

# Улаанбаатар Хот Орчмын Агаар Мандлын Зарим Оптик Параметруудийг Тодорхойлсон Дүн

Л.Бадрах, Ц.Баатарчулуун, Б.Даариймаа, Б.Ганбат  
МУИС, ШУС, Геологи Геофизикийн Тэнхим

Энэхүү судалгааны ажилд агаарын бохирдлын ажиглалт, хяналтын олон улсын "SKYNET" сүлжээний Улаанбаатар хот дахь ажиглалтын автомат станцын 2013-2014 оны хэмжилтийн мэдээллээр Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын оптик төлвийн параметрууд болох аэрозольн оптик зузаан болон Ангстромын экспонентын жил болон хоногийн турш дахь хувьслын зүй тогтлыг судлаж, эдгээр параметруудийн зарим онцлог өөрчлөлтүүдийг байгаль, цаг уур, нийгмийн хүчин зүйлстэй холбон тайлбарлах оролдлого хийлээ.

PACS numbers: 92.60.Mt, 92.60.Sz, 92.60.Vb

## I. ОРШИЛ

Нарнаас ирж буй цацраг агаар мандал дундуур нэвтрэн газрын гадаргууд ирэхдээ агаар мандлыг бүрдүүлж буй хийн молекулууд болон агаар мандалд агуулагдаж буй аэрозолууд дээр сарних болон шингээгдэх процессуудын үр дүнд эрчим нь сулардаг. Нарны цацрагийн эрчмийг сулруулах аэрозолууд нь уур амьсгал, хүний эрүүл мэнд, газар тариалан гэх мэт олон зүйлд сөргөөр нөлөөлөх боломжтой тул агаар мандал дахь аэрозолийн оптик шинж чанар, хэмжээний түгэлт, орон зай цаг хугацааны өөрчлөлтийн зүй тогтлыг судлах нь онол, практикийн ихээхэн ач холбогдолтой юм [1-2].

Улаанбаатар хотын хувьд хүн амын нягтаршил ихсэж, хүний үйл ажиллагааны гаралтай аэрозолийн хэмжээ үлэмж нэмэгдсэнтэй холбоотойгоор тус хотын агаар мандлын төлөв байдлыг орчин үеийн, мэдрэмтгий багаж төхөөрөмжөөр судлах асуудал тулгарсан билээ. Энэхүү асуудлын хүрээнд 2013 оны 9 сараас эхлэн Япон улсын Чибегийн Их Сургуулийн эрдэмтэдтэй хамтарч SKYNET олон улсын сүлжээний Скайрадиометр (Skyradiometer) болон хэмжилтийн бусад багажийг МУИС-ийн Геологи, Геофизикийн тэнхимийн агаар мандлын оптикийн хэмжилтийн лабораторид суурилуулан судалгааны ажлыг эхэлсэн болно[4].

Энэ судалгааны ажлын хүрээнд Улаанбаатар хот орчим дахь агаар мандлын оптик төлөвийн үзүүлэлтүүд болох аэрозолийн спектраль оптик зузаан болон ангстромын экспонентыг тодорхойлон, тэдгээрийн жилийн болон хоногийн явцыг гаргаж, өөрчлөлт хувьслын зүй тогтлыг тайлбарлах оролдлого хийлээ.

## II. СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

SKYNET олон улсын сүлжээний Улаанбаатар хот (47.55Ө, 106.53У, д.т.д 1310 м)

дахь станц 2013 оны 9 сараас агаар мандлын оптик төлвийн хэмжилт хийж эхэлсэн. Энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд тус станцид 2013 оны 9 сараас 2014 оны 10 сар хүртлэх нэг жилийн хугацаанд хийгдсэн хэмжилтийн өгөгдлийг сонгон авч, зохих аргачлалын дагуу өгөгдлийн боловсруулалт хийж гүйцэтгэсэн болно.

