

## УЛААНБААТАР ХОТЫН АГААР БОХИРДУУЛАГЧ ЗАРИМ БОДИСЫН НЯЛХАС, ХҮҮХДИЙН ЭНДЭГДЭЛД ҮЗҮҮЛЖ БУЙ НӨЛӨӨ

**Батбаярын Лхагважаргал**<sup>1</sup>, Магистрант, Би Жи Эм Дистрибьюшн ХХК-ийн байгаль орчны ахлах мэргэжилтэн

**Алгаагийн Солонго**<sup>2</sup>, Доктор, Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургуулийн профессор

### Хураангуй

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол нь хүн амын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж буй тулгамдсан асуудал байсаар байна. Энэхүү судалгаанд Улаанбаатар хотын агаар дахь гол бохирдуулагчдын түвшин, түүний нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөөг судлах зорилго дэвшүүлсэн. Судалгаанд 2015-аас 2023 он хооронд Улаанбаатар хотын төвийн зургаан дүүрэгт сарын давтамжтайгаар бүртгэгдсэн агаар бохирдуулагч зарим бодисын хэмжээ болон нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн хэмжээний талаарх хоёрдогч өгөгдөл (n=648) ашиглаж, нэг болон олон хүчин зүйлийн шугаман регрессийн шинжилгээ хийсэн. Үр дүнгээс харахад нүүрс шатаалтын хаягдал, гэр хорооллын нүүрсний хэрэглээ, механик өгөршлөөс үүсэх том ширхэгт тоосонцор (PM<sub>10</sub>, автомашин, үйлдвэрүүдээс ялгарах жижиг ширхэгт тоосонцор (PM<sub>2.5</sub>), хүхэрлэг хий (SO<sub>2</sub>) зэрэг нь нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд нөлөөлж байв. Харин азотын давхар исэл (NO<sub>2</sub>) нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд статистикийн хувьд ач холбогдолтой нөлөө үзүүлээгүй байна.

**Түлхүүр үгс:** агаарын бохирдуулагчид; нялхсын эндэгдэл; хүүхдийн эндэгдэл; нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн эрсдэлт хүчин зүйл.

### THE EFFECT OF SELECTED AIR POLLUTANTS ON INFANT AND CHILD MORTALITY IN ULAANBAATAR CITY

#### Abstract

Air pollution in Ulaanbaatar city remains a pressing public health concern, with particularly severe implications for vulnerable populations. This study examines the relationship between key air pollutants and infant and child mortality in Ulaanbaatar. The secondary data (n=648), collected monthly between 2015 and 2023 across six central districts, were analyzed using univariate and multivariate linear regression models. The results indicate that emissions (PM<sub>10</sub>) from coal combustion, the use of coal in ger areas, coarse particulate matter resulting from mechanical abrasion, fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) from automobiles and factories, and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) exert significant effects on infant and child mortality. Conversely, nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) was found to have no statistically significant impact on infant and child mortality.

**Keywords:** air pollutants; infant mortality; child mortality; risk factor for infant and child mortality.

## 1. ОРШИЛ

Монгол Улсын Үндсэн хуулийн 16.2-т “иргэн эрүүл, аюулгүй орчинд амьдрах, орчны бохирдлоос хамгаалуулах эрхтэй” гэж заасан бөгөөд энэ эрхийн хэрэгжилтийг хангуулахад агаарын чанарыг сайжруулах нь Монгол улсын хувьд зайлшгүй шаардлага юм (МУЗГ, 1992). Ялангуяа 1990-ээд оны дунд үеэс хотыг чиглэсэн хүн амын шилжилт хөдөлгөөний эрчимжилт, хотжилтын улмаас хүн амын 49.5 хувь нь Монгол Улсын нийт газар нутгийн ердөө 3 хувийг эзлэх нийслэлдээ төвлөрч, хотын агаарын бохирдлын эх үүсвэр, хэмжээ нэмэгдсээр байна (АХБ, 2006; Guttikunda, 2007).

<sup>1</sup> Холбоо барих зохиогч. И-мэйл хаяг: [Lkhagvajargalbgm@gmail.com](mailto:Lkhagvajargalbgm@gmail.com)

<sup>2</sup> Чиглүүлэгч зохиогч. И-мэйл хаяг: [solongo\\_a@num.edu.mn](mailto:solongo_a@num.edu.mn)

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын түвшин сүүлийн жилүүдэд эрс нэмэгдэж, Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллага (ДЭМБ)-ын зөвшөөрөгдөх хэмжээ ( $PM_{2.5}$ -ын 24 цагийн дундаж агууламж  $15 \mu g/m^3$ )-нээс хэд дахин давсан тохиолдлууд тогтмол бүртгэгдсээр байна. Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах чиглэлээр Монгол Улсын Засгийн газраас 2017 онд “Агаар, орчны бохирдлыг бууруулах үндэсний хөтөлбөр” батлан хэрэгжүүлсэн ч үр дүн багатай байгаа юм. Тухайлбал, 2023 оны байдлаар  $PM_{2.5}$ -ын жилийн дундаж агууламж нь үндэсний стандартаас 1.8 дахин, ДЭМБ-ын зөвлөмжөөс 7.4 дахин их болоод байна (ҮСХ, 2023).

Дэлхийн томоохон хотуудын агаарын бохирдол нь байгаль, нийгмийн олон сөрөг үр дагавар дагуулж буйг баталсан судалгаанууд түгээмэл (Sima et al., 2023) байдаг. Тухайлбал, агаарын бохирдол нь хүн амын амьдралын чанарыг тодорхойлогч чухал үзүүлэлтүүдийн нэг болох нялхас, хүүхдийн өвчлөл, эндэгдэлд ноцтой сөрөг нөлөө үзүүлдэг байна (Behrooz et al., 2022; Wahuda et al., 2020; Linfeng et al., 2023). “State of Global Air 2024” тайланд тав хүртэлх насны хүүхдийн эндэгдэлд агаарын бохирдол хоёрдугаарт эрэмбэлэгдсэн эрсдэлт хүчин зүйлээр нэрлэгдсэн байна (HEI, 2024).

ДЭМБ-ын 2019 оны тооцоогоор Монгол Улсад агаарын бохирдлоос шалтгаалсан нас баралт 100 000 хүн амд 214.7 байгаа нь дэлхийн дунджаас өндөр байгаагийн зэрэгцээ Азийн баруун бүсийн улсууд дотроо хамгийн өндөр үзүүлэлт (WHO, 2020; ЭМХТ, 2023) байв. Жилд 300 хүн уг шалтгаант өвчнөөр нас барж, үүнээс 240 нь тав хүртэлх насны хүүхдүүд байгааг НҮБ-ын Хүүхдийн сангаас мэдээлсэн байна (UNICEF, 2023). Түүнчлэн Улаанбаатар хотын 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхас, тав хүртэлх насны хүүхдийн эндэгдэл Ковид-19 цар тахлаас өмнө буюу 2020 он хүртэл буурч байснаа, цар тахлаас хойш 2022 онд 12.5, 2023 онд 13.7 болж өссөн нь эрсдэлийн шинжтэй үзэгдэл гэж эрүүл мэндийн байгууллага үнэлсэн байна (ЭМХТ, 2023). Иймд хотын агаарын бохирдлын түвшин, нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн хооронд статистик холбоо хамаарал байгаа эсэх, байвал нөлөө нь ямар хэмжээтэй байгааг тогтоох нь чухал юм.

Энэхүү судалгаагаар Улаанбаатар хот дахь агаар бохирдуулагч гол бодисуудын нялхас болон тав хүртэлх насны хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөөллийг тогтоох зорилго дэвшүүлсэн. Тус зорилгын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлэн судалсан болно. Үүнд:

1. Улаанбаатар хот дахь агаар бохирдуулагч гол бодисууд болон нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн түвшин, тэдгээрийн улирал, байршлаарх ялгаатай байдлыг тодорхойлох,
2. Агаар бохирдуулагч гол бодис тус бүрийн нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөөллийг үнэлэх зэрэг багтсан.

Судалгааг агаарын бохирдлыг бууруулах бодлого хөтөлбөр боловсруулах үндэслэл болгох, хэрэгжилтийг үнэлэх мэдээлэл болгон ашиглах боломжтой.

## 2. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

### 2.1 Олон улсад судлагдсан байдал

Агаарын бохирдол дэлхий даяар нас баралтын гол эрсдэлт хүчин зүйлсийн нэг болсон ч хөгжиж буй орнуудад түүний нөлөөллийг тусгайлан судалсан тохиолдол цөөн байна. Ихэнх загвар, тооцоолол нь өндөр орлоготой, үйлдвэрлэл өндөр хөгжсөн улс орны мэдээлэлд тулгуурласан байна.

Судалгаануудаас харахад агаарын бохирдол нь бие махбодын хамгаалах чадвар султай бага насны хүүхдүүдэд хамгийн их эрсдэл учруулдаг байна. Тухайлбал, дэлхий дахинд жил бүр гадаад орчны эрэмбэлэгдээгүй агаарын бохирдлоос үүдэлтэй амьсгалын доод замын хурц үрэвслийн улмаас 230,000 орчим хүүхэд нас барж, гэрийн хатуу түлшнээс ялгарах доторх орчны бохирдлоос үүдэлтэй эрсдэлээр 7,500,000 гаруй хүүхэд өвдөж, зарим нь эндсэн байна

(UNICEF, 2016). Европ, Төв Азийн бүс нутагт нялхсын нас баралтын таван тохиолдол тутмын нэг нь агаарын бохирдолтой шууд холбогддог болохыг НҮБ-ын Хүүхдийн сангийн 2024 оны судалгааны тайланд дурджээ.

Сам Хефт-Нил нарын 2018 оны судалгаагаар Сахарын цөлөөс урагших Африкийн бүс нутагт 1 сая гаруй эхийн байршил, төрөх огноо, хиймэл дагуулын  $PM_{2.5}$  өгөгдлийг холбон шинжлэхэд, агаар дахь бохирдлын түвшин  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд нярайн эндэгдэл 9 хувиар өссөн (95% CI: 4–14 %) нь тогтоогдсон бөгөөд энэ хамаарал 15 жилийн турш тогтвортой байжээ (Heft-Neal et al., 2018).

Хятадад Линфэн нар 2004–2015 онд муж, хотын түвшин дэх  $PM_{2.5}$  жилд  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд 100 000 амьд төрөлтөд ногдох нярайн эндэгдэл 163 тохиолдлоор нэмэгдэж байгааг тогтоосон байна (Lin Feng et al., 2023). Харин 1–4 насны хүүхдийн эндэгдэлд статистикийн ач холбогдолтой өөрчлөлт илрээгүй байна.

Энэтхэгт Приянка нар 2015–2016 оны хүн ам зүйн болон эрүүл мэндийн судалгааны мэдээлэл, хиймэл дагуулын  $PM_{2.5}$  өгөгдлийг холбон регрессийн загвар хэрэглэхэд, агаар дахь  $PM_{2.5}$   $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд нялхсын эндэх магадлал 1.016 дахин нэмэгддэг (95% CI: 1.003–1.030) болохыг тогтоожээ (Priyanka et al., 2022). Тэр дундаа жирэмсний сүүлийн сард болон төрсний дараах анхны сард  $PM_{2.5}$ -д өртөх нь нялхсын эндэх эрсдэлийг илүү нэмэгдүүлж буй нь батлагдсан байна.

Ираны Тегеран хотын 2009–2018 оны мэдээллээр хийсэн шинжилгээгээр,  $PM_{10}$ -ийн агууламж  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд нярайн нас баралтын эрсдэл статистикийн хувьд ач холбогдолтойгоор өсөлттэй ( $R^2=1.003$ , 95% CI: 1.001–1.005) байсныг Сима нарын судалгаа нотолжээ (Sima et al., 2023).

Түүнчлэн агаарын бохирдол нь хүүхдийн өсөлт, хөгжлийн үзүүлэлтэд сөрөг нөлөөтэй нь батлагдсан байдаг. Тухайлбал, Азийн 16 оронд 2000–2017 оны хооронд хийсэн судалгаануудаар жилд дунджаар  $PM_{2.5}$ -ийн агууламж  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд тав хүртэлх насны хүүхдийн эндэгдэл ойролцоогоор 14.5 хувиар өсдөг болохыг тогтоосон нь жижиг ширхэгт тоосонцор ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ )-ын эрүүл мэндэд үзүүлэх ноцтой, хэмжигдэхүйц үр дагавруудыг илтгэж байна (Anwar et al., 2021).

## 2.2 Монгол Улсад судлагдсан байдал

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол нь нийтийн эрүүл мэндэд ноцтой аюул учруулж, ялангуяа биеийн эсэргүүцэл султай бага насны хүүхдүүдийн эрүүл мэндийг ихээхэн эрсдэлд оруулж байна. Учир нь 0–4 насны хүүхдүүдийн дунд амьсгалын замын өвчлөл түгээмэл тохиолдох нь тэдний цээжний хөндий бага, уушгины хэвийн агааржуулалт хязгаарлагдмал байдагтай шууд холбоотой юм (Ryan et al., 2011)..

