Улаанбаатар хотын гадна орчны тоосонцрын агууламжийг шууд болон суурин харуулын цэгийн үзүүлэлттэй харьцуулан судалсан нь

Б.Өлзийхутаг[1], Г.Энхжаргал[1], Б.Буянтүшиг[1], Б.Нямсүрэн[2], Ш.Шатар,[2] Д.Гантуяа[2], С.Мягмарчулуун[1], Грегори Ч.Грэй[3], Жунфэнг Жанг[4], Д.Өлзиймаа[5], Б.Дамдиндорж[5], Д.Даваалхам[6]

[1]АШУҮИС, НЭМС, Орчны Эрүүл Мэндийн Тэнхим
[2]АШУҮИС, НЭМС, Эпидемиологи, Биостатистикийн Тэнхим
[3]АНУ, Техасын Их Сургууль - Анагаахын салбар сургууль
[4]АНУ, Дьюк Их Сургууль
[5]АШУҮИС
[6]АШУҮИС, НЭМС
Цахим шуудан: davaalkham@mnums.edu.mn, Утас: 88125556

Түлхүүр үг:

Агаарын бохирдол
Хямд өртөг бүхий багаж
PM2.5 тоосонцор

Товч утга:

Үндэслэл: Агаарын бохирдол нь аливаа улс орны эдийн засаг, техник технологийн хөгжлөөс үл хамааран хүн амын эрүүл мэндэд ноцтой эрсдэл дагуулдаг нийгмийн эрүүл мэндийн томоохон асуудлуудын нэг юм. ДЭМБ-ын 2021 оны мэдээгээр 10 хүн тутмын 9 нь бохирдсон агаараар амьсгалдаг ба цаг тутамд 800 хүн, минут тутамд 13 хүн агаарын бохирдлоос шалтгаалж нас бардаг байна. Агаарын бохирдлын удаан хугацааны нөлөөлөл нь уушгины архаг бөглөрөлт, уушги болон гуурсан хоолойн хорт хавдар, астма, цус харвалт зэрэг өвчнүүдийг үүсгэдэг. Монгол улсын дийлэнх хүн ам оршин суудаг Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд агаарын бохирдол дээд цэгтээ хүрдэг. Тухайлбал судлаач Г.Энхжаргал (2012) нарын судалгаагаар нийслэл дэх PM10, PM2.5 тоосонцрын агууламж ДЭМБ-ын зөвлөмжөөс 7-8 дахин их байгааг тогтоосон. Дэлхийн олон улс орнууд агаарын бохирдлын хяналтдаа хямд өртөг бүхий шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажийг өргөнөөр ашиглаж байна. Энэ нь хэрэглэхэд хялбар, өргөн сүлжээнд ашиглах боломжтой багаж бөгөөд ухаалаг хотын агаарын бохирдлын хяналтын салшгүй нэг хэсэг гэдгийг зарим судлаачид онцолсон. Харин манай улсад уг багажаар агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг хэмжиж, албан ёсны хяналтын суурин хэмжилтийн цэгийн үзүүлэлттэй харьцуулсан судалгаа хомс байгаа нь судалгааны үндэслэл боллоо. **Зорилго:** Улаанбаатар хотын гадна орчин дахь PM2.5 тоосонцрын бохирдлыг шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажаар тодорхойлох. **Арга, аргачлал:** Судалгааг аналитик судалгааны агшингийн загвараар гүйцэтгэж, 2024 оны 12 дугаар сараас 2025 оны 02 дугаар сар хүртэлх хугацаанд нийслэлийн төвийн зарим дүүрэгт шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажийг байршуулан 2 минутын давтамжтайгаар 24 цагийн туршид PM2.5 тоосонцрын хэмжилт хийв. Үр дүнгийн статистик боловсруулалтыг SPSS-26 программ ашиглан хийв. **Үр дүн:** Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын дундаж агууламж өвлийн улиралд 66.68 мкг/м^3 бөгөөд дүүргээр харьцуулахад СХД-т хамгийн өндөр буюу 118.58±90.22 мкг/м^3, ХУД-т хамгийн бага 42.37±43.51 мкг/м^3 тодорхойлогдсон. Долоо хоногийн гаригуудаар харьцуулахад Даваа (76.68±71.98 мкг/м^3), Бямба (77.50±71.63 мкг/м^3), Ням (80.34±74.45 мкг/м^3) гарагуудад тус бүр хамгийн өндөр хэмжигдсэн байна. PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж оройны 18 цагаас шөнийн 01 цаг хүртэл тохиолдож, хамгийн бага агууламж өдрийн цагаар буюу 14-16 цагийн хооронд хэмжигдсэн байна. Өвлийн саруудаас 12 дугаар сард хамгийн өндөр буюу 74.22±73.45 мкг/м^3 тодорхойлогдсон бол хоёрдугаар сард хамгийн бага буюу 50.25±57.44 мкг/м^3 тус тус тодорхойлогдлоо. **Дүгнэлт:** Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж өвлийн улиралд Монгол улсын стандарт, техникийн ерөнхий шаардлагаас даруй 1.7 дахин их бөгөөд СХД-т хамгийн өндөр концентрацитай байна. PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж өвлийн саруудаас 12 дугаар сард болон шөнийн цагаар илүү их тохиолдож байна.

