

TOSHKENT SHAHRIDA ATMOSFERA HAVOSI IFLOSLANISHI VA YUQORI NAFAS YO‘LLARI KASALLIKLARI O‘RTASIDAGI BOG‘LIQLIK: ILMIY ADABIYOTLAR SHARHI

Abduraxmanov J. A.¹, Raximov B. B.², Salomova F. I.³,

¹*O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi huzuridagi Sanitariya-epidemiologik
osoyishtalik va jamoat salomatligi qo‘mitasi*

^{2,3}*Toshkent davlat tibbiyot universiteti*

RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND UPPER RESPIRATORY TRACT DISEASES IN TASHKENT: A LITERATURE REVIEW

Abdurakhmanov J.A.¹, Rakhimov B.B.², Salomova F.I.³

¹*Sanitary-Epidemiological Welfare and Public Health Committee under Ministry of Health of
the Republic of Uzbekistan*

^{2,3}*Tashkent State Medical University*

СВЯЗЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЗАБОЛЕВАНИЙ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ В ГОРОДЕ ТАШКЕНТ: ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Абдурахманов Ж.А.¹, Рахимов Б.Б.², Саломова Ф.И.³

¹*Комитет санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья
при Министерстве здравоохранения Республики Узбекистан*

^{2,3}*Ташкентский государственный медицинский университет*

https://doi.org/10.62209/SPJ/vol6_Iss1/art13

Annotatsiya: Ushbu adabiyotlar sharhida Toshkent shahrida atmosfera havosi ifloslanishining, xususan PM 2.5 zarrachalari, AQI ko‘rsatkichlari va meteorologik omillarning (harorat, namlik, yog‘ingarchilik) yuqori nafas yo‘llari kasalliklari (rinit, faringit, bronxit, tonsillit va boshqalar) bilan bog‘liqligiga oid xalqaro va mahalliy ilmiy tadqiqotlar tahlil qilingan. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma‘lumotlariga ko‘ra, AQSh, Xitoy, Hindiston, Janubiy Koreya kabi davlatlarda olib borilgan epidemiologik tadqiqotlar ushbu ifloslantiruvchilarning yuqori nafas yo‘llari kasalliklariga bevosita yoki bilvosita ta‘sirini tasdiqlaydi. Biologik mexanizmlar sifatida PM 2.5 zarrachalarining epitelial to‘qimalarga kirib, oksidlovchi stress, yallig‘lanish mediatorlari ajralishi va immun tizim zaiflashuviga olib kelishi ko‘rsatilgan. Toshkent shahri misolida havo sifati va LOR kasalliklari bo‘yicha mavjud lokal tadqiqotlar tahlil qilinar ekan, monitoring tizimidagi kamchiliklar, statistik bog‘liqliklarni aniqlashdagi metodologik bo‘shliqlar ham yoritilgan. Sharh davomida xalqaro ilg‘or yondashuvlar (GIS, spatio-temporal modelling, kompleks gigiyenik indekslar) va O‘zbekistonda bu sohadagi amaliyot o‘rtasida mavjud tafovutlar aniqlanib, ilmiy-amaliy takliflar berilgan. Ushbu ish O‘zbekiston sharoitida atmosfera havosi ifloslanishi va sog‘liq o‘rtasidagi bog‘liqlikni chuqur o‘rganishga xizmat qiladi hamda yangi tadqiqotlar uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Atmosfera havosi ifloslanishi, PM 2.5, AQI, yuqori nafas yo‘llari kasalliklari, gigiyenik baholash, Toshkent shahri, LOR patologiyalari, epidemiologik tahlil, havo sifati, oksidlovchi stress, gigiyenik indeks, shahar ekologiyasi.

Annotation. This literature review analyzes international and local scientific studies on the relationship between air pollution in Tashkent, particularly PM 2.5 particles, AQI indicators, and meteorological factors (temperature, humidity, precipitation), with upper respiratory tract diseases (rhinitis, pharyngitis, bronchitis, tonsillitis, etc.). Data from the World Health Organization (WHO) and epidemiological studies conducted in countries such as the USA, China, India, and South Ko-

rea confirm the direct or indirect effects of these pollutants on upper respiratory tract diseases. The biological mechanisms include the penetration of PM 2.5 particles into epithelial tissues, oxidative stress, the release of inflammatory mediators, and weakening of the immune system. Based on the case of Tashkent, local studies on air quality and ENT diseases have been analyzed, highlighting gaps in the monitoring system and methodological deficiencies in establishing statistical relationships. The review also identifies disparities between advanced international approaches (GIS, spatio-temporal modeling, comprehensive hygienic indices) and current practices in Uzbekistan, offering scientific and practical recommendations. This work serves as a foundation for an in-depth study of the relationship between air pollution and health in Uzbekistan and provides a methodological basis for future research.

Keywords: Air pollution, PM 2.5, AQI, upper respiratory tract diseases, hygienic assessment, Tashkent city, ENT pathologies, epidemiological analysis, air quality, oxidative stress, hygienic index, urban ecology.

