

# Нийслэлийн агаар дахь бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор $PM_{10}$ –ийн динамик загвар

О.Ууганбаяр<sup>1</sup>, Л.Пүрэвдолгор<sup>1</sup>, Л.Ажнай<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ерөнхий эрдмийн тэнхим, Эм зүй Био-Анагаахын сургууль, Анагаахын Шинжлэх Ухааны Үндэсний Их Сургууль

**Товчлол-** Монгол улсад 2000 оноос хотжилт эрчимтэй хөгжиж тээврийн хэрэгсэл, үйлдвэрлэлийн тоо, барилгын үйл ажиллагаа, цахилгаан станц болон хүн амын төвлөрөл нэмэгдсээр байгаа нь нийслэлийн агаарын бохирдлыг ихэсгэж байна. Мөн газар зүйн байршил, цаг уурын өөрчлөлт нь агаарын бохирдолд нөлөөлж байна. 2004 оны монгол улсын Мянганы хөгжлийн зорилтын хэрэгжилтийн тайлангаар нийслэлийн цахилгаан станц, их бага оврын уурын зууханд жилдээ 4.0 сая тонн, өрх 400 гаруй мянган тонн нүүрс, 300.0 гаруй шоо метр мод тус тус хэрэглэж байгаагаас гадна 70 гаруй мянган автомашины хаягдал утаа, тортог, үнс агаар, хөрсийг бохирдуулсаар байна.

Бид нийслэлийн агаар дахь бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн динамик загварыг систем динамик загварчлалын VENSIM-6 програм хангамжаар байгуулж хэтийн төлвийг тооцохоор зорьсон.

Бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн концентраци нь агаарын бохирдол, аж үйлдвэржилт, хүн амын өсөлт, салхи, хур тунадасын өөрчлөлтөөс хамааралтай бөгөөд агаарын бохирдлын өсөлт, халдварт өвчлөлийн өсөлт, нас баралтад нөлөөлж байна. Хэтийн төлөвөөс харахад бүдүүн ширхэглэгт  $PM_{10}$  нь тасралтгүй өсөх хандлагатай бөгөөд 2017 онд 2015 онтой харьцуулахад 33,9%-аар өсөх хандлагатай байна.

**Түлхүүр үг:** Бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ , VENSIM-6, динамик загвар

## I. УДИРТГАЛ

Бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$  нь харилцан адилгүй хэмжээтэй олон төрлийн хатуу, шингэний хольц юм. Тоосонцор нь ихэвчлэн  $PM_{10}$  буюу  $PM_{2.5}$  (тоосонцорын диаметр 10 буюу 2.5 микроноос бага) ялгаагаар ангилдаг.

Тоосонцор нь ихэвчлэн хүн амын оршин суух бүс (гэрийн халаах хэрэгсэл), суурин эх үүсвэр (цахилгаан станц, үйлдвэрийн яндан), хөдөлгөөнт эх үүсвэр (автомашин, автобус, ачааны машин зэрэг), машины дугуйн үрэлтээс гарсан тоосонцор, үйлдвэрийн тоос, цахилгаан станцын утаа, механик бутлалт, барилгын хаягдал, байгалийн бохирдуулагч эх үүсвэр буюу галт уулын дэлбэрэлт, шороон шуурга зэргээс үүсдэг.

Нийслэл хотын хамгийн их агаарын бохирдолтой газруудад хийсэн хэмжилтийн үр дүнгээс харахад бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$  –ийн агууламжийн жилийн дундаж нь Монгол улсын болон олон улсын агаарын чанарын стандартаас 15-20 дахин их байна. ДЭМБ-аас амьсгалын замын өвчлөл үүсгэдэг тоосонцрыг хамгийн ихдээ нэг шоо метрт 20 микрограммаас ихгүй байхыг зөвлөдөг. Нийслэл нь нэг шоо метрт оногдох 176 микрограмм тоосонцрын хэмжээгээрээ дэлхийд нэгт орж байна.

Бид нийслэлийн агаар дахь бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн динамик загварыг систем динамик загварчлалын VENSIM-6 програм хангамжаар байгуулж хэтийн төлвийг тооцохоор зорьсон.

