

# Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын бохирдлын оптик параметруудийг өвлийн улиралд болон түймрийн утаатай байх хугацаанд харьцуулан судалсан дүн

Б.Ганбат, Ц.Баатарчулуун\*, Т.Нарангарав, Б.Даариймаа

МУИС, ШУС, Геологи Геофизикийн Тэнхим

Энэхүү судалгааны ажлаар өвлийн улиралд биомасс шатаасны улмаас үүсэх утаатай үед болон зуны улиралд ойн түймрийн утаатай байх үед Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын бохирдлын оптик параметруудийг тодорхойлж, тэдгээрийг харьцуулан судалж, зүй тогтлыг тайлбарлах оролдлого хийлээ.

PACS number: 92.60.Mt

## I. ОРШИЛ

Өнөөгийн бидний амьдарч буй нийгмийн тулгамдсан асуудлуудын нэг буюу агаарын бохирдол нь байгалийн болон хүний үйл ажиллагааны гаралтай олон хүчин зүйлээс шалтгаалсан нийлмэл үзүүлэлт юм. Хүний үйл ажиллагаанаас шалтгаалсан агаарын бохирдлын голлох үүсгүүр нь биомасс шатаах процесс юм. Энэ нь хүн амын амьдрах орчин, эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлөхөөс гадна агаар мандлын оптик төлөвт ч тодорхой өөрчлөлт авч ирдэг. Энэ нь уур амьсгалын өөрчлөлтөнд хүчтэй нөлөөлж байгаагийн тод жишээ бол өнөөгийн дэлхийн дулаарал билээ.

Агаар мандлын бохирдолд нөлөөлөх голлох хүчин зүйлсийн нэг болох аэрозолын шинж чанар, түүний хувьсал өөрчлөлтийн зүй тогтлыг судлах нь агаарын бохирдлын голлох үүсгүүрүүдийг нарийвчлан тодорхойлох, оптик үзүүлэлтүүдийн орон зай болон цаг хугацааны хамаарлыг тогтоох нь шинжлэх ухааны болоод практикийн чухал ач холбогдолтой юм.

Япон улсын Чибайгийн Их Сургуулийн эрдэмтэдтэй хамтарсан суурь судалгааны ажлын хүрээнд 2013 оны 9-р сараас эхлэн МУИС-ийн Геологи, Геофизикийн тэнхимийн “Агаар мандлын оптикийн хэмжилтийн лаборатори”-д Япон улсын PREDE компанид үйлдвэрлэсэн Скайрадиометр POM-1 автомат хэмжигч багажаар агаар мандлын бохирдлын оптик үзүүлэлтүүд болон бусад физик параметруудийг 10 минут тутамд тасралтгүй хэмжиж байна [1].

2016 оны 7-р сард ОХУ-ын Сибирийн бүс нутагт томоохон газар нутгийг хамран нэг сар орчим үргэлжилсэн ойн түймрийн утаа агаарын орчил урсгалын нөлөөгөөр 2016 оны 7-р сарын 20-25-нд Монгол орны төвийн нутаг дэвсгэрээр дайран өнгөрсөн бөгөөд үүний нөлөөгөөр агаар мандлын оптик төлөв тодорхой хугацаанд огцом

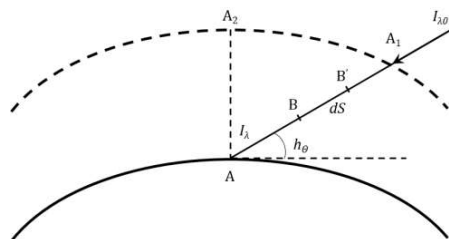
өөрчлөгдсөн юм. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд хүний үйл ажиллагаатай холбоотой агаарын бохирдол буюу өвлийн улиралд биомасс шатаасны улмаас үүсэх утаа, байгалийн гаралтай буюу ойн түймрийн утаатай байх үед агаар мандлын бохирдлын зарим оптик параметруудийг хэмжилтээр нарийвчлан тодорхойлж, харьцуулан судаллаа.

## II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Нарны цацрагийн ажиглалтын Улаанбаатар станц дахь POM-01 Скайрадиометр нь нарнаас ирж буй шулуун болон тодорхой өнцгөөр сарнисан цацрагийн (альмункантратын хэмжилт) эрчмийг 315 нм, 400 нм, 500 нм, 675 нм, 870 нм, 940 нм, 1020 нм долгионы уртуудад хэмжих ба хэмжилтийн үр дүнгээр агаар мандлын оптик параметрууд болох аэрозолын спектраль оптик зузаан, ангстромын экспонент ( $\alpha$ ), аэрозолын хугарлын илтгэгч ( $m - imi$ ), нэг сарнилын алbedo ( $\omega$ ), ассимметрийн параметр ( $g$ ), аэрозолын эзэлхүүний түгэлт гэх мэт агаар мандлын оптик төлөв болон, аэрозолын шинж чанарыг илэрхийлэх олон параметруудийг хэмждэг[1,2].