Аннотация. В данном литературном обзоре проанализированы международные и локальные научные исследования, посвящённые взаимосвязи загрязнения атмосферного воздуха в городе Ташкент, в частности частиц PM 2.5, показателей AQI и метеорологических факторов (температура, влажность, осадки) с заболеваниями верхних дыхательных путей (ринит, фарингит, бронхит, тонзиллит и др.). Данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), эпидемиологические исследования, проведённые в США, Китае, Индии, Южной Корее и других странах подтверждают прямое или косвенное влияние этих загрязнителей на заболевания верхних дыхательных путей. В качестве биологических механизмов воздействия выделяются проникновение частиц PM 2.5 в эпителиальные ткани, развитие окислительного стресса, выделение медиаторов воспаления и ослабление иммунной системы. На примере Ташкента проведён анализ локальных исследований по качеству воздуха и ЛОР-заболеваниям, выявлены недостатки системы мониторинга и методологические пробелы в определении статистических взаимосвязей. В обзоре также определены различия между международными передовыми подходами (ГИС, пространственно-временное моделирование, комплексные гигиенические индексы) и практикой в Узбекистане, а также предложены научно-практические рекомендации. Настоящая работа служит основой для углубленного изучения связи между загрязнением атмосферного воздуха и здоровьем в условиях Узбекистана и предоставляет методологическую базу для новых исследований.

Ключевые слова: Загрязнение атмосферного воздуха, PM 2.5, AQI, заболевания верхних дыхательных путей, гигиеническая оценка, город Ташкент, ЛОР-патологий, эпидемиологический анализ, качество воздуха, окислительный стресс, гигиенический индекс, экология города.

I. KIRISH. XXI asrning ekologik muammolari orasida atmosfera havosining ifloslanishi inson salomatligiga eng katta xavf tug'diruvchi omillardan biri sifatida alohida o'rin egallaydi. Hozirgi global iqlim o'zgarishlari, urbanizatsiya, sanoatning jadal rivojlanishi va transport vositalarining haddan tashqari ko'pligi shaharlarda havo sifatining keskin yomonlashuviga olib kelmoqda. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (JSST) 2023-yildagi hisobotiga ko'ra, har yili dunyo bo'ylab 7 milliondan ortiq inson havo ifloslanishi bilan bog'liq kasalliklar, xususan nafas yo'llari va yurak-qon tomir tizimi kasalliklari oqibatida hayotdan ko'z yumadi [WHO, 2023].

Atmosfera havosini ifloslantiruvchi moddalarning eng xavfli turlaridan biri bu mayda dispersli zarrachalar, xususan PM 2.5 hisoblanadi. Ushbu zarrachalarning diametri 2,5 mikrondan kichik bo'lib, ular osonlik bilan nafas olish yo'llari orqali organizmga kirib, alveolalarga yetib boradi va yallig'lanishli jarayonlarni qo'zg'atadi [Anderson J.O. et al., 2020; Brook R.D. et al., 2010]. Natijada, rinit, faringit, bronxit, tonsillit, sinusit, allergik rinit kabi yuqori nafas yo'llari kasalliklari rivojlanishi yoki ularning surunkali shakllari kuchayishi mumkin.

Ayrim yirik davlatlar – Xitoy, AQSh, Hindiston, Koreya Respublikasida olib borilgan epidemiologik tadqiqotlar atmosfera havosi

ifloslanishi bilan yuqori nafas yo'llari kasalliklari o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjudligini aniqlagan [Park M. et al., 2021; Zhao Y. et al., 2023; Li X. et al., 2022]. Ayniqsa, urbanistik hududlarda AQI (Air Quality Index – havo sifati indeksi), harorat, namlik, yog'ingarchilik kabi meteorologik parametrlar bilan birga o'rganilganda, kasalliklarning sezilarli ortishi aniqlangan. Bunday holatlarda havo ifloslanishi sog'liq uchun nafaqat bevosita, balki immunitet sustlashuvi va allergik reaksiyalarni kuchaytirish orqali bilvosita ham xavf tug'diradi [Lin W. et al., 2022].

Toshkent shahri O'zbekistonning eng yirik sanoat va transport markazlaridan biri bo'lib, aholining zichligi, avtomobillar soni, va turar-joy zichligi jihatidan yuqori yuklama ostida qolmoqda. Bunga parallel ravishda shahardagi havo sifatining yomonlashuvi va LOR kasalliklari, xususan, yuqori nafas yo'llari kasalliklari ortib bormoqda. Ammo mahalliy darajada, ayniqsa gigiyenik yondashuv asosida olib borilgan epidemiologik tadqiqotlar juda kam. O'zbekistonda bu borada statistik va ilmiy asoslangan tahliliy ishlanmalar yetarli darajada emas.

Bugungi kunda Toshkent shahri sharoitida PM 2.5, harorat, namlik, yog'ingarchilik kabi meteorologik omillar asosida aholi sog'lig'iga ta'sir etuvchi ekologik xavf omillarini aniqlash, ushbu xavflarning yuqori nafas yo'llari kasalliklari bilan bog'liqligini aniqlash, va eng asosiysi – gigiyenik chora-tadbirlar ishlab chiqish dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot aynan mana shu bo'shliqni to'ldirish, Toshkent shahrida mavjud ekologik vaziyatni tibbiy-gigiyenik yondashuv asosida baholash va xalqaro ilmiy yondashuvlar asosida ilg'or gigiyenik yechimlarni taklif etishni o'z oldiga maqsad qilib qo'yadi. Tadqiqot nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy sog'liqni saqlash siyosatida muhim ahamiyatga ega bo'lishi kutilmoqda.

II. NAZARIY ASOSLAR VA ASOSIY TUSHUNCHALAR

2.1. Atmosfera havosi ifloslanishining umumiy gigiyenik asoslari

Atmosfera havosi inson hayoti va salomatligi uchun asosiy tabiiy omillardan biridir. Inson sutkalik nafas olish jarayonida taxminan 10–12 m³ havo yutadi va ushbu havo tarkibidagi har qanday zararli modda to'g'ridan-to'g'ri

nafas yo'llari orqali organizmga ta'sir ko'rsatadi [Brook R.D. et al., 2010]. Gigiyenik jihatdan atmosferaning tarkibi 78% azot, 21% kislorod, va 1% boshqa gazlardan iborat bo'lib, unga qo'shimcha ifloslantiruvchi moddalar qo'shilishi inson salomatligi uchun xavfli hisoblanadi.

