

НИЙГМИЙН ЭРҮҮЛ МЭНД

Улаанбаатар хотын агаарын тоосонцор (PM)-ын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөлөл

Энхжаргал А.¹, Бурмаажав Б.²

¹"Ач" Анагаах ухааны их сургууль

²Монгол Улсын Шинжлэх ухааны академи

Email: ajargal8@gmail.com

Abstract

Health impact of particulate matter (PM) in Ulaanbaatar city

Enkhjargal A.¹, Burmaajav B.^{1,2}

¹"Ach" Medical University

²Mongolian Academy of Sciences

Email: ajargal8@gmail.com

Background

Air pollution significantly impacts population health, particularly by contributing to cardiovascular and respiratory diseases, which are among the leading causes of morbidity and mortality. Health effects attributable to long-term exposure to PM_{2.5} include ischemic heart disease, lung cancer, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), lower-respiratory infections (such as pneumonia), stroke, type 2 diabetes, and adverse birth outcomes.

Objective

The study aimed to identify the short-term impact of PM on human health and to estimate the disease burden from the mortality associated with ambient air pollution.

Materials and Methods

Daily data for air quality in Ulaanbaatar and cardiovascular disease (CVD) and respiratory system disease (RSD) data for the period of 2008-2017 were used in the study. This is a time-series crossover study estimated the effects of short-term exposure to main air pollutants PM_{2.5} and PM₁₀ on the selected 2 diseases RSD (pneumonia, COPD) and CVD (ischemic heart disease and cerebrovascular disease). Statistical analysis were conducted by the SPSS-21 and STATA 12 programs to determine the correlation between disease and pollution and confirmed by appropriate parametric and non-parametric tests.

Results

The 24-hour average concentration of PM₁₀ in the cold season was 226.77 µg/m³. The 24-hour average PM_{2.5} concentration in the cold season was by 3.9 times higher than in the warm season, 2.3 times higher than the national standard level, and 8.6 times higher than the WHO Air quality guidelines value. Whereas, the concentration

of PM10 was 2.4 times higher than in the warm season, 3.6 times higher than the national standard level, and 9.1 times higher than the WHO recommended value. Trend analysis of the average annual concentration of pollutants revealed that PM10 and PM2.5 concentrations decreased by 33.1%-46.2%, while the concentration of SO2 and NO2 had increased by 20.5-36.8%. Furthermore, all lags of all pollutants had a significant correlation with pneumonia and other chronic obstructive pulmonary disease ($p < 0.001$). Statistically significant associations were also found for all air pollutants such as PM10 and PM2.5 in all lags with RSD and CVD admission in the cold season

Conclusion

Concentrations of ambient air pollutants and some meteorological factors have a direct correlation with respiratory and cardiovascular diseases and associated mortality. Reducing the number of primary air pollutants by 10 units would most likely reduce hospital admission by 0.1-9.8% and mortality by 0.1-9.5%.

Keywords: air pollution, cardiovascular and respiratory system disease, DALY, meteorological factors, Ulaanbaatar

Pp. 29-39, Tables 3, Figures 2, References 19

Үндэслэл

Хүний үйл ажиллагааны ямар нэг нөлөөлөлд өртөөгүй агаар мандлыг цэвэр агаар гэдэг. Агаарын бохирдлыг “Байгалийн, хүний үйл ажиллагааны нөлөөгөөр агаар мандалд ялгарч ан амьтан, хүний эрүүл мэнд, эдийн засагт хохирол үзүүлдэг хатуу, шингэн хийн хольц, биологийн биетийг агаарын бохирдол” хэмээн тодорхойлсон байдаг. Эдгээр хийн хольц хүний эрүүл мэндэд төдийгүй экосистемд сөргөөр нөлөөлдөг [1].

ДЭМБ-ын тодорхойлж буйгаар агаарын үндсэн бохирдуулагчдад PM10, PM2.5, хүхэрлэгхий, азотын давхар исэл, газрын газрын гадаргын озон, нүүрсхүчлийн дутуу ислийн хамруулдаг. Агаар дахь PM10, PM2.5, хар нүүрс, сульфатыг оролцуулсан төрөл бүрийн тоосонцор нь нас баралт, өвчлөлд нөлөөлдөг болох нь нэгэнт тогтоогдсон. Тэдгээрийн эцсийн үр дүн нь эмнэлэгт хэвтэлт, түргэн тусламжийн дуудлага, зүрхний

шигдээс, багтраа, амьсгалын замын өвчлөл, уушгины үйл ажиллагааны доголдол, ажил, сургуулийн завсардалт зэрэг болно [2].

