

**Bazarbaeva Nurjamal Baxbergen qizi**  
**Student, Berdakh Karakalpak State University**  
**Karamatdinova Bibimaryam Saparbay qizi**  
**Student, Berdakh Karakalpak State University**  
**Jaʼnabaeva Gulmira Salmenbay qizi**  
**Student, Berdakh Karakalpak State University**  
**Jaqsilikov Erbol Marat oʻgʻli**  
**Student, Berdakh Karakalpak State University**

**Базарбаева Нуржамал Бахберген кызы**  
**Студентка Каракалпакского государственного университета имени**  
**Бердаха**  
**Караматдинова Бибимарям Сапарбай кызы**  
**Студентка Каракалпакского государственного университета имени**  
**Бердаха**  
**Жанабаева Гульмира Салменбай кызы**  
**Студентка Каракалпакского государственного университета имени**  
**Бердаха**  
**Жаксылыков Ербол Марат углы**  
**Студент Каракалпакского государственного университета имени**  
**Бердаха**

**MASOFADAN ZONDLASH METODLARI ORQALI HAVO SIFATINI**  
**MONITORING QILISH (TOSHKENT SHAHRI ATROFI)**

**ANNOTATSIYA.** Ushbu maqola masofaviy zondlash maʼlumotlari asosida Toshkent shahrining havo sifati monitoringini oʻrganishga bagʻishlangan.

Maqolada Yevropa Kosmik Agentligi (ESA) tomonidan ishlab chiqarilgan Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshidan foydalanib Toshkent shahri va uning atrofida NO<sub>2</sub> (Azod dioksidi) tarqalishi va havo sifatini o'zgarishi o'rganib chiqildi va kutilgan natijalar olindi.

Kalit so'zlar: masofadan zondlash, havo sifati monitoringi, NO<sub>2</sub> tarqalishi, Sentinel-5P

## **MONITORING OF AIR QUALITY THROUGH REMOTE SENSING METHODS.**

**ABSTRACT** This article is devoted to the study of air quality monitoring in Tashkent based on remote sensing data. The article examines the distribution of NO<sub>2</sub> (nitrogen dioxide) and changes in air quality in and around Tashkent using the Sentinel-5P satellite developed by the European Space Agency (ESA) and the expected results.

Key words: remote zoning, air quality monitoring, NO<sub>2</sub> (nitrogen dioxide), Sentinel-5P

### **KIRISH**

Hozirgi kunda havo ifloslanishi dolzarb muammoga aylanib bormoqda. Havo ifloslanishi global muammolardan biri bo'lib, masofadan zondlash ma'lumotlari orqali uni monitoring qilish samarali bo'lmoqda. Bugungi kunda global ekologik barqarorlikni ta'minlashda atmosfera havosi sifatini nazorat qilish, ayniqsa, shaharlarda ifloslanish darajasini monitoring qilish eng zaruriy vazifalardan biri hisoblanadi. Shu jihatdan, masofadan zondlash usullari, xususan, sun'iy yo'ldoshlar yordamida havodagi gaz tarkibiy qismlarini aniqlash zamonaviy ekologik tadqiqotlarning zaruriy yo'nalishiga aylangan. Sentinel-5 P (TROPOMI) sun'iy

yo'ldoshi tomonidan taqdim etilgan kosmik monitoring ma'lumotlari orqali havo ifloslanishining aniqligi yuqori, hududiy aniqlash imkoniyati esa keng ko'lamda amalga oshirilmoqda.

Ushbu maqolada 2023 va 2024 yillar noyabr oylari davomida Toshkent shahri atmosferasidagi NO<sub>2</sub> gazining konsentratsiyasi bo'yicha olingan zondlash ma'lumotlari asosida tahlil o'tkazildi. Ushbu tahlil orqali shaharda havoning ifloslanish holatidagi o'zgarishlar, ularning jadalligi, maydon bo'yicha taqsimlanishi o'rganildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi - vaziyatni ilmiy jihatdan baholab, ekologik xavfsizlikni oshirishga qaratilgan.