Энэ судалгааны ажлаар агаарын бохирдлын оптик параметрууд болох ангстромын экспонент, нэг сарнилын алbedo, аэрозолын эзэлхүүний түгэлтийг Улаанбаатар хот орчимд тодорхойллоо.

### A. Аэрозолын оптик зузаан



\* Electronic address: baataarchuluun@num.edu.mn

Нарны цацраг дэлхийн агаар мандлыг нэвтрэн газрын гадаргууд ирэхдээ шингэх ба сарних замаар эрчим нь сулардаг.  $I_{\lambda 0}$  эрчимтэй нарны цацраг агаар мандлын дээд хил дээр буюу  $A_1$  цэг дээр тусч байна гэе. Тодорхой долгионы урттай нарны цацраг  $B^1$  цэгээс  $B$  цэгт ирэхэд эрчим нь:

$$dI_{\lambda} = -\alpha_{\lambda} \cdot \rho \cdot I_{\lambda} \cdot dS \quad (1)$$

хэмжээгээр буурна. Энд:  $dS=BB^1$ ,  $\rho$ -агаарын нягт,  $\alpha_{\lambda}$ - $\lambda$  долгионы урттай цацраг нэгж масстай хэсгийг нэвтрэхэд харгалзах сулралын коэффициент. Газрын гадаргуу дээрх  $A$  цэг дээр ирж байгаа нарны цацрагийн урсгал нь:

$$\int_{I_0}^{I_{\lambda}} \frac{dI_{\lambda}}{I_{\lambda}} = -\int_0^S \alpha_{\lambda} \cdot \rho \cdot dS \quad (2)$$

тэгшитгэлээр тодорхойлогдоно.

$$\text{Гурвалжин } A_2A_1\text{-ээс } \frac{AA_1}{AA_2} = \frac{1}{\sinh \Theta}, \text{ нөгөө}$$

$$\text{талаас } \frac{AA_1}{AA_2} = \frac{M}{M_0} = m \quad (3)$$

$$\text{болохыг харж болно. Иймд } m = \frac{1}{\sinh \Theta} \quad (4)$$

болно.

Үүнд:  $m$ -агаар мандлын оптик масс,  $h_0$ -нарны хөөрөх өндөр. (4) томъёо нарны өндөр  $20^0$ -аас дээш байхад агаар мандлын массыг нилээд нарийвчлалтай илэрхийлдэг боловч нарны өндөр бага болоход алдаа нь тооцохоор хэмжээнд хүрдэг тул илүү нарийвчлалтай өөр томъёог хэрэглэдэг. (2) ба (3) томъёоноос:

$$\ln \frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda 0}} = -\alpha_{\lambda} \cdot M_0 \cdot m \quad (5)$$

ба  $M_0 \cdot \alpha_{\lambda} = \tau_{\lambda}$  гэж тэмдэглэвэл томъёо (5)-с  $\lambda$  долгионы урттай нарны монохромат цацрагийн эрчмийг

$$I_{\lambda} = I_{\lambda 0} \cdot e^{-\tau_{\lambda} \cdot m(\theta)} \quad (6)$$

олж болно. Үүнийг Буге-Ламбертийн хууль буюу агаар мандалд нарны шулуун цацрагийн эрчим сулрах хууль гэнэ.  $\tau_{\lambda}$ -ийг спектрийн тухайн муж дахь агаар мандлын ерөнхий оптик зузаан гэж нэрлэдэг.

Агаар мандал дахь нарны цацрагийн эрчмийн сулралын хууль буюу Буге-Ламбертийн хуулиас агаар мандлын оптик зузааныг илэрхийлж бичвэл:

$$\tau_{\lambda} = -\frac{1}{m(\theta)} \ln \left( \frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda 0}} \right) = \frac{1}{m(\theta)} \ln \left( \frac{I_{\lambda 0}}{I_{\lambda}} \right) \quad (7)$$

болно. Энд:  $I_{\lambda 0}$  - спектрийн тухайн мужид агаар мандлын гаднах хилд ирж буй нарны шулуун цацрагийн утга,  $I_{\lambda}$  - спектрийн тухайн муж дахь нарны шулуун цацрагийн хэмжсэн утга.