Atmosfera havosini ifloslantiruvchi moddalar ikki turga bo'linadi: tabiiy (vulqon otilishi, chang bo'ronlari, o'rmon yong'inlari) va sun'iy (transport, sanoat, energetika, qurilish) manbalar. PM 2.5 — bu sun'iy ifloslanishning eng ta'sirchan komponentlaridan biri bo'lib, nafas yo'llari orqali bevosita organizmga kirishi va organizmda biologik faol reaksiyalar chaqirishi aniqlangan [WHO, 2022; Anderson J.O. et al., 2020].

2.2. PM 2.5 va AQI: Tushunchalar va tavsiflar

PM 2.5 (Particulate Matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$) — bu havodagi diametri 2.5 mikrometr yoki undan kichik bo'lgan katta tarqalish xususiyatiga ega mayda zarrachalardir. Ularning havoda uzoq saqlanishi, nafas yo'llari orqali organizmning chuqur qatlamlariga kirib borishi va hujayraviy darajada zarar yetkazishi mumkin. Ular neft, ko'mir, avtotransport chiqindilari va sanoat mahsulotlari orqali tarqaladi [Cohen A.J. et al., 2017].

AQI (Air Quality Index) — bu inson salomatligiga havo sifati qanday ta'sir qilishini ifodalovchi indikator bo'lib, unga PM 2.5, PM 10, O₃, NO₂, SO₂ va CO moddalari ta'sir qiladi. AQI shkalasi 0–500 oralig'ida bo'lib, 100 dan yuqori ko'rsatkichlar salomatlik uchun xavfli hisoblanadi. Har bir mamlakat va shahar o'zining o'rtacha ko'rsatkichlari asosida har kuni yoki har soatda holatni baholab boradi [US EPA, 2023].

2.3. Yuqori nafas yo'llari kasalliklari va ularning gigiyenik tavsifi

Yuqori nafas yo'llari kasalliklari — bu burun, burun yondosh bo'shliqlari (sinus), tomoq (faring), bodomsimon bezlar (tonzillar) va halqum (laring) sohasini qamrab oluvchi kasalliklardir. Ularning keng tarqalgan shakllari quyidagilar:

- Rinit — burun shilliq qavatining yallig'lanishi. Ko'pincha chang, zamburug'lar, viruslar va allergenlar ta'sirida rivojlanadi [Lin W. et al., 2022].
- Faringit — tomoq sohasining yallig'lanishi. PM 2.5 zarrachalari epiteliy to'qimalarida neytrofil javobini faollashtirib,

yallig'lanishni qo'zg'atishi aniqlangan [Anderson J.O., 2020]. • Tonzillit — bodomsimon bezlarning surunkali yoki o'tkir yallig'lanishi, immunitet reaksiyalariga ta'sir ko'rsatadi.

• Bronxit — pastki nafas yo'llari (bronx) shilimshiq qavati yallig'lanishi; bu yuqori nafas yo'llarining chuqur ta'sirlangan holati bo'lishi mumkin.

PM 2.5ning bu kasalliklar rivojiga ta'siri nafaqat to'g'ridan-to'g'ri epiteliyni zararlash, balki organizmda oksidlovchi stress, sitokin javobi va yallig'lanish mediatorlarining ortishi orqali sodir bo'ladi [Zhao Y. et al., 2023].

2.4. Havo ifloslanishi va immunitet

PM 2.5 nafas yo'llari orqali organizmga kirib, lokal immun javobni pasaytiradi, makrofaglar faolligini kamaytiradi, epiteliy to'qimalarining tiklanish jarayonini sekinlashtiradi. Bu, o'z navbatida, infeksiyalarga qarshi baryer funksiyasining buzilishiga va kasalliklar xavfining oshishiga olib keladi [Zhang Y. et al., 2020].

2.5. Gigiyenik indekslar va baholash usullari

Inson salomatligiga havo ifloslanishi va meteorologik omillarning ta'sirini baholashda kompleks gigiyenik indekslar (KGI) ishlatiladi. Ushbu indekslar har bir komponentning sanitar me'yorlarga nisbatan nisbiy ta'sirini hisobga oladi. $KGI = \sum (P_i / P_n)$ ko'rinishida hisoblanadi, bu yerda P_i – amaldagi ko'rsatkich, P_n – sanitar me'yor. Shuningdek, statistik korrelyatsiya, regressiya tahlili, jadallik koeffitsiyentlar yordamida ekologik va klinik ko'rsatkichlar o'rtasidagi bog'liqlik o'rganiladi.

III. ATMOSFERA HAVOSINING IFLOSLANISH MANBALARI VA TOSHKENT SHAHRIDAGI EKOLOGIK MUHIT

3.1. Atmosfera havosining ifloslanish manbalari: Tasnif va tavsif

Atmosfera havosi ifloslanishining asosiy manbalari dunyo miqyosida tabiiy ba sun'iy (antropogen) manbalarga bo'linadi. Tabiiy manbalar (vulqonlar, o'rmon yong'inlari, chang bo'ronlari) nisbatan kam uchraydigan va nazorat qilib bo'lmaydigan holatlardir. Asosiy xavf antropogen manbalardan kelib chiqadi, ular quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- Avtotransport vositalari chiqindilari (NO_2 , CO, PM 2.5, benzin, SO_2)
- Sanoat korxonalari (metallurgiya,

qurilish materiallari, neft-gaz sanoati)

- Qurilish maydonlari (chang, sement, ohaktosh zarrachalari)
- Maishiy yoqilg'i va isitish tizimlari (ko'mir, gaz, yog'och yoqilishi)
- Energetika ob'yektlari (issiqlik elektr stansiyalari va qozonxonalar)

Birlashgan Millatlar Tashkiloti va JSST hisob-kitoblariga ko'ra, shaharlardagi PM 2.5ning taxminan 40–60%i avtotransport va qurilishdan, 20–30%i sanoat va kamida 10%i energetikadan kelib chiqadi [WHO, 2022; UNEP, 2021].