Скайрадиометр багаж нь нарнаас ирж буй шулуун болон тодорхой өнцгөөр сарнисан цацрагийн (альмункантиратын хэмжилт) эрчмийг долгионы уртын хэд хэдэн мужид, тогтмол хугацааны интервалтайгаар хэмжих боломжтой автомат багаж юм. Улаанбаатар станц дахь ажиглалтын POM-01 скайрадиометр нь 315нм, 400нм, 500нм, 675нм, 870нм, 940нм, 1020нм долгионы урт бүхий нарны цацрагийн эрчимийг хэмжих ба эдгээр хэмжилтийн үр дүнгээр агаар мандлын оптик параметрууд болох аэрозолийн спектраль оптик зузаан, Ангстромын экспонент, аэрозолийн хугарлын илтгэгч, сарнилын альбеда, ассиметрийн параметр, аэрозолийн эзэлхүүний түгэлт гэх мэт агаар мандлын оптик төлөв, аэрозолийн шинж чанарыг илэрхийлэх олон параметруудийг тодорхойлох боломжтой.

### A. Аэрозолийн Оптик Зузаан

Спектрийн янз бүрийн мужид газрын гадаргууд ирж буй нарны цацрагийн эрчмийг Буге-Ламбертын хуулиар тодорхойлдог.

$$V(\lambda) \cdot d^2 = V_{\odot}(\lambda) \exp[-\tau(\lambda) \cdot m(\theta_0)] \quad (1)$$

Энд:  $V_{\odot}$  нь спектрийн тухайн мужид агаар мандлын гадна хилд ирж буй нарны шулуун цацрагийн эрчим,  $V$  нь спектрийн тухайн мужид газрын гадарга дээр ирж буй нарны шулуун цацрагийн эрчим,  $m(\theta_0) = 1/\cos \theta_0$ —агаарын мандлын масс,  $d$  нь нар-дэлхий хоорондын зайг Астрономийн нэгж зайд харьцуулсан харьцаа,  $\theta_0$  нь оройн зай,  $\tau(\lambda)$  нь спектрийн тухайн муж

дахь агаар мандлын ерөнхий оптик зузаан болно.

Агаар мандлын ерөнхий оптик зузааныг дараах хэлбэрээр буюу оптик зузаануудын нийлбэр байдлаар илэрхийлж болно [2].

$$\tau(\lambda) = \tau_A(\lambda) + \tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{PW}(\lambda) \quad (2)$$

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.

(1) болон (2) томъёоноос аэрозолын оптик зузааныг тодорхойлбол дараах хэлбэртэй олно.

$$\tau_A(\lambda) = \frac{1}{m(\theta_0)} (\ln V_{\odot}(\lambda) - \ln V(\lambda) \cdot d^2) - (\tau_R(\lambda) + \tau_{O_3}(\lambda) + \tau_{mg}(\lambda) + \tau_{PW}(\lambda)) \quad (3)$$

### В. Ангстромын экспонент

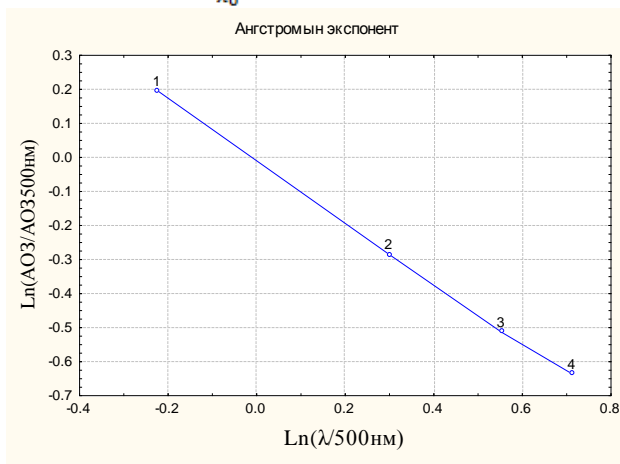
Энэ параметр нь тухайн ажиглалт, судалгаа хийж буй бүс нутгийн агаар мандалд агуулагдаж буй аэрозолын шугаман хэмжээтэй хамааралтай бөгөөд ангстромын экспонентийн их утга нь тухайн агаар мандал дахь аэрозолын хэмжээс харьцангуй жижиг байгааг, харин бага утга нь тухайн агаар мандалд харьцангуй том хэмжээт аэрозол голчлон түгсэнийг тус тус илтгэдэг.

