Сууцны доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцор ба амьсгалын замын өвчний зарим шинж тэмдгүүдийг холбон судалсан дүн

Д.Өлзиймаа[1,2], Б.Өлзийхутаг[2], Х.Сэр-Од[3], Ш.Шатар[3], С.Мягмарчулуун[2], Г.Энхжаргал[2], Д.Гантуяа[3], Л.Мөнх-Эрдэнэ[4], Н.Хүрэлбаатар[5], Б.Дамдиндорж[6], Д.Даваалхам[1]

[1]АШУҮИС, НЭМС
[2]АШУҮИС, НЭМС, Орчны Эрүүл Мэндийн Тэнхим
[3]АШУҮИС, НЭМС, Эпидемиологи, Биостатистикийн Тэнхим
[4]АШУҮИС, Монгол-Япон Эмнэлэг
[5]Монгол Улсын Ерөнхийлөгчийн Тамгын Газар
[6]АШУҮИС
Цахим шуудан: Davaalkham@mnums.edu.mn, Утас: 99090141

Түлхүүр үг:

Амьсгалын замын өвчний шинж тэмдэг
Сууцны доторх орчин
PM2.5 тоосонцор

Товч утга:

Үндэслэл: Агаарын бохирдол нь дэлхий нийтийн дунд нийгмийн эрүүл мэндийн ноцтой аюул, эрсдэл болоод буйг цөөнгүй судалгаагаар нотолсон байдаг. Монгол улс нь гадна, доторх орчны агаарын бохирдлоор дэлхийд тэргүүлж буй бөгөөд үүнээс шалтгаалсан өвчлөл, нас баралт нь жил бүр нэмэгдсээр байна. Хүн амьдралынхаа ихэнх хувийг доторх орчинд өнгөрүүлдэг бөгөөд доторх орчны агаарын бохирдлыг тогтмол үнэлэн, судлах шаардлагатай юм. **Зорилго:** Улаанбаатар, Дархан хотын айл өрхүүдийн сууцны доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг амьсгалын замын өвчлөлийн зарим шинж тэмдгүүдтэй холбон судлах. **Арга, аргачлал:** Судалгааг аналитик судалгааны когорт загвараар 2023 оны 10 дугаар сараас 2025 оны 07 дугаар сарын хооронд гүйцэтгэсэн ба Улаанбаатар хотын төвийн 4 дүүрэг болон Дархан хотуудыг тус тус судалгаанд хамруулав. Улаанбаатар хотоос гэр, байшинд амьдардаг тус бүр 48 өрх, орон сууцанд амьдардаг 24 өрх, Дархан хотоос гэр, байшинд амьдардаг тус бүр 48 өрх, орон сууцны 24, нийт 240 өрхийг зорилтот түүврийн аргаар хамруулсан. Судалгаанд хамрагдсан айл өрхүүдэд шууд хэмжилтийн (PurpleAir) багажийг 3-4 долоо хоногийн туршид байршуулан доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг 24 цагийн турш хэмжсэн. Айл өрхийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг хэмжсэний дараа тухайн өрхөөс судалгаанд хамрагдсан 18-60 насны оролцогчдоос асуумжаар мэдээлэл цуглуулан, эрүүл мэндийн үзлэгт хамруулсан. Үр дүнгийн боловсруулалтыг STATA-19.0, R программуудыг ашиглан гүйцэтгэлээ. **Үр дүн**: Судалгаанд 213-239 айл өрхийг сонгосон ба үүнд 17-26 орон сууц, 42-58 байшин, 38-50 гэрт амьдардаг айл өрхүүд багтав. Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчны агаарт агуулагдах PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж өвөл, зуны улиралд Дархан хотын айл өрхүүдээс харьцангуй өндөр хэмжигдсэн. Улаанбаатар хотын дүүргүүдээс PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж Сонгинохайрхан дүүрэгт, хамгийн бага агууламж Баянзүрх дүүрэгт хэмжигдсэн. Хотуудыг халаалтын төрлөөр нь авч үзвэл зуухтай айл өрхүүд төвлөрсөн халаалттай айл өрхүүдээс илүү бохирдолтой байна. Дархан хотын хувьд орон сууцанд хамгийн бага агууламж 22.78-31.53 мкг/м³, байшинд 44.53-68.17 мкг/м³-ийн хооронд, уламжлалт эсгий сууцанд (гэр) хамгийн өндөр агууламж тус тус хэмжигдсэн (63.20-68.25 мкг/м³). Харин Улаанбаатар хотын айл өрхүүдэд PM2.5 тоосонцрын агууламж бүх төрлийн сууцанд харьцангуй өндөр байсан бөгөөд орон сууцанд 41.61-58.37 мкг/м³, байшинд 79.22-92.50 мкг/м³, уламжлалт эсгий сууц болох гэрт 76.69-86.31 мкг/м³ тус тус байв. Зуны улиралд Дархан хотод PM2.5 тоосонцрын доторх агууламж орон сууцанд 3.10-10.03 мкг/м³, байшинд 7.67-14.37 мкг/м³, уламжлалт эсгий сууцанд (гэр) 7.98-17.90 мкг/м³ байв. Сууцны доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж нь амьсгаадах, бие зарайх, бие сулрах, булчингаар өвдөх, дотор муухайрах, зүрх дэлсэх, найтаах, нус гарах, нүдний салст үрэвсэх, нүдний ухархайгаар хөндүүрлэж өвдөх, нүднээс нулимс гарах, толгой өвдөх, халуурах, хамар битүүрэх, ханиах, хоолны дуршил буурах, хоолой өвдөх, цэр гарах, цээж шуугих, цээжээр өвдөх зэрэгтэй статистик ач холбогдол бүхий хамааралтай байна. **Дүгнэлт:** Улаанбаатар, Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж өвлийн улиралд Монгол улсын стандарт хэмжээнээс өндөр байгаа бөгөөд судалгааны 2 жилийн хугацаанд өвөл, зуны аль ч улиралд Улаанбаатар хотод Дархан хоттой харьцуулахад өндөр байна. Доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж нь амьсгалын замын өвчний зарим шинж тэмдгүүдтэй статистик ач холбогдол бүхий хамааралтай байна.