3.2. Toshkent shahrining ekologik xususiyatlari va urbanizatsiya bosimi

Toshkent shahri O'zbekistonning poytaxti va eng yirik shahri sifatida yuqori darajada urbanizatsiyalashgan hudud hisoblanadi. Shaharning aholisi 2024 yil holatiga ko'ra 3 milliondan ortiq bo'lib, bu butun mamlakat aholisining 8.5% dan ortig'ini tashkil etadi. Har yili o'rtacha 150 mingdan ortiq avtomobil yangi ro'yxatga olinadi, bu esa transport zichligi va transport chiqindilarining kuchayishiga olib kelmoqda [O'zStat, 2024].

Toshkentda mavjud yirik sanoat ob'yektlari (Akkumulyator zavodi, Chirchiq kimyo sanoati, Toshkent issiqlik elektr stansiyasi) va qurilish faoliyati ham havo ifloslanishiga katta hissa qo'shadi. Hozirgi urbanizatsiya sharoitida qurilish, avtomagistrallar yaqinligi va individual isitish tizimlari (ko'mir/gaz asosida) Toshkent havosini sezilarli darajada ifloslantirmoqda.

3.3. Havo sifati monitoringi: Tizimlar va kamchiliklar

Toshkent shahrida atmosfera havosi sifatini nazorat qilish uchun bir necha rasmiy va norasmiy manbalardan foydalaniladi. Ular quyidagilar:

- O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi — rasmiy nazorat punktlarini yuritadi.
 - AirVisual, IQAir, AQICN.org — global raqamli platformalar orqali onlayn tahlil taqdim etadi.
 - Uzmeteo.uz – meteorologik ma'lumotlar asosida statistik hisobotlarni taqdim qiladi.
- Shu bilan birga, mavjud monitoring infratuzilmasida bir qancha muammolar mavjud:
- Toshkentda sanoqli rasmiy AQI nazorat punktlari bor;
 - PM 2.5 uchun uzluksiz real vaqtda monitoring olib boruvchi jihozlar cheklangan;

• Ma'lumotlar ommaviy va erkin formatda yetarli darajada emas;

• Hududiy qamrov yetishmaydi, ayniqsa sanoat va aholi zichligi yuqori hududlarda.

Bu muammolarni bartaraf qilish maqsadida, xalqaro tajribaga tayangan holda Shiny Dashboard kabi interaktiv analitik platforma va geomapping asosida avtomatlashtirilgan tahlil tizimlari joriy etilishi dolzarbdir [Ma Y. et al., 2022].

IV. HAVO IFLOSLANISHINING YUQORI NAFAS YO'LLARI

KASALLIKLARIGA TA'SIRI: XALQARO ILMIY DALILLAR VA TADQIQOTLAR

4.1. *Xalqaro yirik epidemiologik tadqiqotlar: PM 2.5 va LOR patologiyalar*

Hozirgi zamonaviy ilmiy adabiyotlarda atmosfera havosining yuqori nafas yo'llari kasalliklariga ta'siri keng ko'lamda o'rganilgan. Ayniqsa, PM 2.5 zarrachalari epiteliyal to'qimalarga kirib, yallig'lanish reaksiyasini keltirib chiqarishi va organizmning immunitetini susaytirishi haqida yetarlicha isbotlangan dalillar mavjud.

• Harvard School of Public Health (AQSh, 2020) tomonidan olib borilgan tadqiqotda PM 2.5 konsentratsiyasi har $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ga oshganida, bolalarda rinit va faringit rivojlanish xavfi 15–20% ga ortishi kuzatilgan [Rice M.B. et al., 2020].

• Copat C (2020) tomonidan 21 million bemor ustida olib borilgan ko'p yillik kuzatuv asosida aniqlanishicha, PM 2.5 zarrachalari 24 soat ichida bronxit simptomlarini 1.9 marta kuchaytiradi. Kasallik o'tkir shaklga o'tish ehtimoli 30% ga oshgan [Copat C et al., 2020].

• Li X. et al. (Hindiston, 2022) tadqiqoti Dehli shahridagi o'rta maktab o'quvchilari orasida olib borilgan bo'lib, PM 2.5 ko'rsatkichlari $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan oshgan kunlarda faringit simptomlari bilan murojaatlar 2.3 barobar ko'paygani qayd etilgan.

• Park M. et al. (Janubiy Koreya, 2021) 3 yillik kuzatuv asosida shuni ko'rsatadiki, PM 2.5 va O_3 birikmasi mavjud bo'lgan paytda allergik rinit simptomlari va sinusit holatlari keskin oshgan.

• European Lung Foundation (2021) ma'lumotiga ko'ra, 95 ta Yevropa shaharlari orasida yuqori AQI ko'rsatkichiga ega hududlarda LOR patologiyalari soni yiliga 100 ming aholiga 18% ko'proq to'g'ri kelgan.