Гадаад орчны агаар дахь PM10 болон PM 2.5 нь дан ганц агууламжтай бус харин цогц, маш олон төрлийн химийн элементийг агуулах бөгөөд тэдгээр нь хэлбэр, хэмжээ, концентрац, байрлал, цаг уурын хүчин зүйл, улирал, эх үүсвэр, ялгарал зэргээс хамаарч харилцан адилгүй байдаг. Аж үйлдвэрлэлийн үйл явц, автомашины утаа, түлшний шаталт зэргээс эрүүл мэндэд маш хортой олон бохирдлын хольцыг агаарт үүсгэдэг. Түүнд агуулагдах олон хольцууд болох төрөл бүрийн хүчил, хагас саармагжсан давс, үнэрт болон цагираг нүүрст устөрөгчид, зарим хүчил, металлууд (хүнд болон завсрын металл), биологийн гаралтай харшил төрүүлэгч, цэцгийн тоос, эндотоксин нь гол суурь болох хар нүүрсэнд шингээгддэг.

Тэдгээр бүх холимгийн эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийн талаарх мэдээлэл

өнөөг хүртэл хомс хэвээр байна. PM10, PM2.5 нь хэлбэр, хэмжээ, химийн концентрац, цаг уурын хүчин зүйл, гарал үүслээрээ харилцан адилгүй хатуу биет хэлбэртэй тоосонцор, шингэн дусал бүхий тоосонцорын хольц юм. Зарим тохиолдолд 10 микроноос бага диаметртэй тоосонцорыг амьсгалагддаг тоосонцор хэмээн нэрийддэг бөгөөд хэт жижиг (0.1 мкр-оос бага диаметртэй тоосонцор), жижиг (2.5 мкр-оос бага диаметртэй тоосонцор), том (2.5-10 мкр диаметртэй тоосонцор) ширхэглэгт тоосонцорыг энэхүү ангилалд хамруулдаг байна. Эдгээр нь хүний амьсгалаар хялбар нэвтэрч уушгинд хүрдэг тул ийнхүү нэрийдсэн байна [3, 4].

Амьсгалагддаг тоосонцорын ангилал, эх үүсвэр

Том ширхэглэгт тоосонцор (PM10) нь харьцангуй том ширхэгтэй бөгөөд 1.0-2.5 мкр-10 мкр хэмжээтэй, гол төлөв өнгөн хөрс, талст материал, механик элэгдлийн үр дүнд бий болдог. Түүний доод хязгаарыг ихэвчлэн 2.5 мкр диаметрээр тооцдог.

Жижиг ширхэглэгт тоосонцор (PM2.5)-ын диаметр дунджаар 0.1-2.5 мкр байдаг. Энэ бүлгийн тоосонцор нь хөө зэрэг олон төрлийн нүүрстөрөгчийн холимог (урвалд орсон метал, органик бодисын холимог), хүчлийн ууршсан нэгдлүүд, сульфат ба нитратын давс зэрэг хоёрдогч аэрозолууд, түүхий нүүрс, автомашины хөдөлгүүрийн шаталтаас шууд болон шууд бус замаар үүссэн нэгдлүүдээс бүрддэг.

Хэт жижиг ширхэглэгт тоосонцорын (PM0.1) диаметр дунджаар 0.01-0.1 мкр хэмжээтэй, автомашины хөдөлгүүрийн шаталтаас (дизель болон отто төрлийн) үүсдэг. Гэхдээ түүний гадаад орчны агаар дахь эх үүсвэр, PM2.5-д

агуулагдах хэмжээний талаар төдийлөн сайн судлаагүй байна.

Тоосонцорыг анхдагч ба хоёрдогч хэмээн ангилах тохиолдол байдаг. Анхдагч нь агаарт шууд ялгардаг хатуу, шингэн тоосонцорыг хэлдэг (дизель хөдөлгүүр, шаталтаас үүссэн элемент хэлбэрийн нүүрстөрөгч буюу хийн шаталтаас үүссэн органик хийн хольц) бол хоёрдогч тоосонцор гэдэгт атмосферын агаарт явагддаг төрөл бүрийн химийн урвалын үр дүнд бий болсон тоосонцорыг хэлдэг. Тоосонцорын төрлүүд нь гадаад орчны агаарт ямар үед хэдий хэмжээтэй, хаана байдаг нь төдийлөн сайн судлагдаагүй байна. Ялангуяа дээр дурьдсан 3 төрлийн тоосонцорын агаарт агуулагдах байдал тодорхойгүй хэвээр байна. Зарим судлаачдын тэмдэглэснээр цаг уурын өөрчлөлт болоход PM10-ын хэмжээ бага зэрэг өөрчлөгдөх ба PM2.5-ын концентрац үүнтэй адил өөрчлөгддөг байна [5].

PM2.5 нь ихэвчлэн хөдөлгөөнт эх үүсвэр (автомашин, автобус, ачааны машин гэх мэт), суурин эх үүсвэр (цахилгаан станц, үйлдвэрийн яндан), хүн амын оршин суух бүсээс (гэрийн халаах хэрэгсэл, хоол хийх гэх мэт) ялгардаг.