Үндэслэл: Дэлхий дахинд доторх орчны агаарын бохирдол нь нийгмийн эрүүл мэндийн ноцтой эрсдэл гэдгийг олон улсад цөөнгүй судалгаагаар тогтоосон байдаг. Тухайлбал, Liu Y нарын (2022) судалгаагаар айл өрхийн доторх орчинд агуулагдах PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж Ази тивд 11.7-207.3 мкг/м^3 хооронд, Африк тивд 45.0-74.0 мкг/м^3 хооронд, Хойд Америкд 6.5-45.4 мкг/м^3 хооронд, Европ тивд 6.0-46.0 мкг/м^3 хооронд хэмжигдсэн бөгөөд хөгжиж буй орнуудад харьцангуй өндөр агууламжтай байгаа юм.[1] Судлаач Sidhu (2017) нарын судалгаагаар хөдөөгийн айл өрхийн доторх орчинд PM2.5-ийн түвшин 549.6 мкг/м^3 хэмжигдсэн ба гал тогоонд 539.5 мкг/м^3 байжээ. Түлшний төрлөөр авч үзвэл малын баас, аж ахуйн гаралтай хог хаягдал, мод шатаах нь доторх орчинд их бохирдол үүсгэдэг учир цэвэр түлш хэрэглэх, агааржуулах, яндан суурилуулах нь чухал ач холбогдолтой байдаг.[2] Судлаач Bryan Bassig нарын (2020) судалгаагаар хатуу түлш хэрэглэх нь зүрхний титэм судасны өвчнөөр нас барах эрсдлийг нэмэгдүүлдэг бол агааржуулалттай зуух ашиглах нь энэ эрсдэлийг бууруулдаг байна.[3]

Судлаач Chan Hung (2019) нарын когорт судалгаагаар оролцогчдын 52% нь хоол хийхэд хатуу түлш хэрэглэдэг бөгөөд цэвэр түлш хэрэглэх, агааржуулалттай зуух ашиглах нь амьсгалын замын өвчний эрсдэлийг бууруулдаг. Хатуу түлш хэрэглэдэг хүмүүс сайжруулсан түлш хэрэглэдэг хүмүүсээс амьсгалын замын өвчин тусах магадлал 36 дахин их бөгөөд мод түлэх нь нүүрс шатаахаас илүү эрсдэлтэйг тогтоожээ.[4] Түүнчлэн судлаач Loaiza-Ceballos (2022) нарын судалгаагаар агаарын бохирдол ихтэй үед амьсгалын замын халдварууд, эмнэлзүйн шинж тэмдгүүд, эмнэлэгт хэвтэлт, яаралтай тусламжийн тохиолдлууд нэмэгддэг болохыг тогтоожээ.[5] Судлаач Chen Z (2019) нарын судалгаагаар PM2.5 тоосонцрын жилийн дундаж өртөлт 66.8-79.1 мкг/м^3 бөгөөд агаарын бохирдолд өртөх нь амьсгалын замын өвчний тархалтыг нэмэгдүүлдэг болохыг тогтоожээ.[6] Судлаач Tao Y (2019) нарын судалгаагаар агаар дахь тоосонцор, хүхрийн болон азотын давхар ислийн нөлөө нь амьсгалын замын өвчний улмаас эмнэлэгт хэвтэх тохиолдолтой статистик ач холбогдол бүхий хамааралтайг судалжээ.[7]

Судлаач Donghyun Kim (2021) нарын судалгааны дүнгээр сууцны доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж байшинд 59.1±1.7 мкг/м^3, орон сууцанд 26.8±2.0 мкг/м^3 байсан.[8] Судлаач Г.Жаргалсайхан (2019) нарын судалгаагаар айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж 102.7 мкг/м^3 байсныг тогтоосон нь стандарт хэмжээнээс даруй 2 дахин их бөгөөд бохирдлын оргил үед амьсгалын замын өвчнөөс шалтгаалсан эмнэлэгт хэвтэлт нэмэгддэг болохыг тогтоожээ.[9] Судлаач Д.Даваалхам (2019) нар сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцрын агууламж халаалтын төрлөөс хамаарч ихээхэн ялгаатайг тогтоосон ба цахилгаан эсвэл нам даралттай зуухтай өрхийн PM2.5 тоосонцрын түвшин 78.4 мкг/м^3, гал түлдэг өрхийнх 111.2 мкг/м^3 байсныг тогтоосон.[10] Манай улсад хямд өртөг бүхий, зөөврийн багажаар айл өрхийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг урт хугацаанд үнэлэн, амьсгалын замын өвчний зарим шинж тэмдгүүдтэй холбон судалсан судалгаа хомс бөгөөд тус нотолгоог бүрдүүлэх нь нийгмийн эрүүл мэндийн оновчтой интервенцийг төлөвлөх, хэрэгжүүлэхэд ач холбогдолтой юм.

Зорилго: Улаанбаатар, Дархан хотын айл өрхүүдийн сууцны доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг амьсгалын замын өвчлөлийн зарим шинж тэмдгүүдтэй холбон судлах.