Судалгаанд нийслэл хотын агаарын чанарын хяналтын УБ-1, УБ-2, УБ-3, УБ-4, УБ-5, УБ-7, УБ-8 дугаар цэг дэх бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн 2007-2015 оны өгөгдөл болон салхины хурд, хур тунадасны мэдээг Ус Цаг Уурын Хүрээлэнгийн мэдээллийн нэгдсэн сангаас, өвчлөлийн мэдээг HEALTH-INFO3 программын нэгдсэн сангаас, нийслэлийн хүн амын мэдээг статистикийнн тойм мэдээнээс тус тус авч ашигласан.

Бид элементүүдээ тодорхойлж ойлгомжтой болгон, элементүүдийн учир

шалтгааны талаар динамик таамаглал дэвшүүлэн, систем динамик загвар байгуулж, загвар зорилгодоо нийцэж байгаа эсэхийг шалган үнэлгээ өгсөн.

## II. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

Дэлхийн хэмжээнд хийсэн судалгаанаас үзэхэд АНУ-ын баруун эргийн 6 хотын 8000 орчим хүний агаарын бохирдолдын өртөлтийг 15 жилийн туршид даган судалсан (Докери, 1993), АНУ-ын 151 хотын 550000 орчим хүний нас баралтын түвшинг 7 жилийн турш даган судалсан (Попа нар, 1995) байна[3, 4]. Агаар дахь тоосонцорын хэмжээ хүний амьсгалын зам болон зүрх судасны системд сөрөг нөлөөтэй болохыг Сквартз(1993), Попа (1995), Петер (1997), Доналдсон (2001), Дэвлин (2001) нарын судалгаагаар нь тогтоогдсон[4-9].

АНУ-ын 10 хотод хийсэн Швартз (2000) нарын судалгаагаар  $PM_{10}$ -ийн концентрац  $10 \text{ мкг/м}^3$  аар нэмэгдэхэд өдрийн нийт нас баралт 0.7%-иар нэмэгдэж байсан[10]. Канадын 8 хотод хийсэн Бурнетийн судалгаагаар  $PM_{10}$  болон  $PM_{2.5}$  аль, аль нь өдрийн нас баралттай хамааралтай бөгөөд  $PM_{10}$  концентрац  $10 \text{ мкг/м}^3$  -аар нэмэгдэхэд өдрийн нийт нас баралт 0.7%-иар ( $CI = 0.2, 1.2$ ) даган нэмэгдэж байгааг тогтоосон байна[11].

Европын 29 оронд хийсэн Кацоуяни (2001) нарын судалгаагаар  $PM_{10}$  -ийн агууламж  $10 \text{ мкг/м}^3$  -аар нэмэгдэх тутам өдрийн нас баралт 0.6%-иар нэмэгдэж байгааг тогтоосон [12].

АНУ-ын 88 томоохон хотуудад хийсэн Доминичи (2002) нарын судалгааны дүнгээр  $PM_{10}$  концентрац  $10 \text{ мкг/м}^3$  -аар нэмэгдэх тутам өдрийн нийт нас баралт 0.27%-иар нэмэгдэж байгаа байгаа нь тогтоогдсон[13].

Тоосонцор нь агаарын чийгшилтэй сөрөг хамааралтай болохыг Рави (2004), Одорико (2005), Карар (2006), Шах (2006), Ваззилакос (2007), Гири (2008), Сандерсон (2008) нарын судалгаагаар тогтоосон байдаг[14-20].

Калифорни мужийн 9 томоохон хотыг хамруулан хийсэн Остро(2006) нарын судалгаагаар  $PM_{10}$ -ийн концентрац  $10 \text{ мкг/м}^3$  -аар нэмэгдэхэд нас барах эрсдэл 0.6%-иар ( $CI = 0.2, 1.0$ ) нэмэгдэх магадлалтай хэмээн тэмдэглэсэн байна[21]. Тэрчлэн нарийн тоосонцор зүрх судасны болон амьсгалын замын өвчлөлийн нас баралттай төдийгүй 65-аас дээш насны хүн амын нас баралтад шууд нөлөөлж байгааг тогтоожээ. АНУ-ын 25 хотод хийсэн Франклин (2006) нарын судалгаагаар  $PM_{2.5}$ -ийн дээрхийн адил өөрчлөлт 1.2% ( $CI = 0.3, 2.1$ ) -ийн эрсдэлд хүргэж болохыг судлан тогтоосон[22].

