

UO‘K: 332.142.6

doi 10.70769/3030-3214.SRT.2.4-1.2024.16

**TOSHKENT SHAHRI HAVOSINING 2019-2023-YILLAR DAVOMIDA $PM_{2,5}$
VA PM_{10} MAYDA DISPERS ZARRALAR BILAN IFLOSLANISH
HOLATINING TAHLILI**



Nosirov Nozimbek Bekzod o'g'li

Tayanch doktorant, Atruf-muhit va tabiatni muhofaza qilish
texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: mosirov513@gmail.com

ORCID ID: 0009-0005-1829-3934



Samiyev Luqmon Nayimovich

Texnika fanlari doktori, dotsent, TIQXMMI Milliy Tadqiqot
Universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: l.samiyev@tiame.uz

Annotatsiya. Toshkent shahri mamalakatimizning poytaxti, tez rivojlanayotgan yirik shahar hisoblanadi. Shahar iqtisodiyoti va aholi sonining o'sishi bilan birga, havoning ifloslanishi holati ham oshmoqda. $PM_{2,5}$ va PM_{10} dispers zarrachalari havodagi ifloslanish ko'rsatkichlaridan biridir. Ushbu maqolada Toshkent shahrining $PM_{2,5}$ va PM_{10} dispers zarrachalari bilan ifloslanish darajasi tahlil qilinadi, uning sabablari va salbiy ta'sirlari ko'rib chiqiladi. Mann-Kendal Testi asosida o'zgarish dinamikasi statistik tahlil qilindi. Trend test natijasiga ko'ra, ahamiyatli o'zgarish $PM_{2,5}$ uchun 2019-yilda ($Z=2.21$), 2020-yilda ($Z=2.11$), 2021-yilda ($Z=3.63$), 2022 yilda ($Z=2.31$), va 2023 yilda ($Z=3.21$) ekanligi aniqlandi, bu natijalar mos ravishda PM_{10} uchun ($Z=2.02$) va NO_2 uchun ($Z=2.26$). Ushbu natijalar asosida kelajakda atmosfera havosi monitoringini yuritish bo'yicha kerakli xulosalar olindi.

Kalit so'zlar: Atmosfera havosi, ifloslanish, $PM_{2,5}$, PM_{10} , postlar, transport, sanoat, statistic tahlil, Mann-Kendall testi, Sen's qiyalik baholovchisi Toshkent shahri.

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДА ТАШКЕНТА
МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ $PM_{2,5}$ И PM_{10} В ТЕЧЕНИЕ 2019-
2023 ГОДОВ**

Носиров Нозимбек Бекзод угли

Докторант, Научно-исследовательский институт
окружающей среды и природоохранных технологий,
Ташкент, Узбекистан

Самиев Лукмон Найимович

Доктор технических наук, доцент, Национальный
исследовательский университет ТИИИМСХ,
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Город Ташкент — столица нашей страны и быстро развивающийся крупный город. Вместе с ростом экономики и населения города растет и уровень загрязнения воздуха. Твердые частицы $PM_{2,5}$ и PM_{10} являются индикаторами загрязнения воздуха. В данной статье анализируется уровень загрязнения воздуха в городе Ташкенте от $PM_{2,5}$ и PM_{10} , рассматриваются его причины и негативные последствия. Динамика изменений была статистически проанализирована на основе теста Манна-Кендала. По результатам теста тренда были обнаружены существенные изменения для $PM_{2,5}$ в 2019 году ($Z=2.21$), в 2020 году ($Z=2.11$), в 2021 году ($Z=3.63$), в 2022 году ($Z=2.31$) и в 2023 году ($Z=3.21$), с аналогичными результатами для PM_{10} ($Z=2.02$) и NO_2 ($Z=2.26$). На основании этих результатов были сделаны необходимые выводы для будущего мониторинга атмосферного воздуха.

Ключевые слова: Атмосферный воздух, загрязнение, $PM_{2.5}$, PM_{10} , посты, транспорт, промышленность, статистический анализ, тест Манна-Кендалла, оценка наклона Сена, город Ташкент.