Үндэслэл: Агаарын бохирдол нь бага, дунд, өндөр орлоготой орнуудад түгээмэл тохиолдох орчны эрүүл мэндийн томоохон асуудал бөгөөд хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлдөг болох нь цөөнгүй судалгаагаар тогтоогдсон байна. Агаарын бохирдолд богино болон удаан хугацаагаар өртөх нь цус харвалт, уушгины архаг бөглөрөлт өвчин, гуурсан хоолойн болон уушгины хорт хавдар, астма, амьсгалын доод замын халдвар зэрэг олон төрлийн өвчинд хүргэдэг.[1] Түүнээс гадна эх, хүүхдийн эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж буйг судлаачид нотолсон байна. Тухайлбал, дутуу төрөлт, бага жинтэй төрөх, өсөлт хөгжилт доройтох, амьгүй төрөлт, эх хүүхэд эндэх эрсдэлээс гадна амьсгал, зүрх судас, дархлааны эрхтэн тогтолцоо, тархины хөгжил, сэтгэн бодох зэрэг үзүүлэлтэд сөргөөр нөлөөлдөг байна.[2,3]with pregnant women and newborns being more susceptible than other populations. In this review, we aimed to describe the current landscape of available epidemiological evidence on key climate risks on maternal and newborn health (MNH Нарийн ширхэгт PM2.5 тоосонцор нь 2.5 мкм-ээс бага буюу тэнцүү аэродинамик диаметртэй агаар мандалд буй тоос тоосонцор бөгөөд бусад бохирдуулагчтай харьцуулахад амьсгалын замд хуримтлагдах магадлал өндөр, гадна орчны агаарт удаан хугацаагаар орших боломжтой тул тархинд шууд дамжих эрсдэлтэй.[4,5] Судлаач Г.Жаргалсайхан (2024) нарын судалгаагаар Улаанбаатар хотын сүүлийн 10 жилийн PM2.5 тоосонцрын жилийн дундаж агууламж аль ч жилүүдэд Монгол улсын стандартаас өндөр бөгөөд 2020 онд хамгийн бага (28.9 мкг/м^3), харин 2016 онд хамгийн өндөр (88.8 мкг/м^3) байсныг тогтоосон.[6] Судлаач Г.Энхжаргал нар (2012) PM10 болон PM2.5 тоосонцрын дундаж агууламж ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээнээс 7-8 дахин их бөгөөд PM2.5 тоосонцрын удаан хугацааны нөлөөлөл нь зүрх-уушгины хавсарсан өвчлөлийн 24 хувьд, уушгины хавдрын 34 хувьд хүргэж байгааг тогтоосон байна.[7] Агаарын бохирдлыг хэмжих шууд хэмжилтийн, хямд өртөг бүхий багаж (Purple Air)-ийг дэлхийн олон улс орнууд өөрийн хэрэглээндээ нэвтрүүлсэн. Тухайлбал, судлаач Iasonas Stavroulas нар БНГУ-ын Афин хотод шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажаар судалгаа хийн, лавлагаа багажийн үзүүлэлтүүдтэй харьцуулалт хийхэд үзүүлэлтүүд хоорондоо өндөр хамааралтай бөгөөд уг хямд өртөг бүхий хяналтын сүлжээ нь ухаалаг хотын агаарын бохирдлын хэмжилтийн салшгүй хэсэг гэдгийг онцолсон.[8]compact, particulate matter (PM Түүнээс гадна судлаач Karin Ardon-Dryer нарын судалгаагаар уг багаж нь сийрэг байршсан агаарын бохирдлын хяналтын суурин хэмжилтийн цэгийн байршлыг нөхөх, иргэдийн PM2.5 тоосонцрын өртөлтийг тодорхойлох, бууруулахад ач холбогдолтойг тогтоосон.[9] Харин манай улсад гадна орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг уг төрлийн багажаар хэмжиж, суурин хэмжилтийн цэгийн үзүүлэлттэй харьцуулсан судалгаа хомс байгаа нь үндэслэл боллоо.