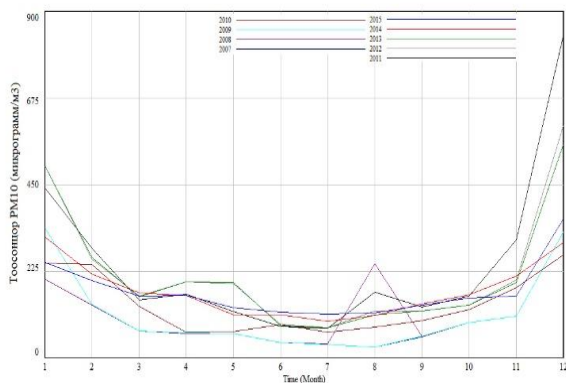
Тоосонцорын эх үүсгэвэр болох аж үйлдвэржилт, салхины хурд, цаг уурын өөрчлөлт нь амьсгалын замын халдварт өвчин, хорт бодисонд өртөх үндсэн шалтгаан болдогыг Лов (2006), Куинтеро (2010), Ксавина (2011), Дежобби (2011) нарын судалгаагаар тогтоосон.

Температур болон хөрсний элэгдэл нь тоосонцорын агууламжтай шууд хамааралтай нь Хуссэйн (2006), Десоуза (2010) нарын судалгаагаар тогтоогдсон байна[23-25].

Хуурай болон хагас хуурай хөрстэй газар дахь тоосонцор илүү их байгааг Пасо (2007), Новлан нарын судалгаагаар тогтоогдсон.

## III. ҮР ДҮН





Зураг3. 2007-2015 оны бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн түвшин

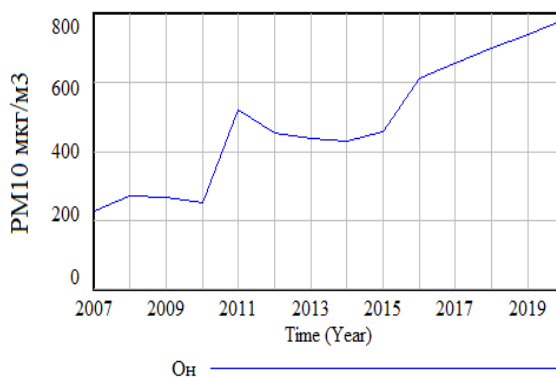
Олон жилийн дунджаас харахад бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн концентраци 12-р сар, 1-р саруудад өндөр байгаа нь улирлын нөлөөлөлтэйг, 8-р сард өөрчлөлттэй байгаа салхи, хур тундаснаас хамааралтай болохыг илтгэж байна.

## ДҮГНЭЛТ

Динамик загвар байгуулан нийслэлийн агаар дахь бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -г дүн шинжилгээ хийж түүнд нөлөөлөх хүчин зүйл болон түүний чиг хандлагыг тодорхойллоо. Судалгаанд нийслэлийн агаарын чанарын хяналтын долоон цэгийн мэдээг ашигласан бөгөөд олон жилийн дунджаас харахад бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн концентраци 12-р сар, 1-р саруудад өндөр байгаа нь улирлын нөлөөлөлтэйг, 8-р сард өөрчлөлттэй байгаа салхи, хур тундаснаас хамааралтай болохыг илтгэж байна. Бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн концентраци нь агаарын бохирдол, аж үйлдвэржилт, хүн амын өсөлт, салхи, хур тунадасын өөрчлөлтөөс хамааралтай бөгөөд агаарын бохирдлын өсөлт, халдварт өвчлөлийн өсөлт, нас баралтад нөлөөлж байна. Хэтийн төлөвөөс харахад бүдүүн ширхэглэгт  $PM_{10}$  нь тасралтгүй өсөх хандлагатай бөгөөд 2017 онд 2015 онтой харьцуулахад 33,9%-аар өсөх хандлагатай байна.

