

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
TERMIZ DAVLAT MUHANDISLIK VA AGROTEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

Qo‘l yozma huquqida

UDK 504.3.054:543.27

Eshanqulov Utkir Jumanazarovichning

“Atmosfera havosini zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini
asoslash (Termiz shahri misolida)” mavzusidagi

70520201 - Atrof-muhit muhofazasi

Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan

DISSERTATSIYA

**Ilmiy rahbar:
t.f.f.d., PhD O.Sh.Ochildiyev**

Termiz 2026

**Dissertatsiya Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar
universiteti «Atrof-muhit muhandisligi va hayot faoliyat xafsizligi»
kafedrasida bajarilgan.**

Ilmiy rahbar:	_____	_____
	imzo	Ilmiy darajasi va unvoni, familyasi,ismi, ota ismi
Rasmiy opponent:	_____	_____
	imzo	Ilmiy darajasi va unvoni, familyasi,ismi, ota ismi
Kafedra mudiri:	_____	_____
	imzo	Ilmiy darajasi va unvoni, familyasi,ismi, ota ismi
Magistra bo‘limi boshlig‘i:	_____	_____
	imzo	Ilmiy darajasi va unvoni, familyasi,ismi, ota ismi
Magistrant:	_____	_____
	imzo	Ilmiy darajasi va unvoni, familyasi,ismi, ota ismi

MUNDARIJA

KIRISH.....	4
I BOB. ATMOSFERA HAVOSINING IFLOSLANISHI VA UNI BAHOLASHNING NAZARIY ASOSLARI.....	10
1.1. Atmosfera havosida zararli birikmalarning: chang, sanoat korxonalarining zararli gazlari va avtomobildan chiqadigan zararli gazlarni nazariy tahlil qilish.....	10
1.2. Atmosfera havosining tarkibi, ifloslanish manbalari va ularning klassifikatsiyasi.....	17
1.3. Havo ifloslanishini baholashning xalqaro va milliy me'yorlari.....	21
I BOB BO'YICHA XULOSALAR.....	26
II BOB. ATMOSFERA HAVOSIDAGI ZARARLI MODDALAR KONSENTRATSIYASINI ANIQLASH USULLARI.....	30
2.1. Zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlashning fizik, kimyoviy va fizik - kimyoviy usullari.....	30
2.2. Zamonaviy instrumental tahlil usullari (gaz analizatorlar, sensorlar va monitoring tizimlari).....	35
2.3. Usullarni taqqoslash va ularning aniqlik darajasi.....	42
II BOB BO'YICHA XULOSALAR.....	46
III BOB. TERMIZ SHAHRI ATMOSFERA HAVOSINING HOZIRGI HOLATI VA IFLOSLANISH DARAJASINI TAHLIL QILISH.....	49
3.1. Termiz shahrining tabiiy-iqlimiy xususiyatlari va ekologik holati.....	49
3.2. Hududdagi asosiy ifloslantiruvchi manbalar (sanoat, transport, maishiy sektor).....	53
3.3. Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasining monitoring natijalari.....	58
3.4. Olingan ma'lumotlar asosida ekologik baholash.....	62
III BOB BO'YICHA XULOSALAR.....	65
IV BOB. ATMOSFERA HAVOSIDAGI ZARARLI MODDALAR KONSENTRATSIYASINI ANIQLASH USULLARINI ASOSLASH VA TAKOMILLASHTIRISH (TERMIZ SHAHRI MISOLIDA).....	68
4.1. Hudud uchun eng maqbul zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini tanlash mezonlari.....	68
4.2. Tanlangan usullarni ilmiy asoslash.....	71
4.3. Monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha takliflar.....	76
4.4. Atmosfera havosini muhofaza qilish va ifloslanishni kamaytirish chora- tadbirlari.....	80
IV BOB BO'YICHA XULOSALAR.....	83
XULOSA.....	87
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	90
ILOVALAR.....	96