Арга, аргачлал: Судалгааг аналитик судалгааны когорт загвараар 2023 оны 10 дугаар сараас 2025 оны 07 дугаар сарын хооронд гүйцэтгэсэн ба Улаанбаатар хотын төвийн 4 дүүрэг болон Дархан хотуудыг тус тус судалгаанд хамруулав. Улаанбаатар хотоос гэр, байшинд амьдардаг тус бүр 48 өрх, орон сууцанд амьдардаг 24 өрх, Дархан хотоос гэр, байшинд амьдардаг тус бүр 48 өрх, орон сууцны 24, нийт 240 өрхийг зорилтот түүврийн аргаар хамруулаа. Судалгааны хугацаанд доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын хэмжилтийг 4 үе шаттайгаар хийсэн. 1 болон 3 дугаар үеийг өвлийн улиралд буюу 2023 оны 10 дугаар сараас 2024 оны 01 дүгээр сар хүртэлх хугацаанд, 2024 оны 12 дугаар сараас 2025 оны 01 дүгээр сарын хугацаанд тус тус гүйцэтгэсэн. Харин 2 болон 4 дүгээр үеийг зуны улиралд буюу 2024 оны 05 дугаар сараас 07 дугаар сар хүртэл, 2025 оны 04 дүгээр сараас 06 дугаар сар хүртэлх хугацаанд тус бүр гүйцэтгэв. Доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг 2 минутын давтамжтайгаар 24 цагийн туршид шууд хэмжилтийн (Purple AirTouch I) багажийг ашиглан хэмжсэн. Айл өрхийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг хэмжсэний дараа тухайн өрхөөс судалгаанд хамрагдсан 18-60 насны оролцогчдоос асуумжаар мэдээлэл цуглуулан, эрүүл мэндийн үзлэгт хамруулаа. Үр дүнгийн боловсруулалтыг STATA-19.0, R программуудыг ашиглан гүйцэтгэсэн. Судалгааны ажлын ёс зүйн хувьд АШУҮИС-ийн Судалгааны Ёс Зүйн Хяналтын Хорооны 2024 оны 11 дүгээр сарын 21-ний өдрийн хурлаар судалгааг эхлүүлэх ёс зүйн зөвшөөрлийг авсан. (№24-25/03-01)

Үр дүн: Судалгааг явуулсан хугацаанд Улаанбаатар, Дархан хотоос нийт 240 өрх хамрагдахаас 1-р үе шатанд Дарханаас 126, Улаанбаатараас 113 өрх; 2-р үе шатанд Дарханаас 121, Улаанбаатараас 108 өрх оролцсон. 3-р үе шатанд Дарханаас 112, Улаанбаатараас 105 өрх хамрагдсан бөгөөд сүүлийн шатанд Дарханаас 118, Улаанбаатараас 95 өрх тус тус хамрагдсан.

Айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж Улаанбаатар, Дархан хотуудад статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай бөгөөд Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчны агаарт агуулагдах PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж өвөл, зуны улиралд Дархан хотын айл өрхүүдээс харьцангуй өндөр хэмжигдсэн. Түүнчлэн айл өрхүүдийн амьдарч буй сууцны болон халаалтын төрөл хооронд доторх орчны PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж статистик ач

холбогдол бүхий ялгаатай байна ($p<0.05$). Улаанбаатар хотын дүүргүүдээс PM2.5 тоосонцрын хамгийн өндөр агууламж Сонгинохайрхан дүүрэгт хэмжигдсэн. Хотуудыг халаалтын төрлөөр нь авч үзвэл зуухтай айл өрхүүд төвлөрсөн халаалттай айл өрхүүдээс илүү бохирдолтой байна. (Хүснэгт 1)

Хүснэгт 1. Улаанбаатар, Дархан хотуудын айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламжийг тодорхойлсон дүн

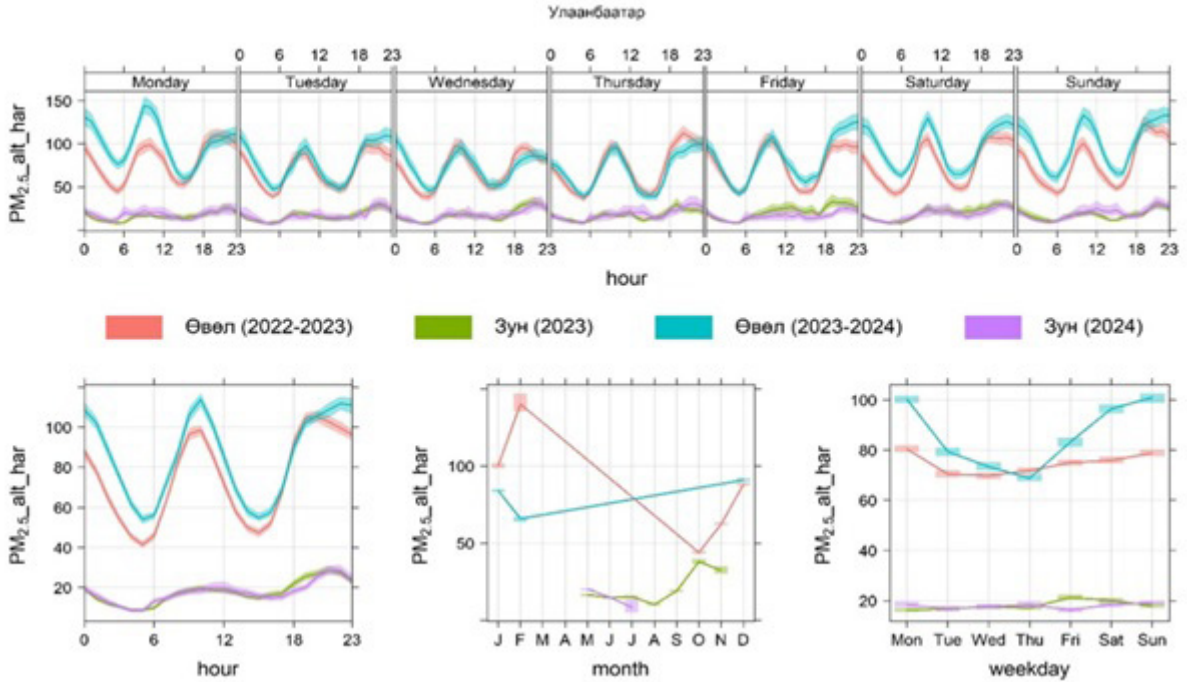
Үзүүлэлт	Дархан			Улаанбаатар			
	Дундаж	С.Х	Медиан	Дундаж	С.Х	Медиан	P утга
Үе шат							
Өвөл-1 (2023-2024)	47.45	34.09	39.27	70.91	35.70	66.31	0.012
Зун-1 (2024)	14.75	12.15	10.74	16.94	12.60	13.34	0.512
Өвөл-2 (2024-2025)	62.64	35.66	50.92	83.20	38.65	76.65	0.041
Зун-2 (2025)	6.92	8.20	4.06	17.91	17.91	13.18	0.003
		0.0001			***0.0001***		
Дүүрэг							
БЗД				42.32	29.39	38.17	
СБД				45.00	33.63	39.69	
СХД				57.66	51.75	35.81	
ХУД				46.54	44.20	23.31	
					0.036		
Сууцны төрөл							
Орон сууц	16.02	12.80	11.85	32.00	30.89	20.32	0.018
Байшин	33.68	36.05	19.52	52.84	43.98	38.72	0.079
Гэр	40.29	36.68	31.81	51.11	41.65	43.99	0.221
		0.0001			***0.0001***		
Халаалтын төрөл							
Төвлөрсөн	16.21	13.09	11.85	32.00	30.89	20.32	0.017
Зуух / пийшин	36.90	36.60	23.65	52.02	42.84	40.74	0.093
		0.0001			***0.0001***		
Зуухны төрөл							
Сайжруулсан /төслийн/	35.21	39.43	18.59	52.29	43.64	38.99	0.067
Уламжлалт	37.20	36.14	25.00	51.81	42.31	42.24	0.091
		0.708			***0.918***		