## ИШЛЭЛ

1. Schwartz J, *Particulate air pollution and chronic respiratory disease*. Environ Res, 1993(64): p. 36–52. [PubMed: 8287841].



Зураг 4. 2007-2020 оны бүдүүн ширхэглэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн хэтийн төлөв

Хэтийн төлөвөөс харахад бүдүүн ширхэглэгт  $PM_{10}$  нь тасралтгүй өсөх хандлагатай, 2017 онд 2015 онтой харьцуулахад 33,9%-аар өсөх хандлагатай байна.

2. Pope CA and Bates DV, *Health Effects of Particulate Air Pollution: Time for Reassessment?* Environ Health Perspect, 1995(103): p. 472–480. [PubMed: 7656877].
3. Pope CA, et al., *Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1995(151): p. 669–674.
4. Peters A and Dockery DW, *Short-term effects of particulate air pollution on respiratory morbidity in asthmatic children*. Eur Respir J, 1997. **PubMed: 9150327**(10): p. 872–879.
5. Donaldson, K. and V. Stone, *US Dept Health Human Sciences. Public Health Science; Washington. Ambient particle inhalation and the cardiovascular system: Potential mechanisms*, 2001.
6. J, S., *Assessing confounding, effect modification, and thresholds in the association between ambient particles and daily deaths*. Environmental Health Perspectives, 2000(108): p. 563–568.
7. Burnett RT, et al., *Associations between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities*. Inhalation Toxicology 2000. **12**: p. 15–19.
8. Katsouyanni K, et al., *Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project*. Epidemiology, 2001(12): p. 521–531.
9. Dominici F, et al., *On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health*. American Journal of Epidemiology, 2002(156): p. 193–203.
10. Ravi S and Odorico P, *On the effect of air humidity on soil susceptibility to wind erosion: The case of air-dry soils*. Geophys Res Lett, 2004(31:L09501.10.1029/2004GL019485).
11. Ravi S and Odorico P, *A field-scale analysis of the dependence of wind erosion threshold velocity on air*

- humidity. Geophys Res Lett, 2005. **32:L21404.10.1029/2005GL023675**.
12. Karar K and Gupta AK *Seasonal variations and chemical characterization of ambient PM10 at residential and industrial sites of an urban region of Kolkata (Calcutta) India*. Atmos Res, 2006(81): p. 36–53.
  13. Shah MH and Shaheen NN, *Characterization, source identification and apportionment of selected metals in TSP in an urban atmosphere*. Environ Monit Assess., 2006. [PubMed: 16583145](114): p. 573–587.
  14. Vassilakos C and Veros D, *Estimation of selected heavy metals and arsenic in PM10 aerosols in the ambient air of the Greater Athens Area, Greece*. J Hazardous Mat, 2007(140): p. 389–398.
  15. Giri D and Krishna MV, *The influence of meteorological conditions on PM10 concentrations in Kathmandu Valley*. Int J Environ Res, 2008(2): p. 49–60.
  16. Neuman CM and S. S., *Humidity control of particle emissions in aeolian systems*. J Geophys Res-Earth Surf, 2008(113).
  17. Low RB and Bielory L, *The relation of stroke admissions to recent weather, airborne allergens, air pollution, seasons, upper respiratory infections, and asthma incidence, September 11, 2001, and day of the week*. [PubMed: 16527994], 2006(37): p. 951–957.
  18. Quintero E and Rivera-Mariani F, *Analysis of environmental factors and their effects on fungal spores in the atmosphere of a tropical urban area (San Juan, Puerto Rico)*. Aerobiologia, 2010(26): p. 113–124.
  19. Csavina J and Landázuri A, *Metal and metalloid contaminants in atmospheric aerosols from mining operations*. Water Air Soil Poll, 2011(211): p. 145-157.