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi "2030-yilgacha bo'lgan davrda O'zbekiston Respublikasining Atrof muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-5863-son Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 31-maydagi "Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasini transformatsiya qilish va vakolatli davlat organi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-81-son Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024-yil 29-martdagi "Atmosfera havosiga transport vositalarining salbiy ta'sirini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlar to'g'risida" 166-son qarori, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 24- sentabrdagi "Chang bo'ronlariga qarshi kurashish va atmosfera havosi sifatini yaxshilash bo'yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to'g'risida" PQ-338-son qarori, hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni tizimli ravishda amalga oshirishda ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Respublikamizda yer osti yangi foydali qazilma konlarini o'zlashtirish, neft-gaz sanoati, metallurgiya va boshqa xalq xo'jaligi chiqindilari hisobiga atrof-muhit ob'ektlarining zararlanish darajasini aniqlash usullarini takomillashtirish bo'yicha ma'lum ilmiy va amaliy natijalarga erishilgan. Mazkur yo'nalishda amalga oshirilgan dasturiy chora-tadbirlar asosida muayyan natijalar olingan, ayniqsa, yangicha yondashuvlarga asoslangan, atmosfera havosining radioekologik holatini nazorat qilish imkonini beradigan radiometrik tahlil usullari yaratilgan. 2017-2021 yillarda ko'zda tutilgan O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasining uchinchi va to'rtinchi yo'nalishlarida „odamlar yashashining ekologik havfsizligini ta'minlash, maishiy chiqindilarni qayta ishlash komplekslarini qurish va modernizatsiya qilish, ularning moddiy-texnika bazasini mustahkamlash``ga yo'naltirilgan muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan, atmosfera havosining radioekologik holati haqida batafsil ma'lumot olish, tabiiy va texnogen radiatsion havfli hududlarning ekotizimga ta'siri

kattaliklarini baholash bo'yicha olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlari muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Mavzuning dolzarbligi. Hozirgi davrda atrof-muhit muhofazasi va ekologik xavfsizlik masalalari global darajada dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Inson faoliyati natijasida tabiiy muhit komponentlari, xususan atmosfera havosi sezilarli darajada ifloslanib bormoqda. Atmosfera havosi tirik organizmlar, jumladan inson hayoti uchun zarur bo'lgan eng muhim tabiiy resurslardan biri bo'lib, uning sifat ko'rsatkichlari bevosita aholi salomatligi, biosfera barqarorligi hamda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishga ta'sir ko'rsatadi.

So'nggi yillarda sanoat ishlab chiqarishining kengayishi, transport vositalari sonining ortishi, yoqilg'i-energetika resurslaridan intensiv foydalanish natijasida atmosfera havosiga chiqarilayotgan zararli moddalar hajmi ortib bormoqda. Bu esa o'z navbatida havoning kimyoviy tarkibini o'zgartirib, undagi zararli moddalar konsentratsiyasining oshishiga olib kelmoqda. Ayniqsa, azot oksidlari, oltingugurt dioksidi, uglerod oksidi, chang zarrachalari (PM10, PM2.5) kabi ifloslantiruvchi moddalarning ortib borishi ekologik va sanitariya-gigiyena muammolarini yuzaga keltirmoqda.

Atmosfera havosining ifloslanish darajasini aniqlash va baholashda zararli moddalar konsentratsiyasini to'g'ri o'lchash muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki aniq va ishonchli monitoring natijalari asosida ekologik vaziyatga baho beriladi, muhofaza choralarini ishlab chiqish imkoniyati yaratiladi. Shu sababli atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini ilmiy asoslash, ularning aniqligi, ishonchliligi va samaradorligini tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida ham ekologik muammolarni hal etish, atmosfera havosini muhofaza qilish va uning sifatini yaxshilashga qaratilgan qator normativ-huquqiy hujjatlar qabul qilingan. Shu bilan birga, hududlar kesimida ekologik holatni chuqur o'rganish va zamonaviy monitoring tizimlarini joriy etish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Ayniqsa, janubiy hududlardan biri bo'lgan Termiz shahrida iqlimiy sharoitlar (quruq va issiq iqlim, chang ko'tarilishi),

transport harakati va mahalliy xo‘jalik faoliyati atmosfera havosining ifloslanish darajasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Termiz shahri o‘zining geografik joylashuvi va iqlimiy xususiyatlari bilan ajralib turadi. Bu hududda yoz oylarida yuqori harorat, kam yog‘ingarchilik va kuchli shamollar kuzatiladi. Natijada atmosfera havosida chang va boshqa zararli moddalar konsentratsiyasi oshib boradi. Shu bois ushbu hududda atmosfera havosining sifatini muntazam monitoring qilish va zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini takomillashtirish muhim ilmiy ahamiyatga ega.

Mazkur magistrlik dissertatsiyasi aynan atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini asoslashga qaratilgan bo‘lib, Termiz shahri misolida amaliy tahlillarni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot doirasida mavjud aniqlash usullari o‘rganilib, ularning afzallik va kamchiliklari tahlil qilinadi hamda hudud sharoitiga mos eng maqbul usullarni tanlash va asoslash vazifasi qo‘yiladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Atmosfera havosida zararli gazlarning tarqalishi va $PM_{2.5}$ va PM_{10} kabi qattiq zarrachalarning inson salomatligiga jiddiy zarar yetkazishi bo‘yicha so‘nggi yillarda olib borilgan ishlar D.J.Jacobson, L.D.McCluskey, D.W.Fahey, P.J.Adams, M.A.Scherba, J.Ren, A.M.Palcu, X.Dong, L.S.Bianchini, L.S.James, S.Pacala, R.Socolow, M.J.Yonas, N.G.Agerstrand, M.M.Boris, M.X.Xamroyev, S.Turdiyev, Sh.A.Xolova, B.Nishonov, B.A.Pulatov, M.V.Radkevich, B.Sh.Ismailxodjayev, A.T.Turaboyev, Z.Alimov, K.B.Shipilova, M.M.Xolmatov kabi olimlar ilmiy - tadqiqot ishlarini olib borgan.