ANALYSIS OF THE STATE OF AIR POLLUTION IN THE CITY OF TASHKENT WITH $PM_{2.5}$ AND PM_{10} FINE PARTICULATE MATTER DURING 2019-2023

Nosirov Nozimbek Bekzod ugli

Doctoral student, Research Institute of Environmental and Nature Protection Technologies, Tashkent, Uzbekistan

Samiev Luqmon Nayimovich

Doctor of Technical Sciences, Docent, National Research University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. Tashkent city is the capital of our country and a rapidly developing large city. Along with the growth of the city's economy and population, the level of air pollution is also increasing. $PM_{2.5}$ and PM_{10} particulate matter are indicators of air pollution. This article analyzes the level of pollution in Tashkent city from $PM_{2.5}$ and PM_{10} , examines its causes and negative effects. The dynamics of change was statistically analyzed based on the Mann-Kendal Test. According to the trend test results, significant changes were found for $PM_{2.5}$ in 2019 ($Z=2.21$), in 2020 ($Z=2.11$), in 2021 ($Z=3.63$), in 2022 ($Z=2.31$), and in 2023 ($Z=3.21$), with similar results for PM_{10} ($Z=2.02$) and NO_2 ($Z=2.26$). Based on these results, necessary conclusions were drawn for future atmospheric air monitoring.

Keywords: Atmospheric air, pollution, $PM_{2.5}$, PM_{10} , posts, transport, industry, statistical analysis, Mann-Kendall test, Sen's slope estimator, Tashkent city.

Kirish. Ekologiya vazirligi tomonidan jamoatchilik uchun taqdim etilgan ma'lumotda Toshkent shahrida atmosfera havosini ifloslantiruvchi asosiy omillar deya sifatsiz yonilg'ida ishlaydigan avtotransport vositalaridan chiqayotgan chiqindilar, issiqlik va elektr stansiyalarida ko'mir va mazutdan foydalanish, bosh rejasiz qurilish ishlari va daraxtlarni kesish kabilar ta'kidlangan edi. Bu omillar esa Toshkent shahri havosining sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Toshkent shahridagi havo ifloslanishi, so'nggi yillarda urbanizatsiya va sanoatlashuv jarayonlarining tezlashuvi natijasida tobora kuchayib borayotgan muammo hisoblanadi. Shahardagi havo sifatining yomonlashuvi, aholining sog'lig'i va hayot sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda, bu esa ekologik barqarorlik va jamoat salomatligini ta'minlashda yangi yondashuvlar va ilmiy tadqiqotlarni talab qiladi.

Toshkent shahridagi havoning ifloslanishi, ayniqsa $PM_{2.5}$ va PM_{10} zarrachalari, shahar aholisining sog'lig'iga jiddiy ta'sir ko'rsatishi bilan birga, ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish uchun ham katta xavf tug'dirmoqda. Ushbu mavzu ilmiy hamjamiyat, siyosatchilar va keng jamoatchilik orasida keng muhimliklarga sabab bo'lmoqda, chunki bu

muammolar havo ifloslanishining oldini olish va uni kamaytirish bo'yicha samarali strategiyalar ishlab chiqish zaruriyatini ko'rsatib bermoqda.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Toshkent havosidagi $PM_{2.5}$ kontsentratsiyasi qish oylarida eng yuqori ko'rsatkichlarga chiqadi va xalqaro havo sifati standartlaridan sezilarli darajada oshadi. Toshkent shahrida $PM_{2.5}$ ning o'rtacha yillik kontsentratsiyasi JSST tavsiya qilgan yillik o'rtacha 5 mkg/m^3 darajasidan olti baravar yuqori. Toshkent shahridagi havo sifati bo'yicha mavjud ma'lumotlar va tadqiqotlar cheklangan, shu sababli Toshkent shahridagi havo sifati holatini har tomonlama tahlil qilish zarurati tug'iladi [1].

Jahon savdo tashkiloti (JST) tomonidan e'lon qilingan "Toshkent shahrida havo sifatini baholash va O'zbekistonda havo sifati boshqaruvini takomillashtirish bo'yicha yo'l xaritasi"da $PM_{2.5}$ zarralari bilan havoning ifloslanishi Toshkentda har yili taxminan 3000 kishining bevaqt o'limiga olib kelishi mumkinligi qayd etilgan [1].