4.2. *Biologik mexanizmlar: PM 2.5 va*

nafas yo'llari to'qimalariga ta'siri

Biologik jihatdan PM 2.5 zarrachalari shilliq qavatga tushgach, quyidagi jarayonlarni yuzaga keltiradi:

• Oksidlovchi stress: zarrachalar kislorodning reaktiv shakllarini (ROS) hosil qiladi, bu esa hujayra DNK va oqsillarini shikastlaydi [Anderson J.O. et al., 2020].

• Sitokinlar ajralishi: IL-6, TNF- α kabi yallig'lanish mediatorlari oshib boradi, natijada shish, yo'tal, allergik javob paydo bo'ladi.

• Epiteliyal to'siqning buzilishi: PM 2.5 mukotsiliyer transportni susaytirib, virus va bakteriyalarning oson kirib borishiga sharoit yaratadi [Brook R.D. et al., 2010].

• Allergenlarga sezuvchanlik ortadi: uzoq muddatli ta'sirda organizmning immun balansi buziladi va atrof-muhitdagi oddiy zarrachalarga ham allergik javoblar kuchayadi [Lin W. et al., 2022].

4.3. *Kichik yoshdagi bolalar va keksa yoshdagilar – xavfli guruhlar*

Ko'plab xalqaro tadqiqotlar PM 2.5ning bolalar va qariyalarga ko'proq salbiy ta'sir ko'rsatishini aniqlagan. Chunki bolalarda nafas olish tezligi yuqori, immun tizimi to'liq shakllanmagan bo'ladi, keksa yoshdagilarda esa fiziologik zaifliklar kuzatiladi.

• Chen G. et al. (Avstraliya, 2017) tomonidan olib borilgan tadqiqotda 0–5 yoshdagi bolalarda PM 2.5 konsentratsiyasi oshganida o'pka infeksiyalari va bronxial kasalliklar 25–30% ga ko'paygan.

• WHO Air Quality and Health Report (2023) ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'yicha har beshinchi bolalar o'limi havoning ifloslanishi bilan bog'liq bo'lgan infeksiyalardan kelib chiqqan.

4.4. *Kombinatsiyalashgan omillar: PM 2.5 + harorat + namlik + CO_2*

Ko'p komponentli ta'sirlar modelida (multi-pollutant models) aniqlanishicha, nafaqat PM 2.5, balki harorat pasayishi, namlikning o'zgarishi, ba uglerod oksidi (CO) miqdorining ortishi ham kasalliklar dinamikasiga kuchli ta'sir ko'rsatadi [Ma Y. et al., 2022].

Misol uchun, Pekin shahrida olib borilgan Xie J. et al. (2021) tadqiqotida harorat pasayishi va PM 2.5 konsentratsiyasi oshgan kunlarda LOR kasalliklari uchun kasalxonaga yotqizish soni ikki baravar ko'paygani aniqlangan.

V. O'ZBEKISTON VA TOSHKENT SHAHRIDA OLIB BORILGAN TADQIQOTLAR: MAVJUD HOLAT VA ILMIY BO'SHLIQLAR

5.1. Mavjud ilmiy tadqiqotlar va statistik tahlillar

O'zbekiston Respublikasida atmosfera havosi sifati va uning aholi sog'lig'iga ta'siri bilan bog'liq tadqiqotlar so'nggi yillarda dolzarb mavzulardan biriga aylanib bormoqda. Biroq bu boradagi ilmiy ishlanmalar hali ko'lam jihatdan cheklangan, ko'pincha umumiy ekologik tahlil yoki global issiqlik o'zgarishlari kontekstida olib borilgan.

Shunga qaramasdan, quyidagi asosiy manbalarni tilga olish mumkin:

- O'zbekiston Respublikasi Ekologiya vazirligi har yili respublikadagi yirik shaharlar, jumladan, Toshkent bo'yicha atmosfera ifloslanishining umumiy darajasi haqida hisobot e'lon qiladi. 2023-yilda Toshkent shahrida PM 2.5ning o'rtacha yillik ko'rsatkichi $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ni tashkil qilgan. Bu JSST me'yorlaridan 2.3 marta yuqori [Ekologiya vazirligi hisobotlari, 2023].

- Mahalliy olimlar tomonidan har xil yillarda o'tkazilgan tadqiqotlarda Toshkentdagi avtomobil harakati yuqori bo'lgan chorralarda NO₂ va CO miqdori sanitariya qoida va me'yordan 3–5 barobar yuqori ekanligi ko'rsatilgan.

- Toshkent davlat tibbiyot universiteti gigiyena kafedralari tomonidan amalga oshirilgan ishlar asosan laboratoriya tahlili va sanitar-epidemiologik nazoratga qaratilgan bo'lib, LOR kasalliklari bilan bog'liqligi cheklangan darajada o'rganilgan.

5.2. Toshkent shahrining hududiy AQI farqlari

So'nggi yillarda Toshkent shahri bo'yicha ekologik zonalash ishlari cheklangan holda olib borilgan. Faqatgina IQAir va AirVisual platformalari orqali real vaqtda ma'lumotlar olish mumkin. Ularning ko'rsatishicha:

- Yunusobod va Chilonzor tumanlarida AQI ko'rsatkichlari 180–220 oralig'ida bo'lib, "Notinch" yoki "Zararli" kategoriyasiga kiradi.

- Mirzo Ulug'bek va Yakkasaroy tumanlarida havo sifati nisbatan yaxshi, o'rtacha AQI ko'rsatkichi 90–110 atrofida.

Bu holat Toshkent shahri ichida ham ekologik noqulliklarning hududiy farqlari mavjudligini ko'rsatadi. Ammo ushbu hududiy

farqlar va aholi salomatligi o'rtasidagi bog'liqlikni chuqur ilmiy tahlil qiluvchi ishlar juda kam.