O‘zbekistonda ham atmosferaning ifloslanish darajasi, sanoat korxonalaridan va transport vositalaridan chiqadigan zararli moddalar, ularning havoning sifatiga ta’siri bo‘yicha qator tadqiqotlar amalga oshirilgan. Bular jumladan A.M.Tashpulatov, B.A.Askarov, Sh.S.Rashidov, M.Z.Abdurahmonov, M.T.Safarov, N.Z.Yuldashev, Sh.M.Bunyodov, R.T.Kamilov, S.A.Qosimov kabi mahalliy olimlar atmosfera ifloslanishining asosiy manbalarini aniqlash, havodagi

zararli moddalar konsentratsiyasining vaqt va makondagi o'zgarishlarini kuzatish, ularning ekologik va ijtimoiy oqibatlarini baholash hamda atrof-muhitni himoya qilish choralarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy xulosalar berishgan.

Tadqiqotning maqsadi. Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini ilmiy jihatdan asoslash va Termiz shahri sharoitida eng samarali usullarni tanlash hamda ularni takomillashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari: Qo'yilgan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- Atmosfera xavosida zararli birikmalarning REM, sanoat korxonalari zararli gazlari va avtomobildan chiqadigan zararli gazlarni adabiyotlar tahlili asosida o'rganish;
- Termiz shahri hududidagi Sanoat korxonalaridan chiqayotgan chang va turli xil kimyoviy birikmalarning inson salomatligiga ta'sirini o'rganish;
- Atmosfera havosi tarkibini aniqlashda ishlatiladigan zamonaviy qurilma va uskunalarni ishlatish metodikalarini o'rganish va mustaqil ishlash;
- Termiz shahridagi sanoat korxonalari va avtomobil yo'llari katta chorraxalari atmosfera havosi tarkibidagi chang va boshqa zarali birikmalarini aniqlash uchun namunalar olish;
- Termiz shahridagi atmosfera havosidagi chang va turli kimyoviy birikmalarni metodika asosida o'rganish;
- Olingan natijalarni ob'ektlar bo'yicha tahlil qilish va baholash;
- Tadqiqot ishi uchun tanlangan ob'ektlarda ekologik toza muhit yaratish chora tadbirlari va tavsiyalarni ishlab chiqish.

Tadqiqot ob'ekti. Termiz shahri atmosfera havosi va undagi zararli moddalar konsentratsiyasi.

Tadqiqot predmeti. Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullari va ularning samaradorligi.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqot jarayonida quyidagi metodlardan foydalanildi:

- Tahlil va sintez usullari;
- Taqqoslash va statistik tahlil;
- Laboratoriya va instrumental o'lchash usullari;
- Ekologik monitoring usullari;
- Grafik va jadval asosida ma'lumotlarni qayta ishlash.

Ilmiy yangiligi:

- Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullari tizimli ravishda tahlil qilindi;
- Termiz shahri sharoitiga mos aniqlash usullari asoslab berildi;
- Monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha yangi takliflar ishlab chiqildi;
- Hududiy ekologik baholash natijalari umumlashtirildi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati

Mazkur tadqiqot natijalari:

- Atmosfera havosining sifatini baholashda qo'llanilishi mumkin;
- Ekologik monitoring tizimini takomillashtirishga xizmat qiladi;
- Mahalliy hokimiyat organlari va ekologik tashkilotlar uchun amaliy tavsiyalar beradi;
- Aholi salomatligini muhofaza qilishga qaratilgan chora-tadbirlarni ishlab chiqishda foydalaniladi.

Tadqiqot natijalarning ishonchliligi ma'lum hajmdagi nazariy va laboratoriya tadqiqotlari natijalarining olinganligi, radiometrik-spektrometrik usuli va o'lchash asboblarning qo'llanilganligi, ishlab chiqilgan usullarning xalqaro standart namunalar hamda zamonaviy mass-spektrometriya usuli bilan solishtirilganligi, parallel tahlillar o'tkazilganligi va boshqa tadqiqotchilar va laboratoriyalar natijalariga solishtirish orqali isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobatyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 1 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Ishning tuzilishi. Magistrlik dissertatsiyasi _____ bet: kirish, to'rtta bob, har bir bob bo'yicha xulosalar, umumiy xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati(ta manba) va ilovalardan iborat.