Ангстромын экспонентийг спектрийн тухайн муж дахь аэрозолын оптик зузаан болон долгионы уртын харьцаагаар тодорхойлдог [5].

$$\frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^{-\alpha} \quad (4)$$

$\alpha$ -ангстромын экспонентийг тодорхойлбол:

$$\alpha = -\frac{\ln \frac{\tau_{\lambda}}{\tau_{\lambda_0}}}{\ln \frac{\lambda}{\lambda_0}} \quad (5)$$

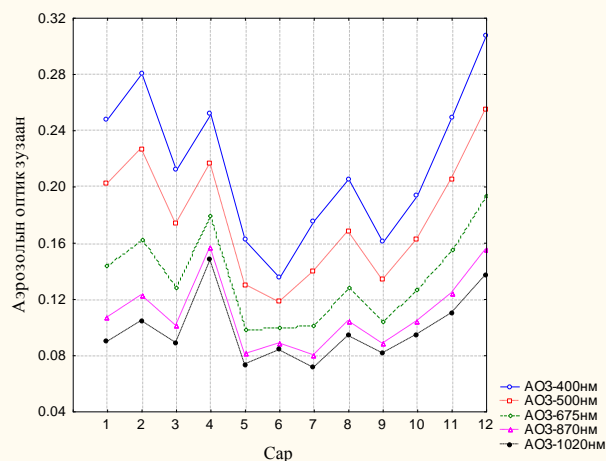


болно.

Дээрх хамаарал шугаман хэлбэртэй байгаа (корреллиацийн коэффициентын утга  $R^2 = 0.9993$ ) нь ангстромын экспонент нь долгионы уртаас хамаардаггүй болохыг илтгэж байна.

### III. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН БА ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолын хэмжээг үнэлэх зорилгоор 400нм, 500нм, 675нм, 870нм, 1020нм долгионы уртын утгууд дахь агаар мандлын аэрозолын оптик зузааны жилийн явцыг Зураг 1-д харуулав.



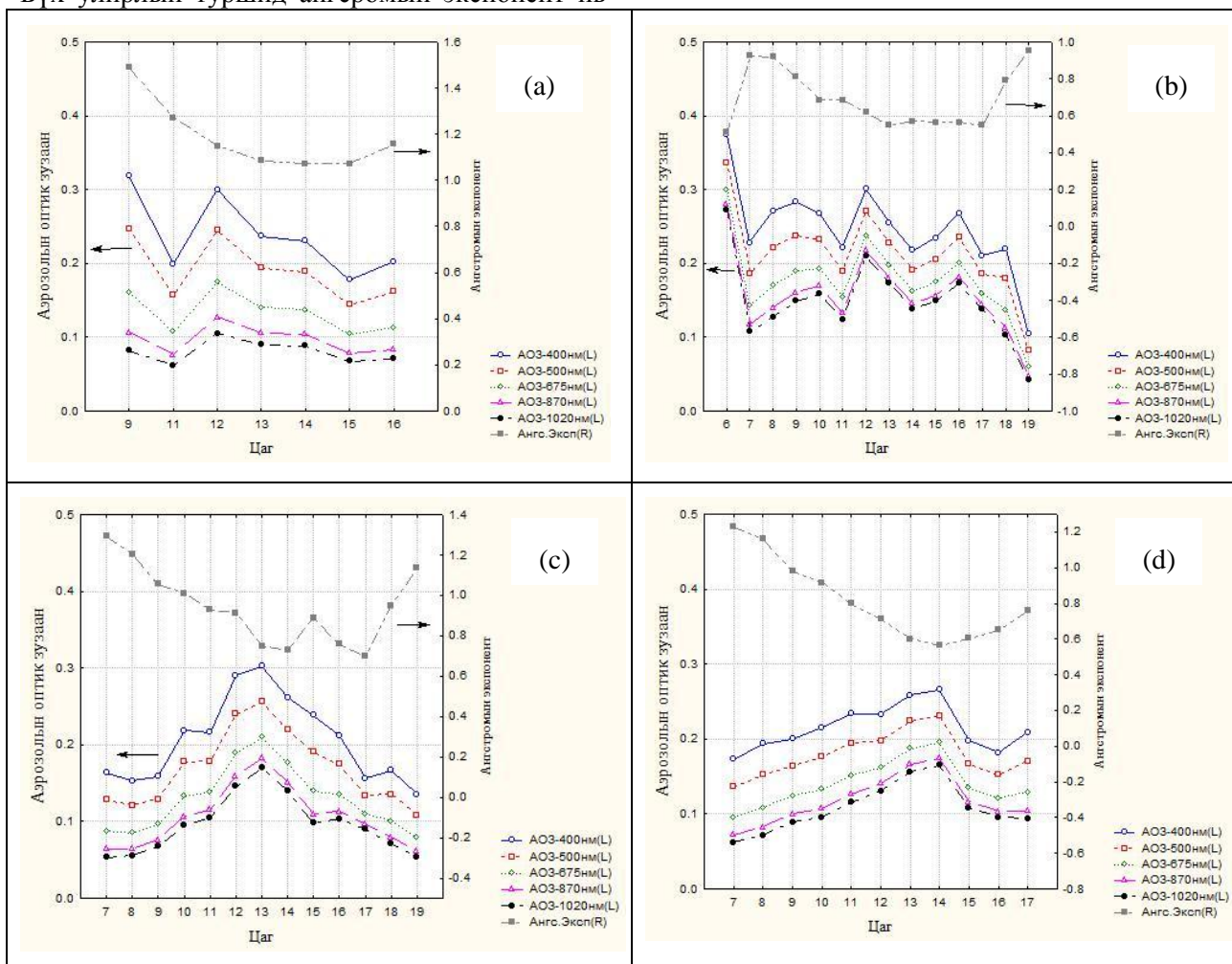
Зураг 1. 400нм, 500нм, 675нм, 870нм, 1020нм долгионы уртын мужууд дахь аэрозолын оптик зузааны жилийн явц.