PM10 нь механик бутлалт, барилгын хаягдал, байгалийн гаралтай бохирдуулагч эх үүсвэр буюу галт уулын дэлбэрэлт, шуурга зэргээс үүсдэг. Өдгөө дэлхийн хэмжээнд Африк, Азийн шар шороон шуурга зэрэг байгалийн гаралтай тоосонцорын эх үүсвэрийг голлон нэрлэж байна [6].

Тоосонцор (PM)-ын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөлөл

Тоосонцор нь хурц, архаг өвчлөлийн шалтгаан болдог. Дэлхийн хэмжээнд

PM2.5-ын бохирдол уушгины хавдрын шалтгаант нийт нас баралтын 9%, зүрх судасны өвчлөлийн шалтгаант нас баралтын 5%, амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаант нас баралтын 1%-ийг эзэлж байгааг тогтоосон байна. PM10, PM2.5-ын бохирдлын асуудал дэлхий нийтийг хамарсан орчны эрүүл мэндийн тулгамдсан асуудал болоод байгаа бөгөөд ялангуяа бага, дунд орлоготой улс орнуудын хүн амын эрүүл мэндийн хувьд энэ нь илүү их дарамт учруулж байна [7].

Тоосонцорын хоруу чанарын талаар хийсэн төдийлөн олон судалгаа байхгүй ч сүүлийн жилүүдэд ийм судалгаа хийх нь олширч байна. Эдгээр судалгааны үр дүнд үндэслэн гадаад орчны агаар дахь РМ нь хүний бие махбодод исэлдэх үйл явцын нэмэгдүүлэх, амьсгалын замыг үрэвсүүлэх, хаван үүсгэх, хийн солилцоо, зүрхний хэм алдагдуулах, шингэний урсгалыг сааруулах, дархлалыг тогтолцоог бууруулах, мэдрэлийн эсийн үйл ажиллагааг сааруулах нөлөө үзүүлдэг байна.

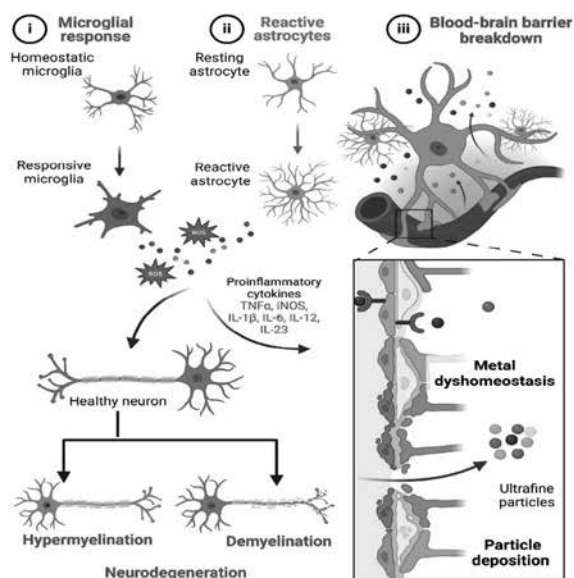


Figure 1. Biochemical mechanism of PM

Сүүлийн 10 гаруй жилд агаарын бохирдол, нас баралтын өдөр

тутмын хамаарлыг судлан тогтоосон тархварзүйн судалгааг таван тивийн хэмжээнд цөөнгүй хийжээ.³⁸ Гадаад орчны агаарын бохирдуулагчид тэр дундаа тоосонцорын (PM) эрүүл мэндэд үзүүлж буй өдрийн, олон өдрийн, удаан хугацааны сөрөг нөлөөллийг судлан тогтоосон байна [8, 9].

Зорилго гадаад орчны агаарын тоосонцорын хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх хавсарсан болон хүн амын амьсгал, зүрх судасны тогтолцооны богино хугацааны өвчлөлд үзүүлэх нөлөөллийг судлан тогтоох зорилготой.

Материал, арга зүй

Цаг хугацааны огтолбор судалгааны аргыг ашиглан агаарын бохирдлын цаг хугацааны нөлөөлөл буюу богино хугацааны өртөлтийн амьсгал, зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн улмаас эмнэлэгт хэвтэлт болон нас баралтын нөлөөллийг

Үр дүнгийн статистик боловсруулалт

Анхан шатны тоон мэдээллийн MS Excel программын тусламжтай нэгтгэн, цуглуулсан болно. Өвчлөл болон бохирдлын харилцан хамаарлыг тогтоохдоо судалгааны тоон мэдээллийн статистик боловсруулалтыг SPSS-21 программыг ашиглан хийж, тохирох параметрийн ба параметрийн бус тестүүдээр баталгаажууллаа. Тасралтгүй үргэлжлэх тоон мэдээллийн тархалтыг Колмогоров-Смирновын тест ашиглан тогтоов. Ихэнх тархалт жигд бус байсан тул параметрийн бус тестүүд болох Спирманы корреляци, Манн-Уйотни У тест, Крускал Валлисын тестүүдийг ашиглав. Гадаад орчны агаарын бохирдлуулагч бүрийн харьцангуй эрсдэл буюу RR-ийг цаг хугацааны цувралын аргаар тооцсон болно.