Агаар мандлын ерөнхий оптик зузааныг дараах хэлбэрээр буюу оптик зузаануудын нийлбэр байдлаар илэрхийлж болно [1].

$$\tau_{\lambda} = \tau_a(\lambda) + \tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{Pw}(\lambda) \quad (8)$$

Үүнд:  $\tau_a(\lambda)$  -аэрозолын,  $\tau_R(\lambda)$  -Релейн сарнилын,  $\tau_{O_3}(\lambda)$  -озоны,  $\tau_{mg}(\lambda)$  -холимог хийн,  $\tau_{Pw}(\lambda)$ -усны уурын оптик зузаан тус тус болно. (7) болон (8) томъёоноос аэрозолын оптик зузааныг тодорхойлбол дараах хэлбэртэй олноо [1,2].

$$\tau_a(\lambda) = \frac{1}{m(\theta)} \left( \ln I_{\lambda 0} - \ln I_{\lambda} \right) - (\tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{Pw}(\lambda)) \quad (9)$$

Аэрозолын оптик зузаан нь орон зай болон цаг хугацааны хувьд өөрчлөгдөж байдаг хэмжигдэхүүн бөгөөд түүнийг тодорхойлох зорилгоор скайрадиометр, нарны фотометр, эсвэл шилэн шүүлтүүрүүд бүхий актинометрийн тусламжтайгаар газрын гадаргад ирж буй нарны шулуун цацрагийг хэмждэг.

## В. Ангстромын экспонент

Ангстромын экспонент нь аэрозолын оптик зузааны гэрлийн долгионы уртаас хамаарах хамаарлыг илтгэдэг параметр юм. Энэхүү параметр нь тухайн ажиглалт, судалгаа хийж буй бүс нутгийн агаар мандалд агуулагдаж буй аэрозолын шугаман хэмжээстэй хамааралтай бөгөөд ангстромын экспонентийн их утга нь тухайн агаар мандал дахь аэрозолын хэмжээс харьцангуй жижиг байгааг, харин бага утга нь тухайн агаар мандалд харьцангуй том хэмжээст аэрозол голчлон түгж буйг тус тус илтгэдэг. Жишээлбэл:  $\alpha \ll 1$  үед агаар мандалд том ширхэгтэй буюу эффектив радиус нь  $0.5 \mu\text{m}$ -аас их байх аэрозол давамгайлна хэмээн үнэлж болно. Харин,  $\alpha \geq 1$  үед агаар мандалд жижиг ширхэгтэй буюу  $0.5 \mu\text{m}$ -аас бага эффектив радиустай буюу биомасс шатааснаас үүссэн юмуу хотын агаарын бохирдолтой холбоотой аэрозол давамгайлж байна хэмээн үзэж болно. Ангстромын экспонентийг спектрийн тухайн муж дахь аэрозолын оптик зузаан болон долгионы уртын харьцаагаар тодорхойлдог [1].

$$\frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^{-\alpha} \quad (10)$$

$\alpha$ -ангстромын экспонентийг тодорхойлбол:

$$\alpha = -\frac{\ln \frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}}}{\ln \frac{\lambda}{\lambda_0}} \quad (11)$$

болно.

### С. Нэг сарнилын альбедо

Нэг сарнилын альбедо (НСА) буюу single scattering albedo гэх энэхүү параметр нь агаар мандалд агуулагдаж буй аэрозолийн бөөмс дээр гэрэл сулрах үзэгдлийг илэрхийлэх сулралын оптик параметруудийн шинж чанарын тодорхойлолтонд чухал ач холбогдолтой юм. Нэг сарнилын альбедо нь гэрлийн нийт сулрал дахь сарнил болон шингээлтийн коэффициентуудын хоорондын харьцаагаар тодорхойлогддог [1]:

$$\omega = \frac{\sigma_s}{\sigma_a + \sigma_s} \quad (12)$$

Үүнд:  $\omega$  -нэг сарнилын албедо,  $\sigma_s$  -сарнилын коэффициент,  $\sigma_a$  -шингээлтийн коэффициент. Орчны харьцангуй чийгшил дэхь сарнилын коэффициентийг Кастин-Ханил нарын тэгшитгэлээр тооцоолбол:

$$\sigma_s(R) = \sigma_0(1 - R)^{-\gamma} \quad (13)$$

Дээрх тэгшитгэлд  $R$ -харьцангуй чийгшил,  $\gamma$ -аэрозолийн бөөмсийн конденсацын идэвхийн параметр,  $\sigma_0$  -аэрозолийн хуурай бөөмсийн сарнилын коэффициент. Аэрозолийн шингээлтийн коэффициентийг дараах байдлаар тодорхойлно:

$$\sigma_a = \sigma_m \times 10^{-3} \times M \quad (14)$$

Үүнд:  $\sigma_a$  -шингээлтийн коэффициент,  $\sigma_m$  -тодорхойлсон шингээлтийн хөндлөн огтлол,  $M$ -массын концентрац. (13) болон (14) тэгшитгэлүүдийг (12) томъёонд орлуулан бичвэл нэг сарнилын альбедо  $\omega$  нь дараах байдалтай олдоно [3,4].

$$\omega = \left(1 + \frac{M}{10^3 \sigma_0} \sigma_m (1 - R)^{\gamma}\right)^{-1} \quad (15)$$

Нэг сарнилын альбедогийн утга  $\omega \leq 1$  байх бөгөөд хэрвээ цацрагийн эрчим зөвхөн сарнилын нөлөөгөөр суларч байвал нэг сарнилын альбедогийн тоон утга 1 байна. Харин тоон утга нь 1-ээс бага байвал агаар мандал дундуур нэвтрэн газрын гадаргад хүрч буй нарны цацрагийн эрчим зөвхөн сарнилаар биш мөн шингээлтийн нөлөөгөөр суларч буйг илэрхийлнэ.

Аэрозолийн эзэлхүүний тархалт:

$(dV/d(\ln r))$  нь нэгж агаар мандал дахь тухайн  $r + dr$  радиустай аэрозолийн бөөмсийн нийт эзэлхүүнийг илэрхийлнэ.

### III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Японы Чигагийн Их Сургуулийн эрдэмтэдтэй хамтарсан суурь судалгааны багаж Скайрадиометр /РОМ-1/-ийн хэмжилтийн өгөгдлөөр Улаанбаатар хот /47.55N, 106.53E, д.т.д 1310м/ орчимд өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үед агаарын бохирдлын үзүүлэлтүүд болох 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолийн оптик зузаан, нэг сарнилын альбедо болон ангстромын экспонентийн статистик үзүүлэлтүүдийг харгалзан Хүснэгт 1, 2, 3-т үзүүлээ.

Хүснэгт 1. Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үед 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолийн оптик зузааны статистик үзүүлэлтүүд

| Улирал           | Хэмжилтийн тоо | Дундаж | Хамгийн бага утга | Хамгийн их утга | Стандарт хазайлт |
|------------------|----------------|--------|-------------------|-----------------|------------------|
| Өвөл             | 221            | 0.27   | 0.07              | 0.97            | 0.18             |
| Зун              | 235            | 0.39   | 0.03              | 1.95            | 0.32             |
| Түймрийн утаатай | 34             | 1.07   | 0.69              | 1.65            | 0.15             |

Хүснэгт 1-ээс харвал аэрозолийн оптик зузааны зун, өвлийн дундаж утгын ялгаа нь 0.12 буюу дундаж утгын хувьд өөрчлөлт багатай байна. Харин 2016 оны 7-р сарын 20-24 буюу ойн түймрийн утаатай байх үеийн дундаж утга нь харьцангуй огцом өссөн байна. Хамгийн их утга нь зун 1.95, хамгийн бага утга нь өвөл 0.03 байгаа нь ажиглагдаж байна.

Хүснэгт 2. Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн ангстромын экспонентийн статистик үзүүлэлтүүд

| Улирал           | Хэмжилтийн тоо | Дундаж | Хамгийн бага утга | Хамгийн их утга | Стандарт хазайлт |
|------------------|----------------|--------|-------------------|-----------------|------------------|
| Өвөл             | 221            | 1.53   | 0.13              | 2.30            | 0.29             |
| Зун              | 235            | 1.07   | 0.01              | 1.76            | 0.37             |
| Түймрийн утаатай | 34             | 1.31   | 0.92              | 1.65            | 0.15             |

Ангстромын экспонентын дундаж утга нь өвөл, зун болоод түймрийн утаатай байх аль ч нөхцөлд  $\alpha \geq 1$  байгаа нь 0.5  $\mu$ м-ээс бага буюу биомасс шатаалтын процесстой холбоотой аэрозоль давамгайлж байгааг харуулж байна. Хамгийн

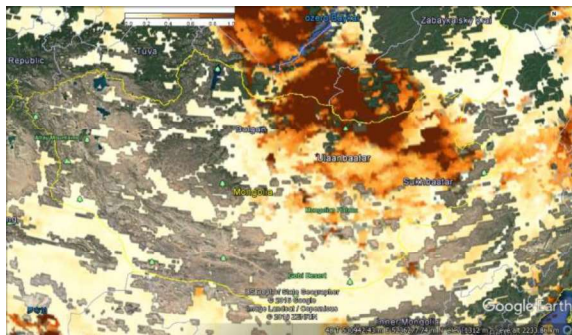
бага утга нь зун 0.01, хамгийн их утга нь 2.30 буюу өвлийн улиралд ажиглагдаж байна.