Toshkentda yil davomida $PM_{2.5}$ chiqindilarining eng katta manbai isitishdir - uning ulushi yillik $PM_{2.5}$ emissiyasining deyarli uchdan bir qismini tashkil qiladi, garchi u asosan qish oylarida sodir bo'lsa-da. $PM_{2.5}$ chiqindilarining ikkinchi yirik

antropogen manbasi transport bo‘lib, Toshkentdagi barcha yillik $PM_{2.5}$ chiqindilarining 25 foizini tashkil qiladi. Toshkent shahridagi $PM_{2.5}$ chiqindilarining uchinchi yirik antropogen manbasi og‘ir va yengil sanoat bo‘lib, ularning umumiy yillik $PM_{2.5}$ chiqindilarining ulushi 22 foizini tashkil qiladi. Toshkent shahridagi umumiy yillik antropogen $PM_{2.5}$ chiqindilarining 18 foizi yo‘l changining qalqishi va qurilish ishlari natijasida hosil bo‘lgan shahar changidan kelib chiqadi [1].

Katta shaharlarda, PM (Particuliar metter) asosiy manbalari orasida avtomobil transporti muhim o‘rin tutadi PMning yana bir manbai energiya va ishlab chiqarish sanoati hisoblanadi, lekin ularning ta‘siri avtomobil transportiga nisbatan kamroq [2,3]. PMning tabiiy manbalariga kelsak, bu toifaga kuchli shamol natijasida yer sirtidan ko‘tarilgan chang zarralari, dengiz tuzi aerzollari, vulqon otilishi va o‘rmon yong‘inlari kiradi [4].

So‘nggi tadqiqotlar uzoq muddatli monitoring va tendentsiyalarni tahlil qilish muhimligini ta‘kidlab, shaharlarda $PM_{2.5}$ va PM_{10} mayda dispers zarrachalar bilan ifloslanishining dinamik xususiyatini ko‘rsatadi. Masalan, Xitoy, Hindiston, Bangladesh kabi davlatlardagi yirik shaharlarda COVID-19 blokrovkalari paytida sanoat va transport vositalarining cheklangan faoliyati davomida $PM_{2.5}$ va PM_{10} zarralarining atmosfera havosida sezilarli darajada pasayishi kuzatildi, bu inson faoliyatining havo sifatiga bevosita ta‘sirini ko‘rsatdi [5].

Mayda dispers qattiq zarrachalar atmosfera havosini asosiy va eng keng tarqalgan ifloslantiruvchi moddadir. U chang zarralari, mayda suv tomchilari va ularning yuzasiga qo‘shimcha ravishda adsorbsiyalangan boshqa kimyoviy moddalardan (organik birikmalar, metallar, gulchanglar, qoliplar yoki sporalardan parchalar ko‘rinishidagi allergenlar) iborat. Zarrachalar (PM) to‘g‘ridan-to‘g‘ri bir qator tabiiy jarayonlarda, shuningdek turli xil antropogen faoliyatlarda chiqariladi yoki ikkinchidan atmosferadagi kimyoviy o‘zgarishlarning ta‘siri natijasida hosil bo‘ladi [6].

Avtotransport vositalari shaharlardagi PM_{10} konsentratsiyasi darajasining ortishiga olib keladi, ba‘zi Yevropa shaharlarining markazlarida atmosfera havosi ifloslanishining 24 foizi ichki yonuv dvigatelli avtotransportlar hissasiga to‘g‘ri keladi

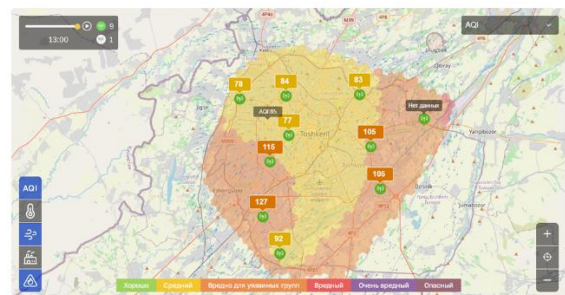
[7].