## **ASOSIY BO'LIM**

Ushbu ilmiy maqolada o'rganish obyekti sifatida O'zbekiston Respublikasi poytaxti Toshkent shahri tanlangan. Toshkent shahri, O'zbekiston Respublikasining poytaxti, Markaziy Osiyo mintaqasining muhim geografik va iqtisodiy markazi hisoblanadi. U O'zbekistonning shimoliy-qo'shni hududida joylashgan bo'lib, 41.3111° shimoliy kenglik va 69.2407° sharqiy uzunlik koordinatalariga ega. Toshkent shahrining joylashuvi, uni mamlakatning boshqa yirik shaharlari, masalan, Samarqand, Buxoro, Farg'ona vodiysi va Qozog'iston bilan aloqalarini kuchaytirgan. Shahar mamlakatning eng yirik sanoat, transport va ijtimoiy markazi bo'lib, aholi zichligi hamda urbanizatsiya darajasining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Bu omillar shaharning ekologik holatiga, xususan, atmosfera havosining ifloslanish darajasiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Obyekt havosining ifloslanishi muhim muammolardan biri bo'lib, so'nggi yillarda bu sezilarli darajada yomonlashib bormoqda. Bu esa aholi salomatligiga ta'sir ko'rsatib, nafas olish yo'llari kasalligi, yurak-qon tomir kasalliklarini keltirib chiqarishi, shuningdek, o'simlik va hayvonot dunyosiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Toshkent

The map displays the Tashkent region, with the city of Tashkent at the center. A blue rectangular box highlights the area around Tashkent, and a scale bar indicates 12005.89 km². The map includes labels for various districts and regions, such as Sirdaryo Region, Gulistan, and Tashkent. The map also shows the Sirdaryo River and the Chirchik River. The map is oriented with North at the top.