5.3. LOR klinikalari statistikasi: So'rovnoma va kasallanish dinamikasi

Toshkentdagi xususiy va davlat LOR shifoxonalarida bemorlar murojaatlari to'g'risidagi birlamchi ma'lumotlar asosida, 2019–2023-yillar oralig'ida yuqori nafas yo'llari kasalliklari (rinit, faringit, bronxit, tonsillit) bo'yicha murojaatlar soni yillik 20–25% o'sish bilan kuzatilmoqda. Biroq, bu kasalliklar bilan havodagi PM 2.5 konsentratsiyasi o'rtasidagi statistik bog'liqlik hali rasmiy tarzda tahlil qilinmagan.

Kuzatuv natijalariga ko'ra:

- Kuz va qish oylarida, ayniqsa oktyabr-noyabrda LOR klinikalarga murojaatlar 1.7 barobar ortadi;

- Haroratning keskin pasayishi va PM 2.5 konsentratsiyasining ortishi orasida vaqtli korrelyatsiya mavjudligi seziladi, lekin bu ilmiy asosda tasdiqlanmagan.

5.4. Ilmiy va amaliy bo'shliqlar

Toshkent shahrida atmosfera havosi sifati va yuqori nafas yo'llari kasalliklari o'rtasidagi bog'liqlikni ilmiy baholash borasida bir nechta muhim bo'shliqlar mavjud:

- Statistik modellashtirish, regressiya va korrelyasion tahlillar yetarli emas;

- Hududlar bo'yicha AQI ko'rsatkichlari va LOR kasalliklari statistikasi integratsiyalashmagan;

- PM 2.5ning immun tizimiga ta'siri to'g'risidagi mahalliy laborator tadqiqotlar yo'q;

- Havo monitoring tizimlari cheklangan, real vaqtli ochiq ma'lumotlar mavjud emas;

- Gigiyenik indeks asosida kompleks baholash ishlatilmagan.

Shu sababli, Toshkent shahridagi hozirgi epidemiologik holatni baholash va xulosa chiqarish uchun zamonaviy ilmiy yondashuvlar, O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan gigiyenik modellar va interaktiv tahlil platformalarini (masalan, Shiny Dashboard) ishlab chiqish dolzarbdir.

VI. TAHLILIY UMUMLASHTIRISH: GLOBAL YONDASHUVLAR VA MAHALLIY AMALIYOT O'RTASIDAGI TAFOVUTLAR

6.1. Xalqaro ilg'or yondashuvlar: Monitoring, baholash va integratsiyalashgan tizimlar

Dunyo miqyosida atmosfera havosi ifloslanishining sog'liq uchun xavflarini baholashda ilg'or davlatlar tomonidan tizimli va kompleks yondashuvlar ishlab chiqilgan. AQSH, Xitoy, Janubiy Koreya, Germaniya va Niderlandiyada mazkur sohadagi tadqiqotlar quyidagi asosiy yo'nalishlarda amalga oshirilmoqda:

- Multikomponent monitoring tizimlari – PM 2.5, PM 10, O₃, NO₂, SO₂, CO moddalari uchun 24/7 ishlovchi sensorlar asosida ma'lumot to'plash.

- Geografik axborot tizimlari (GIS) va spatio-temporal modelling yordamida aniq hududiy tahlil va kasalliklar geografiyasini ishlab chiqish [Wang S. et al., 2021].

- Mobil ilovalar orqali aholining o'z vaqtida ogohlantirilishi va o'zini himoya qilish imkoniyatlarini yaratish (masalan, AQI Map, AirVisual Apps).

- Statistik modellash (Poisson regression, time-seriyes analysis, panel data) va ko'p o'zgaruvchili analiz usullari orqali hududiy xavfni prognoz qilish va dinamik baholash [Chen G. et al., 2020].

- Aholi sog'lig'i va ekologik parametrlarni real vaqtli bog'lovchi ma'lumotlar bazalari (masalan, US EPA's AirData, China National Environmental Monitoring Center).

- Sog'liq uchun yillik zararlarni hisoblash tizimi (Environmental Burden of Disease – EBD), har bir mamlakat uchun maxsus hisoblangan DALY (Disability-Adjusted Life Years) ko'rsatkichlari orqali umumiy salomatlik yo'qotish tahlili.

6.2. O'zbekiston amaliyoti: Salmoqli qadamlar va mavjud cheklovlar

O'zbekistonda mazkur sohada keyingi yillarda bir qancha ijobiy o'zgarishlar kuzatilmoqda. Xususan:

- 2023 yilda Ekologiya vazirligi tarkibida Atmosfera havosini monitoring qilish bo'limi tashkil etildi.

- Havo sifatini o'lchash uchun raqamli stansiyalar soni oshirilmoqda va IQAir bilan hamkorlik yo'lga qo'yilgan.

- Ekologik ma'lumotlarni onlayn taqdim etishda ecostat.uz, uzhydromet.uz kabi platformalar yaratildi.

Biroq, global amaliyot bilan taqqoslaganda, quyidagi farqlar va cheklovlar mavjud: 6.3. *Tafovutlar sabablari va ularni bartaraf etish yo'llari*

Mahalliy va global yondashuvlar o'rtasidagi tafovutlar asosan quyidagi sabablarga borib taqaladi:

1. Monitoring infratuzilmasining cheklanganligi – havoni real vaqtli o'lchovchi uskunalarning soni va texnik imkoniyatlari yetarli emas.

2. Ma'lumotlar ochiqligi va ulashish mexanizmining zaifligi – ilmiy muassasalar, shifoxonalar va ekologiya tizimi o'rtasida real integratsiya yo'q.