НҮБ-ын Хүүхдийн Сангийн 2016 оны тайланд дурдсанаар бага наснаасаа агаарын бохирдолд удаа дараа өртөх нь насанд хүрсний дараах амьсгалын замын архаг эмгэг, түүний дотор астма зэрэг өвчнөөр өвчлөх эрсдэлийг нэмэгдүүлдэг байна (UNICEF, 2016). Сэжал нар (2007)-ын судалгаагаар хүүхдийн уушгины бүтцийн өөрчлөлт нь амьсгалын урсгалыг хязгаарлаж, амьсгалын замын эрхтнүүдэд эргэж буцашгүй архаг өөрчлөлт үүсгэхэд гол үүрэгтэй болохыг тогтоожээ. Энэ нь хүүхдийн эрүүл мэндийн суурь чадавхыг доройтуулж, өвчлөлд амархан өртөх үндсэн шалтгаан болдог байна.

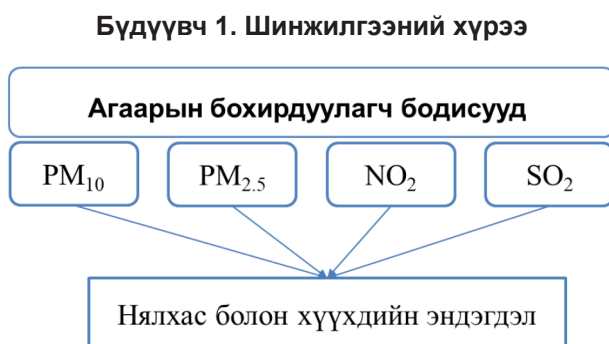
Дэлхийн өвчний дарамтын судалгаа (IHME, 2013)-нд, Монгол Улсад агаарын бохирдол нь олон өвчний шалтгаан болж, 2013 онд нас баралтад хүргэсэн тэргүүлэх өвчлөлтүүдийн гуравдугаар байрт бичигдсэн байна (UNICEF, 2016). Мөн нялхас болон тав хүртэлх насны хүүхдүүдийн өвчлөл, эндэгдлийн тэргүүлэх шалтгаан нь амьсгалын замын халдвар бөгөөд энэ нь хотын агаарын чанар муудаж байгаатай уялдаатай байж болохыг Нийслэлийн Эрүүл мэндийн хөгжлийн төвийн 2013 оны тайланд дурджээ (ЭМХТ, 2013).

Монгол Улсын хүн амын тал хувь нь оршин сууж буй Улаанбаатар хотод нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд агаарын бохирдол хэрхэн нөлөөлж байгааг, мөн чухам ямар бохирдуулагч бодис хэр хэмжээнд нөлөөлж буйг нарийвчлан тогтоох тоо мэдээлэл сүүлийн жилүүдэд боломжтой болсон хэдий ч нарийвчилсан судалгаа хийгдээгүй өнөөг хүрсэн байна.

### 3. АРГА ЗҮЙ

#### 3.1 Ойлголт, тодорхойлолт

Шинжилгээгээр нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд агаарын бохирдуулагч дөрвөн төрлийн бодисын үзүүлэх нөлөөг үнэлсэн (Бүдүүвч 1) ба гол хувьсагчдын тодорхойлолтыг Хүснэгт 1-д харуулав.



**Хүснэгт 1. Шинжилгээний гол хувьсагчдын тодорхойлолт**

Хувьсагчид	Тодорхойлолт	Нэгж
Нялхсын эндэгдэл (хамаарах хувьсагч)	Сар тутамд бүртгэгдсэн 0–11 сартай нялхсын эндэгдлийн тоо	1000 төрөлтөд ногдох нас баралт
Хүүхдийн эндэгдэл (хамаарах хувьсагч)	Сар тутамд бүртгэгдсэн 1-4 насны хүүхдийн эндэгдлийн тоо	1000 төрөлтөд ногдох нас баралт
PM <sub>2.5</sub> (үл хамаарах хувьсагч)	Агаарын дундаж жижгэвтэр тоосонцрын агууламж	µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub> (үл хамаарах хувьсагч)	Агаарын дундаж том ширхэгт тоосонцрын агууламж	µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub> (үл хамаарах хувьсагч)	Агаар дахь хүхэрлэг хий	µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> (үл хамаарах хувьсагч)	Агаар дахь азотын давхар ислийн агууламж	µg/m <sup>3</sup>

Судалгаанд ашигласан агаарын чанарын мэдээллийг боловсруулахдаа дараах стандартуудад заасан хэмжээг жиших үзүүлэлт болгосон. Эдгээр нь:

- **Монгол Улсын үндэсний стандарт MNS 4585:2016:** Агаар дахь тортоглох болон хүнд перечисляем бохирдуулагчийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээг тогтоосон.
- **ДЭМБ-ын Агаарын чанарын удирдамж:** Тусгайлан PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> -ын хүлцэх түвшнүүдийг заасан.
- **Агаарын чанарын индекс (AQI) тооцох журам:** Байгаль орчин, аялал жуулчлалын сайдын 2018 оны 10 дугаар сарын 10-ны А/387 дугаар тушаалын “Агаарын чанарын индексээр үнэлэх, мэдээлэх” журмын дагуу 2015–2023 оны Улаанбаатар хотын төвийн зургаан дүүргийн AQI индексийг тодорхойлсон. AQI нь агаар дахь хэд хэдэн бохирдуулагчийн агууламжийг нэгтгэсэн индекс юм.

Судалгаанд ашигласан AQI-ийн хязгаар, ангилал, хүн амын эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлэх утгуудын талаарх мэдээллийг Хүснэгт 2-т үзүүлэв.

## Хүснэгт 2. Агаарын чанарын индексийн утгууд ба ангилал

Агаарын чанарын индексийн утга	Агаарын чанарын ангилал	Хүний эрүүл мэндэд нөлөөлөх агууламжийн хязгаарын утга ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
		$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_2$
0-50	Цэвэр	0-50	0-35	-	-
51-100	Хэвийн	51-100	36-50	-	-
101-200	Бага бохирдолтой	101-300	51-150	50-800	50-280
201-300	Бохирдолтой	304-420	151-250	801-1600	281-565
	Их бохирдолтой	421-500	251-350	1601-2100	566-750
401-500	Маш их бохирдолтой	500<	350<	2101-2620	751-940

Эх сурвалж: БОАЖЯ, 2018 он.

### 3.2 Шинжилгээний арга зүй

Судалгаанд дараах таамаглалууд дэвшүүлэн шалгасан:

Тэг таамаглал ( $H_0$ ): Агаар бохирдуулагчид ( $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) нь нялхас болон хүүхдийн эндэгдэлд нөлөөгүй;

Өрсөлдөгч таамаглал:  $H_1$ : Агаар дахь тоосонцор болон хүнд металлын агууламж нэмэгдэх нь нялхсын эндэгдлийг ихэсгэнэ,  $H_2$ : Агаар дахь тоосонцрын агууламж нэмэгдэх нь хүүхдийн эндэгдлийг нэмэгдүүлнэ.

Шинжилгээг нэг болон олон хүчин зүйлийн шугаман регрессийн шинжилгээний аргуудаар гүйцэтгэн, бохирдуулагч тус бүрийн бие даасан нөлөөллийг тооцсон. Нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд агаарын бохирдуулагч бодис тус бүрийн дангаараа үзүүлсэн нөлөөллийг судлахад нэг хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загвар (1)-ыг ашигласан.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + e \quad [1]$$

Энд,  $Y$  – Хамаарах хувьсагч,  
 $\beta_0$  – регрессийн тогтмол  
 $\beta_1$  – үл хамаарах хувьсагчийн нөлөөллийн коэффициент  
 $X$  – үл хамаарах хувьсагч  
 $e$  – үлдэгдэл хувьсагчид.

Нялхас болон хүүхдийн эндэгдэлд агаарын бохирдуулагч бодисуудын хамтдаа үзүүлсэн нөлөөг судлахад олон хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загвар (2)-ыг ашигласан.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e \quad [2]$$

Регрессийн коэффициентуудын үнэлгээ статистик тестээр  $0.05 > p \geq 0.01$  үед тухайн нөлөөг статистикийн хувьд ач холбогдолтой,  $p < 0.01$  үед өндөр ач холбогдолтой гэж үзсэн.

Газар зүйн мэдээллийг боловсруулахдаа газарзүйн мэдээллийн системийн ArcGis программ, нэг хүчин зүйлийн болон олон хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загварын шинжилгээг SPSS программ ашиглан гүйцэтгэсэн болно.

### 3.3 Ашигласан тоо, мэдээлэл

Энэхүү судалгаанд хоёрдогч эх үүсвэрийн өгөгдөл ашигласан. Үүнд, Улаанбаатар хотын агаар бохирдуулагчдын өдрийн мэдээ болон нийслэлийн төвийн зургаан дүүргийн 2015–2023 оны нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн сарын тоон мэдээлэл (нийт ажиглалт  $n = 648$ ) багтсан. Мэдээллийн эх үүсвэрүүдийг дор дэлгэрүүлэн тайлбарлав.

- **Агаар бохирдуулагчдын мэдээлэл:**

Азид Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын архивд хадгалагдсан Улаанбаатар хотын 16 агаарын чанарын хяналтын цэгийн 2015–2023 оны сар тутмын  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ -ийн дундаж агууламжийн мэдээллийг ашигласан. Дүүрэг тус бүрийн агаарын бохирдлын түвшнийг тухайн дүүрэгт харьяалагддаг цэгүүдийн утгын дунджаар тодорхойлсон. Зарим сар, зарим станцад техниктэй холбоотой зөрчил (сенсор эвдрэх, засвар, амралт зэргээр) үүссэний улмаас бүртгэгдээгүй, дутуу утгыг “дунджаар орлуулах” аргаар нөхөн тооцсон.

- **Нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн үзүүлэлт:**

Нийслэлийн Эрүүл мэндийн газрын статистикийн албаас Улаанбаатар хотын төвийн зургаан дүүрэгт бүртгэгдсэн 0–11 сартай нялхас, 1–4 насны хүүхдийн эндэгдлийн сар тутмын тоон мэдээллийг авсан. Ингэхдээ дүүрэг болон сар тус бүрийн өгөгдлийг тусдаа ажиглалт болгон дүн шинжилгээ хийсэн.

### 3.4 Шинжилгээний хязгаарлагдмал байдал

Монгол Улсын нийт нутаг дэвсгэрт гадна орчны агаарын бохирдлыг Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын харьяа станцууд 24 цагийн давтамжтай хэмждэг ч алслагдсан аймгийн төв, хөдөө орон нутгийн станцууд бохирдуулагч бодисын үзүүлэлтийг тогтмол бүртгэдэггүй тул дутуу мэдээлэл элбэг байдаг. Иймээс энэхүү судалгааг зөвхөн Улаанбаатар хотын төвийн зургаан дүүргийн хувьд гүйцэтгэсэн.