Зорилго: Улаанбаатар хотын гадна орчин дахь PM2.5 тоосонцрын бохирдлыг шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажаар тодорхойлох.

Арга, аргачлал: Судалгааг аналитик судалгааны агшингийн загвараар, Улаанбаатар хотын төвийн 6 дүүрэг болох БЗД, БГД, СБД, СХД, ЧД, ХУД-ийн сонгогдсон 29 байршилд 2024 оны 12 дугаар сараас 2025 оны 02 дугаар сар хүртэлх хугацаанд шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажийг суурилуулан 2 минутын давтамжтайгаар 24 цагийн туршид хэмжилт хийсэн. Хэмжилт хийх байршлыг сонгохдоо хүн амын нягтрал, газрын өндөрлөг, зам тээврийн хөдөлгөөн, орон зайн ялгаатай байдал, цаг уурын хүчин зүйлийг харгалзан үзэв. Хэмжилтийн чанар, найдвартай байдлыг хангаж судалгаа эхлэхээс өмнө 7-14 хоногийн туршид туршилтын журмаар төхөөрөмжүүдээр хэмжилт хийсэн бөгөөд хоорондоо зөрүүтэй, хэт өндөр эсвэл тэг утга заасан төхөөрөмжүүдийг судалгаанд ашиглаагүй. Шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажийн хэмжилтийг лавлагаа хэмжилтийн үзүүлэлттэй уялдуулан тохируулга хийж, 24 цагийн давтамж руу хөрвүүлсэн. Бид НЭМС-ийн Орчны Эрүүл Мэндийн тэнхимийн 2024 оны 11 дүгээр сарын 19-ний өдрийн хурлаар судалгааны ажлын сэдэв, арга аргачлалыг батлуулсан (№2024/11-04). Мөн АШУҮИС-ийн Судалгааны ёс зүйн хяналтын хорооны 2024 оны 11 дүгээр сарын 21-ний өдрийн хурлаар судалгааг эхлүүлэх зөвшөөрөл авсан (№24-25/03-01). Үр дүнгийн статистик боловсруулалтыг SPSS-26.0 программ ашиглан хийв.

Үр дүн: Судалгааны хугацаанд нийт 31480 сорьц цуглуулагдсан бөгөөд Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж өвлийн улиралд 66.68 мкг/м^3 (ИУ 552.91 мкг/м^3, БУ 0.97 мкг/м^3) байсан. Агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг дүүргээр харьцуулахад СХД-т хамгийн их буюу 118.58±90.22 мкг/м^3 хэмжигдсэн бол ХУД-т хамгийн бага 42.37±43.51 мкг/м^3, БЗД-т 43.90±40.97 мкг/м^3, БГД-т 71.50±73.82 мкг/м^3, СБД-т 60.29±51.08 мкг/м^3, ЧД-т 67.61±65.37 мкг/м^3 тус тус хэмжигджээ. Нийслэлийн агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж дүүрэг хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай байв. (Хүснэгт 1)