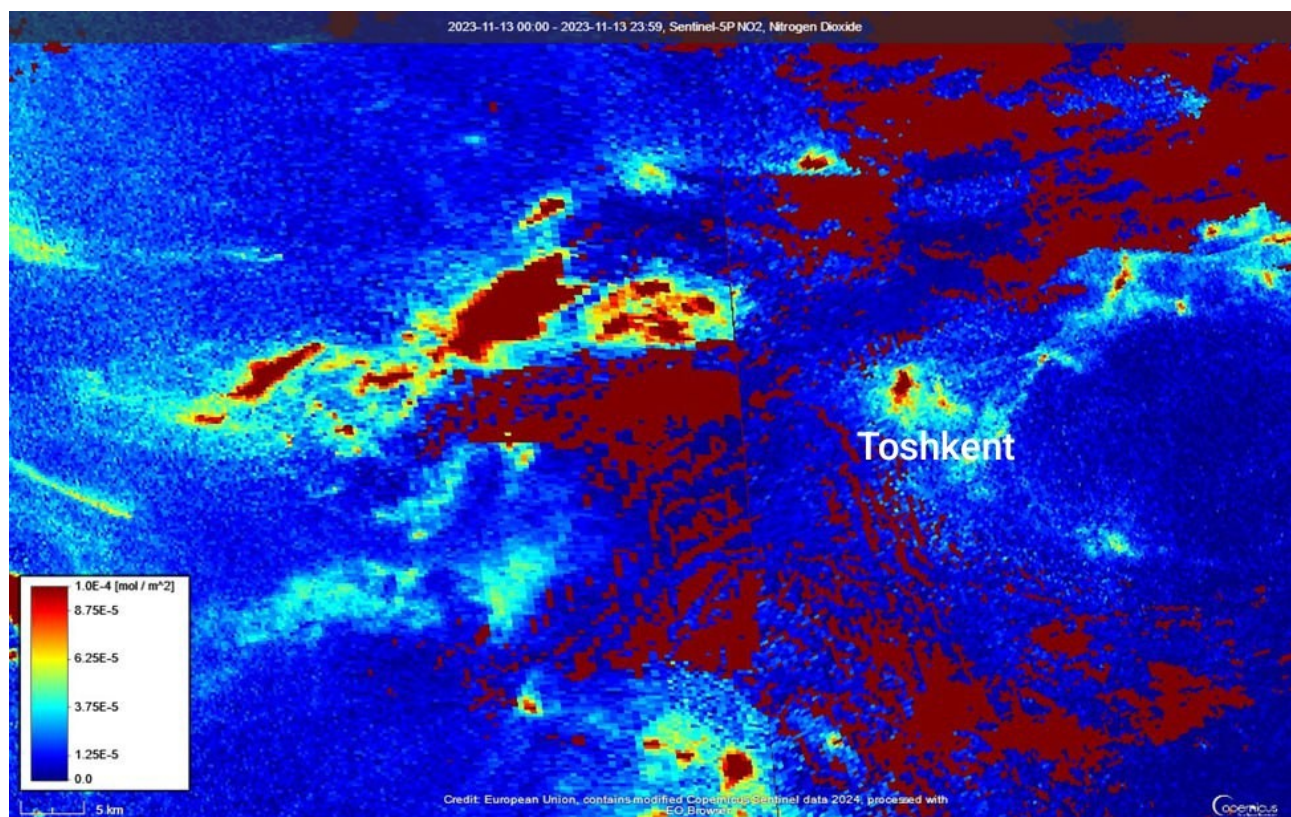
## METODOLOGIYA

**"Экономика и социум" №5(132) 2025**

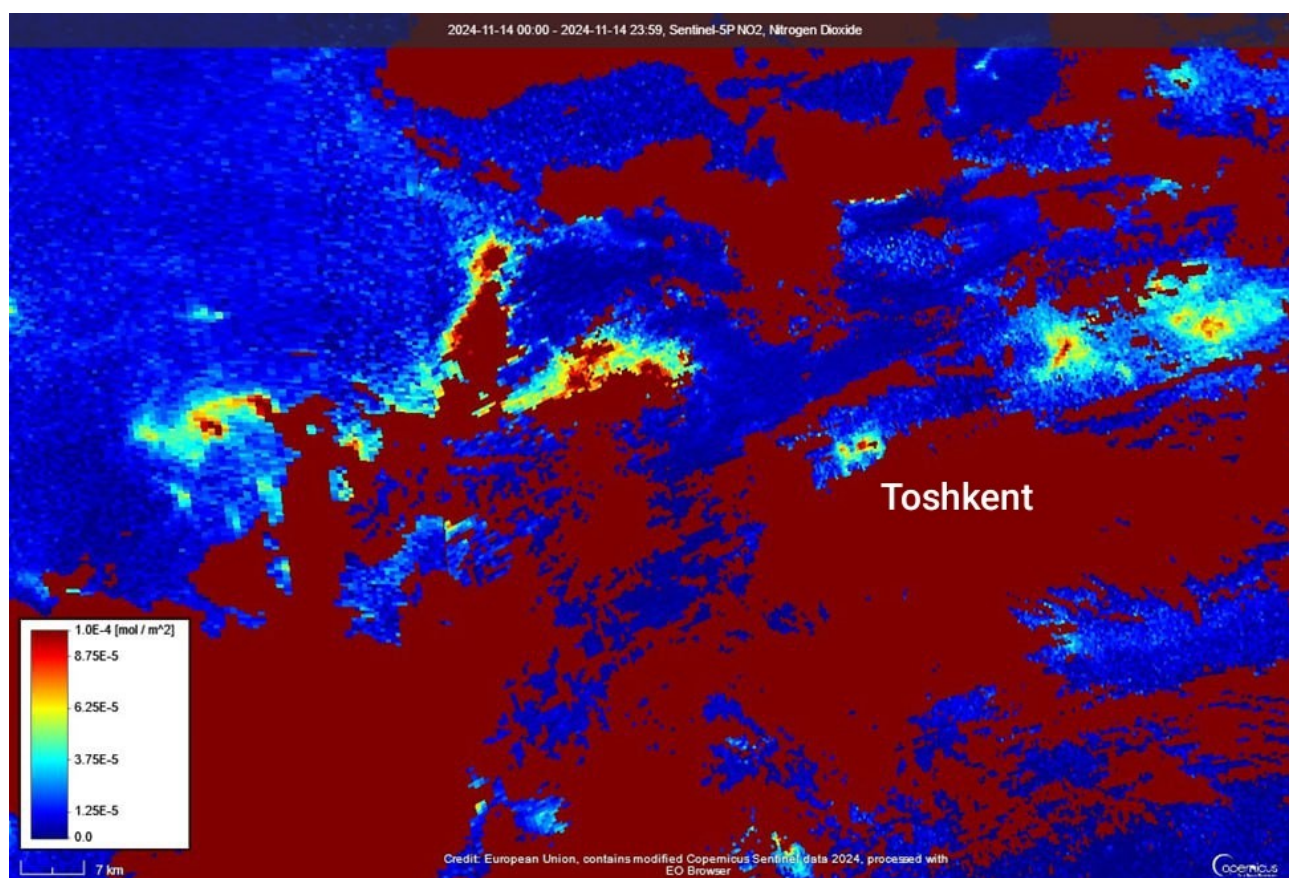
azot oksidi ( $\text{NO}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), oltingugurt dioksidi ( $\text{SO}_2$ ), karbonat angidrid ( $\text{CO}_2$ ) va metan ( $\text{CH}_4$ ) gazlarini aniqlaydi va o'lchaydi. Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshining aniqligi 7x7 km gacha bo'lganligi bizga anchagina qulaylik yaratadi va shu bilan birga zararli elementlarni aniqlashda yuqori aniqlikni ta'minlaydi. TROPOMI asbobining yuqori o'lchash rezolyutsiyasi bilan ajralib turadi, u bir soat ichida Yer yuzining katta qismini qamrab olish imkoniyatiga ega va har kuni 2600 km kenglikdagi hududni o'z ichiga oladi, bu esa butun dunyo bo'ylab havo sifatini kuzatish imkonini beradi. Sentinel-5P dan olingan ma'lumotlarni tahlil qilishdan maqsad - inson salomatligini himoya qilish, iqlim o'zgarishining oldini olish va atrof-muhitni yaxshilash uchun samarali monitoring tizimlarini yaratishdir. Ushbu sun'iy yo'ldosh global ifloslanish manbalarini aniqlash va ularga qarshi choralarni amalga oshirishda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi. Biz bu suniy yo'ldoshdan malumotlaridan foydalangan holda shahar da  $\text{NO}_2$  gazining tarqalishini o'rganib chiqdik.