Нэг сарнилын альбедон дундаж утга өвөл 0.94, зун 0.89 буюу өвлийн дундаж их байгаа нь өвлийн улиралд сарнилын нөлөөтэй гэрлийн эрчмийн сулрал давамгайлж байгааг илтгэж байна.

Хүснэгт 3. Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үед 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах нэг сарнилын альбедон статистик үзүүлэлтүүд

| Улирал           | Хэмжилтийн тоо | Дундаж | Хамгийн бага утга | Хамгийн их утга | Стандарт хазайлт |
|------------------|----------------|--------|-------------------|-----------------|------------------|
| Өвөл             | 221            | 0.94   | 0.81              | 1.00            | 0.05             |
| Зун              | 235            | 0.89   | 0.73              | 1.00            | 0.08             |
| Түймрийн утаатай | 34             | 0.96   | 0.91              | 1.00            | 0.02             |

Сибирийн ойн түймэртэй байх үеийн аэрозолын оптик зузааны тархалтыг MODIS (17, July- 25, July) хиймэл дагуулын өгөгдлөөр Зураг 1а-д, Улаанбаатар хот орчмоор энэхүү түймрийн утаатай агаар орчил урсгалын нөлөөгөөр дайрч өнгөрөх үеийн агаар мандлын харагдах байдлыг Зураг 1б-д тус тус харууллаа.

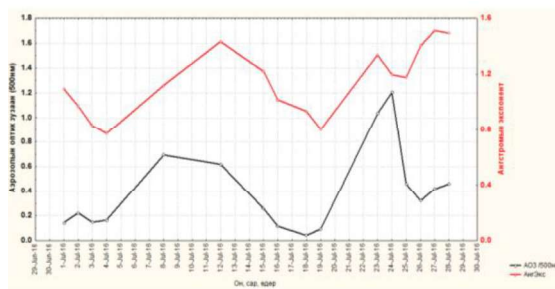


Зураг 1а. MODIS (17, July- 25, July) хиймэл дагуулын өгөгдлөөр гаргасан аэрозолын оптик зузааны тархалтын зураг.



Зураг 1б. Улаанбаатар хот орчмоор ойн түймрийн утаатай /7-р сарын 24-нд/ агаар дайран өнгөрөх үеийн фото зураг.

500 нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузаан болон ангстромын экспонентийн сарын явыг Зураг 2-т харууллаа.



Зураг 2. 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузаан ба ангстромын экспонентийн сарын явц /2016.07.01-28/.

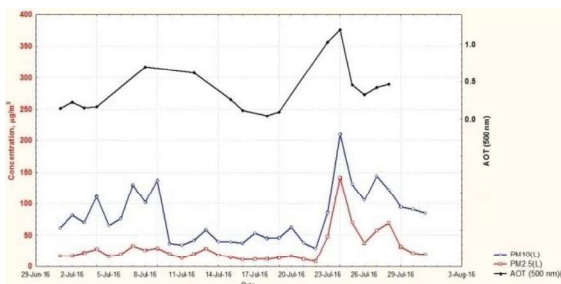
Зургаас харахад хоёр хэмжигдэхүүний ерөнхий явц төстэй, 500нм-т харгалзах аэрозолын оптик зузааны хамгийн их утга 7-р сарын 24-нд ажиглагдаж байгаа нь энэ өдрүүдэд түймрийн утаатай байсныг илтгэж байна. Улаанбаатар хотод байрлах агаарын чанарын хэмжилтийн станцуудын байрлалыг зураг 3-т харууллаа.



Зураг 3. Улаанбаатар хотод байрлах агаарын чанарын хэмжилтийн станцуудын байрлал.

Эдгээр станцууд нь харгалзан 2.5  $\mu\text{m}$  болон 10  $\mu\text{m}$ -ээс бага шугаман хэмжээтэй тоосонцор PM2.5, PM10 ба CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, салхины хурд, агаарын температур, агаарын даралт гэсэн 8 параметрийг хэмждэг.