Хүснэгт 1. Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг (мкг/м^3) харьцуулсан нь (дүүргээр)

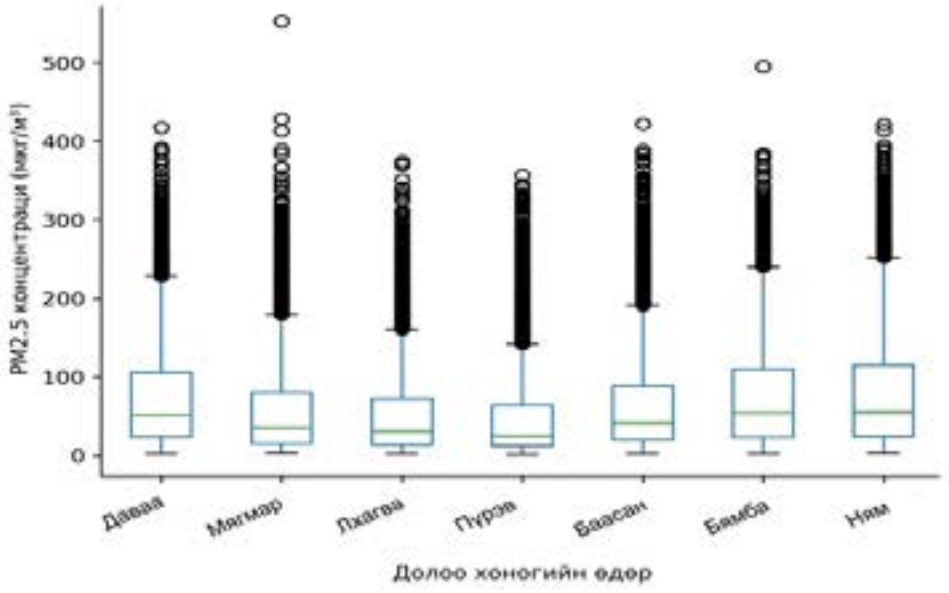
Дүүрэг	Дундаж±С.Х	Медиан	ИУ	БУ	Р утга
БГД	71.50±73.82	41.73	494.96	2.53	0.0001
БЗД	43.90±40.97	29.75	296.28	1.59	
СБД	60.29±51.08	46.23	287.55	2.25	
СХД	118.58±90.22	98.69	552.91	3.10	
ЧД	67.61±65.37	45.57	340.63	3.09	
ХУД	42.37±43.51	26.68	421.51	0.97	
Нийт	66.68±68.95	40.66	552.91	0.97	

Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламжийг долоо хоногийн гарагуудаар харьцуулахад Даваа (76.68±71.98 мкг/м^3), Бямба (77.50±71.63 мкг/м^3), Ням (80.34±74.45 мкг/м^3) гарагуудад тус бүр хамгийн өндөр хэмжигдсэн бөгөөд гараг хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай байгаа нь тодорхойлогдлоо. (Хүснэгт 2)

Хүснэгт 2. Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг (мкг/м^3) судалсан дүн (гарагаар)