$PM_{2.5}$ va PM_{10} dispers zaralarining shahar havosi ifloslanishidagi muhim rolini hisobga olgan holda, ushbu tadqiqot Toshkent shahrida $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyalari tendentsiyalarini tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, ushbu tendentsiyalarga ta‘sir qiluvchi omillarga, aholi salomatligi va atrof-muhit siyosatiga ta‘sir ko‘rsatadi. So‘nggi ma‘lumotlarni o‘rganish va yuqori aniqlikdagi statistik usullardan foydalanish orqali biz shahar havosi sifatini boshqarish bo‘yicha ishlab chiqilishi zarur bo‘lgan strategiyalar haqida ma‘lumot beramiz.

Havo ifloslanishi, ayniqsa $PM_{2.5}$ (2.5 mikrometrdan kichik zarrachalar) va PM_{10} (10 mikrometrdan kichik zarrachalar) darajalarining ortishi, shahar aholisining sog‘lig‘iga jiddiy ta‘sir ko‘rsatmoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) tomonidan atmosfera havosidagi $PM_{2.5}$ va PM_{10} zarrachalari tarkibi uchun tavsiya etilgan o‘rtacha kunlik, oylik va yillik qiymatlarga muvofiq, havodagi zarrachalar konsentratsiyasi aholi salomatligi uchun muhim ko‘rsatkichdir [8].

Tadqiqot hududi. Toshkent shahri O‘zbekistonning poytaxti va eng yirik shahri bo‘lib, mamlakatning shimoli-sharqiy qismida, Qozog‘iston bilan chegaraga yaqin joyda joylashgan. Shahar dengiz sathidan 455 m balandlikda, Toshkent vohasida, Sirdaryoning irmog‘i bo‘lgan Chirchiq daryosi vodiysida joylashgan. Sanoati rivojlangan, doimiy aholi soni 4 mln. ga yaqin [9].

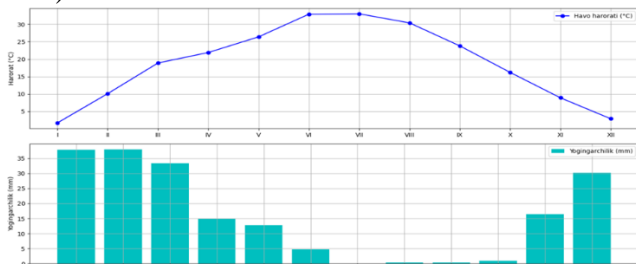
Bugungi kunda Toshkent shahri havosidagi $PM_{2.5}$ va PM_{10} dispers zaralarining atmosfera havosini ifloslantirish holati ko‘rsatkichlari majud 9 ta avtomatik monitoring stansiyalari orqali real vaqt rejimida olib boriladi. Mazkur postlardan olingan ma‘lumotlar real vaqt rejimida AqiAir.com va air.tashkent.uz saytlarida berib boriladi. Avtomatik monitoring stansiyalarining joylashuv xaritasi 1-rasm.



1-rasm. Avtomatik monitoring stansiyalarining joylashuv xaritasi.

Iqlimi. Toshkent shahrining iqlimi kontinental bo'lib yozi issiq va qishi sovuq. Shahar yarim qurg'oqchil (subarid) iqlimga ega, harorat va yog'ingarchilikda sezilarli mavsumiy o'zgarishlar yaqqol seziladi. Toshkentda yoz issiq, iyul va avgust oylarida havo harorati ko'pincha 35°C dan oshadi. Qishlari sovuq, harorat tez-tez 0°C dan pastga tushadi, ayniqsa yanvar oylarida. Yillik o'rtacha harorat taxminan 5- 18°C ni tashkil etadi [10].

Gidroemeteorologiya xizmati agentligidan olingan ma'lumotlarga ko'ra Toshkentda yog'ingarchilik o'rtacha bo'lib, ko'p qismi bahor va kuzga to'g'ri keladi. Shaharda yiliga o'rtacha 400–500 mm yog'in tushadi qishda qor yog'ishi tez-tez uchraydi. Havo harorati va yog'ingarchilik miqdorining ko'p yillik o'rtacha qiymatlari (2-rasm).