Улаанбаатар, Дархан хотын өрхүүдийн доторх орчны PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж зуухны төрөл хооронд статистик ач холбогдол бүхий ялгаа ажиглагдаагүй. Тухайлбал, өвлийн улиралд Дархан хотод сайжруулсан зуух ашигладаг өрхүүдэд 52.08-69.58 мкг/м³ хооронд байсан бол Улаанбаатар хотод 80.81-91.97 мкг/м³ байсан. Харин уламжлалт зуух ашигладаг өрхүүдэд өвлийн улиралд Дархан хотод 54.13-69.23 мкг/м³ хооронд, Улаанбаатар хотод 75.98-87.39 мкг/м³ хооронд тус тус хэмжигдсэн. (Хүснэгт 2)

Хүснэгт 2. Айл өрхүүдийн доторх орчны PM2.5 тоосонцрыг зуухны төрлөөр харьцуулсан дүн

Улирал	Дархан			Улаанбаатар			P утга
	Дундаж	С.Х	Медиан	Дундаж	С.Х	Медиан	
Өвөл-1 (2023-2024)							
Сайжруулсан (төслийн)	52.08	35.69	42.21	80.81	34.26	77.39	0.0067
Уламжлалт	54.13	35.33	44.82	75.98	34.12	73.70	0.0215
		0.846			***0.507***		
Зун-1 (2024)							
Сайжруулсан (төслийн)	10.75	5.67	9.87	18.02	12.42	13.76	0.0124
Уламжлалт	16.88	13.59	12.05	17.78	12.82	13.60	0.7620
		0.113			***0.931***		
Өвөл-2 (2024-2025)							
Сайжруулсан (төслийн)	69.58	45.18	57.71	91.97	38.13	86.51	0.7620
Уламжлалт	69.23	34.18	62.01	87.39	36.21	79.88	0.0593
		0.973			***0.575***		
Зун-2 (2025)							
Сайжруулсан (төслийн)	7.40	5.78	5.29	19.49	16.03	14.44	0.0011
Уламжлалт	8.05	9.41	4.84	19.57	21.88	13.94	0.0138
		0.800			***0.986***		

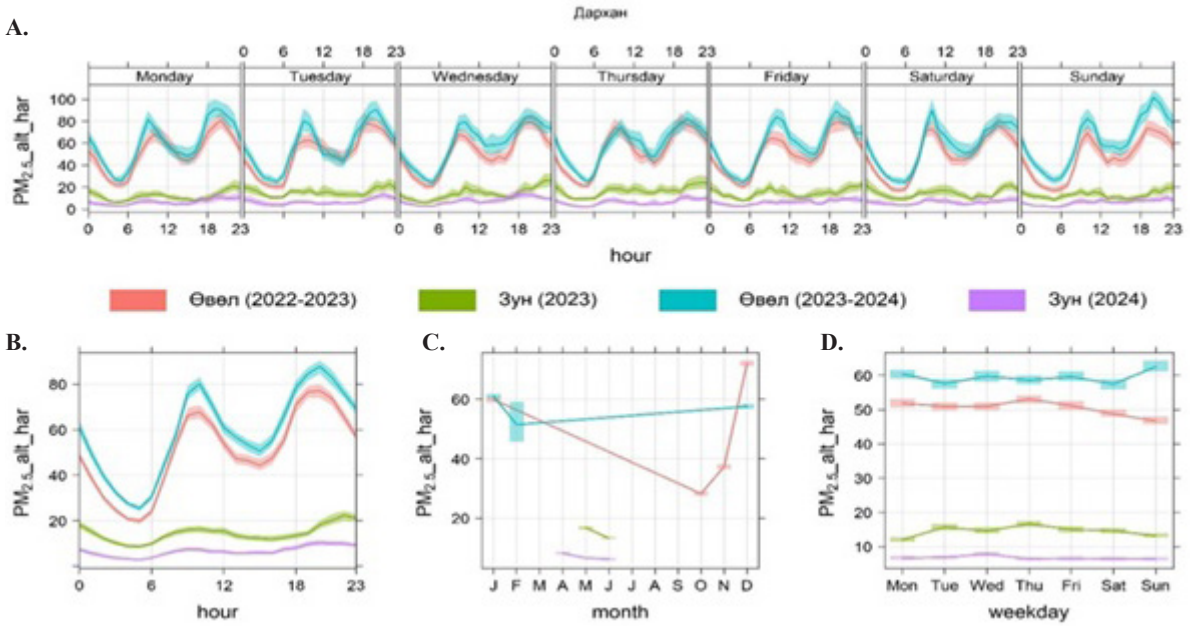
Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд Даваа гарагт бохирдлын түвшин харьцангуй өндөр байсан бол Мягмар гарагаас эхлэн Баасан гараг хүртэлх хугацаанд доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж буурах хандлага ажиглагдсан. Түүнчлэн амралтын өдрүүдэд илүү өндөр бохирдол хэмжигдсэн. Цагийн хэлбэлзлээр авч үзвэл, доторх орчны PM2.5 тоосонцрын агууламж Улаанбаатар хотод өглөөний 6:00-11:00 цагийн хооронд огцом нэмэгдэж, өдрийн 12:00-15:00 цагийн хооронд буурч, 16:00 цагаас эхлэн тогтвортой өсөх хандлага ажиглагдлаа. (Зураг 1)



