

UO‘K: 332.142.6

 10.5281/zenodo.13832892

TOSHKENT SHAHRIDA AZOT OKSIDI (NO) VA AZOT DIOKSIDI (NO₂) KONSENTRATSIYASINING TREND TAHLILI (MANN-KENDALL TESTI ASOSIDA)



Nosirov Nozimbek Bekzod O'g'li

Tayanch doktorant Atrof-muhit va tabiiy 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. Ushbu tadqiqotda 2012-yilning yanvar oyidan 2022-yilning dekabr oyigacha bo'lgan davrda Toshkent shahri havosida Azot oksidi (NO) va Azot dioksidi (NO₂) konsentratsiyasining ko'p yillik o'rtacha qiymatlari MS Excel dasturi orqali analiz qilindi. Mann-Kendall trend testi asosida o'zgarish dinamikasi statistik tahlil qilindi. Trend test natijasiga ko'ra, ahamiyatli o'zgarish oktabr ($Z=2.26$) oyida ekanligi aniqlandi, bu natijalar mos ravishda NO uchun ($Z=2.02$) va NO₂ uchun ($Z=2.26$). Ushbu natijalar asosida kelajakda atmosfera havosi monitoringini yuritish bo'yicha kerakli xulosalar olindi.

Kalit so'zlar: Atmosfera havosi, havoni ifloslantiruvchi moddalar, Azot oksidi, Azot dioksidi, statistic tahlil, Mann-Kendall testi, Sen's qiyalik baholovchisi, Toshkent shahri.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА АЗОТА (NO) И ДИОКСИДА АЗОТА (NO₂) В ГОРОДЕ ТАШКЕНТЕ (НА ОСНОВЕ ТЕСТА МАННА-КЕНДАЛЛА)

Носиров Нозимбек Бекзод Угли

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

Самиев Луқмон Наимович

Доктор технических наук, доцент, Национальный
исследовательский университет ТИҚХММІ, г. Ташкент,
Узбекистан

Аннотация. В данном исследовании с января 2012 года по декабрь 2022 года с помощью программы MS Excel были проанализированы средние многолетние значения концентрации оксида азота (NO) и диоксида азота (NO₂) в воздухе города Ташкента. Динамика изменений была статистически проанализирована на основе трендового теста Манна-Кендалла. По результатам тренд-теста было выявлено, что значительное изменение произошло в октябре ($Z=2,26$), эти результаты были соответственно для NO ($Z=2,02$) и для NO₂ ($Z=2,26$). На основании этих результатов были сделаны необходимые выводы относительно мониторинга ат-

мосферного воздуха в будущем.

Ключевые слова: Атмосферный воздух, загрязнители воздуха, оксид азота, диоксид азота, статистический анализ, тест Манна-Кендалла, оценка наклона Сена, город Ташкент.

TREND ANALYSIS OF NITROGEN OXIDE (NO) AND NITROGEN DIOXIDE (NO₂) CONCENTRATION IN TASHKENT CITY (BASED ON MANN-KENDALL TEST)

Nosirov Nozimbek Bekzod Ugli

PhD student, Research Institute of Environment and Nature Protection Technologies, Tashkent, Uzbekistan

Samiev Lukmon Naimovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Research University TIKHMMI, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. In this study, from January 2012 to December 2022, the long-term average values of the concentration of Nitrogen oxide (NO) and Nitrogen dioxide (NO₂) in the air of the city of Tashkent were analyzed using the MS Excel program. The dynamic of change was statistically analyzed based on the Mann-Kendall trend test. According to the result of the trend test, it was found that the significant change was in October ($Z=2.26$), these results were respectively for NO ($Z=2.02$) and for NO₂ ($Z=2.26$). On the basis of these results, the necessary conclusions were drawn regarding the monitoring of atmospheric air in the future.

Keywords: Atmospheric air, air pollutants, Nitrogen oxide, Nitrogen dioxide, statistical analysis, Mann-Kendall test, Sen's slope estimator, Tashkent city.