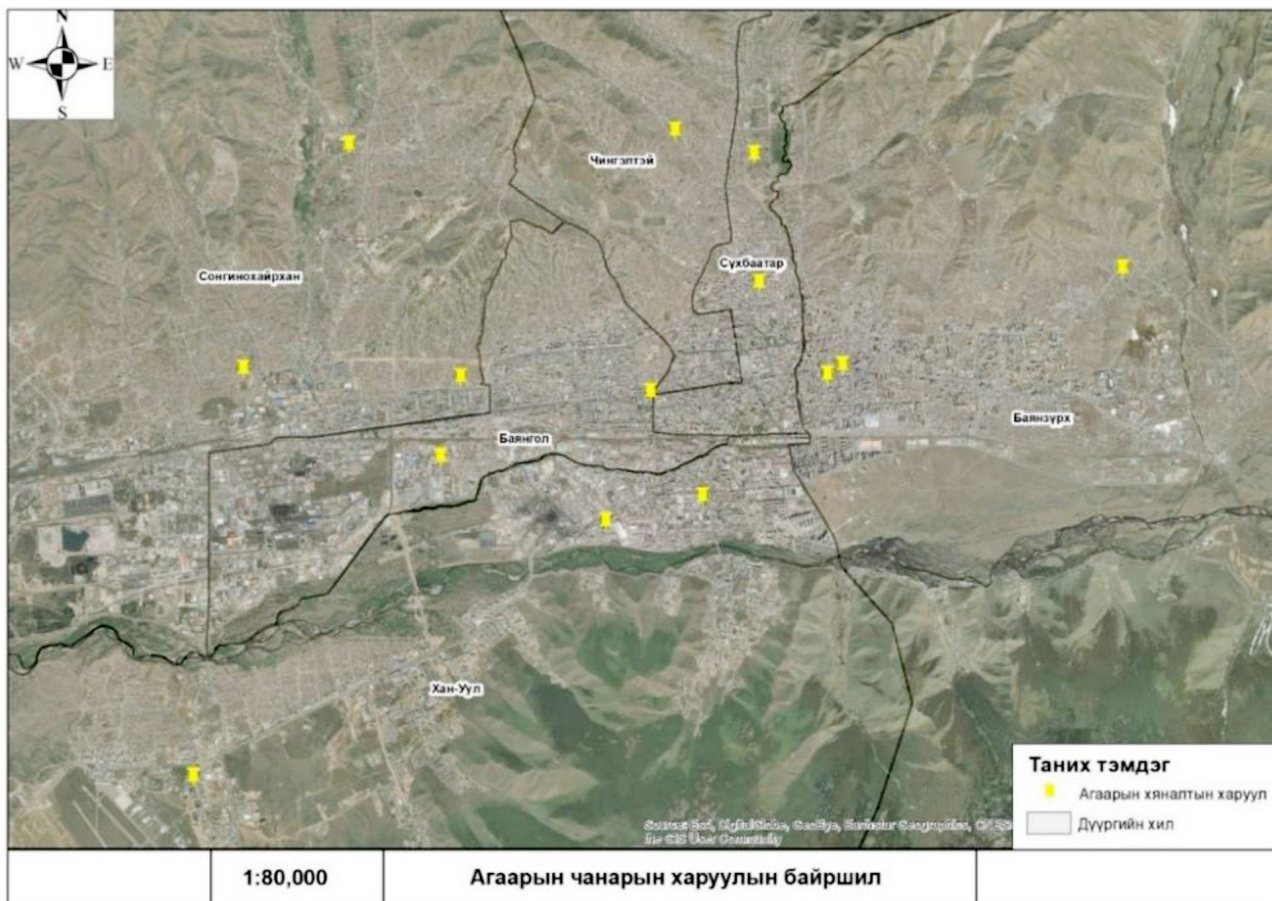
## 4. ҮР ДҮН

### 4.1 Улаанбаатар хотын агаар бохирдуулагчдын нөхцөл байдал

Улаанбаатар хотод агаарын чанарыг Цаг уур орчны, шинжилгээний газарт харьяалалтай нийт 16 харуулын цэгт 2015 оноос хойш тасралтгүй хэмжиж ирсэн байна. Харуулын байрлалыг сонгохдоо агаарын бохирдол ихтэй орчин (аж үйлдвэр, төв зам гэх мэт)-д шууд сэргийлэх зорилгоор, хотын хүн ам байнга оршин суух газарт ерөнхий үнэлгээ хийх боломжийг харгалзан байрлуулжээ (ЦУОШГ, 2019). Агаарын чанарын хяналтын харуулууд нь химийн урвалж уусмал ашиглан нойтон химийн аргаар болон автомат багаж тоног төхөөрөмж бүхий багажит анализын аргаар хяналт шинжилгээ хийдэг байна.

Харуулуудын байршлыг Зураг 1-д харуулсан ба тус зургийг боловсруулахдаа Байгаль орчин, уур амьсгалын яам, Байгаль орчны мэдээллийн төвийн Гео-мэдээллийн сан дахь өгөгдлийг ашигласан болно.

Зураг 1. Улаанбаатар хот дахь агаарын чанарын харуулуудын байршил, 2024 онд

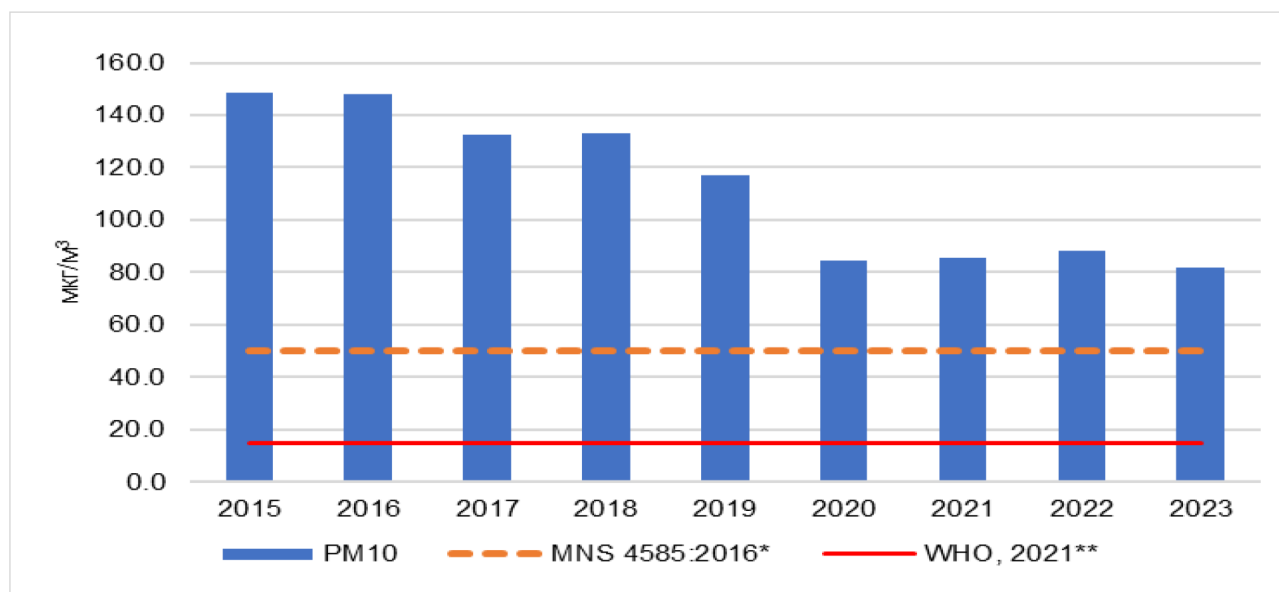


Эх сурвалж: Гео мэдээллийн сан, 2024 он

**А. Том ширхэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ийн агууламж ба улирлын хэлбэлзэл**

Улаанбаатар хотын агаар дахь том ширхэгт тоосонцор ( $PM_{10}$ ) ихэвчлэн газрын хөрсний тоос болон баруун, баруун хойд зүгээс салхилж ирсэн шороон ширхгүүдээс үүсдэг (Perry et al., 2011). 2015–2023 онд хяналтын 16 цэг дээр хэмжигдсэн  $PM_{10}$ -ийн жилийн дундаж агууламж  $82\text{--}140\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  байжээ (Зураг 2).

Зураг 2. Улаанбаатар хот дахь том ширхэгт тоосонцор  $PM_{10}$ -ын жилийн дундаж агууламж, 2015-2023 онд

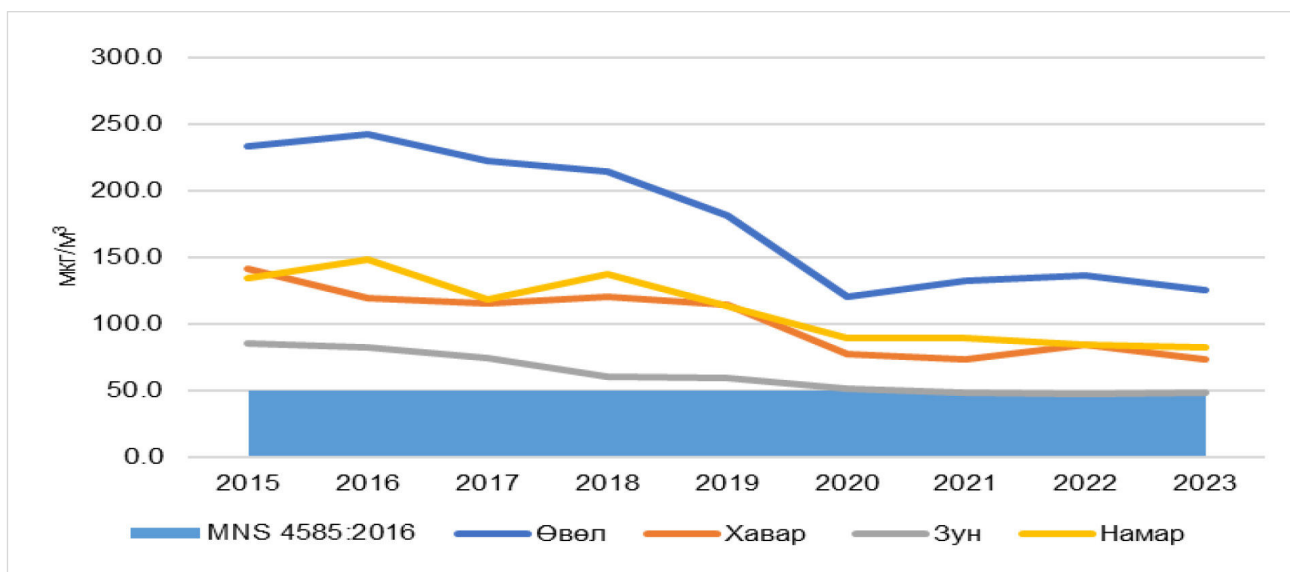


Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

Дээрх үзүүлэлт нь Монгол Улсын “Агаарын чанар, техникийн ерөнхий шаардлага” MNS 4585:2016 стандартад заасан  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  дээд хэмжээнээс 1.6–2.8 дахин, ДЭМБ-ын 2021 оны удирдамжид тогтоосон  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  зөвлөмж хэмжээнээс 5.5–9.3 дахин давсан үзүүлэлт юм. Түүнчлэн үндэсний стандарт болон ДЭМБ-ын зөвлөмжийн хооронд 3.3 дахин зөрүү байгааг харгалзан, хотын байгалийн нөхцөл, замын тоосжилт, барилгын ажиллагааг илүү нарийвчлан судлах, стандартыг шинэчлэх шаардлага байж болох юм.

Зураг 3-т Улаанбаатар хотын агаарт дэгдсэн  $\text{PM}_{10}$ -ийн улирал бүрийн дундаж агууламжийг 2015–2023 оны хугацаагаар харьцуулан харуулав.

**Зураг 3. Улаанбаатар хот дахь том ширхэгт тоосонцор  $\text{PM}_{10}$ -ын улирлын дундаж агууламж, улирлаар, 2015-2023 онд**



Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

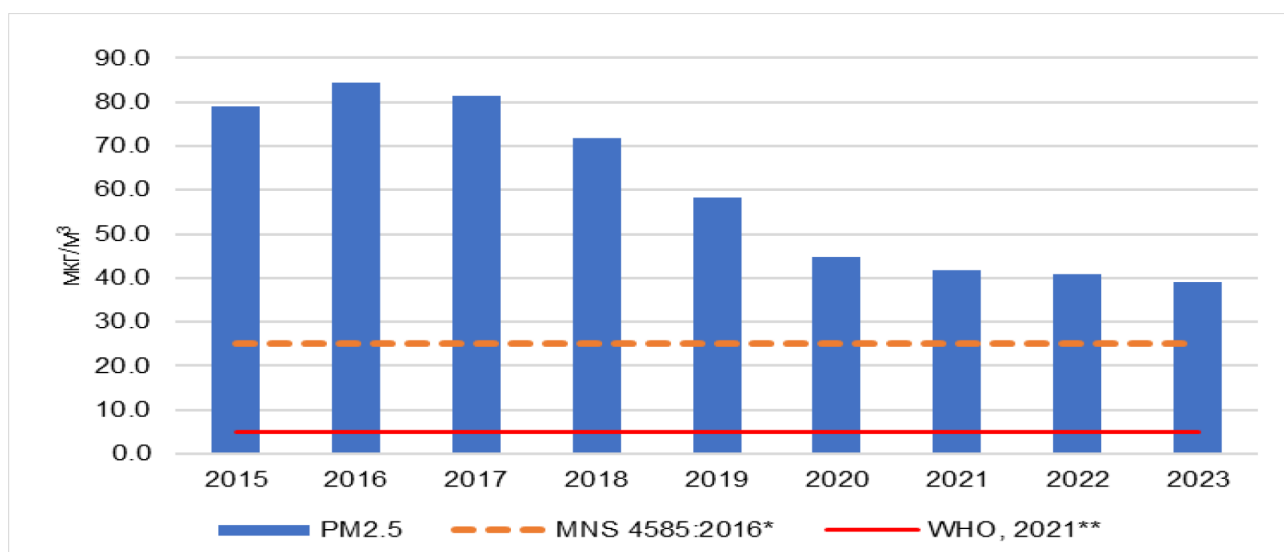
Үр дүнгээс үзэхэд, агаар дахь  $\text{PM}_{10}$ -ийн дундаж агууламж зуны улиралд  $47\text{--}82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , хаврын улиралд  $73\text{--}120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , намрын улиралд  $82\text{--}148 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , өвлийн улиралд  $120\text{--}243 \mu\text{g}/\text{m}^3$  байна. Эдгээр нь Монгол Улсын MNS 4585:2016 стандартад заасан  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ийн зөвшөөрөгдөх дээд түвшнээс бүх улиралд давсан бөгөөд, өвлийн улиралд онцгой өндөр буюу стандартаас 2.4–4.9 дахин их агууламжтай байна. Энэ нь улирлын салхи, дулааны эрчим болон гэр хорооллын зуух, төвлөрсөн халаалтын системийн түлшний ялгаралт зэрэг хүчин зүйлсийн нөлөөг тодорхой харуулж байна.

