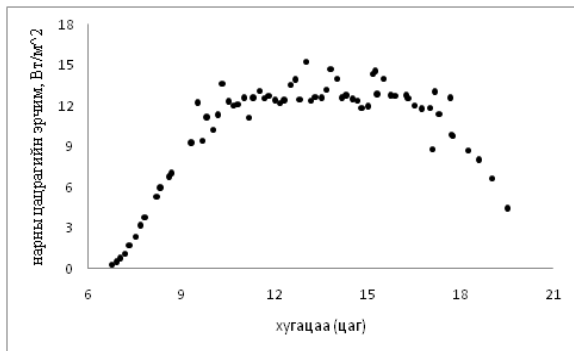
$$R = \frac{R' - x_3}{x_1 - x_3} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 1 + \frac{1}{2}x(1-x)\rho \\ x_2 &= \frac{1}{2}(1+x+\rho(1-x)) \\ x_3 &= \frac{1}{2}x \cdot x_2 \frac{1}{1-1.4x \cdot \ln R} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Илэрхийлэл (11) дэх x_3 нь R -ээс хамаарч байгаа тул итерацийн аргыг хэрэглэнэ. Ийнхүү S_{NT} хэмжигдсэн тохиолдолд R -ээр P_x -ийг нарны өндрөөс хамааруулан тодорхойлно. Дараа нь нарны өндрийн хэд хэдэн утгуудад тодорхойлсон P_x -ийн утгуудаар шулуун байгуулснаар нарны өндрийн 90° дахь P_x -ийг олох ба энэ нь агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P юм.

Ш. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

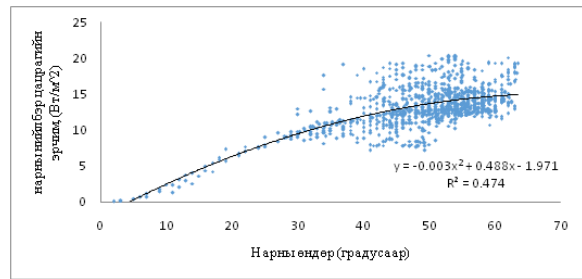
Хүрэл Тогоот дахь Одон орныг судлах оргилд хийгдсэн хэмжилтийн дүнг ашиглан 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны НЯЦ-ийн эрчмийн муруйн өдрийн явцыг Зураг 2-д харуулав.



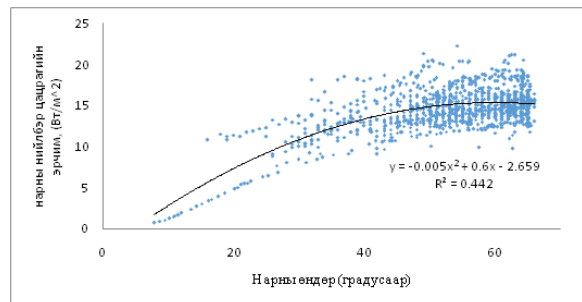
Зураг 2. Улаанбаатар орчмын нарны НЯЦ-ийн эрчмийн өдрийн явц.

Зураг 2-оос харахад НЯЦ-ийн эрчим нь өглөө, оройн цагт буурч, үд дундад ихэссэн буюу дундажаар 13.5 Вт/м^2 байна.

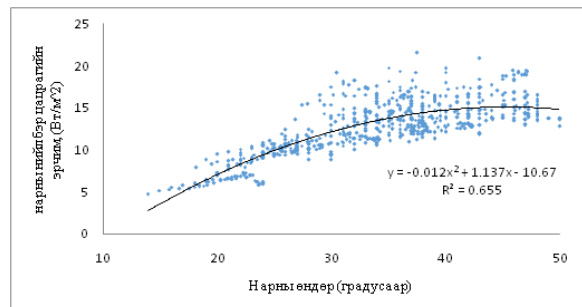
Тэнгэр цэлмэг байх үеийн 100 гаруй өдрийн хэмжилтийг түүвэрлэн НЯЦ-ийн эрчим ба нарны өндрийн хамаарлыг хамгийн бага квадратын аргаар хавар, зун, намрын улирал тус бүрт тодорхойлов (Зураг 3, 4, 5) [3]÷[5].



Зураг 3. Хаврийн улиралд нормаль гадаргад тусгах 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.



Зураг 4. Зуны улиралд нормаль гадаргад тусгах 365 ± 12 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

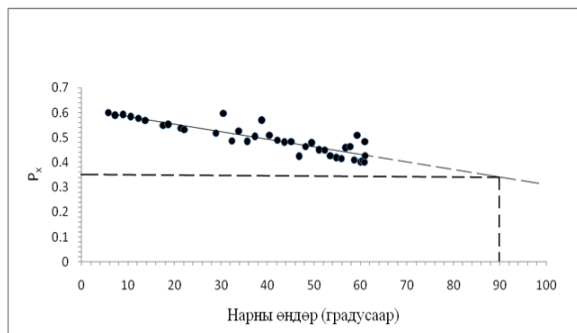


Зураг 5. Намрын улиралд нормаль гадаргад тусгах 365 нм долгионы муж дахь нарны нийлбэр цацрагийн эрчмийн нарны өндрөөс хамаарах хамаарал.