Kirish. Urbanizatsiya va sanoatlashtirish butun dunyo bo'ylab shaharlarda havo ifloslanishi darajasining sezilarli darajada oshishiga olib keldi, azot dioksidi (NO₂) va azot oksidi (NO) eng keng tarqalgan ifloslantiruvchi moddalar qatoriga kiradi. Bu azot oksidlari, asosan, transport vositalari harakati, sanoat faoliyati va qazib olinadigan yoqilg'ining yonishi natijasida chiqariladi, atrof-muhit va aholi salomatligi uchun jiddiy xavf tug'diradi. Shahar muhitida NO va NO₂ konsentratsiyasi tendentsiyalarini tushunish samarali kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqish va barqaror shahar rivojlanishini ta'minlash uchun juda muhimdir.

So'nggi tadqiqotlar uzoq muddatli monitoring va tendentsiyalarni tahlil qilish muhimligini ta'kidlab, shaharlarda azot

oksidlari ifloslanishining dinamik xususiyatini ta'kidladi. Masalan, London kabi yirik shaharlarda COVID-19 blokirovkalari paytida NO₂ darajasining sezilarli darajada pasayishi kuzatildi, bu inson faoliyatining havo sifatiga bevosita ta'sirini ko'rsatdi [1]. Ushbu topilmalar azot emissiyasini kamaytirish uchun siyosat aralashuvi va shaharni rejalashtirish imkoniyatlarini ta'kidlaydi [2].

Qisqa muddatli tebranishlarga qo'shimcha ravishda, NO va NO₂ konsentratsiyasining uzoq muddatli tendentsiyalari havo sifatini tartibga solish samaradorligi va urbanizatsiya bilan bog'liq davom etayotgan muammolar haqida qimmatli tushunchalarni beradi [3]. Tadqiqotlar turli mintaqalarda turli xil tendentsiyalarni ko'rsatdi, ba'zi shaharlarda emissiya standartlari qattiqroq bo'lganligi sababli azot oksidlari daraja-

sining pasayishi kuzatilmoqda, boshqalari esa tez sur'atlar bilan o'sishi va infratuzilmaning yetarli emasligi tufayli yuqori konsentratsiyalar bilan kurashishda davom etmoqda [4].

Bundan tashqari, shaharlar ichida azot oksidlarining fazoviy taqsimoti ko'pincha notekis bo'lib, yuqori konsentratsiyalar odatda asosiy yo'llar va sanoat zonalari yaqinida topiladi, bu esa shahar aholisi orasida nomutanosib ta'sirga olib keladi [5]. Surunkali azot oksidlarining sog'liqqa ta'siri, shu jumladan nafas olish va yurak-qon tomir kasalliklari, bu ifloslantiruvchi moddalarni shahar sharoitida kuzatib borish va ularga qarshi kurashishni talab qiladi [6].

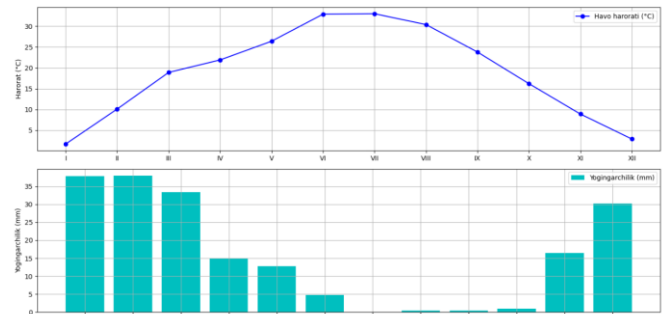
Azot oksidlarining shahar havosi ifloslanishidagi muhim rolini hisobga olgan holda, ushbu tadqiqot Toshkent shahrida NO va NO₂ konsentratsiyalari tendentsiyalarini tahlil qilishga qaratilgan bo'lib, ushbu tendentsiyalarga ta'sir qiluvchi omillarga va aholi salomatligi va atrof-muhit siyosatiga ta'sir ko'rsatadi. So'nggi ma'lumotlarni o'rganish va ilg'or statistik usullardan foydalanish orqali biz shahar havosi sifatini boshqarish bo'yicha kelajakdagi strategiyalar haqida ma'lumot beramiz.

Adabiyotlar tahlili va metodlar.

Tadqiqot hududi. Toshkent 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 dar-yosi vodiysida joylashgan.