### Б. Жижиг ширхэгт тоосонцор $\text{PM}_{2.5}$ -ийн агууламж ба улирлын хэлбэлзэл

Улаанбаатар хотын агаар дахь жижиг ширхэгт тоосонцор ( $\text{PM}_{2.5}$ ) голчлон нүүрс шатаалтын хаягдал, дулааны цахилгаан станцын утаа, үнс болон гэр хорооллын нүүрсний ууршилтаас үүсдэг (Perry & Davy, 2011). 2015–2023 оны хугацаанд 16 хяналтын цэг дээр хэмжигдсэн  $\text{PM}_{2.5}$ -ийн жилийн дундаж агууламж  $39\text{--}84 \mu\text{g}/\text{m}^3$  хооронд хэлбэлзжээ (Зураг 4). Энэ нь үндэсний MNS 4585:2016 стандартын  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  дээд хэмжээнээс 1.6–3.4 дахин их, ДЭМБ-ын 2021 оны зөвлөмжийн  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  түвшнээс 7.8–16.8 дахин давсан байна.

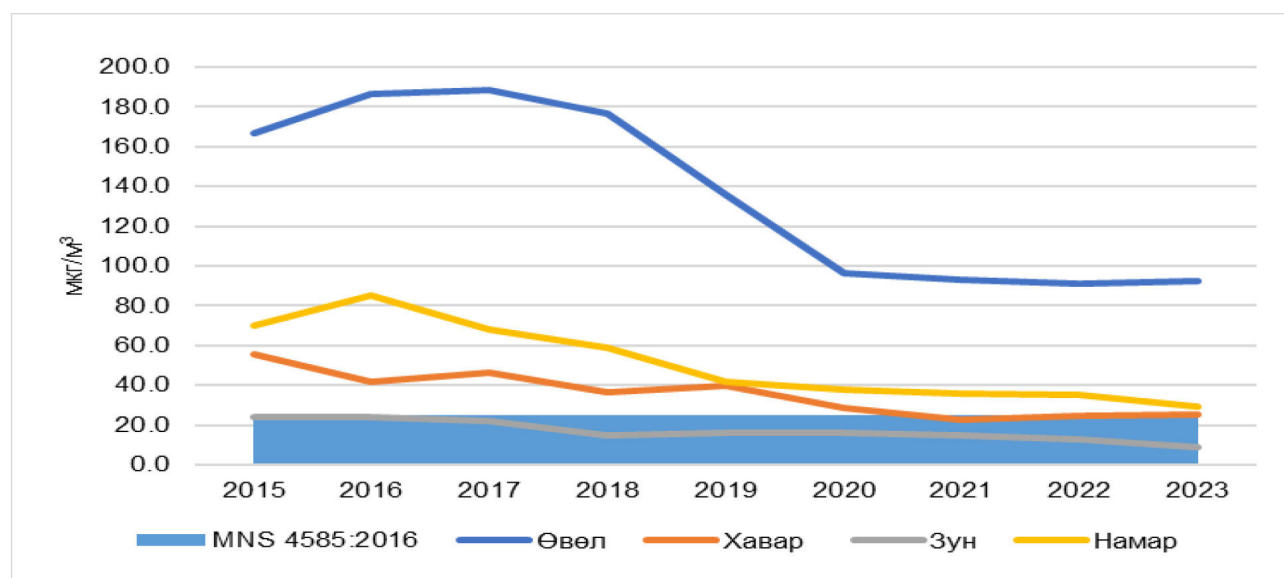
2020 оноос  $\text{PM}_{2.5}$ -ийн агууламж бага зэрэг буурсан хэдий ч зунаас бусад улиралд зөвшөөрөгдөх дээд түвшнийг давсаар байгаа (Зураг 5) нь агаараа цэвэршүүлэх, нүүрснээс татгалзах стратеги хэрэгжүүлэх шаардлагыг маш тодорхой харуулж байна. Тухайлбал, Улаанбаатар хотын агаар дахь жижиг ширхэгт тоосонцор  $\text{PM}_{2.5}$ -ын олон жилийн дундаж агууламж зуны улиралд  $24\text{--}29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , хаврын улиралд  $22.4\text{--}56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , намрын улиралд  $30\text{--}85.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , өвлийн улиралд  $91\text{--}189 \mu\text{g}/\text{m}^3$  байна.

**Зураг 4. Улаанбаатар хот дахь жижиг ширхэгт тоосонцор  $PM_{2.5}$ -ын жилийн дундаж агууламж, 2015-2023 онд**



Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

**Зураг 5. Улаанбаатар хот дахь жижиг ширхэгт тоосонцор  $PM_{2.5}$ -ын улирлын дундаж агууламж, улирлаар, 2015-2023 онд**



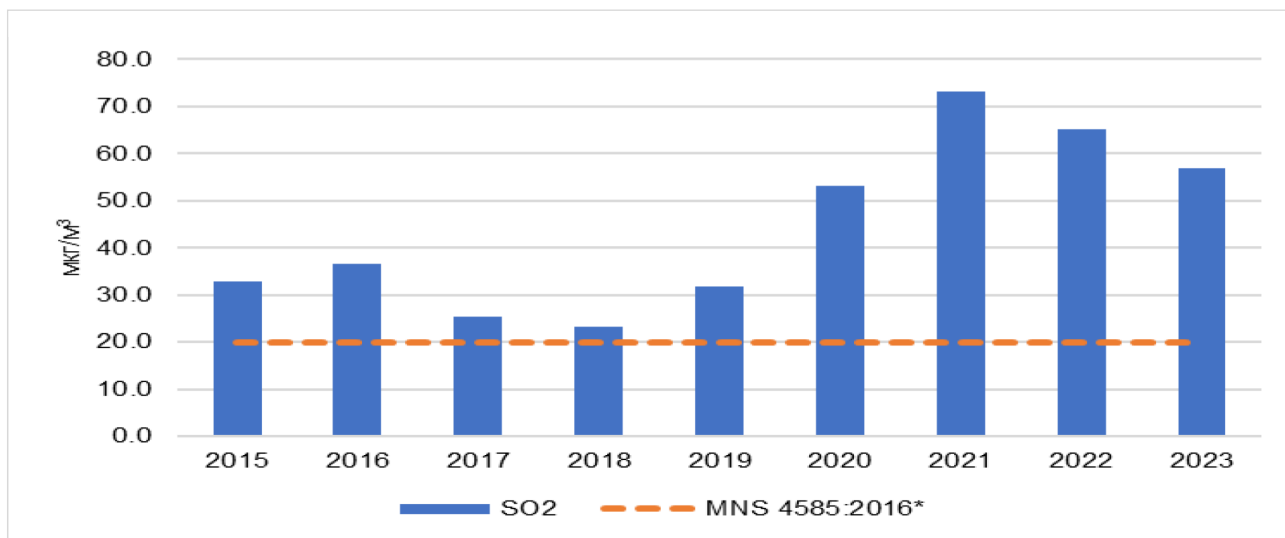
Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

## В. Хүхэрлэг хий ( $SO_2$ )-н агууламж ба улирлын хэлбэлзэл

Нүүрс шатах үед дотор нь агуулагдсан хүхэр коксжих явцад хүхэрлэг хий ( $SO_2$ ) үүсдэг (Seinfeld et al., 2016). Улаанбаатар хотод өвлийн саруудад гэр хорооллын зуухнаас ялгарах нүүрсний утаа  $SO_2$ -ийн гол эх үүсвэр болдог (Yu-Kai et al., 2013). 2015–2023 онд 16 хяналтын цэг дээр хэмжигдсэн  $SO_2$ -ийн жилийн дундаж агууламж 23–73  $\mu g/m^3$  хооронд хэлбэлзэж байжээ (Зураг 6Зураг ). Энэ нь үндэсний стандарт MNS 4585:2016-д заагдсан зөвшөөрөгдөх 20  $\mu g/m^3$  дээд хэмжээнээс 1.2–3.6 дахин их байна.

Сүүлийн жилүүдэд Улаанбаатарын агаар дахь  $SO_2$ -ийн агууламж өсөх хандлага ажиглагдаж, ялангуяа 2020 оноос эхлэн дундаж утга нь 50  $\mu g/m^3$  давсан өндөр түвшинд байх тохиолдол нэмэгджээ. Энэ нь гэр хорооллын нүүрсний чанар, зуухны үр ашиг, төвлөрсөн халаалтын системийн түлшний хольц зэрэг хүчин зүйлсийг сайжруулах шаардлагатайг харуулж байна.

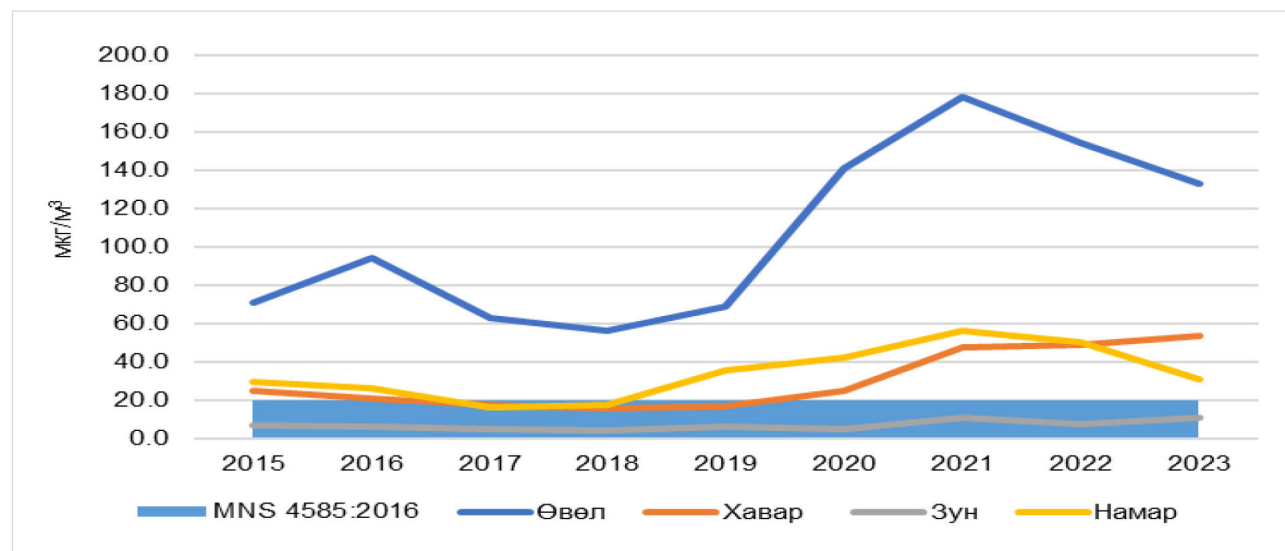
**Зураг 6. Улаанбаатар хот дахь хүхэрлэг хий ( $\text{SO}_2$ )-н жилийн дундаж агууламж, 2015-2023 онд**



Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

Улаанбаатар хотын агаар дахь хүхэрлэг хий ( $\text{SO}_2$ )-н улирлын дундаж агууламжийг Зураг 7-д 2015-2023 оны хувьд харууллаа. Зургаас харахад хүхэрлэг хийн дундаж хэмжээ зуны улиралд 4–11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , хаврын улиралд 15.5–53.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , намрын улиралд 16–56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , өвлийн улиралд 56–178  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  байв. Эдгээр хэмжигдэхүүнүүд нь MNS 4585:2016 стандартад заасан  $\text{SO}_2$ -ийн зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээ болох 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээс өвөл, намар, хаврын улиралд давсан байдалтай байна. Тус хэт өндөр агууламж нь ихэвчлэн гэр хорооллын нүүрсний утаа, төвийн дулааны станцын хэрэглээтэй давхар уялдан өсдөг тул цаашид түлшний чанар, зуухны үр ашиг, хотын халаалтын системийг оновчтой болгох шаардлагатайг харуулж байна.