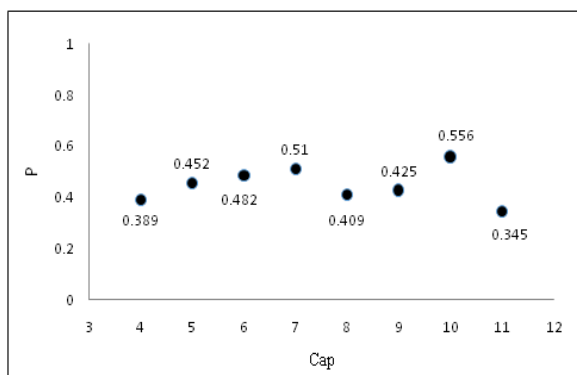
Дээрх үр дүнгээс үзэхэд нарны НЯЦ-ийн эрчим нь нарны өндөр дээшлэх тутамд ихэсдэг зүй тогтолтой бөгөөд хавар, зун болон намрын улиралд харгалзах утга нь дундажаар 19 Вт/м^2 , 20 Вт/м^2 ба 18 Вт/м^2 хүртэл ихэсдэг байна.

НЯЦ-ийн 365 ± 12 нм долгионы мужид Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P -ийг тодорхойлохдоо нарны тогтмолыг $S_{0,\lambda} = 25.76 \text{ Вт/м}^2$ гэж [5] ажлаас авсан. Боловсруулалтыг Фортран програмчлалын хэл дээр алгоритм бичиж гүйцэтгэсэн бөгөөд үр дүнд тухайн хугацаанд харгалзах шулуун

цацрагийн эрчим (S_{ND}), нарны өндөр (h) ба нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент (P_x)-ийн утга тодорхойлогдоно. Нарны өндрөөс хамаарсан P_x –ийн утгуудаар агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент (P)-ийг тодорхойлж (Зураг 6), түүний сар бүрийн дундаж утгуудыг Зураг 7-д харуулав.



Зураг 6. Нарны тухайн өндөр дэх тунгалагжилтын коэффициент P_x –ийн утгуудаар тодорхойлсон агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент P .



Зураг 7. Улаанбаатар хот орчмын P коэффициентийн сар бүрийн дундаж утга.

IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлын үр дүнд дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

- Нарны нил ягаан цацрагийн эрчим нь нарны өндрөөс хамаарч дараах илэрхийллээр тодорхойлогдоно:

Хаврын улиралд: $S_{NT} = -0.003h^2 + 0.488h - 1.971$

Зуны улиралд: $S_{NT} = -0.005h^2 + 0.6h - 2.659$

Намрын улиралд: $S_{NT} = -0.012h^2 + 1.137h - 10.67$

- Эдгээр илэрхийлэл нь өндөр нарийвчлал шаардагдахгүй практик хэрэглээнд ашиглагдах боломжтой. Өөрөөр хэлбэл, тухайн газар нутагт нарны өндрийн тодорхой утгад НЯЦ-ийн эрчмийг олох боломжтой. Улс орнуудад цаг агаарын мэдээний хамтаар НЯЦ-ийн хэмжээг индексжүүлэн мэдээлдэг бөгөөд манай оронд ч үүнийг хэрэгжүүлэх боломжтойг энэхүү ажлаар харуулав. Ингэхдээ НЯЦ-ийн эрчим нь зөвхөн нарны өндрөөс гадна агаар мандлын тунгалагжилт, газар зүйн байрлал зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаардаг тул эдгээр хүчин зүйлсийг тооцож илүү нарийвчлалтайгаар цацрагийн эрчмийг тодорхойлох зорилт тавигдаж байна.

- Улаанбаатар орчмын агаар мандлын тунгалагжилтын коэффициент нь хавар, зун ба намрын улиралд $0.345 \div 0.556$ хүртэл утгын хооронд хэлбэлзэж байна.

1. http://www.efunda.com/math/least_squares/least_squares.cfm.
2. Hiromy Baba and Kimio Kanayama, “Studies on Measurement and Estimation of Solar Radiation”.
3. “Нарны Н-альфа ба хэт ягаан цацрагийн ажиглалт, спектрийн судалгаа” сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан, 2007-2010 он
4. Нарны идэвхжлийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа” сэдвийн эрдэм шинжилгээний тайлан, 2011-2013 он
5. Solar Constant and Zero Air Mass Solar Spectral Irradiance Tables I
<http://www.patarnott.com/atms749/pdf/SolarConstantZeroAirMass>