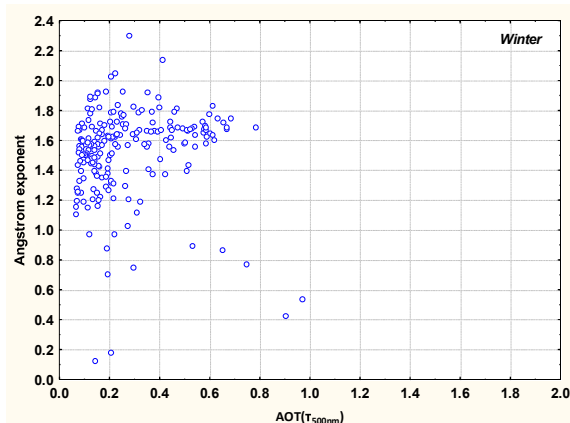
Зураг 4-т 500 нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузаан (AOT)-ы утга болон тоосонцор PM2.5, PM10-ийн хэмжээний өвлийн улирлын явцыг харууллаа.



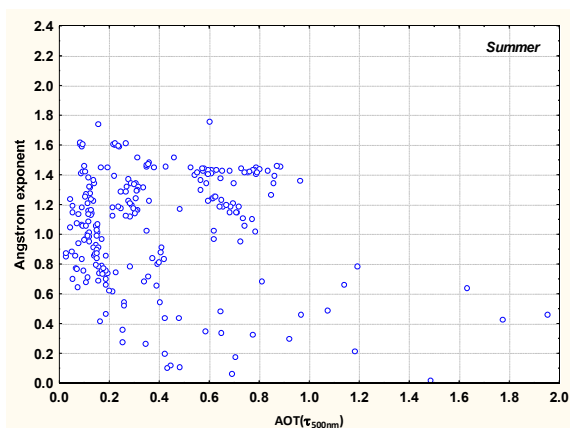
Зураг 4. 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолын оптик зузааны утга болон тоосонцор PM2.5, PM10-ийн хэмжээний явц /2016.07.01-28/.

Эдгээр утгууд 7-р сарын 24-нд огцом өсөлттэй байгаа нь ажиглагдаж байна. Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн ангстромын экспонент (Angstrom exponent)-ийн утгын 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолийн оптик зузаан (AOT)-аас хамаарсан тархалтыг харгалзан зураг 5а, 5б, 5в-д харууллаа.

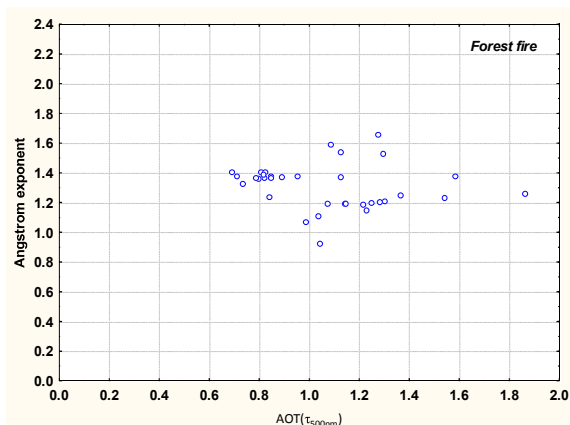
(a)



(б)



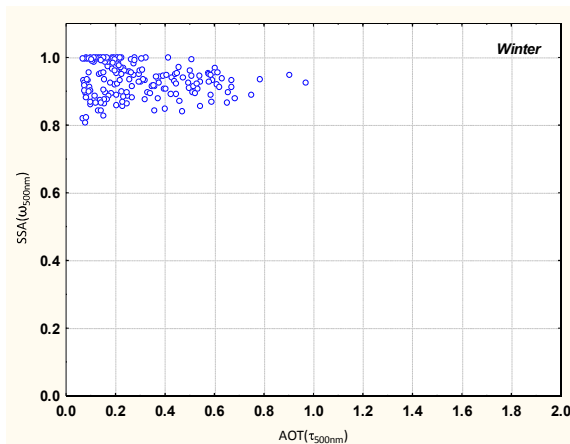
(в)