2-rasm. Havo harorati va yog'ingarchilik miqdorining ko'p yillik o'rtacha qiymatlari.

Statistik tahlil va metodlar. Toshkent shahri havosining 2019-2023-yillar davomida PM_{2.5} va PM₁₀ mayda dispers zarralar bilan ifloslanish holatining tahlilining maqsadi Gidrometeorologiya xizmati agentligi va AQIAir.uz platformasidan olingan ma'lumotlar asosida Toshkent shahridagi havoning PM_{2.5} va PM₁₀ mayda dispers zarralari bilan ifloslanish darajasini o'rganish, vaqt o'tishi bilan o'zgarishlarni aniqlash va havoni ifloslantiruvchi manbalarni aniqlashdan iborat.

Tadqiqotda uzoq muddatli kuzatuvlar va statistik tahlil usullari qo'llanildi. 2019-2023-yillar davomida har yili avtomatik kuzatuv stansiyalaridan olingan ma'lumotlar tahlil qilindi. Bunda har oyda kamida 30 kunlik kuzatuvlar, Toshkent shahrining havo sifatini o'lchash uchun avtomatlashtirilgan monitoring stansiyalari orqali PM_{2.5} va PM₁₀ turli nuqtalarida o'rnatilgan avtomatik postlardan olindi.

Olingan ma'lumotlarni Man Kendall trend testi orqali statistik tahlil qilindi. Oylik va yillik o'rtacha ko'rsatkichlar, PM_{2.5} va PM₁₀ zarralarining

vaqt o'tishi bilan dinamikasini o'zgarishi o'rganildi.

Ma'lumotlarni to'plash va ularning tahlili.

Tadqiqot hududida kuzatilgan ko'p yillik havo sifati va meteorologik parametrlar ma'lumotlari (2019 – 2023 yillar oralig'ida) O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati agentligidan hamda IQAir saytidan PM_{2.5} va PM₁₀ dispers zaralar miqdori avtomatik kuzatuv postlaridan olindi va MS Excel dasturida dastlabki qayta ishlandi. Tayyorlangan ma'lumotlar Mann-Kendall trend testi asosida tahlil qilindi va asosiy o'zgarishlar aniqlandi.

Mann-Kendall trend testi. Ushbu gipoteza testi vaqt seriyalari ma'lumotlaridagi tendensiyalarning mavjudligini baholash uchun parametrik bo'lmagan, darajaga asoslangan usuldur. Ma'lumotlar vaqt bo'yicha tartiblanadi va keyin har bir ma'lumot nuqtasi ketma-ket mos yozuvlar nuqtasi sifatida ko'rib chiqiladi va vaqt o'tishi bilan keyingi barcha ma'lumotlar nuqtalari bilan taqqoslanadi [8].

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(\chi_j - \chi_i)$$

Bu yerda, χ_j va χ_i ketma-ket ma'lumotlar qiymatlari, n esa foydalanilgan ma'lumotlar soni

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} +1, & \text{if } \theta > 0 \\ 0, & \text{if } \theta = 0 \\ -1, & \text{if } \theta < 0 \end{cases}$$

Mann-Kendall testi tendensiyani aniqlash uchun muhim bo'lgan ikkita parametrga ega. Ushbu parametrlar tendensiyaning kuchini ko'rsatadigan muhimlik darajasi va tendensiyaning yo'nalishini va kattaligini ko'rsatadigan nishab kattaligi taxminidir. Bog'langan ma'lumotlar qiymatlari bo'lmagan mustaqil, bir xil taqsimlangan tasodifiy o'zgaruvchilar uchun bizda E(S) = 0 mavjud;

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Ba'zi ma'lumotlar qiymatlari bog'langanda, Var(S) ga tuzatish kiritiladi:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i)(i-1)(2i+5)}{18}$$

Bu yerda t_i – darajali bog'lanishlar sonini bildiradi. 10 dan katta n uchun test statistikasi.