I BOB. ATMOSFERA HAVOSINING IFLOSLANISHI VA UNI BAHOLASHNING NAZARIY ASOSLARI

1.1. Atmosfera havosida zararli birikmalarning: chang, sanoat korxonalarining zararli gazlari va avtomobildan chiqadigan zararli gazlarni nazariy tahlil qilish

Atmosfera havosining ifloslanishi zamonaviy jamiyatning eng dolzarb ekologik muammolaridan biri bo'lib, inson salomatligi, tabiat muvozanati va iqlim o'zgarishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Atmosfera havosida zararli birikmalar asosan chang (partikulyar moddalar – PM), sanoat korxonalaridan chiqadigan gazlar (SO_2 , NO_x , CO, VOCs va og'ir metallar) hamda avtomobil transportidan chiqadigan gazlar (CO, NO_x , uglevodorodlar va qattiq zarrachalar) shaklida namoyon bo'ladi. Ushbu bo'limda mazkur zararli birikmalarning nazariy asoslari, kelib chiqishi, kimyoviy tarkibi, atmosferada tarqalishi, shuningdek, jahon va mahalliy (O'zbekiston, xususan Termiz shahri) tadqiqotlar asosida tahlil qilinadi. Nazariy tahlil antropogen va tabiiy manbalarni, ularning fizik-kimyoviy jarayonlarini hamda ekologik oqibatlarini qamrab oladi.

Atmosfera havosining ifloslanishi zamonaviy ekologiyaing eng dolzarb muammolaridan biri bo'lib, u asosan inson xo'jalik faoliyati natijasida yuzaga keladi. Atmosferaga chiqarilayotgan zararli moddalar tarkibi, miqdori va tarqalish xususiyatlari turli omillarga bog'liq bo'lib, ular orasida sanoat ishlab chiqarishi, transport vositalari va tabiiy jarayonlar muhim o'rin tutadi. Atmosfera havosida uchraydigan asosiy zararli birikmalar qatoriga chang zarrachalari, sanoat gazlari hamda avtomobil chiqindilari kiradi.

Chang (partikulyar moddalar – PM_{10} va $\text{PM}_{2.5}$)ning nazariy tahlili

Chang yoki partikulyar moddalar (PM) atmosfera havosidagi eng keng tarqalgan zararli birikmalardan biri bo'lib, ularning o'lchami bo'yicha ikki asosiy guruhga bo'linadi: PM_{10} (aerodinamik diametri 10 mkm gacha) va $\text{PM}_{2.5}$ (2,5 mkm gacha). $\text{PM}_{2.5}$ zarralari o'pka alveolariga chuqur kirib, qon tomirlariga o'tishi mumkin, shuning uchun ular sog'liq uchun eng xavfli hisoblanadi.

Nazariy jihatdan changning manbalari tabiiy va antropogen guruhga bo'linadi. Tabiiy manbalar orasida chang bo'ronlari (qumli cho'llar, Aral dengizi qurigan tubi), vulqon otilishi va o'rmon yong'inlari kiradi. Antropogen manbalar esa sanoat (tsement, metallurgiya), transport (yo'l changi), qurilish va qishloq xo'jaligi faoliyatidan kelib chiqadi. O'zbekiston sharoitida, ayniqsa Termiz shahrida tabiiy chang bo'ronlari (Afghanistan tomondan keladigan issiq shamollar) asosiy rol o'ynaydi. UNEPning 2025 yilgi hisobotiga ko'ra, Termizda $PM_{2.5}$ va PM_{10} darajasi yil davomida milliy va Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) me'yorlaridan oshib ketadi, bunda qumli bo'ronlar asosiy hissa qo'shadi.

Changning kimyoviy tarkibi murakkab: organik uglerod (OC), elementar uglerod (EC), sulfatlar, nitratlar, ammoniy ionlari, og'ir metallar (Fe, Al, Si) va biologik materiallar (pollen, bakteriyalar). $PM_{2.5}$ ning 70-80% i yonish jarayonlaridan (transport va sanoat) hosil bo'ladi, qolgan qismi ikkilamchi aerozollar (SO_2 va NO_x ning fotokimyoviy oksidlanishi) hisobiga paydo bo'ladi.