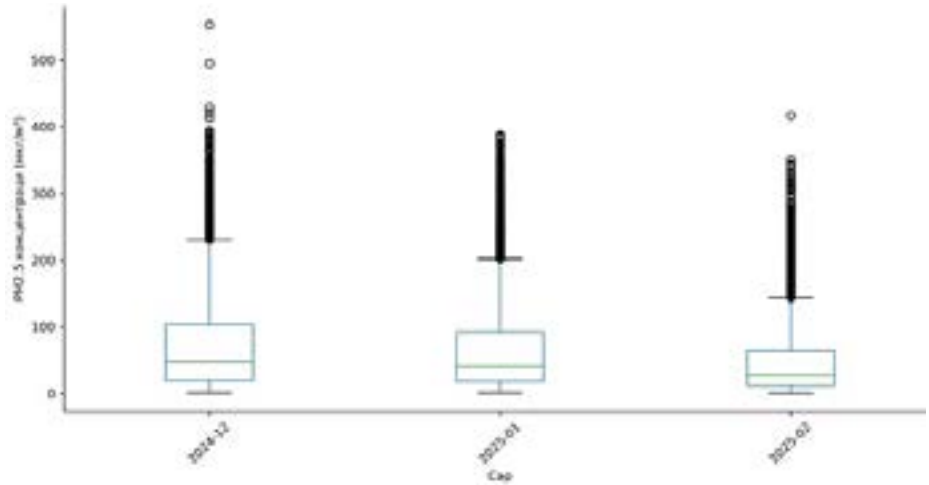
Гараг	Дундаж±С.Х	ИУ	БУ	р утга
Даваа	76.68±71.98	417.36	1.74	0.0001
Мягмар	60.78±67.07	552.91	2.08	
Лхагва	55.05±62.22	374.31	1.77	
Пүрэв	50.37±60.69	356.53	0.97	
Баасан	66.41±67.62	421.82	1.59	
Бямба	77.50±71.63	494.96	1.65	
Ням	80.34±74.45	421.51	2.12	

Харин агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж долоо хоногийн Лхагва (55.05±62.22 мкг/м^3), Пүрэв гарагуудад (50.37±60.69 мкг/м^3) тус тус хамгийн бага тодорхойлогдсон байна. (Зураг 1)



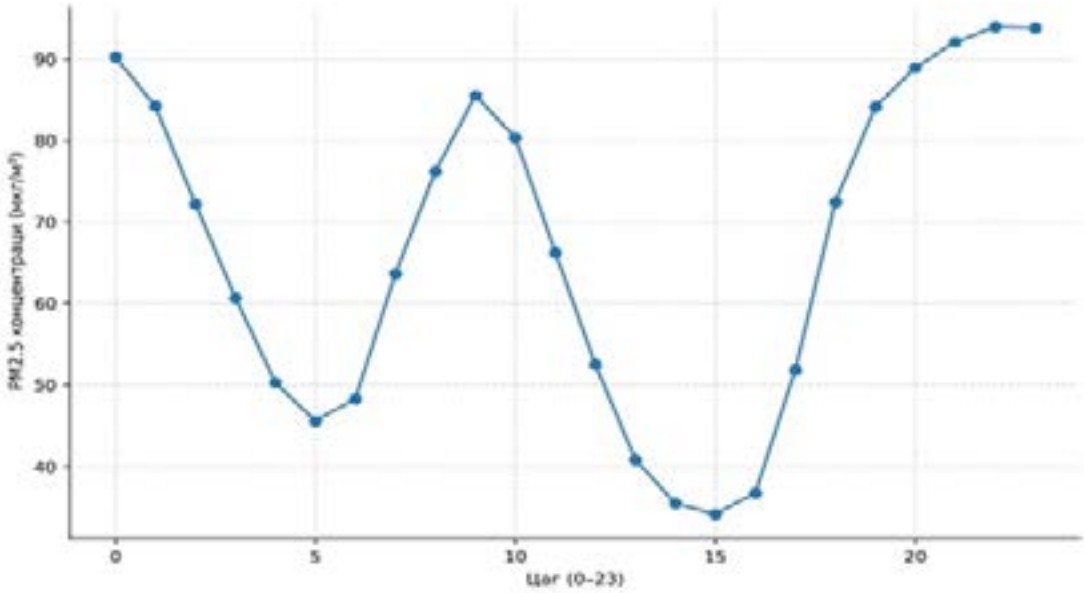
Зураг 1. Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг судалсан дүн (гарагаар)

Хэмжилт хийсэн өвлийн саруудыг харьцуулахад 12 дугаар сард (74.22±73.45 мкг/м^3), нэгдүгээр сард (67.31±68.59 мкг/м^3), хоёрдугаар сард (50.25±57.44 мкг/м^3) тус тус хэмжигджээ. Түүнчлэн агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж өвлийн саруудад статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай байна. (Зураг 2)



Зураг 2. Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг харьцуулсан дүн (өвлийн саруудаар)