$$ZS = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{Var}(S)]^{0.5}}, & \text{if } S > 0, \\ \frac{S+1}{[\text{Var}(S)]^{0.5}}, & \text{if } S = 0, \\ \frac{S+1}{[\text{Var}(S)]^{0.5}}, & \text{if } S < 0; \end{cases}$$

ZS - standart normal taqsimotga amal qiladi. SEN'S qiyalik baholovchisi. Mann-Kendall testi yordamida trend qiyaliklarining kattaligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\beta = \text{Median} \frac{\chi_j - \chi_i}{j - i}$$

Bu yerda χ_j va χ_i mos ravishda j va i ($j > i$) vaqtidagi ma'lumotlar qiymati hisoblanadi. β_{11} ning bu N qiymatlarining medianasi Sen's qiyalik baholovchisi sifatida ifodalanadi, u quyidagicha berilgan:

$$Q_i = \begin{cases} \frac{1}{2} & \beta_{N+1} / 2 \\ \left(\frac{\beta_N}{2} + \frac{\beta_{N+2}}{2} \right) & \end{cases}$$

Q ning ijobiy qiymati ko'tarilish tendentsiyasini ko'rsatadi, salbiy qiymat esa pasayish tendentsiyasini bildiradi.

Olingan natijalar va muhokama. 2022-yil davomida $PM_{2.5}$ ning o'rtacha konsentratsiya darajasi 55 mg/m^3 atrofida, ba'zi kunlarda 100 mg/m^3 ga yetgan, bu Jaxon sog'liqni saqlash tashkiloti (WHO) standarti (25 mg/m^3) dan ancha yuqori.

PM_{10} o'rtacha konsentratsiya 90 mg/m^3 bo'lib, eng yuqori darajalar qish oylarida, ayniqsa, yanvar va fevralda qayd etilgan (150 mg/m^3 gacha). Natijalar Toshkent shahrida $PM_{2.5}$ va PM_{10} ifloslanishining jiddiy muammo ekanligini ko'rsatadi.

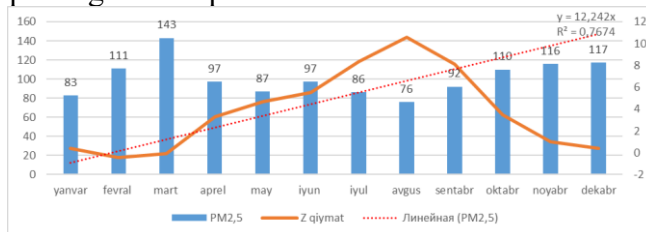
Quyidagi jadvallarda avtomatik kuzatuv stansiyalaridan olingan $PM_{2.5}$ va PM_{10} mayda dispers zarralarining 2019-2023 kuzatuv yillari davomida

Toshkent shahri atmosfera havosi tarkibida aniqlangan miqdoriy ko'rsatkichlari to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan (1-, 2-jadvallar).

Tahlil natijalariga ko'ra Toshkent shahri havosining $PM_{2.5}$ va PM_{10} mayda dispers zarralari bilan ifloslanishi oktyabr, noyabr va dekabr oylarida ortgan (1-, 2-, 3-, 4-, 5-diagrammalar).

Shaharda 6 ta isitish markazlari mavjud bo'lib, qish oylarida isitish markazlari asosan ko'mir va mazut yoqilg'ilaridan foydalanadi, bu esa ifloslanishning ortishiga olib keladi.

Shaharning geografik joylashuvi va iqlim sharoitlari, ayniqsa, shamolning kuchi va yo'nalishi, zarrachalarning tarqalishiga, shuningdek qurilishlarning tartibsiz amalga oshirilishi $PM_{2.5}$ va PM_{10} dispers zaralarning havoda uzoq muddat saqlanib qolishiga ta'sir qiladi.



1-diagramma. 2019-yil uchun $PM_{2.5}$ zarrasining Man Kendal Trent testi asosida o'zgarish dinamikasi (mg/m^3).