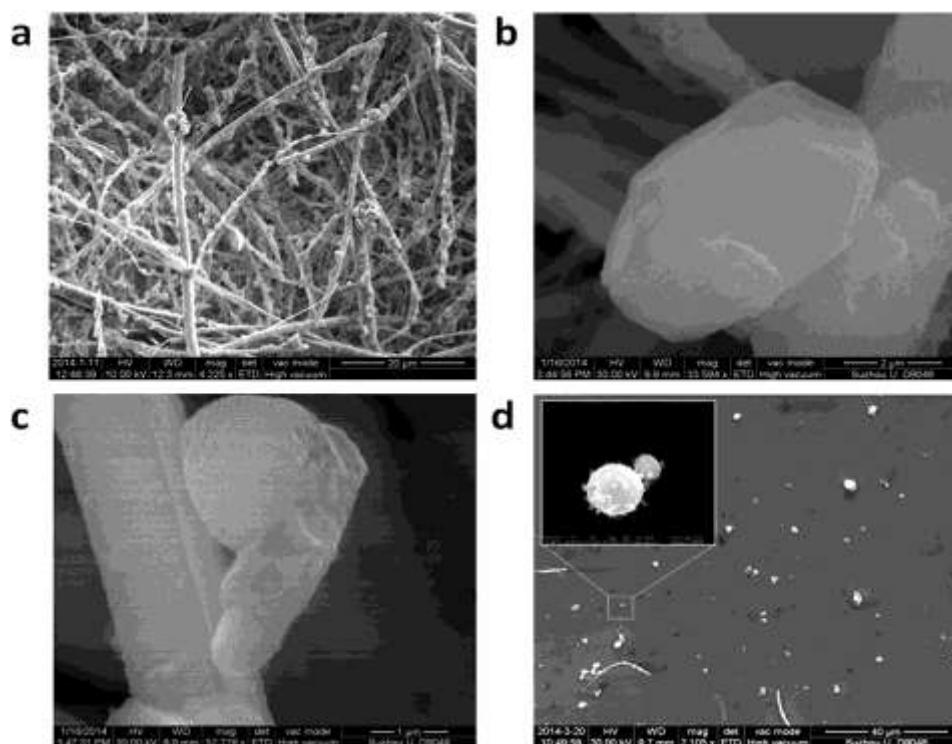
Jahon tadqiqotlari changning sog'liqqa ta'sirini chuqur o'rgangan. JSSTning 2021 yilgi Global havo sifati ko'rsatkichlari bo'yicha $PM_{2.5}$ uchun yillik o'rtacha me'yor 5 mkg/m³, 24 soatlik – 15 mkg/m³ ni tashkil etadi (interim maqsadlar bilan). Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, $PM_{2.5}$ ning har 10 mkg/m³ ga oshishi yurak-qon tomir kasalliklari va o'pka saratoni xavfini 6-13% ga oshiradi. AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) ma'lumotlariga ko'ra, transport va sanoat manbalaridan chiqadigan $PM_{2.5}$ ning 45% i NO_x va VOCs bilan birgalikda troposferik ozon hosil qiladi.

Mahalliy tadqiqotlarda (O'zbekiston) Toshkent, Termiz va boshqa shaharlarda changning tabiiy (cho'l changi) va antropogen (transport 40-50%, sanoat 20-30%) ulushi aniqlangan. Masalan, Termizda chang bo'ronlari yiliga 70 kungacha davom etishi mumkin, bu hududning iqlimiy xususiyatlari (quruq iqlim, tog' oraliq joylashuvi) bilan bog'liq. CyberLeninka bazasidagi o'zbek olimlarining ishlarida (Xodjayeva N.P., 2023) chang miqdori 1,5-2 km balandlikda quyosh nurlarini 20-50% tutib qolishi va issiqxona effekti kuchayishiga olib kelishi ta'kidlangan. Chang (aerozol zarrachalar) atmosfera havosining eng keng tarqalgan

ifloslantiruvchi komponentlaridan biri hisoblanadi. Ular qattiq yoki suyuq zarrachalardan iborat bo'lib, havoda muallaq holda mavjud bo'ladi. Zamonaviy ekologik tadqiqotlarda chang zarrachalari odatda o'lchamiga qarab PM10 va PM2.5 fraksiyalarga ajratiladi.



1-rasm. Chang zarralarining o'lchamiga ko'ra fraksiyalari.



2-rasm. Chang zarrachalarining mikroskopda ko'rinishi: a) tolasimon zarrachalar; b) va c) kristallsimon yoki granulali zarrachalar; d) mayda chang zarrachalari: aerosol yoki sanoat changlari.

PM10 (diametri 10 mkm gacha) va PM2.5 (2.5 mkm gacha) zarrachalar inson salomatligi uchun ayniqsa xavfli hisoblanadi, chunki ular nafas yo'llari orqali o'pka to'qimalariga kirib boradi. Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, PM2.5 zarrachalarining uzoq muddatli ta'siri yurak-qon tomir va nafas olish tizimi kasalliklarini keltirib chiqaradi.

Changning kelib chiqish manbalari tabiiy va antropogen turlarga bo'linadi. Tabiiy manbalarga tuproq eroziyasi, cho'l shamollari, vulqon faoliyati kirsas, antropogen manbalarga sanoat chiqindilari, qurilish ishlari va transport faoliyati kiradi. Ayniqsa, quruq iqlimli hududlarda, jumladan Termiz shahrida chang muammosi keskinroq namoyon bo'ladi.