## NATIJALAR VA TAHLIL

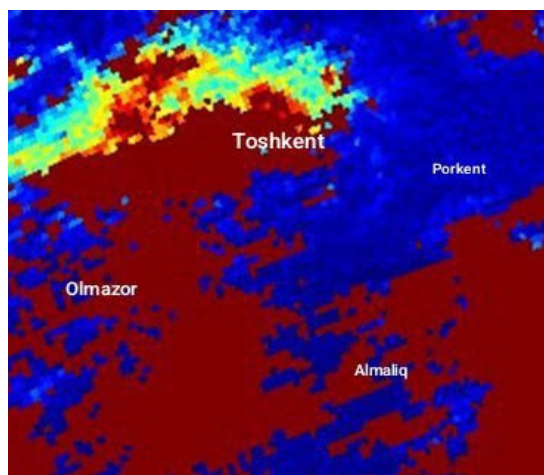
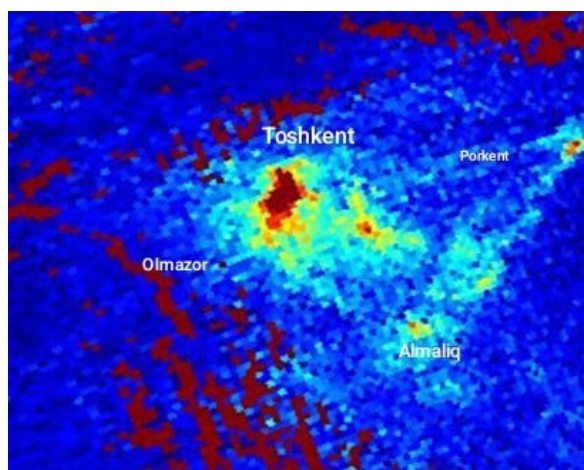
Masofadan zondlash orqali ma'lumotlarni tahlil qilishning bizda bir qancha usullari mavjud. Biz olingan ma'lumotlarni indekslar, ya'ni havoning ifloslanishini aniqlovchi AQI (Air Quality Index) yordamida GIS dasturlari orqali raqamli ko'rinishda ishlab chiqishimiz va raqamli ma'lumotlarga ega bo'lishimiz mumkin. Yana bir usul olingan ma'lumotlarni taqqoslash, ya'ni vizual tarzda havo ifloslanish darajasi yuqori yoki pastligini o'rganib chiqishimiz mumkin va ushbu ilmiy maqolada aynan shu usuldan foydalanildi. Dastlab <https://scihub.copernicus.eu> saytidan Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshi orqali yillar kesimida ma'lumotlar yuklab olindi. So'ng uning ko'rsatkichlari o'rganib chiqilib quyidagi natijalarga erishildi.



2-rasm. Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshidan 2023-yil noyabr oyida olingan NO<sub>2</sub> ko'rsatkichi



3-rasm Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshidan 2024-yil Noyabr oyida olingan NO<sub>2</sub>  
ko'rsatkichi



4-rasm. Toshkent shahrining 2023-yil va 2024-yillardagi o'zgarishlarining vizual ko'rinishi

| Ranglar shkalasi | NO <sub>2</sub> (mol/m <sup>2</sup> ) | Ifodalaydigan qiymati (tushuntirish) |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Qizil            | 1.0E-4                                | Juda yuqori ifloslanish              |
| To'q sariq       | 8.75E-5                               | Yuqori bo'lgan ifloslanish           |
| Sariq            | 6.25E-5                               | O'rtacha ifloslanish                 |
| Yashil           | 3.75E-5                               | Past ifloslanish                     |
| Ko'k             | 1.25E-5                               | Juda past ifloslanish                |
| To'q ko'k        | 0.0                                   | Havosi ifloslanmagan hududlar        |