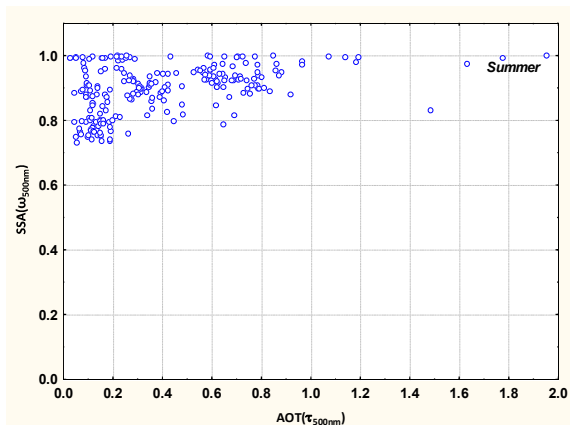
Зургаас харахад өвөл болон түймрийн утаатай байх үеийн ангстромын экспонентийн тархалтын утгын олонлогийн ихэнх нь  $\alpha \geq 1$ , харин зуны улиралд утгын олонлогийн бараг хагас орчим хувь нь  $\alpha < 1$  байгаа нь өвөл, болоод утаатай байх үед 0.5μм-ээс бага буюу биомассын шаталттай холбоотой аэрозол, зуны энгийн өдрүүдэд 0.5 μм-ээс их буюу агаарын босоо хөдөлгөөн их байдагтай холбоотойгоор механик хөдөлгөөнөөс үүссэн аэрозол ихэсдэгийг харуулж байна.

Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн 500 нм-ийн долгионы уртад харгалзах нэг сарнилын альбеда ( $SSA / 500nm$ )-н утгын 500 нм-ийн долгионы уртад харгалзах аэрозолийн оптик зузаан (AOT)-аас хамаарсан тархалтыг харгалзан зураг 6а, 6б, 6в-д харууллаа.

(a)

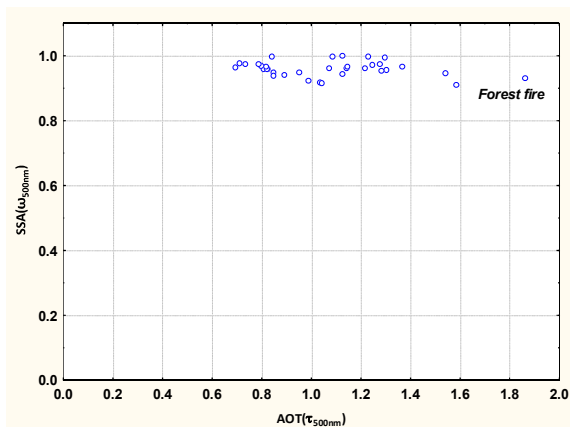


(б)



Зураг 5. (а), (б), (в) харгалзан өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн ангстромын экспонентийн утгын тархалт.

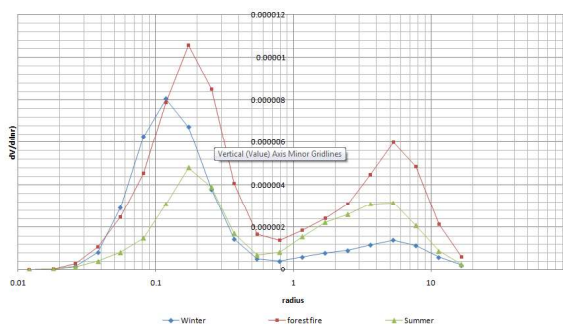
(B)



Зураг 6: ба, бб, бв харгалзан өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн 500нм-ийн долгионы уртад харгалзах нэг сарнилын альбедон утгын тархалт.

Эдгээр зургуудаас харвал өвлийн улиралд сарнилаас шалтгаалсан нарны цацрагийн эрчмийн сулрал давамгайлдаг бол зуны улиралд сарнилаас гадна, шингээлтээс шалтгаалсан цацрагийн эрчмийн сулрал ихэсдэг нь харагдаж байна. Харин түймрийн утаатай байх үед цаг агаар харьцангуй тогтвортой байсан. Тиймээс цацрагийн эрчмийн сулралын шалтгааны ихэнх хувийг сарнил эзэлж байна.

Агаар мандлын өөр өөр төлөвт буюу өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн аэрозолын шугаман хэмжээнээс хамаарсан эзэлхүүний түгэлт  $dV/d(\ln r)$ -ийг зураг 7-д харууллаа.



Зураг 7. Өвөл, зун болон ойн түймрийн утаатай байх үеийн аэрозолын шугаман хэмжээнээс хамаарсан эзэлхүүний түгэлт.

Эндээс харвал агаар мандлын аль ч төлөв байдалд бага радиустай буюу 0.1-0.2μм-ийн радиустай аэрозолын тархалт давамгайлж байна. Харин зуны улиралд харьцангуй том хэмжээстэй аэрозолын эзэлхүүний тархалт ихэсдэг зүй тогтол ажиглагдлаа.