Atmosferadagi chang zarrachalarining harakati va tarqalishi aerodinamik qonuniyatlarga asoslanadi. Zarrachalarning havoda turib qolish vaqti ularning o'lchami, zichligi va meteorologik sharoitlarga bog'liq. Kichik zarrachalar uzoq masofalarga ko'chishi mumkin, bu esa hududlararo ifloslanishga olib keladi.

Sanoat korxonalaridan chiqadigan zararli gazlar

Sanoat korxonalaridan chiqadigan zararli gazlar asosan yonish jarayonlari (ko'mir, neft, gaz), kimyoviy sintez va metallurgiya jarayonlarida hosil bo'ladi. Asosiy gazlar: oltingugurt dioksidi (SO_2), azot oksidlari (NO_x – NO va NO_2), uglerod monoksidi (CO), uchuvchi organik birikmalar (VOCs) va og'ir metallar (qurum, qo'rg'oshin).

Nazariy jihatdan SO_2 ko'mir va neft yonishida ($\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$) hosil bo'lib, kislotali yomg'irlar (H_2SO_4) sababchisi hisoblanadi. NO_x yuqori haroratli yonishda ($\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$) paydo bo'ladi va fotokimyoviy smog hosil qiladi. CO to'liqsiz yonish mahsuli ($\text{C} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$).

Jahon tadqiqotlari sanoat klasterlarida (Eron, Xitoy, Yevropa) SO_2 va NO_x ning troposferik konsentratsiyasini Sentinel-5P sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari bilan tahlil qilgan. Natijada, neftni qayta ishlash va energetika zavodlari CO va NO_2 ning asosiy manbai ekanligi aniqlangan; 2025 yilgacha prognozlar bo'yicha bu gazlar o'sishi kutilmoqda. JSST ma'lumotlariga ko'ra, SO_2 uchun 24 soatlik me'yor 40 mkg/m^3 , NO_2 uchun yillik – 10 mkg/m^3 .

O'zbekistonda sanoat chiqindilari (energetika 34%, neft-gaz 32%, metallurgiya 16%) atmosfera ifloslanishining 20-30% ini tashkil etadi. Olmaliq va Ohangaron sanoat rayonlarida kislotali yomg'irlar qayd etilgan. Sanoat korxonalarida chang va gazlarni tozalash uchun multisiklon qurilmalari (95-98% samaradorlik) qo'llaniladi, ammo eski uskunalar samarasiz.

Sanoat ishlab chiqarishi atmosfera havosining asosiy ifloslantiruvchi manbalaridan biri hisoblanadi. Turli sanoat tarmoqlarida yoqilg'i yoqish, kimyoviy reaksiyalar va texnologik jarayonlar natijasida atmosfera havosiga zararli gazlar chiqariladi.



3-rasm. Sanoat korxonalarining atmosfera havosini ifloslantirish jarayoni.

Sanoat gazlari tarkibiga quyidagi asosiy komponentlar kiradi:

- Oltingugurt dioksidi (SO_2)
- Azot oksidlari (NO_x)
- Uglerod oksidi (CO)
- Karbonat angidrid (CO_2)

- Uchuvchi organik birikmalar (VOC)

Oltinugurt dioksidi asosan ko'mir va neft mahsulotlarini yoqish natijasida hosil bo'ladi. U atmosferada suv bug'lari bilan reaksiyaga kirishib, kislotali yomg'irlarni hosil qiladi. Azot oksidlari esa yuqori haroratda yonish jarayonlarida hosil bo'lib, fotokimyoviy smog shakllanishida ishtirok etadi.

Atmosferadagi kimyoviy jarayonlarni tushuntirishda Svante Arrhenius tomonidan ishlab chiqilgan nazariyalar muhim ahamiyat kasb etadi. U atmosferadagi gazlar o'rtasidagi reaksiyalar va ularning iqlimga ta'sirini ilmiy asoslab bergan.

Sanoat gazlarining tarqalishi atmosfera barqarorligi, shamol tezligi va harorat inversiyasi kabi meteorologik omillarga bog'liq. Harorat inversiyasi sharoitida zararli gazlar yer yuzasiga yaqin qatlamda to'planib qoladi va bu ekologik xavfni yanada oshiradi.

Avtomobil transportidan chiqadigan zararli gazlar

Avtomobil transporti atmosfera ifloslanishining 40-50% ini tashkil etadi (jahon bo'yicha). Ichki yonuv dvigatellarida (benzin va dizel) quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:

- **CO:** To'liqsiz yonish ($2C + O_2 \rightarrow 2CO$).
- **NO_x:** Yuqori haroratda havo azoti oksidlanishi.
- **Uglevodorodlar (HC):** Yonmay qolgan yoqilg'i bug'lari.
- **PM (qurum):** Dizel dvigatellarida hosil bo'ladi (elementar uglerod).