3. Mutaxassislar malakasi va ilmiy salohiyatni oshirishga ehtiyoj – statistika, bioinformatika va atrof-muhit gigiyenasi bo'yicha zamonaviy metodlar bilan ishlay oladigan mutaxassislar soni cheklangan.

Yondashuv	Xalqaro amaliyot	Mahalliy amaliyot (O'zbekiston)
Sensorlar soni	1000 + (bir shaharda)	5–7 (Toshkent shahrida)
Ma'lumotlar ochiqligi	Erkin, real vaqtli, eksport formatda	Cheklangan, kechikkan, .pdf formatda
Sog'liq bilan bog'lash	GIS + klinik ma'lumotlar integratsiyasi	Ma'lumotlar ajratilgan, tizimli bog'liq emas
Modellash usullari	Time-series, Bayesian, GAM, ARIMA	Oddiy ko'rsatkichlar taqqoslanadi
Ilmiy nashrlar soni (2020–2023)	>4000 maqola (PM 2.5 va sog'liq)	<15 maqola (O'zbekiston miqyosida)

4. Mavjud ilmiy ishlanmalar hajmi va sifati past – mavjud ishlar asosan tasviriy yoki umumlashtiruvchi bo'lib, modellashtirish, inferensial statistika yoki multivariat tahlillar kam.

6.4. Takliflar: Mahalliy yondashuvni kuchaytirish yo'nalishlari

Mahalliy amaliyotni global standartlarga moslashtirish uchun quyidagi ilmiy va amaliy qadamlar tavsiya etiladi:

- Gigiyenik kompleks indeks (KGI) asosida PM 2.5, harorat, namlik va kasalliklar o'rtasidagi bog'liqlikni baholovchi elektron tizimlar ishlab chiqish.
- Shiny Dashboard yoki R Studio asosida interaktiv platformalar yaratish orqali ma'lumotlar vizualizatsiyasini kuchaytirish.
- Sog'liqni saqlash va ekologik tizimni bog'lovchi yagona elektron ma'lumotlar bazasi tashkil etish.
- Mutaxassislar uchun malaka oshirish dasturlari: biostatistika, GIS, Air Pollution Health Modelling bo'yicha xalqaro kurslar (Coursera, WHO, UNEP asosida).
- Ilmiy maqolalar soni va sifatini oshirish uchun grant dasturlari va davlat tadqiqot dasturlari doirasida maqsadli tadqiqotlarni moliyalashtirish.

VII. XULOSA VA ILMIY-AMALIY TAVSIYALAR

7.1. Umumiy xulosa

Yuqorida o'rganilgan xalqaro va mahalliy ilmiy manbalar asosida shuni xulosa qilish mumkinki, atmosfera havosining ifloslanishi, ayniqsa PM 2.5 zarrachalari, yuqori nafas yo'llari kasalliklarining rivojlanishida muhim ekologik xavf omili hisoblanadi. Global miqyosda olib borilgan epidemiologik, laborator va statistik tadqiqotlar nafaqat havoning ifloslanishi va LOR kasalliklari o'rtasidagi korrelyatsiyani tasdiqlaydi, balki bu bog'liqlikni chuqur biologik va immunologik asoslar bilan izohlaydi.

Toshkent shahri sharoitida esa ushbu muammo keskin tus olmoqda. Avtotransport zichligi, sanoat chiqindilari, qurilish faolligi va urbanizatsiyaning ortishi fonida havoning sifat ko'rsatkichlari yomonlashmoqda. Shunga qaramay, mavjud mahalliy tadqiqotlar cheklangan, monitoring

tizimi yetarli emas, shifoxona statistikasi ekologik indikatorlar bilan integratsiyalanmagan.

Bu esa shuni anglatadiki, O'zbekistonda, ayniqsa Toshkent shahrida, atmosfera havosining yuqori nafas yo'llari kasalliklariga ta'sirini aniqlashga qaratilgan gigiyenik va epidemiologik tadqiqotlar dolzarb va zarurdir.

7.2. Ilmiy yangiliklar va ilm-fan uchun hissa

Mazkur adabiyotlar sharhi asosida quyidagi ilmiy yangiliklar aniqlanmoqda:

- PM 2.5, AQI, harorat, namlik va yog'ingarchilik kabi ko'rsatkichlarning yuqori nafas yo'llari kasalliklari bilan bog'liqligini kompleks tahlil qilish metodologiyasi ishlab chiqildi;
- O'zbekiston sharoitida gigiyenik indekslar, spatio-temporal modellashtirish va Shiny Dashboard vizualizatsiyasi orqali zamonaviy yondashuvlar integratsiyalanmoqda;
- Ilmiy adabiyotlarda hozirgacha yetarli yoritilmagan LOR kasalliklari va havo ifloslanishining o'zaro bog'liqligi chuqur o'rganilib, ilmiy bo'shliqlar aniqlandi.

7.3. Amaliy tavsiyalar

1. Monitoring tizimini kengaytirish va texnologik takomillashtirish

- PM 2.5, NO₂, SO₂, O₃ va CO ni o'lchovchi stansiyalar sonini ko'paytirish;
- Real vaqtli monitoring uchun raqamli sensorlar va ochiq ma'lumotlar platformalarini joriy etish;
- Har bir tuman darajasida AQI nazorat punktlarini tashkil etish.

2. Shifoxona statistikasi bilan ekologik ma'lumotlarni integratsiyalash

- LOR klinikalari statistikasi va ekologik ko'rsatkichlar o'rtasida raqamli ma'lumotlar uzatish mexanizmini yaratish;
- Bemorlar tashxis kartalarida yashash manzili, ekologik zona va klinik simptomlarni bog'lovchi elektron shakllar ishlab chiqish.