**Зураг 7. Улаанбаатар хот дахь хүхэрлэг хий ( $\text{SO}_2$ )-н улирлын дундаж агууламж, улирлаар, 2015-2023 онд**



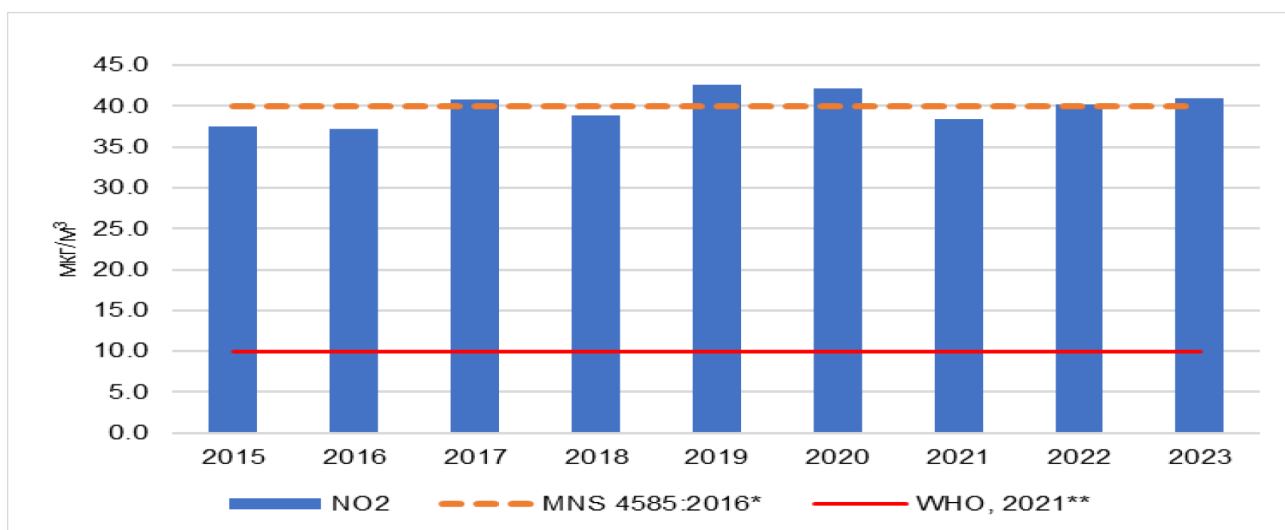
Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

**Г. Азотын давхар исэл ( $\text{NO}_2$ )-ийн агууламж ба улирлын хэлбэлзэл**

Азотын давхар исэл ( $\text{NO}_2$ )-ийн голлох эх үүсвэрт дизель, бензин хөдөлгүүртэй тээврийн хэрэгсэл, ачааны автомашин, цахилгаан станцуудын нүүрс, хийн түлш, мөн гэр хорооллын нам даралтын зууханд нүүрс, мод шатаах үйл явцууд ордог (Seinfeld et al., 2016). Улаанбаатар хотын агаар дахь  $\text{NO}_2$ -ийн гол эх үүсвэр нь автомашины хөдөлгөөн бөгөөд хотын төв, гол зам дагуу агууламж илүү өндөр хэмжигддэг (Amarsaikhan et al., 2014) байна.

Нийт 16 хяналтын цэгийн мэдээллээр тооцсон агаар дахь NO<sub>2</sub>-ийн жилийн дундаж агууламж 2015–2023 онуудад 37–42 µg/m<sup>3</sup> хооронд хэлбэлзэж байв (Зураг 8Зураг ). Энэ нь үндэсний MNS 4585:2016 стандартын 40 µg/m<sup>3</sup> дээд хязгаартай ойролцоо, зарим сар, зарим дүүрэгт хэтэрсэн үзүүлэлттэй байна. Мөн ДЭМБ-ын 2021 оны зөвлөмжийн 10 µg/m<sup>3</sup> төвшнөөс 3.7–4.2 дахин давсан үзүүлэлт байв. Өндөр NO<sub>2</sub>-ийн түвшин нь тээврийн хэрэгслийн хөдөлгөөн ихтэй түгжрэлтэй бүс, гэр хорооллын зуух, төвлөрсөн дулааны станцуудын түлшний чанартай холбоотой тул цаашид тээврийн хөдөлгөөний менежмент, тээврийн хэрэгслийн стандартыг сайжруулах болон гэр хороололд ууршилтад суурилсан, бага ялгаруулалттай шийдлийг нэвтрүүлэх шаардлагатай байна.

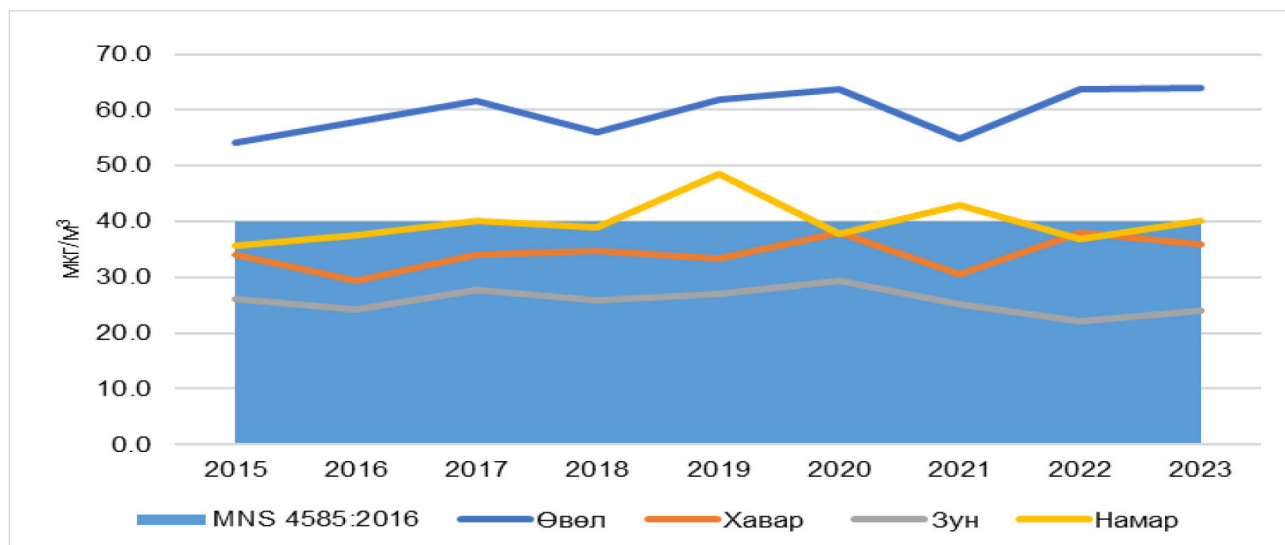
**Зураг 8. Улаанбаатар хот дахь азотын давхар исэл (NO<sub>2</sub>)-ийн жилийн дундаж агууламж, 2015-2023 онд**



Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

Зураг 9-д Улаанбаатар хотын агаар дахь азотын давхар исэл (NO<sub>2</sub>)-ийн улирлын дундаж агууламжийг 2015–2023 онуудаар үзүүлэв.

**Зураг 9. Улаанбаатар хот дахь азотын давхар исэл (NO<sub>2</sub>)-н улирлын дундаж агууламж, улирлаар, 2015-2023 онд**



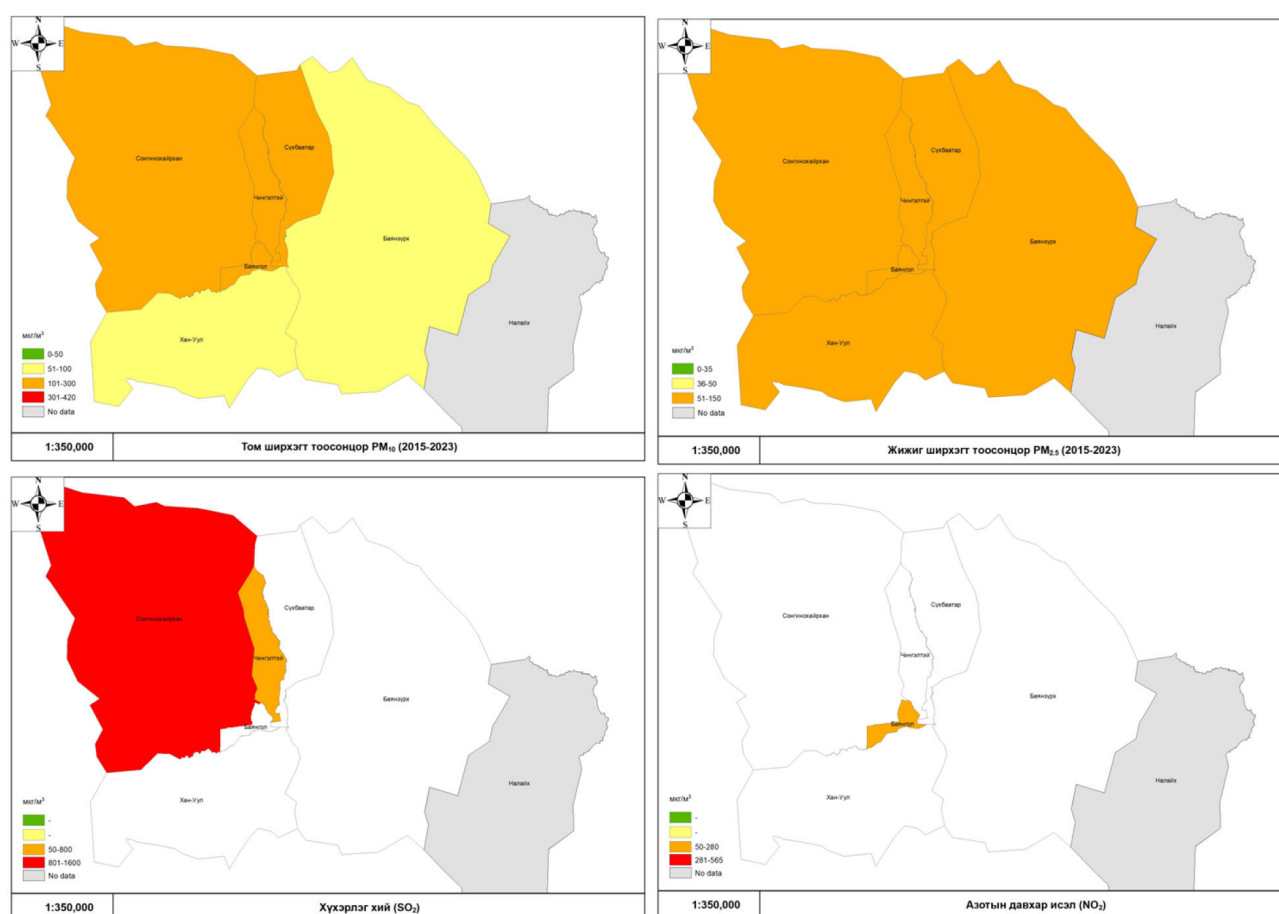
Эх сурвалж: Цаг уур, орчны шинжилгээний газар, 2024 он.

Зураг 9-өөс харахад агаар дахь азотын давхар исэл ( $\text{NO}_2$ )-ийн дундаж агууламж зуны улиралд  $22\text{--}29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , хаврын улиралд  $29\text{--}38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , намрын улиралд  $36\text{--}48.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , өвлийн улиралд  $54\text{--}64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  байна. Эдгээр дундаж утгууд өвөл, намрын улиралд MNS 4585:2016 стандартад заасан зөвшөөрөгдөх  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  дээд хязгаарыг давсан бол зун, хаврын улиралд түүнээс бага байна. Энэ нь тээврийн хөдөлгөөн, гэр хорооллын зуух болон дулааны станцуудын түлш хэрэглээний улирлын онцлогтой уялдан  $\text{NO}_2$ -ийн ялгаралт нэмэгдэж эсвэл буурч байгааг харуулж байна.

### Улаанбаатарын дүүргүүдийн агаарын чанарын индексийн харьцуулалт

Зураг 10-т Улаанбаатар хотын төвийн зургаан дүүргийн 2015–2023 оны дундаж агаарын чанарын индекс (AQI) -ийг харьцуулан үзүүлэв.

Зураг 10. Улаанбаатар хотын төвийн 6 дүүргийн агаарын чанарын индекс, 2015-2023 оны дунджаар



Эх сурвалж: Гео мэдээллийн сан, 2024 он.

Олон жилийн дунджаар нь дүгнэвэл, AQI-ийн ангиллаар:

- **PM<sub>10</sub> (том ширхэгт тоосонцор)-ын “бага бохирдолтой” ангилалд** Сонгинохайрхан, Чингэлтэй, Сүхбаатар, Баянгол дүүргүүд, “хэвийн” ангилалд Хан-Уул, Баянзүрх дүүргүүд;
- **PM<sub>2.5</sub> (жижиг ширхэгт тоосонцор)-ын “бага бохирдолтой” ангилалд** бүх зургаан дүүрэг;
- **SO<sub>2</sub> (хүхэрлэг хий)-ын “бохирдолтой” ангилалд** Сонгинохайрхан дүүрэг; “бага бохирдолтой” ангилалд Чингэлтэй дүүрэг;
- **NO<sub>2</sub> (азотын давхар ислийн)-ын “бага бохирдолтой” ангилалд** Баянгол дүүрэг оржээ.