Iqlimi. Toshkentning iqlimi kontinental, yozi issiq va qishi sovuq. Shahar yarim qurg'oqchil 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 sovuqdan pastga tushadi, ayniqsa yanvarda. Yillik o'rtacha harorat taxminan 15°C.



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

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 (2-rasm). Qishda qor yog'ishi tez-tez uchraydi.

Ma'lumotlarni to'plash va ularning tahlili. Tadqiqot hududida kuzatilgan ko'p yillik havo sifati va meteorologik parametrlar ma'lumotlari (2012 – 2022 yillar oralig'ida) O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati agentligidan 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 usuldir. 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.

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

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, $\text{Var}(S)$ ga tuzatish kiritiladi:

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

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

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

Z_S standart normal taqsimotga amal qiladi.

SEN'S qiyalik baholovchisi. Mann-Kendall testi yordamida trend qiyaliklarining kattaligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{\chi_j - \chi_i}{j-i} \right)$$

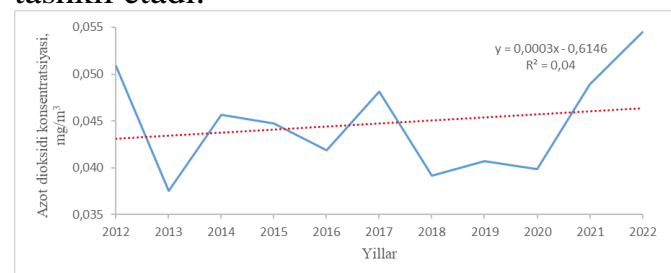
Bu yerda χ_j va χ_i mos ravishda j va i ($j > i$) vaqtidagi ma'lumotlar qiymati hisoblanadi. β_1 ning bu N qiymatlarining medianasi Sen's qiyalik baholovchisi sifatida ifodalanadi, u quyidagicha berilgan:

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

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

Olingan natijalar va muhokama.

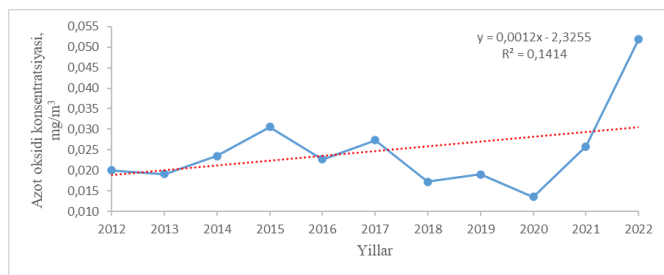
To'plangan ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Toshkent shahrida 2012-yilning yanvar oyidan 2022-yilning dekabr oyigacha azot dioksidi (NO_2) konsentratsiyasining o'rtacha qiymatlari 0.038 mg/m^3 (2013) dan 0.055 mg/m^3 gacha (2022) o'zgardi (3-rasm), shaharda azot dioksidining REM qiymati 0.04 mg/m^3 ni tashkil etadi.



2-rasm. Azot dioksidi konsentratsiyasining ko'p yillik o'rtacha qiymatlari dinamikasi.

Azot dioksidining eng maksimal qiymati 2012-yilning iyul oyida kuzatilgan bo'lsa, eng minimal konsentratsiyasi esa 2013-yilning oktabr oyiga to'g'ri keldi. Qiymatlar mos ravishda 0.068 mg/m^3 va 0.015 mg/m^3 ni tashkil etdi.

Azot oksidi (NO) konsentratsiyasining ko'p yillik oylar va yillar kesimidagi statistik tahlili asosida quyidagi natijalar olindi. Azot oksidining REM qiymati 0.06 mg/m^3 bo'lib, uning tadqiq etilgan davrdagi o'ztacha qiymati 0.025 mg/m^3 ni tashkil etdi. NO ning ko'p yillik o'rtacha qiymatlari 0.014 mg/m^3 (2020) dan 0.052 mg/m^3 (2022) gacha o'zgardi, umuman olganda o'rtacha qiymatlarda ruxsat etilgan me'yordan ortish holatlari kuzatilmadi (3-rasm).