Зураг 1. Улаанбаатар хотын доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, цаг, гараг, саруудаар.

Тайлбар: A. Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, гараг ба цагаар **B.** Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, цагийн хэлбэлзлээр **C.** Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, сараар **D.** Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, гарагаар

Дархан хотод өвөл болон зуны улиралд доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж нь долоо хоногийн гарагуудад тогтмол өндөр үзүүлэлттэй байна. Цагийн хэлбэлзлээр авч үзвэл, Дархан хотод өглөөний 6:00-11:00 цагийн хооронд огцом нэмэгдэж, өдрийн 12:00-15:00 цагийн хооронд буурч, 16:00 цагаас эхлэн тогтвортой өсөх хандлага ажиглагдлаа. (Зураг 2)



Зураг 2. Дархан хотын айл өрхийн доторх орчны PM2.5-ийн агууламж, цаг, гараг, саруудаар.

Тайлбар: A. Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, гараг ба цагаар

B. Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, цагийн хэлбэлзлээр

C. Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, сараар

D. Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчин дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж, гарагаар

Бид судалгаанд хамрагдсан айл өрхүүдэд 3-4 долоо хоногийн турш доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрыг үнэлэх шууд хэмжилтийн (Purple Air) багажийг байршуулсны дараа давтагдсан тоогоор 889 оролцогчид эрүүл мэндийн байдал, дотоод орчны хэмжилт хийх үед амьсгалын замын халдварын шинж тэмдгүүд илэрсэн эсэх талаар судалсан. Өвөл зуны улиралд харьцуулж үзэхэд судалгаанд хамрагдсан хүмүүст амьсгаадах, бие зарайх, бие сулрах, булчингаар өвдөх, дотор муухайрах, зүрх дэлсэх, найтаах, нус гарах, нүдний салст үрэвсэх, нүдний ухархайгаар хөндүүрлэж өвдөх, нүднээс нулимс гарах, толгой өвдөх, халуурах, хамар битүүрэх, ханиах, хоолны дуршил буурах, хоолой өвдөх, цэр гарах, цээж шуугих, цээжээр өвдөх, цустай ханиах шинж тэмдгүүд нь зуны улиралтай харьцуулахад өвлийн улиралд их ($p<0.05$; $p<0.01$) тохиолдож байна.

Доторх орчны агаар дахь PM2.5 агууламжаар судлаж үзвэл, Монгол улсын стандарт болох 37.5 мкг/м^3-ээс бага хэмжигдсэн айл өрхүүдэд амьдарч буй хүмүүстэй харьцуулахад стандарт хэмжээнээс өндөр тодорхойлогдсон айл өрхүүдэд амьдарч буй оролцогчдын дунд амьсгаадах, бие зарайх, бие сулрах, булчингаар өвдөх, дотор муухайрах, зүрх дэлсэх, найтаах, нус гарах, нүдний салст үрэвсэх, нүдний ухархайгаар хөндүүрлэж өвдөх, нүднээс нулимс гарах, толгой өвдөх, халуурах, хамар битүүрэх, ханиах, хоолны дуршил буурах, хоолой өвдөх, цэр гарах, цээж шуугих, цээжээр өвдөх зэрэг шинж тэмдэг илэрсэн хүмүүсийн эзлэх хувь статистикийн үнэн магадлал бүхий их ($p<0.05$; $p<0.01$) байлаа. (Хүснэгт 3)

Хүснэгт 3. Амьсгалын замын өвчний шинж тэмдгүүдийг дотоод орчны агаар дахь тоосонцор болон улирлаар харьцуулсан үр дүн