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү ажлаар агаар мандлын аэрозолын үзүүлэлтүүд болох аэрозолын оптик зузааны 500нм-т харгалзах утга, ангстромын экспонент, нэг сарнилын альбедон 500нм-т харгалзах утга болон аэрозолын эзэлхүүний түгэлтийг агаар мандлын янз бүрийн нөхцөлд буюу өвөл, зун болон түймрийн утаатай байхад тодорхойллоо. Эдгээр тодорхойлсон дүнгүүдээс авч үзвэл:

- Аэрозолын оптик зузааны хамгийн бага утга зуны улиралд илэрч байгаа нь энэ улиралд ахуйн зориулалттай түлш шатаах процесс зогсдог учраас тэнгэр хамгийн цэлмэг байдагтай, харин хамгийн их утга мөн зуны улиралд илэрч байгаа нь усны уурын агууламж буюу харьцангуй чийг мөн л зундаа их байдагтай холбоотой гэж үзэж байна. Агаарын чанарын болоод аэрозолын оптик зузааны явцаас авч үзвэл 2016 оны 7-р сарын 24-нд аэрозолын оптик зузаан (AOT) болон PM2.5, PM10 тоосонцруудын утга огцом өсөлттэй байгаа нь түймрийн утаанаас шалтгаалсан гэж үзэж байна.
- Агаар мандлын аль ч нөхцөлд ангстромын экспонентийн дундаж утга  $\alpha \geq 1$  байгаа нь утаанаас шалтгаалсан аэрозол өвөл, зуны аль ч улиралд байдгийг харуулж байна. Мөн зуны улирлын тархалтаас авч үзвэл энэ улиралд том хэмжээстэй буюу 0.5нм-ээс их шугаман хэмжээстэй аэрозол ихсэж байгаа нь энэ улиралд агаарын босоо хөдөлгөөн харьцангуй их байдагтай холбоотойгоор механик хөдөлгөөнөөр үүсгэгдсэн аэрозол ихэсдэгтэй холбоотой.
- Нэг сарнилын альбедог авч үзвэл өвлийн улиралд сарнилтай холбоотой нарны цацрагийн эрчмийн сулрал давамгайлж байдаг бол зуны улиралд сарнил болон шингээлтээс шалтгаалсан цацрагийн эрчмийн сулрал аль аль нь байдаг байна. Энэ нь Монгол орны хувьд өвөлдөө цаг агаарын нөхцөл харьцангуй тогтвортой буюу тэнгэр цэлмэг байдаг харин зуны улиралд харьцангуй чийг ихэсдэгийг харуулж байна.

1. Аэрозолын эзэлхүүний түгэлтийг авч үзвэл өвөл, зун болоод түймрийн утаатай байх үеийн аль ч нөхцөлд шаталттай холбоотой аэрозолын түгэлт давамгайлж байна. Гэвч зуны улиралд бага радиустай аэрозолын түгэлт багасаж, том хэмжээст

аэрозолын түгэлт ихэссэн зүй тогтол илэрч байгаа нь хэдийгээр зун ахуйн галлалт бараг үгүй ч усны уурийн агууламж ихэсдэгтэй харин том хэмжээст аэрозолын түгэлтийг агаарын босоо хөдөлгөөнтэй ихэсдэгтэй холбоотой гэж үзэж байна.

## **V. НОМ ЗҮЙ**

- [1] “Агаар мандалд явагдах оптик үзэгдлийн судалгаа” суурь судалгааны төслийн тайлан.
- [2] Л.Бадрах, Б.Даариймаа, Ц.Баатарчулуун “Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын зарим оптик параметруудийг тодорхойлсон дүн” Физик сэтгүүл 2015 425 (19).
- [3] T.Takamura, P.Khatri, B.J.Sohn, N.Tugjsuren, B.Thana, M.Campanelli and G.Padithurai, “Aerosol optical properties and aerosol direct effect over typical sites of SKYNET network”, ICCASR 2013.
- [4] N.Tugjsuren and Ts.Baatarchuluun, “Aerosol optical properties over Ulaanbaatar and Mandalgovi, Mongolia”, The 2014 International Workshop on SKYNET and Asian Lidar Network, 2014.
- [5] Gregory L.Schuster, Oleg Dubovik and Brent N.Holben “Angstrom exponent and bimodal aerosol size”, J. Geophys. Res., vol.111,D07207, doi:10.1029/2005JD006328, 2006.