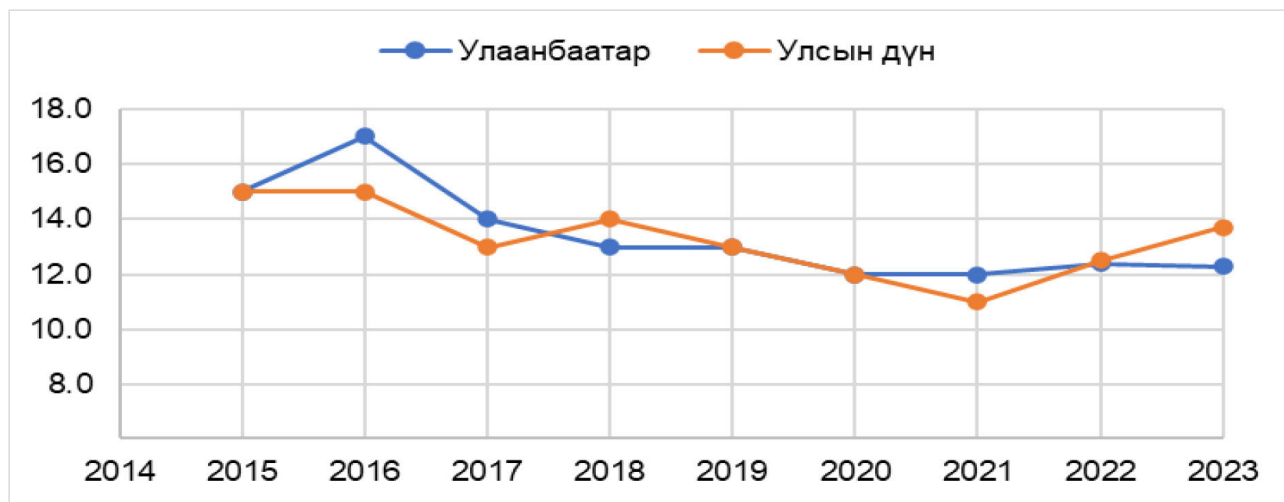
Эдгээр үр дүн нь дүүргүүдийн агаарын бохирдлын ялгаатай байдлыг тод харуулж, цаашид бүс бүрд онцлогтой арга хэмжээ авах шаардлагатай болохыг илэрхийлж байна.

## 4.2 Улаанбаатар хотын нялхас, хүүхдийн эндэгдлийн нөхцөл байдал

### 4.2.1 Нялхсын эндэгдлийн улирал, байршлаарх ялгаатай байдал

Улаанбаатар хотын хэмжээнд 2015–2023 онуудад бүртгэгдсэн нялхсын эндэгдлийн хандлагыг улсын дундаж хандлагатай харьцуулан Зураг 11-д харуулав.

**Зураг 11. Улаанбаатар хотын 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл, улсын дундажтай харьцуулснаар, 2015-2023 онд**



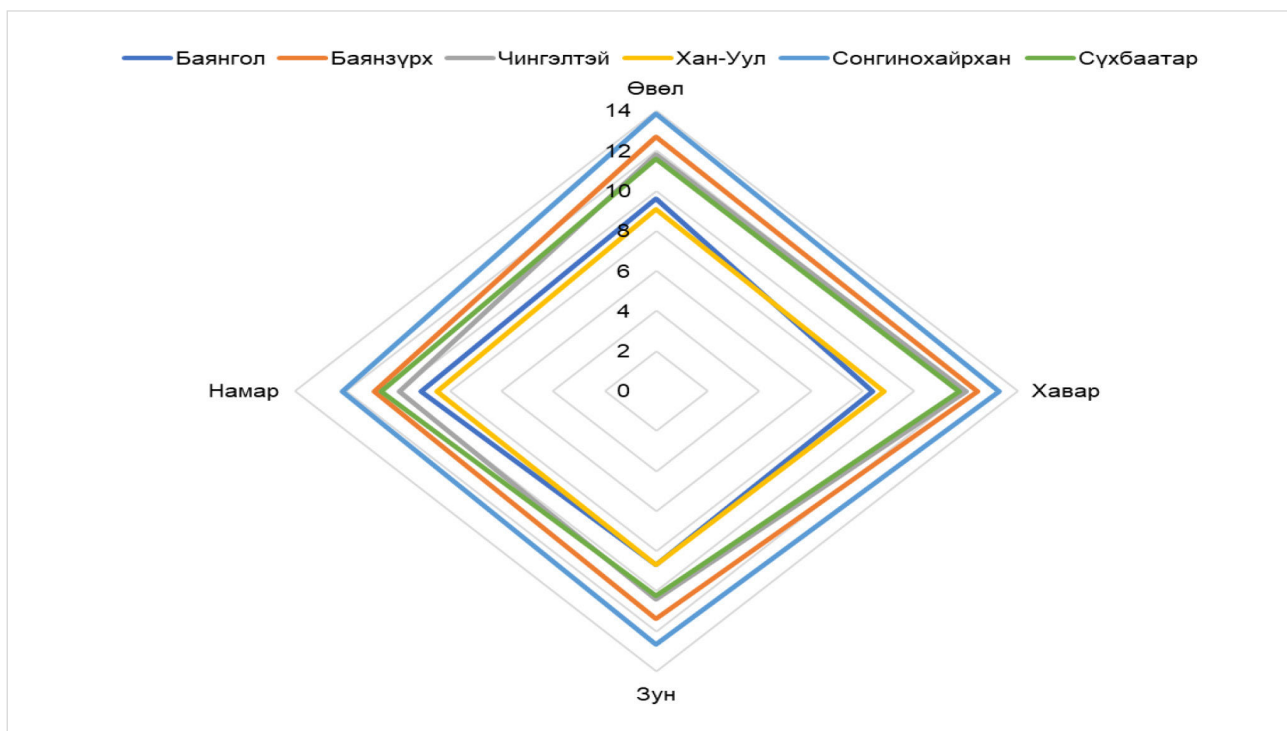
Эх сурвалж: Үндэсний статистикийн хороо, 2024 он.

Хүн амын тал хувь нь нийслэлд амьдарч байгаа тул нялхсын эндэгдлийн түвшин, хандлага улсын дундажтай нэлээд ойролцоо харагдаж байна. Тодруулбал 2015 оноос 2021 он хүртэл буурч ирсэн ч сүүлийн хоёр жилд эргэн өссөн байгаа нь нялхсын эндэгдлийн бууралт тогтвортой байж чадаагүйг харуулж байна. Нялхсын эндэгдэл эргэн өссөнийг агаарын чанарын доройтол, эрүүл мэндийн тусламж үйлчилгээний хүртээмж, чанар, нийгэм, эдийн засгийн нөхцөл байдал зэрэг олон хүчин зүйлтэй холбон тайлбарлах боломжтой. Иймд нялхсын эндэгдлийн өөрчлөлтийн суурь шалтгаануудыг нарийвчлан судалж, цогц арга хэмжээ боловсруулах шаардлагатай юм.

Улаанбаатар хотын дүүргүүдэд 2024 онд бүртгэгдсэн нялхсын эндэгдлийг улирлаар нь ангилан Зураг 12-т харуулав. Ерөнхийдөө, аль ч дүүрэгт нялхсын эндэгдэл өвлийн улиралд хамгийн өндөр, хаврын улиралд буурч, намар болон зуны улиралд хамгийн бага түвшинд очдог нь харагдаж байна. Тухайлбал, дүүргүүдэд бүртгэгдсэн нялхсын эндэгдлийн оргил түвшин (9.3–14.2%) өвлийн улиралд буюу түлээ нүүрсний хэрэглээ хамгийн их үед ажиглагдсан байхад, хамгийн бага үзүүлэлт (8.4%–12.1%) намрын улиралд ажиглагдсан байна.

Байршлын хувьд гэр хорооллын айл өрх ихтэй Сонгинохайрхан, Баянзүрх дүүргүүдэд нялхсын эндэгдлийн түвшин хамгийн өндөр, харин Баянгол, Хан-Уул дүүргүүдэд хамгийн бага байна. Сүхбаатар болон Чингэлтэй дүүргүүдэд нялхсын эндэгдлийн улирлаас шалтгаалсан ялгаатай байдал харьцангуй бага ажиглагдаж байна. Эдгээр үр дүнгээс, Улаанбаатар хотын хэмжээнд нялхсын эндэгдэл байршлаас шалтгаалан ялгаатай байгаа нь харагдлаа.

**Зураг 12. Улаанбаатар хотын 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл, улирлаар, дүүргээр, 2024 онд**

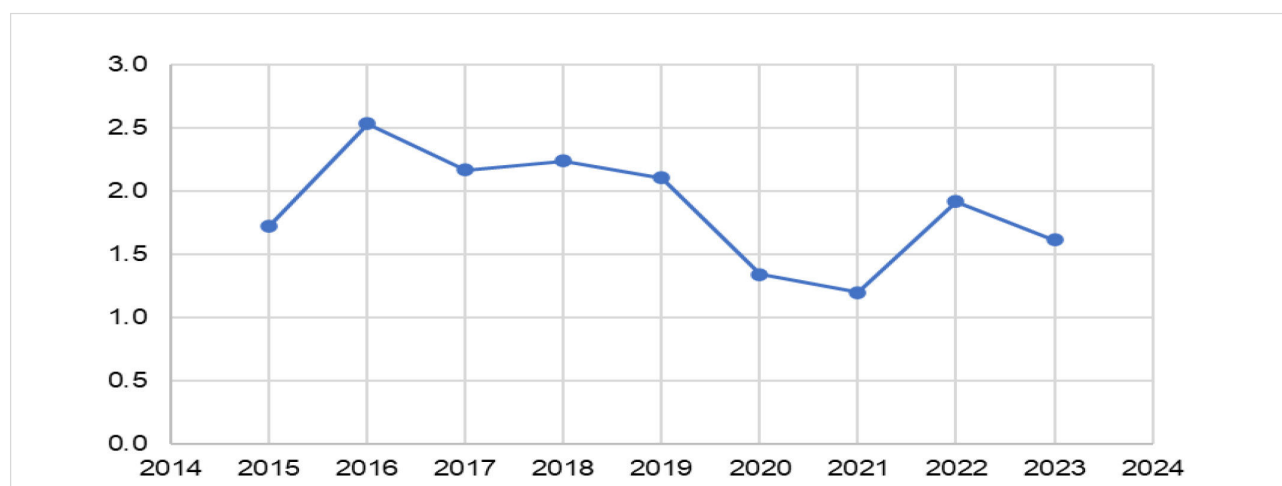


Эх сурвалж: Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар, 2024 он.

#### 4.2.2 Хүүхдийн эндэгдлийн улирал, байршлаарх ялгаатай байдал

Улаанбаатар хотын хэмжээнд 2015–2023 оны хооронд бүртгэгдсэн 1000 амьд төрөлтөд ногдох 1–5 хүртэлх насны хүүхдийн эндэгдлийн түвшнийг Зураг 13-т үзүүлэв. Энэхүү үзүүлэлт 2016 оноос хойш тогтвортой буурч байсан ч 2021 оноос эргэн өссөн байна.

**Зураг 13. Улаанбаатар хотын 1000 амьд төрөлтөд ногдох хүүхдийн эндэгдэл, 2015-2023 онд**

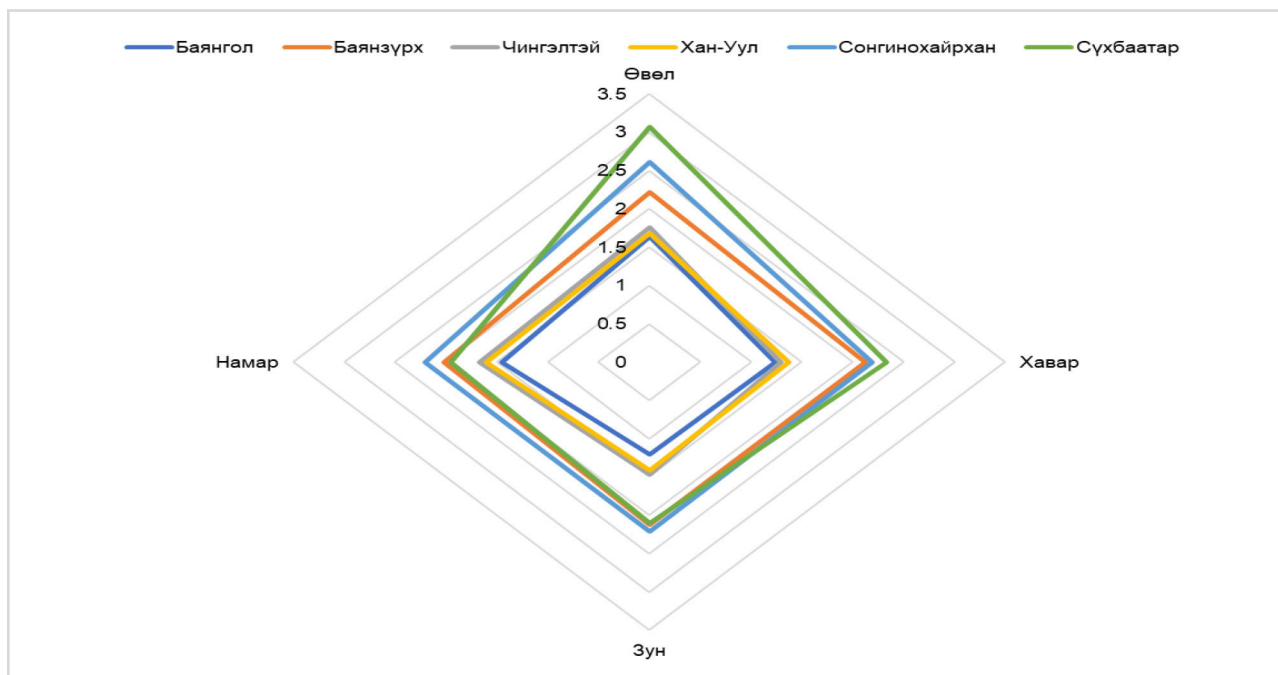


Эх сурвалж: Үндэсний статистикийн хороо, 2024 он.