Таамаглалын шалгуурыг тооцохдоо тэгшитгэлээс тооцогдсон t утгыг ердийн t тархалтыг STATA програмаар тооцсон бөгөөд Dickey-Fuller-ийн өргөтгөсөн хэлбэр болох ADF шалгуурыг явуулахад lag бүхий эрэмбийн ялгаврын утгыг нэмж оруулав.

Ингэснээр тогтмол тоон утгатай, трендгүй загварыг доорх томъёоны дагуу тооцоолсон болно. Үүнд:

$$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{s=1}^m \alpha_s \Delta y_{t-s} + v_t$$

Δy_{t-s} -ийн тодорхой тооны лагийн утга Lag-ийн оновчтой хэмжээг алдааны илэрхийлэл v_t автокорреляцын функц (ACF) эсвэл тэгшитгэл дэх ач холбогдолтой гарсан α_s коэффициентын тоогоор тодорхойлж болно.

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын эрүүл мэндийн өртөлтийн нөлөөллийг доорх томъёог ашиглан тооцоолов. Үүнд:

$$E = ((RR-1)/RR) * f_p * POP$$

E нь агаарын бохирдлын улмаас үүдэлтэй өвчлөл тус бүрийн тохиолдлын тоо бөгөөд үүнийг хэтэрсэн өвчний тохиолдол гэж нэрлэдэг.

RR нь бохирдлын хоёр түвшний хоорондох харьцангуй эрсдэл (бидний тохиолдолд бохирдлын тухайн үеийн түвшин болон хамгийн бага бохирдлын түвшинг тооцоолов).

POP нь нийт хүн амд харьцуулсан эрсдэл бөгөөд (AR) 2017 оны байдлаар Улаанбаатар хотын нийт хүн ам болох 1.5 сая хүнээс өртсөн хүний эмнэлэгт

хэвтэлтийг тооцоолон тэдгээрийг харьцуулан жишсэн тоо.

Дээрх томъёоноос Улаанбаатар хотын хүн амд байсан гэвэл тэр нь тухайн жилийн нийт хүн амыг хамруулан хүн амын сонгон авсан 2 бүлгийн өвчний улмаас эмнэлэгт хэвтсэн болон нас барсан тохиолдлыг нийт хүн амд харьцуулан агаарын бохирдолд өртөлтийг доорх томъёог ашиглан тооцоолсон болно. Үүнд:

$$RR = \exp(\beta * (C - C_t))$$

β нь өртөлт-хариуны коэффициент

C нь яг тухайн өдрийн бохирдлын түвшин

C_t нь тухайн бохирдуулагчийн сонгосон өдрийн дундаж хэмжээ.

Үр дүн

PM10, PM2.5-ын концентрацыг Улаанбаатар хотын хэмжээнд 2010 оны 7 дугаар сараас өдөр тутам тасралтгүй хэмжиж эхэлсэн байна. Дулааны улиралд PM10-д агуулагдах PM2.5-ын концентрац хүйтний улирлынхаас 1.9-44.1 дахин буюу дунджаар 7.5 дахин их байна (Хүснэгт 1).

PM2.5-ын 24 цагийн дундаж концентрац хүйтний улиралд 114.10 мкг/м³ [95%ИХ:109.16-119.04], дулааны улиралд 29.21 мкг/м³ [95%ИХ:28.01-30.40] байсан. PM2.5-ын ажлын өдрүүдийн (85.29 мкг/м³ [95%ИХ:81.29-90.02]) болон амралтын өдрүүдийн (85.65 мкг/м³ [95%ИХ:79.59-92.17]) дундаж концентрацын хувьд төдийлөн ялгаа ажиглагдаагүй.

Table 1. Ambient air PM10 and PM2.5 relation, Ulaanbaatar, 2008-2014

Year	During cold reason		Warm season		Seasonal; difference (Adj R ²)	Annual average	
	Linear regression module	AdjR ²	Linear regression module	AdjR ²		Linear regression module	AdjR ²
2010	PM10=58.509 +PM2.5*1.356	86.1	PM10=38.795+ PM2.5*1.553	41.5	2.1	PM10=103.827 +PM2.5*0.605	65.6