1-jadval

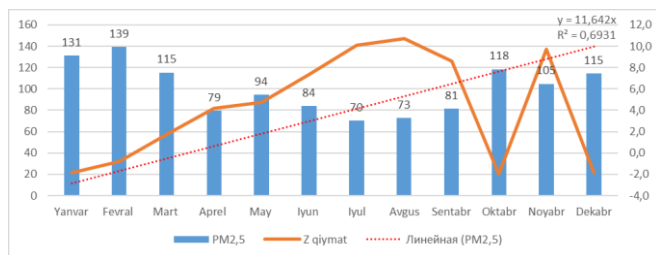
$PM_{2.5}$ bo'yicha 2019-2023-yillar davomida o'rtacha oylik ifloslanish holatlari mg/m^3

Yil/oy	Yan	Fev	Mart	Apr	May	Iyun	Iyul	Avg	Sen	Okt	Noy	Dek
2019	83	111	143	97	87	97	86	76	92	110	116	117
2020	127	127	141	81	90	94	72	71	72	114	102	112
2021	119	170	127	109	111	97	99	83	89	131	100	98
2022	89	145	102	82	79	96	80	70	75	114	100	87
2023	162	85	70	69	67	77	79	57	68	93	101	159

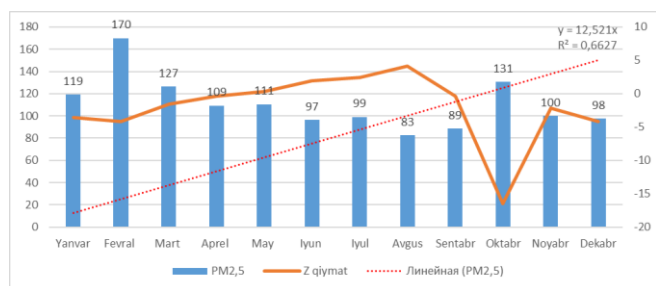
2-jadval

PM_{10} bo'yicha 2019-2023-yillar davomida o'rtacha oylik ifloslanish holatlari mg/m^3

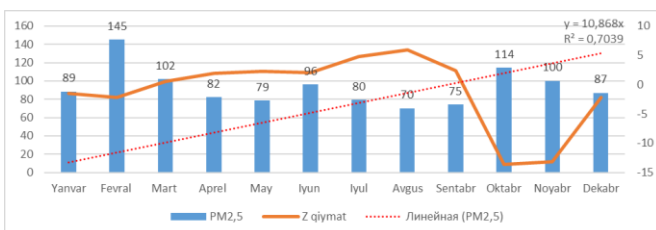
Yil/oy	Yan	Fev	Mart	Apr	May	Iyun	Iyul	Avg	Sen	Okt	Noy	Dek
2019	39	44	40	42	38	35	39	36	51	46	47	46
2020	42	47	42	45	41	38	42	41	52	45	46	47
2021	42	39	40	43	38	34	38	33	50	46	45	46
2022	42	40	41	43	38	37	39	37	51	46	44	45
2023	39	42	41	40	36	36	40	34	49	45	45	44



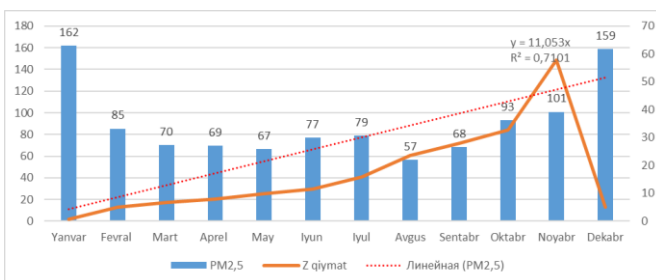
2-diagramma. 2020-yil uchun PM_{2.5} zarrasining Man Kendal Trent testi asosida o'zgarish dinamikasi (mg/m³).



3-diagramma. 2021-yil uchun PM_{2.5} zarrasining Man Kendal Trent testi asosida o'zgarish dinamikasi (mg/m³).



4-diagramma. 2022-yil uchun PM_{2.5} zarrasining Man Kendal Trent testi asosida o'zgarish dinamikasi (mg/m³).



5-diagramma. 2023-yil uchun PM_{2.5} zarrasining Man Kendal Trent testi asosida o'zgarish dinamikasi (mg/m³).