Улаанбаатар хотын хүүхдийн эндэгдлийн түвшний 2015-аас 2023 он хооронд бүртгэгдсэн үзүүлэлтийг улирлаар болон дүүргээр задлан Зураг 14-т харуулав. Хүүхдийн эндэгдэл өвлийн улиралд хамгийн өндөр (1.6‰–3.1‰), бусад улиралд харьцангуй бага (1.2‰–2.1‰), бүртгэгдсэн байна. Байршлаар авч үзвэл, Сонгинохайрхан (2.3‰), Баянзүрх (2.1‰), Сүхбаатар

(3.1%) дүүргүүдэд хүүхдийн эндэгдэл хамгийн өндөр, харин Баянгол (1.4%), Хан-Уул (1.5%) дүүрэгт хамгийн бага үзүүлэлттэй байна.

**Зураг 14. Улаанбаатар хотын 1000 амьд төрөлтөд ногдох хүүхдийн эндэгдэл, улирлаар, дүүргээр, 2024 онд**



Эх сурвалж: Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар, 2024 он.

Дээрх үр дүнгүүдээс дүгнэхэд, Улаанбаатар хотын хэмжээнд нялхас болон хүүхдийн эндэгдэл өвлийн улиралд нэмэгдэж, бусад улиралд буурдаг нийтлэг хандлага ажиглагдаж байна. Мөн байршлын хувьд гэр хорооллын нягтаршил ихтэй, нүүрсний хэрэглээ өндөртэй бүсүүд болох Баянзүрх, Сонгинохайрхан дүүргүүдэд эндэгдлийн түвшин харьцангуй өндөр байгаа нь өвлийн улиралд хийдэг галлагаа, улмаар агаарын бохирдолтой шууд холбоотой байж болзошгүйг харуулж байна.

#### 4.3 Агаар бохирдуулагч бодисуудын нялхсын эндэгдэлд үзүүлсэн нөлөө

Агаарын бохирдуулагч бодис болох  $PM_{10}$  болон 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл (IM)-ийн хоорондын хамаарлыг нэг хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загвараар шинжлэхэд дараах үр дүн гарлаа:

$$IM = 9.573 + 0.011 \cdot PM_{10} + e$$

Тус загвараар,  $PM_{10}$  нь нялхсын эндэгдлийн өөрчлөлтийн 4.2 хувийг тайлбарлах боломжтой ( $R^2 = 0.042$ ) ба бусад хүчин зүйлийн нөлөөг харгалзахгүй үед,  $PM_{10}$ -ын агууламж  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд Улаанбаатарт 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл 0.011 нэгжээр өсөх хандлагатай ( $p < 0.001$ ) нь харагдав.

Агаар дахь жижиг ширхэгт тоосонцор ( $PM_{2.5}$ ) болон нялхсын эндэгдлийн хоорондын хамаарлыг нэг хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загвараар шинжлэн гаргасан үр дүнг дор харуулав:

$$IM = 10.156 + 0.010 \cdot PM_{2.5} + e$$

Энэхүү загвараар,  $PM_{2.5}$  нь нялхсын эндэгдлийн өөрчлөлтийн 3.1 хувийг тайлбарлах боломжтой ( $R^2 = 0.031$ ) гэсэн үр дүн гарсан. Мөн бусад хүчин зүйлийн нөлөөг харгалзахгүй үед,  $PM_{2.5}$ -ын агууламж  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -ээр нэмэгдэхэд, 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл 0.01 нэгжээр өсөх хандлагатай бөгөөд энэхүү хамаарал нь статистик ач холбогдолтой ( $p < 0.001$ ) байв.

Агаарын SO<sub>2</sub> бохирдуулагч ба нялхсын эндэгдлийн хоорондын хамаарлыг нэг хүчин зүйлийн шугаман регрессийн загвараар шинжлэхэд, SO<sub>2</sub> нь нялхсын эндэгдлийн 0.9 хувийг (R<sup>2</sup> = 0.009) тайлбарлах боломжтой гэсэн үр дүн гарлаа. Түүнчлэн бусад хүчин зүйлийн нөлөөг харгалзахгүй үед, SO<sub>2</sub>-ын агууламж 10 µg/m<sup>3</sup>-ээр нэмэгдэхэд 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл 0.006 нэгжээр өсөхөөр байна (p < 0.05).

$$IM = 10.516 + 0.006 \cdot SO_2 + e$$

NO<sub>2</sub> нь нялхсын эндэгдэлд сул боловч эерэг нөлөөтэй хамаарал ажиглагдаж байна. Шинжилгээний үр дүнгээс харахад бусад хүчин зүйлийн нөлөөг харгалзахгүй үед, NO<sub>2</sub>-ын агууламж нэгжээр нэмэгдэхэд 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэл 0.013-аар өсөх хандлагатай байгаа ч уг нөлөө статистикийн хувьд ач холбогдол багатай (p = 0.064) байна.

$$IM = 10.252 + 0.013 \cdot NO_2 + e$$

Дээр дурдсан PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> зэрэг агаарын бохирдуулагчдын нялхсын эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөөг нэг хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр шинжилсэн үр дүнг нэгтгэн Хүснэгт 3-т харуулав. Үр дүнгүүдээс харахад бусад хүчин зүйлийн нөлөөг харгалзахгүй үед, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> нь дангаараа нялхсын эндэгдэлд бусдаасаа өндөр бөгөөд статистик ач холбогдол бүхий нөлөөтэй, харин NO<sub>2</sub> арай сул буюу статистик ач холбогдлын хувьд бага нөлөөтэй байна.

**Хүснэгт 3. Улаанбаатар хотын агаарын PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> бохирдуулагч тус бүрийн нялхсын эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөө (нэг хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр)**

Бохирдуулагч бодис	R <sup>2</sup>	Бохирдуулагчийн 10 µg/m <sup>3</sup> -ийн нэмэгдэлт тутамд нялхсын эндэгдлийн өөрчлөгдөх мэдрэмж (нэгж)	p-value
PM <sub>10</sub>	0.042	+0.11 нэгж	< 0.001
PM <sub>2.5</sub>	0.031	+0.10 нэгж	< 0.000
SO <sub>2</sub>	0.009	+0.06 нэгж	< 0.05
NO <sub>2</sub>	0.064	Сул, эерэг нөлөөтэй	0.064

Эх сурвалж: Зохиогчийн тооцоолол.

Агаар бохирдуулагч дээрх дөрвөн хүчин зүйл хамтдаа нялхсын эндэгдэлд ямар нөлөө үзүүлж буйг олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр мөн шинжилсэн. Тус шинжилгээгээр, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> хувьсагчид хамтдаа нялхсын эндэгдлийн өөрчлөлтийн 4.5 хувийг тайлбарлаж чадахаар байгаа (R<sup>2</sup>=0.045) ба загвар бүхэлдээ статистикийн хувьд ач холбогдолтой (p < 0.001) гэсэн үр дүн гарсан.

Бусад хүчин зүйлийг тооцохгүй үед агаар бохирдуулагчид нэгэн зэрэг үйлчлэхдээ тус бүр нь 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдэлд хэрхэн нөлөөлөх боломжтойг доорх тэнцэтгэл болон Хүснэгт 4-т харуулав:

$$IM = 9.894 + 0.010 \cdot PM_{10} + 0.003 \cdot PM_{2.5} + 0.002 \cdot SO_2 - 0.012 \cdot NO_2 + e$$

**Хүснэгт 4. Улаанбаатар хотын агаарын PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> бохирдуулагчдын нялхсын эндэгдэлд үзүүлж буй хамтарсан нөлөө (олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр)**

Бохирдуулагч бодис	B коэф.	t-статистик	P-утга	Тайлбар
PM <sub>10</sub>	+0.010	2.835	0.005	Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой
PM <sub>2.5</sub>	+0.003	0.754	0.451	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй
SO <sub>2</sub>	+0.002	0.620	0.535	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй
NO <sub>2</sub>	-0.012	-1.248	0.213	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй

Эх сурвалж: Зохиогчийн тооцоолол.

Агаар бохирдуулагчдыг хамтад нь загварт оруулж судалж үзэхэд,  $PM_{10}$  бохирдуулагч нялхсын эндэгдлийг статистикийн хувьд ач холбогдолтой түвшинд нэмэгдүүлэх нөлөө үзүүлж буй нь батлагдлаа. Өөрөөр хэлбэл, бусад гурван бохирдуулагч зэрэг үйлчилж байхад,  $PM_{10}$  бохирдуулагчийн  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  нэмэгдэлт нь 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхсын эндэгдлийг 0.01 нэгжээр өсгөх хандлагатай ( $p = 0.005$ ) байна.

#### 4.4 Агаар бохирдуулагч бодисуудын хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлсэн нөлөө

Агаар бохирдуулагч бодис  $PM_{10}$  болон 1000 амьд төрөлтөд ногдох хүүхдийн эндэгдэл (СМ) хоорондын хамаарлыг нэг хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр шалгахад дараах үр дүн гарав.

$$CM = 1.225 + 0.006 \cdot PM_{10} + e$$

Бусад хүчин зүйлийг харгалзахгүй үед  $PM_{10}$  нь дангаараа хүүхдийн эндэгдлийн түвшний өөрчлөлтөд 9.5 хувийн ( $R^2=0.095$ ) тайлбар өгч чадаж байна. Тодруулбал,  $PM_{10}$ -ийн хэмжээ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -р нэмэгдэхэд 1000 амьд төрөлтөд ногдох хүүхдийн эндэгдэл 0.006 нэгжээр нэмэгдэх боломжтой ( $p < 0.000$ ) байна.

$PM_{2.5}$  нь хүүхдийн эндэгдэлтэй эерэг хамааралтай харагдаж байгаа ба бусад хүчин зүйлсийн нөлөөг харгалзахгүй үед хүүхдийн эндэгдлийн өөрчлөлтийн 6.3 хувийг дангаараа тайлбарлах боломжтой ( $R^2=0.063$ ) үр дүн гарсан байна. Нэг хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр,  $PM_{2.5}$ -ийн хэмжээ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -аар нэмэгдэхэд 1000 амьд төрөлтөд ногдох хүүхдийн эндэгдэл 0.005 нэгжээр өсөх магадлалтай ( $p < 0.000$ ) нь харагдлаа.

$$CM = 1.559 + 0.005 \cdot PM_{2.5} + e$$

$SO_2$  болон  $NO_2$  гэсэн хүчин зүйлсийн нөлөөг нэг хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр шалгахад, бусад хүчин зүйлийг харгалзахгүй үед  $SO_2$  болон  $NO_2$ -ийн нэмэгдэл нь дангаараа хүүхдийн эндэгдэлд статистик ач холбогдолтой нөлөө үзүүлэхгүй үр дүн гарсан байв.

Дөрвөн бохирдуулагчдын хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлсэн нөлөөг нэг хүчин зүйлийн регрессээр шинжилсэн үр дүнг Хүснэгт 5-д нэгтгэн харуулав.

**Хүснэгт 5. Улаанбаатар хотын агаарын  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  бохирдуулагч тус бүрийн хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлж буй нөлөө (нэг хүчин зүйлийн шинжилгээ)**

Хувьсагч	В коэф.	t-статистик	P-утга	Тайлбар
$PM_{10}$	0.006	8.239	0.000**	Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой
$PM_{2.5}$	0.005	6.388	0.000**	Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой
$SO_2$	0.000	-0.236	0.813	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй
$NO_2$	0.002	0.808	0.419	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй

Эх сурвалж: Зохиогчийн тооцоолол.

Агаар бохирдуулагч бодисуудыг хамтад нь загварт оруулж, олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр шинжлэхэд, загварын тайлбарлах чадвар 12.8 хувь ( $R^2 = 0.128$ ) бөгөөд статистикийн хувьд ач холбогдолтой ( $p < 0.001$ ) гарлаа. Энэ нь бусад хүчин зүйлийн нөлөөг тооцохгүй үед  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  гэсэн дөрвөн хувьсагч нийлээд хүүхдийн эндэгдлийн өөрчлөлтийн 12.8 хувийг тайлбарлаж чадна гэсэн үр дүн юм.