2011	PM10=82.27 4+PM2.5*1.422	73.7	PM10=73.018+ PM2.5*0.792	21.0	3.5	PM10=105.227 +PM2.5*0.833	54.8
2012	PM10=111.597 +PM2.5*1.658	61.6	PM10=58.194+ PM2.5*1.511	40.9	1.5	PM10=137.485 +PM2.5*1.225	37.4
2013	PM10=80.175 +PM2.5*1.521	73.7	PM10=70.443 +PM2.5*1.029	9.8	7.5	PM10=79.087 +PM2.5*1.390	69.0
2014	PM10=101.326 +PM2.5*1.398	61.8	PM10=111.797 +PM2.5*0.605	1.4	44.1	PM10=99.974 +PM2.5*1.408	62.6
2015	PM10=56.976 +PM2.5*1.17	69.4	PM10=42.265 +PM2.5*1.468	26.2	2.6	PM10=54.561 +PM2.5*1.17	67.9
2016	PM10=44.461 +PM2.5*1.132	83.2	PM10=51.297 +PM2.5*1.438	41.8	2.0	PM10=63.036 +PM2.5*0.805	81.1
2017	PM10=62.722 +PM2.5*0.854	80.2	PM10=24.189 +PM2.5*2.557	42.5	1.9	PM10=60.162 +PM2.5*0.862	78.4
10 year	PM10=64.869 +PM2.5*1.427	69.7	PM10=56.72 +PM2.5*1.373	26.2	2.7	PM10=60.153 +PM2.5*0.1.44	72.1

PM10-ын 24 цагийн дундаж концентрац хүйтний улиралд 226.77 мкг/м³ [95%ИХ:218.30-235.25], дулааны улиралд 95.01 мкг/м³ [95%ИХ:91.84-98.19]) байв. PM10-ын ажлын

өдрүүдийн дундаж концентрац (182.59 мкг/м³ [95%ИХ:175.16-190.02]) амралтын өдрийнхөөс (183.05 мкг/м³ [95%ИХ:172.21-193.88]) 0.46 мкг/м³–ээр бага байна (p=0.39) (Хүснэгт 2).

Table 2. Ambient air PM10 and PM2.5 concertation, Ulaanbaatar, 2008-2014

Indicator	PM10 µg/m ³				PM25 µg/m ³			
	Ordinary day	Weekend or holiday	Warm season	Cold season	Ordinary day	Weekend or holiday	Warm season	Cold season
National standard	100 µg/m ³ - 24 hours average				50 µg/m ³ - 24 hours average			
WHO recommendation level	50 µg/m ³ - 24 hours average				25 µg/m ³ - 24 hours average			
Mean	182.59	183.05	95.01	226.78	85.65	85.88	29.21	114.10
Standard deviation	178.70	174.52	87.00	200.12	105.03	101.25	19.92	116.6
Median	130.00	125.00	53.15	164.00	47.00	48.00	25.00	72.00
Interquartile range	116.00	126.00	59.0	159.00	75.00	79.00	18.00	106.5
Minimum	15.00	17.00	15.00	22.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Maximum	2047.00	1548.00	576.00	2047.00	1010.00	868.00	303.00	1010.00
P value	0.39		<0.0001		0.55		<0.0001	

2008-2017 оны хэмжилт хийсэн бүх өдрүүдийн хэмжээнд 2011 оны 01 дүгээр сарын 31-ний өдөр гадаад орчны агаарт агуулагдах PM10-ын хэмжээ хамгийн их концентрацтай байсан (2047 мкг/м³)

нь бүртгэгдсэн байна. Харин PM2.5-ын хамгийн их концентрац 2010 оны 12 дугаар сарын 24-ний өдөр 1010 мкг/м³ байжээ (Зураг 2).

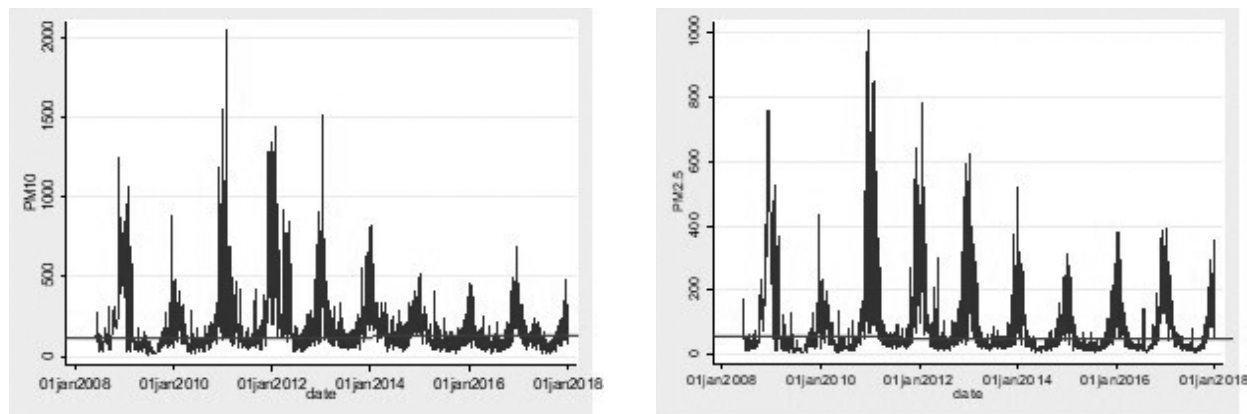


Figure 2. 24-hour average concentration of ambient air PM10 and PM2.5, Ulaanbaatar, 2008-2014

Амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлтийн хувьд гадаад орчны агаар дахь PM2.5-д 1.5%-4.4%, PM10-д 2.4-4.0%-иар тус тус буурах магадлалтай байна

Зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн шалтгаант нийт эмнэлэгт хэвтэлтийн хувьд гадаад орчны агаар дахь PM2.5-д 0.5-2.3%, PM10-д 1.3-3.1%-иар тус тус буурах магадлалтай байна. Нас баралтын хувьд PM2.5-д 1.1-9.3%, PM10-д 8.8%-иар тус тус буурах магадлалтай байна

Хүйтний улирлын зүрх-судасны тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлт бүх бохирдуулагчдын хувьд хамааралтай байсан бөгөөд гадаад орчны агаар дахь PM2.5-д 1.8-2.3%, PM10-д 1.3-3.1%-иар тус тус буурах магадлалтай байна. Нас баралтын хувьд PM2.5-д 1.1-9.3%-иар тус тус буурах магадлалтай.

Өвчний дарамтын тооцооллоос харахад гадаад орчны агаар дахь PM10-ын концентрацын өдрийн дундаж хэмжээ 182.73 мкг/м³ [176.60-188.86] байхад түүний амьсгалын замын өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлтэд нөлөөлөх хувь 27.79%, зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлтэд 21.81%-иар нөлөөлж байна.

Харин бүлэг тус бүрийн нас баралтад нөлөөлөх хувь 11.86-31.45% байна.

Хэлцэмж

2008 оны судалгааны дүнгээс харахад агаарын бохирдол аюултэй түвшинд хүрч хотын хүн ам ДЭМБ-ын [10] PM2.5-ын жилийн дундаж зөвлөмж хэмжээнээс 7 дахин, Монгол улсын үндэсний стандартад заасан жилийн дундаж зөвшөөрөгдөх дээд түвшингээс 25 мкг/м³-ээр буюу 3 дахин өндөр байна.

Тэгвэл бидний судалгааны дүнгээс харахад эрүүл мэндэд хамгийн их сөрөг нөлөөтэй хэмээн тооцогддог PM10, PM2.5 тоосонцор Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын бусад үндсэн бохирдуулагчдаас харьцангуй их, мөн нийт хэмжилт хийсэн өдрүүдийн 90 гаруй хувьд нь ДЭМБ-ын болон үндэсний стандартаас давсан хэмжээтэй байсан.

PM10-ын хувьд 24 цагийн дундаж концентрац ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээнээс 9.1 дахин, үндэсний стандартаас 3.7 дахин их байсан бол PM2.5-ын концентрац ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээнээс 8.5 дахин, үндэсний стандартаас 3.4 дахин их байсан нь бохирдлыг бууруулах бодлого, үйл ажиллагаанд зайлшгүй анхаарлаа хандуулж, эрчимжүүлэх ёстойг харуулж байна (Хүснэгт 3).

Table 3. Comparison of 24-hour average concentration of ambient air PM10 and PM2.5 with WHO recommendation level and national standard

PM level	Current study 2008-2017	MNS 2008:2016	WHO recommendation level			
			Intern target			Recomendaiton level
			First	Second	Third	
24-hour average						
PM 10	182.73	50	70	50	30	20
PM 2.5	85.72	25	35	25	15	10
Annual						
PM 10	125.00	100	150	100	75	50
PM 2.5	47.00	50	100	50	50	25

Тэгвэл сүүлийн үеийн судалгааны дүнгээс харахад PM2.5-ын хамгийн аюулгүй концентрац 4.2 ± 1.8 мкр/м³ болохыг зарим судлаачид тэмдэглэсэн байна. [11] Бидний судалгааны дүн Энэтхэг улсад хийсэн судалгаатай ойролцоо буюу PM10 болон PM2.5-ын хэмжээ хүйтний улиралд дулааны улирлаас их, ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээ болон үндэсний стандартын зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс их байжээ [12].

Манай улсад хийгдсэн судалгаануудын үр дүнг нэгтгэж харвал агаарын бохирдол нь хүн амын амьсгалын тогтолцооны өвчний 20-30%-д, зүрх судасны өвчний 20 орчим хувьд, нийслэлийн хүн амын нас баралтын 9.2%-д, уушги, зүрх-уушгины хавсарсан өвчний шалтгаант нас баралтын 30 орчим хувьд тус тус нөлөөлдөг байна.

ДЭМБ-ын тооцоолсноор дэлхийн нийт хүн амын нас баралтын 7.6 хувь, амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаанаар нас барагсдын 29 хувь, зүрх судасны өвчлөлийн улмаас нас барагсдын 13 орчим хувь нь агаарын бохирдолтой холбоотой байгааг тогтоосон байна [13, 14].