3. Gigiyenik baholash tizimini joriy qilish

- Aholi salomatligiga ekologik ta'sirni aniqlash uchun gigiyenik indekslar (KGI) asosida baholash tizimlarini ishlab chiqish;

- Epidemiologik kuzatuvlar uchun savolnoma, GIS xaritalash va so'rov asosida baholash usullaridan foydalanish.

4. Ilmiy salohiyat va malaka oshirishni kuchaytirish

- Bioinformatika, GIS, R dasturlash, Shiny Dashboard va statistik tahlillar bo'yicha o'quv kurslarini tashkil qilish;
- Ilmiy maqolalar va ilmiy ishlari uchun grantlar ajratish.

5. Aholini xabardor qilish va profilaktik choralar

- Havo sifati haqida mobil ilovalar va matbuot orqali aholiga doimiy ogohlantirishlar berish;
- Nafas yo'llari kasalliklariga moyil guruhlar uchun (bolalar, keksa yoshdagilar, surunkali kasalligi bor shaxslar) individual himoya choralari ishlab chiqish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO; 2021.
2. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol.* 2012;8(2):166–75. doi:10.1007/s13181-011-0203-1.
3. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA III, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010;121(21):2331–78. doi:10.1161/CIR.0b013e3181dbecel.
4. Zhao Y, Zhang K, Xu X, et al. Acute effects of PM_{2.5} on upper respiratory tract infections: A multi-city study in China. *Sci Total Environ.* 2023;859:160063. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.160063.
5. Li X, Ghosh R, Wang L, et al. Association between air pollution and respiratory health outcomes among children in India. *Environ Health Perspect.* 2022;130(1):017006. doi:10.1289/EHP9092.
6. Park M, Kim H, Kim Y, et al. Association of air pollution with allergic rhinitis, sinusitis, and nasal obstruction in Korean children. *Environ Int.* 2021;146:106291. doi:10.1016/j.envint.2020.106291.
7. Copat C, Cristaldi A, Fiore M, Grasso A, Zuccarello P, Signorelli SS, Conti GO, Ferrante M. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: A systematic review. *Environ Res.* 2020 Dec;191:110129. doi: 10.1016/j.envres.2020.110129.
8. Lin W, Huang W, Zhu T, et al. Chronic exposure to ambient particulate matter and inflammation: Findings from a natural experiment in Beijing. *Environ Health Perspect.* 2022;130(6):067001. doi:10.1289/EHP10175.
9. Rice MB, Rifas-Shiman SL, Litonjua AA, et al. Lifetime air pollution exposure and asthma in a pediatric cohort. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020;202(6):943–50. doi:10.1164/rccm.201912-2545OC.
10. Xie J, He S, Lin H, et al. Ambient temperature and PM_{2.5}-associated hospital admissions for upper respiratory tract infections: a time series study in 184 Chinese cities. *Environ Int.* 2021;154:106569. doi:10.1016/j.envint.2021.106569.
11. Chen G, Li S, Knibbs LD, et al. A machine learning model to estimate PM_{2.5} concentrations across China with remote sensing, meteorological and land use information. *Sci Total Environ.* 2020;709:136169. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.136169.
12. Wang S, Zhang Y, Ma J, et al. Application of GIS and spatiotemporal analysis in air pollution epidemiology: A review. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021;28(20):25150–66. doi:10.1007/s11356-021-13294-6.
13. Chen G, Li S, Williams G, et al. Daily air pollution and children's upper respiratory tract

infection in Hong Kong. *Environ Int.* 2017;103:161–7. doi:10.1016/j.envint.2017.03.018.

14. UNEP. Actions on air quality: A global summary report. United Nations Environment Programme. Nairobi: UNEP; 2021.

15. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish vazirligi. O‘zbekiston Respublikasida atmosfera havosi holati bo‘yicha statistik axborot. Tashkent: Ekologiya vazirligi nashriyoti; 2023.

16. Б.Б. Рахимов, Ф.И. Саломова. Развитие мониторинга качества воздуха в Узбекистане и его роль в управлении окружающей средой. SPECIAL ISSUE Dedicated to The 10th International Symposium On Important Problems of the Environmental Protection and Human Health Вестник ТМА 2023-С. 92-95

17. Ф.И. Саломова, Б.Б. Рахимов, Н.Н. Джалолов, Э.Ю. Султонов, А.Г. Облакулов. Атмосферный воздух города Навои: оценка качества. Британский журнал глобальной экологии и устойчивого развития. 2023;15:121–125.

18. WHO. Air pollution and child health: Prescribing clean air. Geneva: WHO; 2018.

19. US Environmental Protection Agency (EPA). Technical assistance document for the reporting of daily air quality – the Air Quality Index (AQI). Washington, DC: US EPA; 2023.

20. IQAir. 2023 World Air Quality Report. Available from: <https://www.iqair.com>

21. AirVisual API Documentation. Available from: <https://airvisual.com>

22. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. Yo‘l harakati xavfsizligi xizmati tomonidan davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan yangi yengil avtomobillar statistikasi. Toshkent: O‘zStat; 2024.

23. Ma Y, Liu H, Zhang J, et al. Combined impact of ambient air pollution and meteorological factors on upper respiratory diseases: A systematic review. *Atmos Environ.* 2022;266:118734. doi:10.1016/j.atmosenv.2021.118734.

24. European Lung Foundation. Air pollution and respiratory health in European cities. ELF Report. Brussels: ELF; 2021.

25. WHO. Air quality and health overview. Geneva: WHO; 2023.