Toshkent shahriga yiliga 300 mingdan ortiq yangi avtomobillar ro'yxatdan o'tkaziladi, bu esa havoni ifloslantiruvchi moddalar miqdorini oshiradi. Ayniqsa, eski avtomobillar va benzinli dvigatellarning ko'pligi asosiy muammolardan biri hisoblanadi. Shahar atrofidagi sanoat korxonalari, xususan, qurilish va kimyo sanoati, havoga ifloslovchi moddalar chiqaradi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda Mann-Kendall trend testini qo'llash Toshkent shahar hududida PM_{2.5} va PM₁₀ dispers zaralarning tendentsiyalarini baholash uchun ishonchli statistik yondashuvni taqdim etdi. Tahlil ma'lumotlarning vaqt o'tishi bilan ham antropogen faoliyat, ham atrof-muhit siyosatining ta'sirini aks ettiruvchi muhim tendentsiyalarni aniqlandi. O'sish tendentsiyalari aniqlanganda, ular urbanizatsiya, transport zichligi va sanoat faoliyati bilan bog'liq bo'lgan emissiya manbalarining ortib borayotganini ko'rsatishi mumkin. Ushbu natijalar PM_{2.5} va PM₁₀ dispers zarralarning aholi salomatligi va atrof-muhitga salbiy ta'sirini yumshatish uchun doimiy monitoring zarurligini ta'kidlaydi. Kelajakdagi tadqiqotlar ko'lamini boshqa ifloslantiruvchi moddalarni o'z ichiga olgan holda kengaytirish va mavsumiy o'zgarishlar va meteorologik omillar ta'sirini hisobga olishdan foyda ko'rishi mumkin. Umuman olganda, Mann-Kendall tendentsiya testi shahar havosi sifatining uzoq muddatli tendentsiyalarini aniqlash uchun samarali vosita bo'lib, atrof-muhitni boshqarish uchun qimmatli tushunchalarni taqdim etadi. Toshkent shahrida PM_{2.5} va PM₁₀ ifloslanishi jiddiy muammo bo'lib, bu aholi salomatligi va umumiy ekologik muvozanatga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ushbu masalani hal qilish uchun transport tizimini modernizatsiya qilish, yashil maydonlarni ko'paytirish va ekologik toza texnologiyalarni joriy etish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. "Jahon banki. 2024. Toshkent shahrida havo sifatini baholash va O'zbekistonda havo sifati boshqaruvini takomillashtirish bo'yicha yo'l xaritasi. Vashington, Kolumbiya okrugi: Jahon banki."

2. Harrison, R. M. et al.: Airborne particulate matter: sources, atmospheric processes and health. Royal Society of Chemistry, UK, 2016, ISBN: 978-1-78262-491-2.
3. Kremier, M. et al.: Report on Air Quality in Slovak Republic in 2020. Slovak Hydrometeorological Institute, Air Quality Department, Oct. 2021. Available: <https://www.shmu.sk/File/oko/rocenky/2020_Sprava_o_KO_v_SR_v2.pdf>. (In Slovak).
4. Suleiman, A., Tight, M. R., Quinn, A. D.: Assessment and prediction of the impact of road transport on ambient concentrations of particulate matter PM10, Transportation Research Part D:Transport and Environment, vol. 49, pp. 301-312, Dec. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.010>
5. World Health Organization: “Health Effects of Particulate Matter”, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2013, ISBN: 978-92-890-0001-7.
6. Shi, X., Wu, W., & Tang, X. (2019). Impact of the COVID-19 lockdown on the air quality of London: A case study of nitrogen dioxide reduction. Environmental Research, 189, 109889.
7. Global Sources of Local Pollution: An Assessment of Long-Range Transport of Key Pollutants to and from the United State. Particulate Matter. The National Academies Press, 2009.
8. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
9. Toshkent shahar Hokimiyati — Toshkent tarixi, 16-iyun 2011-yilda asl nusxadan arxivlandi, qaraldi: 1-may 2011-yil.
10. <https://uz.wikipedia.org/wiki/Toshkent#:~:text=Iqlimi,-Toshkent&text=Shaharning%20iqlimi%20kontinental%2C%20jazirama%2C%20quruq,oylarida%20buning%20aksini%20kuzatish%20mumkin.>