Бидний судалгааны дүн энэхүү тоон мэдээлэлтэй ойролцоо байсан ч зүрх

судасны өвчний шалтгаант нас баралтын хувь нь бидний судалгаагаар илүү өндөр байгаа нь тогтоогдсон юм. Тухайлбал, гадаад орчны агаар дахь PM10-ын концентрац амьсгалын тогтолцооны өвчний эмнэлэгт хэвтэлтэд 27.79%, зүрх судасны тогтолцооны өвчлөлийн шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлтэд 21.81%-иар нөлөөлж байна.

Фейн нар 188 оны хүн амын дундах зүрх судасны өвчний эрсдэлт хүчин зүйлсийн өвчний дарамтыг тогтоосон байна [15].

Тэдний судалгааны дүнгээс харахад тархины судасны өвчин үүсэхэд хувь хүний эрсдэлт зан үйлийн нөлөөлөл 74 хувь, бусад хүчин зүйлсийн нөлөөлөл 29% байсан нь бидний судалгааны дүн 30.98%-тай ижил байна. Мөн бидний судалгааны дүн С.В. Куркатов [15] нарын 2006-2010 онд Красноярск мужийн хүн амын зүрх судасны өвчлөлд гадаад орчны агаарын бохирдол мэдрэлийн тогтолцооны өвчинд 21.0 хувиар, амьсгалын тогтолцооны өвчлөлд 12.8 хувиар нөлөөлж байгааг тогтоосонтой ойролцоо байна.

PM-ын бохирдлын үзүүлэлтээр PM2.5, PM10 алийг сонгох нь анхаарал татсан асуудлын нэг хэвээр байна. Өдгөө манайд агаарын бохирдлын олонх ажиглалтын нэгжүүдэд PM10-ыг

байнгын хяналтын үзүүлэлтээр сонгон ажиглаж байгаа бөгөөд олонх тархвар зүйн судалгаанд ч PM_{10} -ыг ашиглаж байна. Учир нь PM_{10} эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг, амьсгалын замд саадгүй нэвтэрдэг, жижиг (2.5 мкр-оос бага диаметртэй тоосонцор), том (2.5-10 мкр диаметртэй тоосонцор) ширхэглэгт тоосонцорыг аль алиныг нь агуулдаг [16].

Энэхүү судалгаагаар амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаант нас баралтын тэргүүлэх шалтгаан нь уушгины хатгалгаа, уушгины архаг бөглөрөлтөт өвчин, зүрх судасны тогтолцооны эмгэгээс нас баралтын тэргүүлэх шалтгаан нь зүрхний ишемит өвчин, тархины судасны өвчин болж байсан тул бид агаарын бохирдлын цаг хугацааны цувралын дүн шинжилгээг эдгээр өвчлөлүүдэд тооцоолсон болно.

Бидний судалгаагаар Улаанбаатар хотын гадаад орчны агаарын PM_{10} -ын концентрац 10 мкг/м³-аар нэмэгдэхэд амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлт 1.1%, зүрх-судасны тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлт 0.5%-иар нэмэгдэх магадлалтай байна. $PM_{2.5}$ -ын концентрац 10 мкг/м³ -аар нэмэгдэхэд амьсгалын тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлт 0.3%, зүрх судасны тогтолцооны эмнэлэгт хэвтэлт 1.0%-иар нэмэгдэх магадлалтай байна.

Улаанбаатар хотод PM_{10} -ын концентрац 10 мкг/м³-аар нэмэгдэх тутамд амьсгалын тогтолцооны шалтгаант нас баралт 6.0%-иар, зүрх судасны тогтолцооны өвчний шалтгаант нас баралт 3.2%-иар нэмэгдэх магадлалтай байна. Харин $PM_{2.5}$ -ын концентрац 10 мкг/м³-аар өсөх тутамд амьсгалын тогтолцооны өвчний

шалтгаант нас баралт 1.0%-иар, зүрх-судасны тогтолцооны өвчний шалтгаант эмнэлэгт хэвтэлт 4.7%-иар нэмэгдэх магадлалтай байна. Өөрөөр хэлбэл, Улаанбаатар хотод хүн амын эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг тандахад гадаад орчны агаар дахь PM_{10} -ын концентрац илүү чухал болохыг бидний судалгааны дүн нотлон харуулж байна.

Кохеннарын 2015 онд хийсэн судалгааны дүнгээр гадаад орчны агаар дахь $PM_{2.5}$ -ын концентрац АНУ-ын хотуудад 2000 онд 14 мкг/м³ байсан бол 2015 онд 8.4 мкг/м³ болж 40%-иар буурсан байна [17]. Бидний таамаглалж буйгаар энэ нь Улаанбаатар хотын гадаад орчны агаар дахь PM_{10} -ын 70 хүртэлх хувь нь $PM_{2.5}$ байгаа, мөн тоосонцорт агуулагдах найрлагын хувьд өндөр хөгжилтэй орнуудтай харьцуулахад байгалийн гаралтай бохирдуулагчийн эзлэх хувь өндөр байдагтай холбоотой байх магадлалтай. Энэ талаар илүү нарийвчилсан судалгааг хийх хэрэгцээтэй байгааг тус судалгаа харуулж байна.