Судалгааны хугацаанд PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж оройны 18 цагаас шөнийн 01 цаг хүртэл тохиолдож, хамгийн бага агууламж өдрийн цагаар буюу 14-16 цагийн хооронд хэмжигдсэн байна. (Зураг 3)



Зураг 3. Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын идэвхжилийг судалсан дүн (хоногийн цагуудаар)

Хэлцэмж: Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж стандартаас хэд дахин өндөр байдаг нь гэр хорооллын айл өрхүүд нүүрсийг их хэмжээгээр түлэх, цахилгаан станц, уурын зуух, автомашины бохирдлоос ихээхэн шалтгаалдаг. Судлаач Г.Энхжаргал нарын судалгаагаар (2012) Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын дундаж агууламж өвлийн саруудад 147.8±61.2 мкг/м^3, судлаач Х.Ээлин нарын судалгаагаар 2013-2022 онуудад 156.4±80.6 мкг/м^3 байсан бөгөөд тус бүр Монгол улсын стандартаас 3-4 дахин их байсан.[7,10] Харин бидний судалгаагаар 2024 оны өвлийн улиралд 66.68 мкг/м^3 буюу өмнөх судалгаануудтай харьцуулахад агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж харьцангуй буурсан нь сайжруулсан түлшийг хэрэглээнд нэвтрүүлсэнтэй холбоотой байх боломжтой. Гэвч Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж стандартаас даруй 1.7 дахин их хэвээр байгаа нь PM2.5 тоосонцрын агууламжийн урт хугацааны нөлөөлөл ард иргэдийн эрүүл мэндэд ноцтой аюул учруулах эрсдэлтэйг харуулж буй бөгөөд агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг бууруулах шаардлагатай, анхаарах томоохон асуудлуудын нэг гэдгийг илтгэж байна. Судлаач Alexandre Caseiro нар ХБНГУ-д 2017-2019 оны хооронд шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажаар өвлийн улиралд агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг судлахад 0.07±0.11 мкг/м^3, 0.09±0.12 мкг/м^3, 0.19±0.21 мкг/м^3 зэрэг хэмжигдсэн бөгөөд бидний судалгаанаас харьцангуй зөрүүтэй байгаа нь улс орнуудын агаарын бохирдлын ялгаатай байдалтай холбоотой байж болно.[11]

Судлаач Naizhuo Zhao нарын судалгаагаар PM2.5 тоосонцор нь өвлийн 1 дүгээр сард, долоо хоногийн Бямба гарагт хамгийн өндөр тодорхойлогдсон бол бидний судалгаанд 12 дугаар сард, Даваа, Бямба, Ням гаригуудад хамгийн өндөр тохиолдсон.[12] Судлаач Zirui Liu (2015) нарын судалгаанд PM2.5 тоосонцрын

идэвхжил өглөө 07:00-08:00 цагт, орой 19:00-23:00 цагуудад тохиолдож, өдрийн цагаар харьцангуй бага хэмжигддэгийг тогтоосон нь бидний судалгааны үр дүнтэй ойролцоо байлаа.[13] Энэ нь ард иргэд уг цагуудад ихэвчлэн нүүрсийг их хэмжээгээр түлэх болон автомашины хөдөлгөөн ихэсдэгтэй холбоотой байх боломжтой.

Бид судалгаандаа дэлхийн олон улс орнуудад өргөнөөр хэрэглэгддэг агаарын бохирдлыг шууд хэмжих (Purple Air) багажийг Улаанбаатар хотын 29 цэгт байршуулан PM2.5 тоосонцрын хэмжилтийг хийсэн. Уг багаж нь цахилгаан, интернэтийн эх үүсвэрээс хамаарч ажилладаг тул бидний судалгааны явцад цахилгааны эх үүсвэр тасалдах, багажийг салгах гэх мэт хэвийн үйл ажиллагааг тасалдуулсан хүндрэлүүд гарсан. Түүнчлэн уг багаж нь зөвхөн PM2.5 тоосонцрыг хэмждэг бөгөөд агаар дахь бусад бохирдуулагчдыг хэмжихэд хязгаарлагдмал бөгөөд цаашдын судалгаанд илүү урт хугацааны өгөгдлийг үнэлэхээс гадна бусад аймаг, сумдыг хамруулан судлах шаардлагатай.