Зураг 1-ээс харахад өвлийн саруудад (XII, I, II сар) аэрозолын оптик зузааны утга харьцангуй их, харин зуны саруудад (VI, VII, VIII сар) бага утгатай байгаа нь Улаанбаатар хотын хувьд өвөл нь гэр хорооллын галлагаанаас үүдэлтэй аэрозол ихээр тархдагтай холбоотой гэж үзэж байна. Харин IV сард аэрозолийн оптик зузааны утга бараг өвлийн саруудын утгатай ойролцоо болж өсөж байгаа нь хэдийгээр галлагааны үүдэлтэй утааны хэмжээ багасдаг ч цасан бүрхүүл хайлж, хуурайшилт явагдсантай холбоотойгоор шороо, тоос хэлбэрийн аэрозол ихэсдэгийг харуулж байна.

Зураг 2-т Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолын оптик зузаан болон ангстромын экспонентийн хоногийн явцыг улирал тус бүрээр үзүүлээ. Эндээс харахад ангстромын экспонент болон аэрозолын оптик зузааны утгын улирал бүрийн хоногийн турш дахь дундаж өөрчлөлт нь харилцан адилгүй байна. Ангстромын экспонентийн хувьд өвлийн улиралд бусад улирлаас харьцангуй өндөр утгатай, харин хаврын улиралд өвлийн улиралтай харьцуулахад 2 дахин бага утгатай

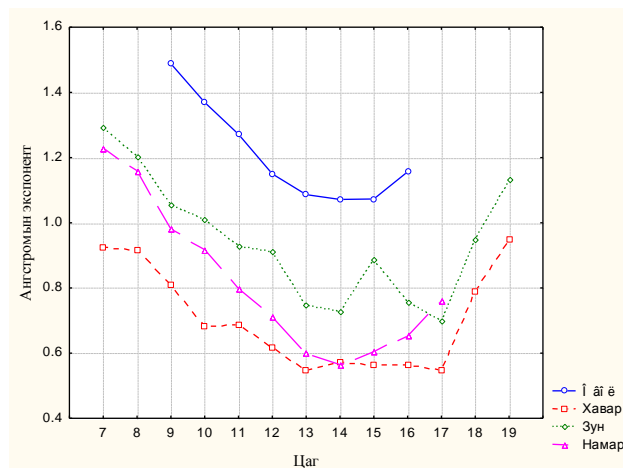
байгаа нь хаврын улиралд том хэмжээст аэрозолийн хэмжээ эрс өсдгийг харуулж байна. Бүх улирлын туршид ангстромын экспонент нь

өглөө, оройдоо өндөр утгатай, харин өдөртөө харьцангуй бага утгатай байна.