Emission faktorlariga ko'ra, eski avtomobillar (10 yildan ortiq) NO_x va PM ning asosiy manbai. Jahon tadqiqotlari (AQSh, Yevropa) shuni ko'rsatadiki, transport PM_{2.5} va NO₂ ning 45% ini beradi; yangi Euro-6 standartlari emissiyani 99% ga kamaytirgan.

O'zbekistonda transport (ayniqsa Toshkent va Termizda) ifloslanishning 80% ini tashkil etadi; eski dvigatelli mashinalar va past sifatli yoqilg'i sabab. Termizda transport va qishloq xo'jaligi chiqindilari PM ga qo'shiladi.

Jahon va mahalliy tadqiqotlar (Meo S.A., 2024; UNEP Termiz hisoboti) zararli gazlarning sinergetik ta'sirini (PM + NO₂ + CO) tasdiqlaydi: nafas olish

yo‘llarida yallig‘lanish (FeNO ko‘rsatkichi oshishi), yurak kasalliklari va iqlim o‘zgarishi.

Ushbu nazariy tahlil keyingi bo‘limlarda amaliy monitoring va takomillashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Jahon (JSST, EPA) va mahalliy (O‘zbekiston, Termiz) tadqiqotlar zararli birikmalarning murakkab tabiatini va ularni kamaytirish zarurligini tasdiqlaydi.

Zararli birikmalarning o‘zaro ta’siri va ekologik oqibatlari

Atmosferaga chiqarilayotgan zararli moddalar o‘zaro kimyoviy reaksiyaga kirishib, ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarning hosil bo‘lishiga olib keladi. Masalan, azot oksidlari va uglevodorodlar quyosh nuri ta’sirida reaksiyaga kirishib, fotokimyoviy smog hosil qiladi.

Bu jarayonlar natijasida:

- Havoning shaffofligi kamayadi
- O‘simliklarga zarar yetadi
- Inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi
- Iqlim o‘zgarishlariga hissa qo‘shadi

Ilmiy tadqiqotlar, xususan World Health Organization tomonidan olib borilgan izlanishlar shuni ko‘rsatadiki, atmosfera havosining ifloslanishi har yili millionlab insonlarning sog‘lig‘iga zarar yetkazadi.

Atmosfera havosida mavjud zararli birikmalar – chang zarrachalari, sanoat gazlari va transport chiqindilari ekologik tizimga kompleks ta’sir ko‘rsatadi. Ularning kelib chiqish manbalari, fizik-kimyoviy xossalari va tarqalish qonuniyatlarini chuqur o‘rganish atmosfera havosining sifatini baholashda muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, hududiy sharoitlarni hisobga olgan holda ushbu ifloslantiruvchi moddalarni nazariy jihatdan tahlil qilish keyingi boblarda ko‘rib chiqiladigan aniqlash usullarini asoslash uchun ilmiy zamin yaratadi.

1.2. Atmosfera havosining tarkibi, ifloslanish manbalari va ularning klassifikatsiyasi.

Atmosfera havosi Yer sayyorasining hayotiy muhitini tashkil etuvchi asosiy komponent bo'lib, uning tabiiy tarkibi azot (N_2 – 78,08%), kislorod (O_2 – 20,95%), argon (Ar – 0,93%), karbonat angidrid (CO_2 – 0,04%) va boshqa gazlar (neon, geliy, metan va boshqalar)dan iborat. Biroq, inson faoliyati natijasida atmosfera havosiga zararli moddalar kirib, uning tabiiy muvozanatini buzmoqda. Havo ifloslanishi deganda atmosfera tarkibida zararli gazlar, qattiq va suyuq zarrachalar miqdorining ruxsat etilgan me'yorlardan oshishi tushuniladi. Bu jarayon nafaqat mahalliy, balki global miqyosda iqlim o'zgarishi, kislotali yomg'irlar, fotokimyoviy smog va sog'liq muammolariga olib keladi.

Atmosfera havosining ifloslanish manbalari ikki asosiy guruhga bo'linadi: **tabiiy** va **antropogen** (inson faoliyatidan kelib chiqadigan). Tabiiy manbalar orasida chang bo'ronlari, vulqon otilishi, o'rmon yong'inlari, o'simliklar emissiyasi va biologik jarayonlar kiradi. Antropogen manbalar esa sanoat, transport, energetika, qishloq xo'jaligi va maishiy sektorlarga bo'linadi.