Дүгнэлт: Улаанбаатар хотын агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж өвлийн улиралд Монгол улсын стандарт, техникийн ерөнхий шаардлагаас даруй 1.7 дахин их бөгөөд СХД-т хамгийн өндөр концентрацитай байна. PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж өвлийн саруудаас 12 дугаар сард болон шөнийн цагаар илүү их тохиолдож байна.

Талархал: Энэхүү судалгааг АНУ-ын Эрүүл Мэндийн Үндэсний Хүрээлэнгийн санхүүжилтээр АШУҮИС-ийн хэрэгжүүлж буй “Хүрээлэн буй орчин, Хөдөлмөрийн эрүүл мэндийн төв” сэдэвт төслийн хүрээнд хийж гүйцэтгэлээ (5U01TW012229-03). Судалгааг хийж гүйцэтгэсэн төслийн баг, нийт судлаач нартаа талархал илэрхийлье.

Ном зүй:

1. *How air pollution affects our health. 2024. https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/eow-it-affects-our-health*
2. *Conway F, Portela A, Filippi V, Chou D, Kovats S. Climate change, air pollution and maternal and newborn health: An overview of reviews of health outcomes. J Glob Health. 2024;14:04128. doi:10.7189/jogh.14.04128*
3. *Johnson NM, Hoffmann AR, Behlen JC, et al. Air pollution and children's health-a review of adverse effects associated with prenatal exposure from fine to ultrafine particulate matter. Environ Health Prev Med. 2021;26(1):72. doi:10.1186/s12199-021-00995-5*
4. *Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. Environ Int. 2015;74:136-143. doi:10.1016/j.envint.2014.10.005*
5. *GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet. 2016;388(10053):1659-1724. doi:10.1016/S0140-6736(16)31679-8*
6. *Г.Жаргалсайхан. Сайжруулсан Түлшний Агаарын Чанарт Үзүүлэх Нөлөөллийг Гадаад, Дотоод Орчинд Харьцуулсан Судалгаа. НЭМУ-ы докторын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл. Анагаахын Шинжлэх Ухааны Үндэсний Их сургууль; 2024.*
7. *Г.Энхжаргал. Агаарын Бохирдлын Үнэлгээ, Эрүүл Мэндийн Нөлөөллийг Судалсан Дүн. АУ-ы докторын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл. Эрүүл Мэндийн Шинжлэх Ухааны Их сургууль; 2012.*
8. *Stavroulas I, Grivas G, Michalopoulos P, et al. Field Evaluation of Low-Cost PM Sensors (Purple Air PA-II) Under Variable Urban Air Quality Conditions, in Greece. Atmosphere. 2020;11(9):926. doi:10.3390/atmos11090926*
9. *Ardon-Dryer K, Dryer Y, Williams JN, Moghimi N. Measurements of $PM_{2.5}$ with PurpleAir under atmospheric conditions. Atmos Meas Tech. 2020;13(10):5441-5458. doi:10.5194/amt-13-5441-2020*
10. *Х.Ээлин. Улаанбаатар, Дархан Хотын Гадаад Орчны Агаарын Бохирдлын Судалгаа. НЭМ-ийн магистрын зэрэг горилсон нэг сэдэвт бүтээл. Анагаахын Шинжлэх Ухааны Үндэсний Их сургууль; 2023.*
11. *Caseiro A, Schmitz S, Villena G, Jagatha JV, Von Schneidemesser E. Ambient characterisation of PurpleAir particulate matter monitors for measurements to be considered as indicative. Environ Sci: Atmos. 2022;2(6):1400-1410. doi:10.1039/D2EA00085G*
12. *Zhao N, Liu Y, Vanos JK, Cao G. Day-of-week and seasonal patterns of PM2.5 concentrations over the United States: Time-series analyses using the Prophet procedure. Atmospheric Environment. 2018;192:116-127. doi:10.1016/j.atmosenv.2018.08.050*
13. *Liu Z, Hu B, Wang L, Wu F, Gao W, Wang Y. Seasonal and diurnal variation in particulate matter (PM10 and PM2.5) at an urban site of Beijing: analyses from a 9-year study. Environ Sci Pollut Res. 2015;22(1):627-642. doi:10.1007/s11356-014-3347-0*