3-rasm. Azot oksidi konsentratsiyasining ko‘p yillik o‘rtacha qiymatlari dinamikasi

Azot oksidi konsentratsiyasining eng maksimal qiymati 2022-yilning iyun oyida kuzatilib, 0.07 mg/m³ ni, eng minimal qiymati esa 2020-yil aprel oyida 0.01 mg/m³ ni tashkil etdi.

Mann-Kendall trend testi yordamida

da sezilarli darajada ekanligi trend test tahlilida namoyon bo‘ldi. Asosiy sabablarni quyidagicha 1. Kuz mavsumi kelishi va daraxtlarda barglarning to‘kilishi, 2. Sovuq davri boshlanishi, buning natijasida issiqlik quvvatiga talab ortishi, 3. Avtomobillar yoqilg‘i iste‘molidagi sezilarli ortish jarayonlari bilan izohlash mumkin.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda Mann-Kendall trend testini qo‘llash Toshkent shahar hududida azot oksidi (NO) va azot dioksidi (NO₂) konsentratsiyasi tendensiyalarini baholash uchun ishonchli statistik yondashuvni taqdim etdi. Tahlil ma‘lumotlarning vaqt o‘tishi bilan ham antropogen

1-jadval

Mann-Kendall trend statistikasi o‘rganish davridagi NO₂ va NO konsentratsiyasining oylik tahlili natijalari

Parametrlar	Trend test	Yan	Fev	Mar	Apr	May	Iyun	Iyul	Avg	Sen	Okt	Noy	Dek
Azot dioksidi	Z qiymati	0.93	1.56	0.86	-0.7	-0.6	-1.1	0.00	-0.2	1.87	2.26	1.87	2.34
	Ahamiyatlilik									+	*	+	*
	Q qiymati	0.000	0.001	0.001	-0.01	-0.01	-0.01	0.000	-0.01	0.002	0.002	0.001	0.001
Azot oksidi	Z qiymati	0.00	0.78	-0.2	-0.8	0.31	0.00	0.00	0.23	1.87	2.02	1.40	1.40
	Ahamiyatlilik									+	*		
	Q qiymati	0.000	0.001	0.000	-0.01	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.002	0.001

Izoh: * trend $\alpha=0,05$ bo‘lsa, + trend $\alpha=0,1$ ahamiyatga ega.

Azot oksidlari konsentratsiyasi trend tahlili. Azot dioksidi (NO₂) va Azot oksidi (NO) konsentratsiyalari Mann-Kendall trend testi asosida 2012-2022 yillar oralig‘ida oylar kesimida tahlil qilindi. NO₂ konsentratsiyasi (Z qiymati) sentabr (1.87), oktabr (2.26), noyabr (1.87) va dekabr (2.34) oylarida oshganini ko‘rsatdi (1-jadval).

Azot oksidi (NO) qiymatlari esa, sentabr (1.87) va oktabr (2.02) oylarida ahamiyatli ortish jarayoni kuzatildi. Har ikkala NO₂ va NO tahlilini umumlashtiradigan bo‘lsak, dinamik oshish miqdori oktabr oyi-

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 ifloslantiruvchi moddalarning 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 tendensiya testi shahar havosi sifatining uzoq muddatli tendentsiyalarini aniqlash uchun samarali vosita bo‘lib, atrof-muhitni boshqarish uchun qimmatli tushunchalarni taqdim etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. 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.
2. Giani, P., Castruccio, S., Anav, A., Howard, D., Hu, W., & Crippa, P. (2020). Short-term and long-term impacts of COVID-19 on air pollution and health in London. *Environmental Pollution*, 269, 116642.
3. Sicard, P., De Marco, A., Agathokleous, E., Feng, Z., Xu, X., Paoletti, E., ... & Brauer, M. (2020). Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. *Science of The Total Environment*, 735, 139542.
4. Zhu, Y., Xie, J., Huang, F., & Cao, L. (2022). Spatial and temporal variations of air pollution in megacities: A case study of nitrogen oxides in Beijing. *Atmospheric Environment*, 244, 117955.
5. Stafoggia, M., Cesaroni, G., Peters, A., Forastiere, F., & Agius, R. (2017). Air pollution and mortality: the case of nitrogen dioxide in European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 71(4), 357-364.
6. Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., ... & Feigin, V. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 389(10082), 1907-1918.