Зураг 2. Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолийн спектраль оптик зузаан болон Ангстром экспонентийн хоногийн явц. (a)-өвөл, (b)-хавар, (c)-зун, (d)-намар

Ангстромын экспонентийн утга өглөөдөө их, өдөртөө буураад оройдоо буцаад өсөж байгаа нь Улаанбаатар хотын хувьд өглөө оройдоо аэрозолийн хэмжээс жижиг, харин өдөртөө харьцангуй том хэмжээст аэрозол давамгайлж буйг харуулж байна. Үүний шалтгаан нь өдөртөө газрын гадарга халснаар агаарын босоо чиглэлт урсгал бий болж, агаар мандалд том ширхэгтэй аэрозол (тоос, тоосонцор) дээш хөөрдөгтэй холбоотой юм. Өвөл болон хаврын улиралд аэрозолийн оптик зузааны утга өглөөгүүр өндөр утгатай байгаа нь хүний үйл ажиллагаатай холбоотой буюу антропоген бохирдолтой хамааралтай байж болох юм. Ангстромын экспонентийн хоногийн явцыг улирлаас хамааруулан тодорхойлсон дүнг Зураг 3-д үзүүлээ.



Зураг 3. Улаанбаатар хот орчмын агаар мандалд агуулагдах аэрозолийн ангстромын экспонент параметрийн улирлаас хамаарсан хоногийн явц.

Зургаас харвал Улаанбаатар хотын агаар мандлын ангстромын экспонентийн утга хавар

болон намрын улиралд өдрийн цагаар өвлийн улиралтай харьцуулахад 2 дахин бага утгатай байгаа нь агаар мандал дахь аэрозолийн шугаман хэмжээс их буюу харьцангуй том хэмжээтэй аэрозол их хэмжээгээр түгсэнийг харуулж байна.

### I. ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хот орчмын агаар мандлын аэрозолийн оптик зузаан болон ангстромын экспонентийг тодорхойлсон дүнгээс дараах дүгнэлтүүдийг хийж байна. Үүнд:

Долгионы уртын муж бүрт тодорхойлогдсон аэрозолийн оптик зузааны утга өвлийн улиралд

бусад улиралтай харьцуулахад харьцангуй өндөр утгатай байна. Энэ нь Улаанбаатар хотод гэр хороололын галлагаанаас шалтгаалан их хэмжээний аэрозол үүсдэгтэй холбоотой.

Аэрозолийн оптик зузааны утга 4-р сард их дүнтэй байгаа нь хэт хуурайшилтаас үүдэн их хэмжээний тоосжилт үүсдэгтэй холбоотой байна.

Ангстромын экспонент параметрийн хувьд өвөлдөө харьцангуй өндөр утгатай, хаврын улиралд өвөлтэй харьцуулахад 2 дахин бага байгаа нь хавар том хэмжээст аэрозолийн хэмжээ эрс ихэсдэгийг харуулж байна.

- 
- [1] 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).
- [2] Jianrong BI, Jinsen SHI, Yongkun XIE, Yuzhi LIU, Tamio TAKAMURA and Pradeep KHATRI "Dust Aerosol Characteristics and Shortwave Radiative Impact at a Gobi Desert of Northwest China during the Spring of 2012", Journal of the Meteorological Society of Japan, **92A**, 33, (2014).
- [3] N. Tugjsuren and Ts. Baatarchuluun, "Aerosol optical properties over Ulaanbaatar and Mandalgovi, Mongolia", The 2014 International Workshop on SKYNET and Asian Lidar Network, (2014).
- [4] Gregory L. Schuster, Oleg Dubovik and Brent N. Holben "Angstrom exponent and bimodal aerosol size", Journal of geophysical research, vol.111,D07207, doi:10.1029/2005JD006328, (2006).