Comparative Analysis of Outdoor Particulate Matter Concentrations in Ulaanbaatar Using Direct Measurements and Fixed Monitoring Station Data

Ulziikhutag B[1], Enkhjargal G[1], Buyantushig B[1], Nyamsuren B[2], Shatar Sh[2], Gantuya D[2], Myagmarchuluun S[1], Gregory Gray[3], Junfeng Zhang[4], Ulziimaa D[5], Damdindorj B[5], Davaalkham D[6]

[1]Department of Environmental Health, School of Public Health, MNUMS
[2]Department of Epidemiology and Biostatistics
[3]University of Texas Medical Branch, USA
[4]Duke University, USA
[5]MNUMS
[6]School of Public Health, MNUMS
E-mail: Davaalkham@mmnums.edu.mn, Tel: +976-88125556

Background: Air pollution is a major global public health concern that poses serious risks to human health regardless of a country's level of economic or technological development. According to the World Health Organization (WHO, 2021), nine out of ten people worldwide breathe polluted air, and air pollution is responsible for the deaths of approximately 800 people every hour and 13 people every minute. Prolonged exposure to polluted air has been linked to a wide range of chronic illnesses, including chronic obstructive pulmonary disease (COPD), lung and bronchial cancers, asthma, and stroke. In Mongolia, air pollution reaches its highest levels during the winter months, particularly in Ulaanbaatar, where the majority of the country's population resides. A study conducted by Enkhjargal G. (2012) reported that the concentrations of PM10 and PM2.5 in Ulaanbaatar were 7–8 times higher than the WHO recommended guidelines. In response to such challenges, many countries have increasingly adopted low-cost, direct measurement devices such as PurpleAir to monitor air quality. These devices are valued for their accessibility, network connectivity, and potential role in smart city pollution management systems. Despite their global application, there remains a lack of research in Mongolia on the use of PurpleAir sensors to measure PM2.5 concentrations and compare the results with official monitoring station data. Addressing this gap is essential for improving local air quality monitoring capacity and informing effective public health and environmental policies.

Aim: Determination of PM2.5 particulate matter pollution in the outdoor environment of Ulaanbaatar city using a direct measurement device (Purple Air).

Materials and Methods: A cross-sectional study design was employed. Direct measurement devices (Purple Air) were installed in selected districts of central Ulaanbaatar between December 2024 and February 2025, measuring PM2.5 concentrations at two-minute intervals over 24-hour periods. All data were statistically processed and analyzed using the SPSS-26 software package.

Results: The average concentration of PM2.5 particles in the air of Ulaanbaatar city in winter is 66.68 μg/m^3. Compared to the districts, the highest concentration was determined in SKHD (118.58±90.22 μg/m^3), while the lowest concentration was determined in KHUD (42.37±43.51 μg/m3). Compared to the days of the week, the highest concentrations were measured on Monday (76.68±71.98 μg/m^3), Saturday (77.50±71.63 μg/m^3), and Sunday (80.34±74.45 μg/m^3). The highest concentration of PM2.5 particles occurred from 6 pm to 1 am, and the lowest concentration was measured during the day (between 2 pm and 4 pm). The highest concentration of PM2.5 was measured in December (74.22±73.45 μg/m^3), while the lowest concentration was measured in February (50.25±57.44 μg/m^3).

Conclusion: The concentration of PM2.5 in the air of Ulaanbaatar city is 1.7 times higher than the general standard and technical requirements of Mongolia in winter, and the highest concentration is in the SKHD. The highest concentration of PM2.5 occurs more often in December and at night than in the winter months.

Keywords: Air pollution, Low-cost sensor, PM2.5