Зүрх судасны өвчин агаарын бохирдлын улмаас нэмэгддэг болохыг сүүлийн үеийн судалгаанууд нотлон харуулсаар байна. Тухайлбал, агаарт агуулагдах PM_{10} -ын концентрацыг стандартын хэмжээ хүртэл бууруулснаар зүрх судасны өвчний шалтгаант нас баралтыг 15 хувиар бууруулах боломжтой болохыг АНУ-ын Харвардын их сургуулийн Докери, Поп нарын эрдэмтэд тогтоосон байна [18, 19].

Дүгнэлт:

Гадаад орчны агаарын хүхэрлэг хий, азотын давхар ислийн концентрац 2008-2017 онд нэмэгдэж, бусад

бохирдуулагчдын (PM10, PM2.5) концентрац 2013 оноос буурах хандлага ажиглагдсан хэдий ч үндэсний стандартаас 1.1-3.6 дахин, ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээнээс 1.1-9.1 дахин их байгаа нь нийгмийн эрүүл мэндэд ноцтой хохирол үзүүлэх хэмжээнд байна.

Гадаад орчны агаарын тоосонцорыг 10 нэгж багасгахад эмнэлэгт хэвтэлтийг 0.1-9.8 хүртэл хувиар, нас баралтыг 0.1-9.5 хүртэл хувиар тус тус бууруулах магадлалтай байна.

Ном зүй

1. Godish T, Air quality, 4th edition. Boca Raton, USA: Lewis Publishers, .p23.2004.
2. Michal Krzyzanowski & Aaron Cohen. Update of WHO air quality guidelines, Air Qual Atmos Health 2008, 1:7–13. DOI 10.1007/s11869-008-0008-9.
3. Whitby K T. The physical characteristics of sulfur aerosols. Atmos. Environ. 1978.12:135-159.
4. Bree I and Cassee FR. Toxicity of Ambenat air PM10, Critical review of potentially causative 10 prperties and mechanism assosated with health effects, Report no.650010015, National Institute of Public Health abnd Environment (RIVM), Bilthovem, The Netherlands, 2000.p48-53.
5. Chunyi Li, Yilan Huang, Huanhuan Guo, Gaojie Wu, Yifei Wang, Wei Li and Lijuan Cui. The Concentrations and Removal Effects of PM10 and PM2.5 on a Wetland in Beijing, Sustainability, 2019, 11, 1312; doi:10.3390/su11051312.
6. European Environment Agency, Technical report No 10/2012 Particulate matter from natural sources and related reporting under the EU Air Quality Directive in 2008 and 2009, ISSN 1725-2237, doi:10.2800/55574, p34-49,2012.
7. World Health Organization, Outdoor air pollution, 2013, [Accessed 12 May, 2018]. Available from: http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/.
8. Eltjo Buringh and Antoon Opperhuizen (ed). On health risks of ambient PM in the Netherlands, Full Report, RIVM report 650010 032, Netherlands Aerosol Programme, p45-52. 2002.
9. Brook RD, Rajagopalan S, Pope A III, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC, Whitsel L, Kaufman JD. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease an update to the scientific statement from the American Heart Association, Circulation 2010;121:2331-2378, DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181dbee1.
10. World Health Organization, Regional office for Europe. Air quality guidelines, Global update, p36-376, 2006.
11. Bathmanabhan and Saragur Madanayak. Analysis and interpretation of particulate matter–PM10, PM2.5 and PM1emissions from the heterogeneous traffic near an urban road way, Atmospheric Pollution Research, 2010, 184-194, doi:10.5094/APR.2010.024.
12. Byeong-Jae Lee, Bumseok Kim and Kyuhong Lee. Air Pollution Exposure and Cardiovascular Disease, Toxicol. Res. 2015, 30, 2, pp. 71-75, <https://dx.doi.org/10.5487/TR.2014.30.2.71>.
13. WHO, Mortality and burden of disease from ambient air pollution, available on March 7; 2019, https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/

14. Feigin, V. L., Roth, G. A., Naghavi, M., et al. *For the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 and Stroke Experts Writing Group. Lancet Neurology*, 2016, 15, 913–924.
 15. Голиков Р.А, Суржиков Д.В, Кислицына В.В, Штайгер В.А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 5. – С. 20-31; URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1031> (дата обращения: 15.06.2020).
 16. Janssens, P. Fischera, M. Marraa, C. Amelinga, F.R. Cassee. Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5–10} on daily mortality in the Netherlands, *Science of the Total Environment* 2015. 463–464 (2013) 20–26.
 17. Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*, 2017, 389, 1907–1918.
 18. Dockery, DW. Pope, CA III. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health* 15:107-132.1994.
 19. Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, ItoK, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *J Am Med Assoc* 2002;287(9):1132-1141.
- Танилцаж, нийтлэх санал өгсөн:***
Анагаахын шинжлэх ухааны доктор,
профессор Н.Сайжаа