Амьсгалын замын халдварын шинж	Total	Улирал		PM2.5 (MNS 4585:2025)	
		Зун	Өвөл	<37.5 мкг/м3	>37.5 мкг/м3
Амьсгаадах	50 (5.8%)	18 (4.2%)	32 (7.3%)	21 (4.2%)	27 (8.3%)*
Бачуурах	39 (4.5%)	15 (3.5%)	24 (5.5%)	18 (3.6%)	16 (4.9%)
Бие зарайх	62 (7.1%)	18 (4.2%)	44 (9.9%)*	22 (4.4%)	37 (11.2%)**
Бие сулрах	70 (8.0%)	22 (5.1%)	48 (10.8%)*	30 (6.0%)	38 (11.6%)*
Дотор муухайрах	54 (6.2%)	13 (3.0%)	41 (9.3%)**	20 (4.0%)	29 (8.9%)*
Зүрх дэлсэх	102 (11.6%)	27 (6.3%)	75 (16.8%)**	37 (7.4%)	59 (17.8%)**
Найтаах	118 (13.5%)	27 (6.3%)	91 (20.4%)**	41 (8.2%)	71 (21.5%)**
Нус гарах	118 (13.5%)	31 (7.2%)	87 (19.6%)**	47 (9.4%)	67 (20.4%)**
Нүд нуухтах	26 (3.0%)	9 (2.1%)	17 (3.9%)	16 (3.2%)	10 (3.1%)
Толгой өвдөх	177 (20.2%)	54 (12.6%)	123 (27.5%)**	75 (15.0%)	94 (28.3%)**
Халуурах	74 (8.5%)	25 (5.8%)	49 (11.1%)*	33 (6.6%)	38 (11.6%)*
Хамар битүүрэх	150 (17.2%)	48 (11.2%)	102 (22.9%)**	64 (12.8%)	79 (24.0%)**
Ханиах	172 (19.6%)	51 (11.9%)	121 (26.9%)**	65 (12.9%)	96 (29.0%)**
Хоолны дуршил буурах	43 (4.9%)	11 (2.6%)	32 (7.2%)*	17 (3.4%)	23 (7.0%)*
Хоолой өвдөх	123 (14.1%)	48 (11.2%)	75 (16.9%)*	49 (9.8%)	63 (19.1%)**
Цустай ханиах	16 (1.8%)	4 (0.9%)	12 (2.7%)*	7 (1.4%)	6 (1.8%)
Цэр гарах	86 (9.9%)	25 (5.8%)	61 (13.7%)**	33 (6.6%)	47 (14.3%)**
Цээж шуугих	13 (1.5%)	2 (0.5%)	11 (2.5%)*	5 (1.0%)	8 (2.5%)

Тайлбар: *$p<0.05$; **$p<0.01$

Хэлцэмж: Судлаач Steven Hadeed (2021) нарын судалгаагаар доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж халаалтын улиралд 36.2 мкг/м³, халаалтын бус улиралд 14.6 мкг/м³ болон судлаач Liu Y (2022) нарын тойм судалгаагаар Ази тивд 68.6 мкг/м³ хүртэл хэлбэлзэж байсан нь бидний судалгааны үр дүнтэй тус бүр ойролцоо байна.[11,12] Судлаач Ti-anxin Li (2016) нарын судалгаагаар өвлийн улиралд өрхийн гал тогоонд PM2.5-ийн түвшин 125±51 мкг/м³ байсан бол зуны улиралд 80±67 мкг/м³ байсан.[13] Харин бидний судалгаагаар өвлийн улиралд доторх орчны PM2.5-ийн агууламж харьцангуй зөрүүтэй бөгөөд энэ нь бидний судалгаанд айл өрхүүдийн гал тогооны хэсгийг онцлон судлаагүйтэй холбоотой байж болно. Гэвч айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж халаалтын улиралд стандартад заасан хэмжээнээс өндөр хэвээр байгаа нь Азийн зарим орнуудад PM2.5 тоосонцрын түвшинг бууруулах арга хэмжээ авах шаардлагатайг харуулж байна. Судлаач Saetae (2025) нарын судалгаагаар хуурай улиралд гал тогоон дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж 55 мкг/м³, зочны өрөөнд 48 мкг/м³ байсныг тогтоожээ. Харин борооны улиралд гал тогоонд PM2.5-ын агууламж 23 мкг/м³, зочны өрөөнд 14 мкг/м³ байсан нь бидний судалгаатай төстэй юм.[14] Судлаач Hung Chan (2023) нарын судалгаагаар хатуу түлш хэрэглэдэг өрхүүдийн PM2.5 тоосонцрын жилийн дундаж агууламж ДЭМБ-ын зөвлөсөн хэмжээнээс 15 дахин их байгааг тогтоосон.[15] Бидний судалгааны үр дүн нь тус судалгаатай нийцэж байгаа ба хатуу түлшийг Монгол улсын айл өрхүүдэд түгээмэл ашигладаг бөгөөд доторх орчны PM2.5 тоосонцрын агууламж ДЭМБ-ын зөвлөмж хэмжээнээс хэд дахин өндөр байсан. Судлаач Shupler (2020) нарын судалгаагаар PM2.5-ийн түвшин хийн түлш ашигладаг айл өрхүүдэд 45 мкг/м³, нүүрс ашигладаг айл өрхүүдэд 68-92 мкг/м³ хооронд, мод хэрэглэдэг айл өрхүүдэд 109 мкг/м³ байсныг хэмжсэн нь бидний судалгаатай төстэй байлаа. Үүнээс гадна хийн зуух ашигладаг айл өрхүүдэд PM2.5-ийн түвшин харьцангуй бага байсан ба ирээдүйд Монгол улсад хийн зуух нэвтрүүлэхийн ач холбогдлыг харуулж байна.[16]

Судлаач Г.Энхжаргал (2021) нарын судалгаагаар айл өрхийн агаар дахь PM2.5 тоосонцрын дундаж агууламж 102.7 мкг/м³ хэмжигдсэн нь стандартад заасан түвшингээс 2.1 дахин их бөгөөд дүүрэг, орон сууцны төрөл, халаалтын төрлөөр статистикийн хувьд мэдэгдэхүйц ялгаа гарсан нь бидний судалгаатай төстэй байв.[17] С.Цэнд-Аюуш (2022) нарын судалгаагаар Улаанбаатар хотын айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын дундаж агууламж өвлийн улиралд 62.8-324.8 мкг/м³ хэмжигдсэн ба оршин суугчдад өндөр эрсдэлтэйг онцолсон байна. Тус судалгаанд доторх орчны PM2.5 тоосонцрыг шууд хэмжилтийн багажаар хэмжсэн бөгөөд хэмжилтийн үр дүн нь бидний судалгаатай ойролцоо байна.[18] Г.Жаргалсайхан (2022) нарын судалгаагаар Улаанбаатар хотод түүхий нүүрсийг хэрэглэж байх үед өрхийн доторх орчны PM2.5 тоосонцрын агууламж 176.1 мкг/м³, харин сайжруулсан нүүрсийг хэрэглэх үед 105.7 мкг/м³ хэмжигдсэн ба нийт айл өрхийн дундаж PM2.5 тоосонцрын агууламж 102.7 мкг/м³ байсныг тогтоосон. Доторх орчны PM2.5 тоосонцрын хэлбэлзэл өглөө, оройн цагаар идэвжсэн болон СХД-т өндөр агууламж тодорхойлогдсон нь бидний судалгаатай дүйж байна.[19]