Хувьсагчдыг дангаар нь авч үзэхэд хүүхдийн эндэгдэлд нөлөөлөх байдал зөвхөн хоёр хүчин зүйлийн хувьд илэрч байсан ч хамтад нь авч үзэхэд гурван хүчин зүйл хүүхдийн эндэгдэлд статистик ач холбогдолтойгоор нөлөөтэй гарсан байна (Хүснэгт 6).

$$CM = 1.474 + 0.006 \cdot PM_{10} + 0.002 \cdot PM_{2.5} - 0.003 \cdot SO_2 - 0.008 \cdot NO_2 + e$$

Чиглэлийн хувьд  $PM_{10}$  ба  $PM_{2.5}$  нь хүүхдийн эндэгдлийг нэмэгдүүлэх,  $SO_2$ ,  $NO_2$  нь бууруулах нөлөөтэй хэмээн гарчээ.  $SO_2$ ,  $NO_2$ -ын нөлөө онолын чиг хандлагаас өөр гарсан байгаа нь загварт бусад хүчин зүйлсийг тусган өргөжүүлэн судлах шаардлага байгааг харуулж байна.

**Хүснэгт 6. Улаанбаатар хотын агаарын  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  бохирдуулагчдын хүүхдийн эндэгдэлд үзүүлж буй хамтарсан нөлөө (олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээ)**

Хувьсагч	B коэф.	t-статистик	P-утга	Тайлбар
$PM_{10}$	0.006	5.355	0.000**	<b>Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой</b>
$PM_{2.5}$	0.001	1.773	0.077	Нөлөө нь статистик ач холбогдолгүй
$SO_2$	-0.003	-2.799	0.005*	<b>Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой</b>
$NO_2$	-0.008	-2.467	0.014*	<b>Нөлөө нь статистик ач холбогдолтой</b>

Эх сурвалж: Зохиогчийн тооцоолол.

## 5. ДҮГНЭЛТ, САНАЛ

Энэхүү судалгаагаар Улаанбаатар хотод 2015–аас 2023 оны хооронд сарын давтамжтай хэмжигдсэн агаарын бохирдуулагч бодисууд ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ), 1000 амьд төрөлтөд ногдох нялхас болон хүүхдийн эндэгдлийн мэдээллийг ашиглан нэг ба олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээ хийж, агаарын бохирдол нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд хэрхэн нөлөөлж байгааг үнэлсэн.

Улаанбаатар хотын агаарын бохирдол 2000-аад оноос хүн амын хэт төвлөрөл, гэр хорооллын тэлэлт зэргээс үүдэн эрчимтэй өссөн байна. Сүүлийн жилүүдэд бохирдлыг бууруулах чиглэлээр хэд хэдэн үндэсний хэмжээний бодлого, хөтөлбөр хэрэгжсэн ч үр дүн хязгаарлагдмал байна. Судалгааны үр дүнгээс харахад:

- 2015–2023 онд Улаанбаатарт том ширхэгт тоосонцор ( $PM_{10}$ ) болон жижиг ширхэгт тоосонцор ( $PM_{2.5}$ )-ын жилийн дундаж агууламж нь Монгол Улсын стандартаас 1–2 дахин өндөр байна.
- Хүхэрлэг хий ( $SO_2$ )-н агууламж 2020 оноос хойш стандарт хэмжээнээс 3 дахин их болсон бол, азотын давхар исэл ( $NO_2$ )-ийн агууламж зөвхөн 2019, 2020, 2023 онд стандартаас харьцангуй багаар, бусад үед ихээр давсан байна.
- Улирлын шинжилгээгээр өвлийн улиралд бүх бохирдуулагчийн агууламж огцом нэмэгддэг нь дулааны улиралтай харьцуулахад галлагааны улиралд агаарын чанар илүү мууддагийг харуулж байна.
- Байршлын хувьд том, жижиг ширхэгт тоосонцор бүх дүүрэгт “бага бохирдолтой” түвшинд байгаа бол хүхэрлэг хий Сонгинохайрханд “бохирдолтой”, Чингэлтэйд “бага бохирдолтой”, азотын давхар исэл Баянгол дүүрэгт “бага бохирдолтой” түвшинд байна.
- Нялхсын эндэгдэл 2015–2023 онд Сонгинохайрхан, Баянзүрх дүүргүүдэд хамгийн өндөр байж, өвлийн улиралд огцом нэмэгдсэн байгаа бол хүүхдийн эндэгдэл Сүхбаатар, Сонгинохайрхан, Баянзүрх дүүрэгт өндөр, голлон өвөл, хаврын улиралд нэмэгдэж байна.
- Статистикийн нэг хүчин зүйлийн шинжилгээгээр, бусад хүчин зүйлсийг тооцохгүй үед нялхсын эндэгдэлд  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  бодисууд дан дангаараа статистик ач холбогдолтой нөлөөтэй байна. Хүүхдийн эндэгдэлд  $PM_{2.5}$  болон  $PM_{10}$  бодисууд мөн ач холбогдол бүхий нөлөөтэй байна.
- Олон хүчин зүйлийн регрессийн шинжилгээгээр дөрвөн бохирдуулагч бодисын хамтын нөлөөг судлахад нялхсын эндэгдэлд  $PM_{10}$  бодис л нэмэгдүүлэх нөлөөтэй гэж гарсан бол хүүхдийн эндэгдэлд мөн  $PM_{10}$  тоосонцор нөлөөтэй гэж гарсан байна.

Эдгээр үр дүн нь Улаанбаатар хотын агаар дахь бохирдуулагчид, ялангуяа хүний үйл ажиллагаа (нүүрсний шаталт, тээврийн хэрэгсэл, үйлдвэрийн үйл ажиллагаа, барилгын тоосжилт зэрэг)-наас үүдэлтэй  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  нь нялхас, хүүхдийн эндэгдэлд статистик ач холбогдол бүхий нөлөө үзүүлж байгааг нотолж байна. Түүнчлэн хүхэрлэг хий ( $SO_2$ ) нь

нялхсын эндэгдэлд нөлөөлж байна. Харин азотын давхар исэл (NO<sub>2</sub>) статистикийн хувьд ач холбогдолтой нөлөө үзүүлэхгүй үр дүн гарсан нь түүний тархалт бусад бохирдуулагчаа бодвол бага байгаатай холбоотой байж болох юм.

Судалгааны үр дүнд үндэслэн дараах санал, зөвлөмжүүдийг дэвшүүлж байна. Үүнд:

А. Санал болгож буй цаашдын судалгааны чиглэл:

- Шинжилгээнд **нийгэм, эдийн засаг, газарзүй, соёлын хүчин зүйлсийг** хамруулан гүнзгийрүүлж хийх.

Б. Санал болгож буй хэрэгжүүлбэл зохих арга хэмжээ:

- **Өндөр эрсдэлтэй бүсүүдэд** нялхсын эрүүл мэндийн хяналт, үзлэгийн тогтолцоог сайжруулах.
- **Агаарын бохирдол ихтэй улиралд** нялх хүүхэдтэй өрхүүдэд урьдчилан сэргийлэх зөвлөмж хүргэх, шаардлагатай тохиолдолд агаар шүүгч, амны хаалт үнэ төлбөргүй олгох.
- **Эхийн эрүүл мэндийн хөтөлбөрт** агаарын бохирдлын эрсдэлийг тусгасан сургалт, зааварчилгаа оруулах.
- **Эрүүл мэнд ба агаарын бохирдлын талаарх мэдээллийг** олон нийтэд нээлттэй, тогтмол хүргэх.
- Хүүхдийн эрүүл мэнд, агаарын бохирдлын талаар **олон нийтийн мэдлэг, боловсролыг нэмэгдүүлэх.**
- Бодлого боловсруулалт, шийдвэр гаргалтад **нотолгоонд суурилсан олон улсын сайн туршлага** нэвтрүүлэх зэрэг багтсан.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ:

### Монгол хэлээр:

- Амаржаргал, Ц. (2019). *Нялхсын эндэгдэл, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам. (2018). *Агаарын чанарын индексээр агаарын чанарыг үнэлэх, мэдээлэх журам*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Кирк, В. Э. (2002). *Нийгмийн статистикийн үндэс* (орчуулга). Улаанбаатар хот, Монгол Улс: Хэвлэл.
- Монгол Улсын Их Хурал. (1992). *Монгол Улсын Үндсэн хууль*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс. Э\ <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=367>
- Монгол Улсын Их Хурал. (2012). *Агаарын тухай хууль* (шинэчилсэн найруулга). Улаанбаатар хот, Монгол Улс. <https://legalinfo.mn/mn/detail?lawId=8669>
- Нийгмийн эрүүл мэндийн үндэсний төв. (2021). *Агаарын бохирдол, багтраа өвчний хамаарлыг тодорхойлсон судалгааны дүн*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс. <https://sudalгаа.gov.mn/pdf/агаарын-bokhirdol-bagtraa-vchniy-khamaarilyg-todorkhooyson-sudalgaany-d-3j9>
- Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар. (2015). *Нийслэлийн хүн амын эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2015 он*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар. (2016). *Улаанбаатар хотын хүн амын эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2016 он*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар. (2017). *Нийслэлийн хүн амын эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2017 он*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар. (2018). *Эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2018 он*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Нийслэлийн эрүүл мэндийн газар. (2019). *Эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2019 он*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Нэгдсэн Үндэстний Байгууллагын Хүүхдийн Сан. (2016). *Хүүхдийн эрүүл мэндэд агаарын бохирдлын үзүүлэх нөлөө, шийдвэрлэх арга зам (1-р бүлэг)*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс. [https://www.unicef.org/mongolia/media/911/file/Агаариin\\_bohirdol\\_report\\_mn.pdf](https://www.unicef.org/mongolia/media/911/file/Агаариin_bohirdol_report_mn.pdf)
- Нэгдсэн Үндэстний Байгууллагын Хүүхдийн Сан. (2023). *Эх, хүүхдийн эрүүл мэндэд агаарын бохирдлын үзүүлэх нөлөөг бууруулах нь төсөл*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс. <https://www.unicef.org/mongolia/media/5076/file/>
- Үндэсний статистикийн хороо, Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв. (2020). *Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөө*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс.
- Хүн амын сургалт судалгааны төв. (2015). *Эрүүл мэнд, нөхөн үржихүйн үзүүлэлтийг тооцох аргачлал, түүнийг ашиглах гарын авлага*. Улаанбаатар хот, Монгол Улс: ВСІ хэвлэлийн компани.
- Элбэгдорж, Б., Солонго, А. (2020). Нялхсын эндэгдэлд нөлөөлөгч хүчин зүйлс, баримтын судалгаа. *Монголын хүн амын сэтгүүл*, 30(525), 33–40.

### Гадаад хэлээр:

- Allen, R. W., Gombojav, E., Barkhasragchaa, B., Byambaa, T., Lkhasuren, O., Amram, O., Takaro, T. K., & Janes, C. R. (2013). An assessment of air pollution and its attributable mortality in Ulaanbaatar, Mongolia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6, 137–150.
- Amarsaikhan, D., Battsengel, V., Nergui, B., Ganzorig, M., & Bolor, G. (2014). A study on air pollution in Ulaanbaatar city, Mongolia. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2, 123–128.

- Anwar, A., Ullah, I., Younis, M., & Flahault, A. (2021). Impact of Air Pollution ( $PM_{2.5}$ ) on Child Mortality: Evidence from Sixteen Asian Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 6375.
- Behrooz Karimi, & Behnosh Shokrinezhad. (2022). Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Atmospheric Pollution Research*, 11(6), 61–70.
- Bobak, M., & Leon, D. A. (1999). The effect of air pollution on infant mortality appears specific for respiratory causes in the postneonatal period. *Epidemiology*, 10(6), November 1999.
- DeSouza, P. N., Dey, S., Mwenda, K. M. M., Kim, R., Subramanian, S. V., & Kinney, P. L. (2022). Robust relationship between ambient air pollution and infant mortality in India. *Science of the Total Environment*, 815, 152755.
- Global Health Data Exchange. *Global Burden of Disease*. <https://ghdx.healthdata.org/search/site/global%2520burden%2520of%2520disease%2520>
- Health Effects Institute. (2024). *State of Global Air 2024. Special Report*. Boston, MA: Health Effects Institute.
- Heft-Neal, S., Burney, J., Bendavid, E., & Burke, M. (2018). Robust relationship between air quality and infant mortality in Africa. *Nature*.
- Huang, Y.-K., Luvsan, M.-E., Gombojav, E., Ochir, C., Bulgan, J., & Chan, C.-C. (2013). Land use patterns and  $SO_2$  and  $NO_2$  pollution in Ulaanbaatar, Mongolia. *Environmental Research*, 124, 1–6.
- Nazarpour, S., Poursani, A. S., Simbar, M., & Bidhendi Yarandi, R. (2023). The Relationship between Air Pollution and Infant Mortality Rate. *Iranian Journal of Public Health*, 52(6), 1278–1288.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). Wiley.
- UNICEF. (2023). 1 in 5 infant deaths in Europe and Central Asia linked to air pollution – UNICEF. <https://www.unicef.org/turkiye/en/press-releases/1-5-infant-deaths-europe-and-central-asia-linked-air-pollution-unicef>
- World Health Organization. (2021). *WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate matter ( $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ ), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.