Yuqoridagi rasmlar hamda ma'lumotlarga tayangan holda 2024-yil noyabr oyida olingan ma'lumotlar 2023-yil noyabr oyidagi ma'lumotlarga qaraganda havo ifloslanishi ancha yuqori ekanligini ko'rsatadi. Ya'ni bu inson salomatligi uchun xavfli hisoblanadi. Tadqiqotlar natijalariga ko'ra, 2024-yil noyabr oyida Toshkent shahri atmosferasidagi NO<sub>2</sub> (azot dioksidi) konsentratsiyasida 2023-yil noyabr oyiga qaraganda sezilarli darajada ko'payishi kuzatilgan. Vizual tahlil yordamida 2-rasm (2023-yil) va 3-rasm (2024-yil) orasida yaqqol farq borligi aniqlandi. Rasmlar tahlilini quyidagicha ko'rsangiz bo'ladi:

2023-yil noyabr oyidagi rasmda (2-rasm), Toshkent shahrining asosiy qismi yashil va sariq ranglarda bo'lib, bu maydonlarning ifloslanish darajasi past va o'rtacha ekanligini ko'rsatadi. Maydonning 55-60% qismi yashil va sarg'ish ranglarda bo'lib, bu havoda NO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 3.75E-5 - 6.25E-5 mol/m<sup>2</sup> oralig'ida ekanligini anglatadi. Shaharning o'rta va shaharchalar atrofi hududlari ko'k rangda bo'lib, juda past ifloslanish qayd etilgan, bu esa 30% maydonni qamrab oladi.

2024-yil noyabr oyidagi rasmda esa (3-rasm) shaharning ko'p qismi sariq, to'q sariq va qizil ranglarda bo'lib, bu NO<sub>2</sub> ifloslanishining o'rtachadan juda yuqoriga o'tganligini ko'rsatadi. Shaharning 50% dan ortiq qismi qizil va to'q sariq bo'lib, bu hududlarda NO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 8.75E-5 - 1.0E-4 mol/m<sup>2</sup> orasida

bo'lgan. Bu hududning 35% qismi sariq rangda, ya'ni o'rtacha ifloslanish darajasida. Shaharning barmoq bosadigan qismi faqat (15% ga yaqin) yashil yoki ko'k rangda, ya'ni past yoki juda past ifloslanish qayd etilgan. Bu o'zgarish ekologik vaziyatning muammoli masalaga aylanganligini ko'rsatadi. 2024-yilda qayd etilgan NO<sub>2</sub> konsentratsiyasi, xususan sanoat markazlari, avtomobil transporti ko'p bo'lgan yo'llar, va urbanizatsiyalashgan shahar markazida oshgan. Bu esa bir qancha muammolarni yuzaga keltirib chiqaradi.

## **XULOSA**

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, tahlil qilingan Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshi ma'lumotlari asosida 2024 yilda atmosferada NO<sub>2</sub> (azot dioksidi) konsentratsiyasi o'tgan yilga nisbatan oshgan. Vizual tahlil shuni ko'rsatadiki, shahar markazlari, avtomobil yo'llari va sanoat hududlarida ifloslanish darajasi yuqori bo'lgan. Umuman aytadigan bo'lsak, natijalar Toshkent shahrida havo sifatini muntazam ravishda monitoring qilib borish zarurligini yana bir bor ko'rsatadi. Va uni kuzatib borishda Masofadan zondlash usullaridan foydalanish eng samarali usullardan biri hisoblanadi.

## **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (WHO). (2021). Havo sifatining global ko'rsatkichlari va salomatlik uchun xavflar. Retrieved from <https://www.who.int/>
2. Copernicus Sentinel-5P. (2024). Azot dioksidi monitoring ma'lumotlari. Yevropa kosmik agentligi (ESA). Retrieved from <https://www.copernicus.eu>
3. Toshkent shahar ekologiya qo'mitasi. (2023). Toshkent shahridagi atmosfera havosining monitoringi natijalari bo'yicha hisobot.
4. Van Geffen, J. va boshq. (2019). NO<sub>2</sub> Sentinel-5P dan olingan TROPOMI Data. Atmosfera o'lchash texnikasi, 12, 365-383.

5. "O'zbekiston ekologik jurnali" (Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish bo'yicha ilmiy-ommabop jurnal).