Судлаач Rabbani (2022) нарын судалгаагаар агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж өндөр байх нь амьсгал давчдах, ханиах, цэр гарах зэрэг амьсгалын замын өвчлөлийн шинж тэмдгүүдтэй холбоотой болохыг тогтоосон нь бидний судалгаатай төсөөтэй байлаа.[20] Түүнчлэн судлаач Wafula (2023) нарын судалгаагаар орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын агууламж 10 нэгжээр нэмэгдэх нь ханиалгах шинжтэй холбоотой байсан ба доторх орчны агаарын бохирдлыг бууруулах арга хэмжээг хэрэгжүүлэх шаардлагатайг онцолжээ.[21] Судлаач Jason Su (2024) нарын тойм судалгаагаар төрөл бүрийн эх үүсвэрээс ялгарах тоос тоосонцор нь ханиалгах, цээж шуугих, багтраа өвчнийг сэдрээх зэрэг эрсдэлүүдийг нэмэгдүүлдэг тул агаарын бохирдлыг бууруулах хатуу журам хэрэгжүүлэх, урт, богино хугацааны өртөлтийн үнэлгээ, хяналтыг тогтмол явуулах шаардлагатайг тогтоожээ.[22]

Дүгнэлт: Улаанбаатар, Дархан хотын айл өрхүүдийн доторх орчны агаар дахь PM2.5 тоосонцрын 24 цагийн дундаж агууламж өвлийн улиралд Монгол улсын стандарт хэмжээнээс өндөр байгаа бөгөөд амьсгалын замын өвчний зарим шинж тэмдгүүдтэй статистик ач холбогдол бүхий хамааралтай байна.

Ном зүй:

1. *Liu Y, Dong J, Ma H, Jiang Y, Zheng W, Luo X. An Overview: PM2.5 Concentration Levels in Urban Residential Buildings during the Past Two Decades. Aerosol and Air Quality Research. 2022;22(10):220174. doi:10.4209/aaqr.220174*
2. *Sidhu MK, Ravindra K, Mor S, John S. Household air pollution from various types of rural kitchens and its exposure assessment. Science of The Total Environment. 2017;586:419-429. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.01.051*
3. *Bassig BA, Dean Hosgood H, Shu XO, et al. Ischaemic heart disease and stroke mortality by specific coal type among non-smoking women with substantial indoor air pollution exposure in China. International Journal of Epidemiology. 2020;49(1):56-68. doi:10.1093/ije/dyz158*
4. *Chan KH, Kurmi OP, Bennett DA, et al. Solid Fuel Use and Risks of Respiratory Diseases. A Cohort Study of 280,000 Chinese Never-Smokers. Am J Respir Crit Care Med. 2019;199(3):352-361. doi:10.1164/rccm.201803-0432OC*
5. *Loaiza-Ceballos, M. C., Marin-Palma, D., Zapata, W., & Hernandez, J. C. (2022). Viral respiratory infections and air pollutants. Air quality, atmosphere, & health, 15(1), 105–114. https://doi.org/10.1007/s11869-021-01088-6*
6. *Chen Z, Cui L, Cui X, et al. The association between high ambient air pollution exposure and respiratory health of young children: A cross sectional study in Jinan, China. Sci Total Environ. 2019;656:740-749. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.368*
7. *Tao Y, Mi S, Zhou S, Wang S, Xie X. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China. Environ Pollut. 2014;185:196-201. doi:10.1016/j.envpol.2013.10.035*
8. *Kim D, Shin H, Guak S, Galsuren J, Dambadarjaa D, Lee K. Personal PM2.5 exposures of husband and wife by residential characteristics in Ulaanbaatar, Mongolia. Air Qual Atmos Health. 2021;14(11):1849-1856. doi:10.1007/s11869-021-01060-4*
9. *Galsuren J, Gombojav E, Boldbaatar B, et al. Indoor air quality study among the households of Ulaanbaatar, Mongolia. In Review. Preprint posted online September 16, 2022. doi:10.21203/rs.3.rs-2056418/v1*
10. *Davaalkham D, Jargalsaikhan G, Oyu Ts. Assessment of indoor air pollution. In: Assessment of Outdoor and Indoor Air Pollution. 2019;1:75-79.*
11. *Hadeed SJ, O'Rourke MK, Canales RA, et al. Household and behavioral determinants of indoor PM2.5 in a rural solid fuel burning Native American community. Indoor Air. 2021;31(6):2008-2019. doi:10.1111/ina.12904*
12. *Liu Y, Dong J, Ma H, Jiang Y, Zheng W, Luo X. An Overview: PM2.5 Concentration Levels in Urban Residential Buildings during the Past Two Decades. Aerosol and Air Quality Research. 2022;22(10):220174. doi:10.4209/aaqr.220174*
13. *Li T, Cao S, Fan D, et al. Household concentrations and personal exposure of PM2.5 among urban residents using different cooking fuels. Science of The Total Environment. 2016;548-549:6-12. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.01.038*
14. *Saetae S, Abulude FO, Arasaki K, et al. Seasonal and Diurnal Variations of Indoor PM2.5 in Six Households in Akure, Nigeria. Atmosphere. 2025;16(5):603. doi:10.3390/atmos16050603*
15. *Chan KH, Xia X, Liu C, et al. Characterising personal, household, and community PM2.5 exposure in one urban and two rural communities in China. Science of The Total Environment. 2023;904:166647. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.166647*
16. *Shupler M, Hystad P, Birch A, et al. Household and personal air pollution exposure measurements from 120 communities in eight countries: results from the PURE-AIR study. The Lancet Planetary Health. 2020;4(10):e451-e462. doi:10.1016/S2542-5196(20)30197-2*
17. *Indoor Air Quality Study Report. School of Public Health, Mongolian National University of Medical Sciences; 2021.*
18. *Sainnokhoi TA, Kováts N, Gelencsér A, et al. Characteristics of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor PM2.5 of households in the Southwest part of Ulaanbaatar capital, Mongolia. Environ Monit Assess. 2022;194(9):665. doi:10.1007/s10661-022-10297-0*
19. *Galsuren J, Gombojav E, Boldbaatar B, et al. Indoor air quality study among the households of Ulaanbaatar, Mongolia. In Review. Preprint posted online September 16, 2022. doi:10.21203/rs.3.rs-2056418/v1*
20. *Rabbani U, Razzaq S, Irfan M, Semple S, Nafees AA. Indoor Air Pollution and Respiratory Health in a Metropolitan City of Pakistan. J Occup Environ Med. 2022;64(9):761-765. doi:10.1097/JOM.0000000000002573*
21. *Wafula ST, Nalugya A, Mendoza H, et al. Indoor air pollutants and respiratory symptoms among residents of an informal urban settlement in Uganda: A cross-sectional study. PLoS One. 2023;18(8):e0290170. Published 2023 Aug 17. doi:10.1371/journal.pone.0290170*
22. *Su JG, Aslebagh S, Shahriary E, Barrett M, Balmes JR. Impacts from air pollution on respiratory disease outcomes: a meta-analysis. Front Public Health. 2024;12:1417450. Published 2024 Oct 9. doi:10.3389/fpubh.2024.1417450*

Respiratory Symptoms Associated with Household Indoor PM2.5 Exposure

Ulziimaa D[1,2], Ulziikhutag B[2], Ser-Od Kh[3], Shatar Sh[3], Myagmarchuluun S[2], Enkhjargal G[2], Gantuya D[3], Munkh-Erdene L[4], Khurelbaatar N[5], Damdindorj B[6], Davaalkham D[1]

[1]School of Public Health, MNUMS
[2]Department of Environmental Health, School of Public Health, MNUMS
[3]Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, MNUMS
[4]Mongolia-Japan Hospital, MNUMS
[5]Office of President Mongolia
[6]MNUMS
E-mail: davaalkham@mnums.edu.mn, Tel: +976-99090141

Abstract:
Background: Numerous studies have shown that air pollution is a serious public health threat and risk worldwide. Mongolia is the world leader in outdoor and indoor air pollution, and the morbidity and mortality caused by it are increasing every year. People spend most of their lives indoors, and it is necessary to regularly assess and study indoor air pollution.
Aim: To study the concentration of PM2.5 particles in the indoor air of households in Ulaanbaatar and Darkhan cities in relation to some symptoms of respiratory diseases.
Materials and Methods: The study was conducted using an analytical cohort design from October 2023 to July 2025, and the 4 districts of the central Ulaanbaatar city and Darkhan cities were included in the study. A total of 240 households were included in the study, including 48 households living in ger and house, 24 households living in apartments, and 48 households living in ger and house, and 24 households living in apartments from Ulaanbaatar city. A direct measurement device (PurpleAir) was installed in the households for 3-4 weeks to measure PM2.5 particles in the indoor air for 24 hours. After measuring PM2.5 particles in the indoor air of the household, data were collected through questionnaires from the participants aged 18-60 who participated in the study and underwent health examinations. The results were processed using STATA-19.0 and R programs.
Results: 213-239 households were selected for the study, including households living in 17-26 apartments, 42-58 houses, and 38-50 houses. The 24-hour average concentration of PM2.5 particles in the ambient air of households in Ulaanbaatar city was measured relatively higher in winter and summer than in households in Darkhan city. Among the districts of Ulaanbaatar city, the highest concentration of PM2.5 particles was measured in Songinokhairkhan district, and the lowest concentration was measured in Bayanzurkh district. Considering the cities by heating type, households with stoves are more polluted than households with centralized heating. In Darkhan city, the lowest concentration was measured in apartments (22.78-31.53 μg/m³), houses (44.53-68.17 μg/m³), and the highest concentration was measured in traditional felt houses (houses) (63.20-68.25 μg/m³). In Ulaanbaatar, PM2.5 concentrations were relatively high in all types of housing, including apartments (41.61-58.37 μg/m³), houses (79.22-92.50 μg/m³), and traditional felt dwellings (76.69-86.31 μg/m³). In the summer, PM2.5 concentrations in Darkhan were 3.10-10.03 μg/m³ in apartments, 7.67-14.37 μg/m³ in houses, and 7.98-17.90 μg/m³ in traditional felt dwellings (houses). The concentration of PM2.5 particles in the ambient air of the settlement is statistically significantly associated with shortness of breath, fatigue, weakness, muscle pain, nausea, palpitations, sneezing, runny nose, conjunctivitis, pain in the eye socket, tearing of the eyes, headache, fever, nasal congestion, cough, loss of appetite, sore throat, phlegm, wheezing, and chest pain.
Conclusion: The 24-hour average concentration of PM2.5 particles in indoor air in households in Ulaanbaatar and Darkhan cities is higher than the Mongolian standard during winter and is statistically significantly associated with some symptoms of respiratory diseases.

Keywords: Respiratory disease symptoms, Indoor environment, PM2.5