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, har yili havo ifloslanishi sababli 7 milliondan ortiq odam o'limiga duch keladi, shundan 4,2 millioni ochiq havo ifloslanishi bilan bog'liq. O'zbekistonda, xususan janubiy hududlarda (Surxondaryo viloyati, Termiz shahri) ifloslanishning o'ziga xos xususiyatlari mavjud: quruq kontinental iqlim, tog'-cho'l reliefi va transchegaraviy chang bo'ronlari antropogen manbalar bilan birgalikda $PM_{2.5}$ va PM_{10} darajasini keskin oshiradi.

Atmosfera havosining tarkibi va asosiy zararli moddalar

Tabiiy atmosfera tarkibida zararli moddalar miqdori minimal bo'lsa-da, antropogen ta'sir natijasida quyidagi moddalar asosiy ifloslantiruvchilarga aylanadi:

- **Qattiq zarrachalar (PM_{10} va $PM_{2.5}$):** Eng xavfli ifloslantiruvchi. $PM_{2.5}$ o'pka va qon tomirlariga chuqur kirib, yurak-qon tomir va nafas kasalliklarini keltirib chiqaradi.

- **Azot oksidlari (NO_x – asosan NO_2):** Transport va sanoat yonishidan hosil bo‘ladi, fotokimyoviy smog va ozon hosil qiladi.
- **Oltingugurt dioksidi (SO_2):** Ko‘mir va neft mahsulotlari yonishida paydo bo‘ladi, kislotali yomg‘irlar sababchisi.
- **Uglerod monoksidi (CO):** To‘liqsiz yonish mahsuli, gemoglobin bilan bog‘lanib, kislorod yetishmovchiligiga olib keladi.
- **Uchuvchi organik birikmalar (VOCs):** Sanoat, transport va maishiy kimyoviy moddalardan chiqadi, ozon va ikkilamchi aerozollar hosil qiladi.
- **Boshqa moddalar:** Ammoniy (NH_3), og‘ir metallar, benzopiren va ozon (troposferik).

1-jadval

Atmosfera havosining tabiiy va ifloslangan tarkibining taqqosiy tahlili (asosiy komponentlar bo‘yicha)

Komponent / Modda	Tabiiy konsentratsiya (taxminiy)	Ifloslangan holatdagi o‘rtacha konsentratsiya (shahar sharoitida)	Asosiy manbalar (Termiz misolida)	Sog‘liq va atrof-muhitga ta’siri
Azot (N_2)	78,08%	O‘zgarmaydi	–	Asosiy gaz, inert
Kislorod (O_2)	20,95%	Biroz pasayishi mumkin	–	Nafas olish uchun zarur
Karbonat anhidrid (CO_2)	0,04% (420 ppm)	450–600 ppm (shaharlarda)	Sanoat, transport, yonish	Issiqxona effekti kuchayishi
Chang / $\text{PM}_{2.5}$	5–15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (fon)	30–200+ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Termizda chang bo‘ronlarida yuqori)	Tabiiy chang bo‘ronlari (36–50%), qishki isitish (28%)	O‘pka va yurak kasalliklari, erta o‘lim
PM_{10}	20–50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100–500+ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chang bo‘ronlari, yo‘l changi, qurilish	Nafas yo‘llari tirnashishi
NO_2	1–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20–80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Transport (asosiy), sanoat	Fotokimyoviy smog, nafas kasalliklari

Komponent / Modda	Tabiiy konsentratsiya (taxminiy)	Ifloslangan holatdagi o'rtacha konsentratsiya (shahar sharoitida)	Asosiy manbalar (Termiz misolida)	Sog'liq va atrof-muhitga ta'siri
SO ₂	<5 µg/m ³	10–50 µg/m ³	Sanoat, ko'mir yonishi	Kislotali yomg'ir, astma kuchayishi
CO	0,1–1 mg/m ³	2–10 mg/m ³	Avtomobillar, isitish	Zaharlanish, bosh og'rig'i
VOCs	Past	O'zgaruvchan	Transport, sanoat, qishloq xo'jaligi	Ozon hosil qilish, kanserojen ta'sir

(Ushbu jadval JSST, UNEP va O'zbekiston milliy monitoring ma'lumotlari asosida tuzilgan. Termizda PM_{2.5} yillik o'rtacha ko'rsatkichi JSST me'yoridan (5 µg/m³) bir necha barobar yuqori bo'lishi mumkin.)

Ifloslanish manbalarining klassifikatsiyasi

Ifloslanish manbalari quyidagi asosiy mezonlar bo'yicha tasniflanadi:

- Kelib chiqishi bo'yicha:** Tabiiy va antropogen.
- Harakat holati bo'yicha:** Statsionar (sanoat korxonalari, energetika) va harakatdagi (transport).
- Tarkibi bo'yicha:** Gazsimon, qattiq zarrachali va aerosol.
- Ta'sir doirasi bo'yicha:** Lokal, regional va transchegaraviy.

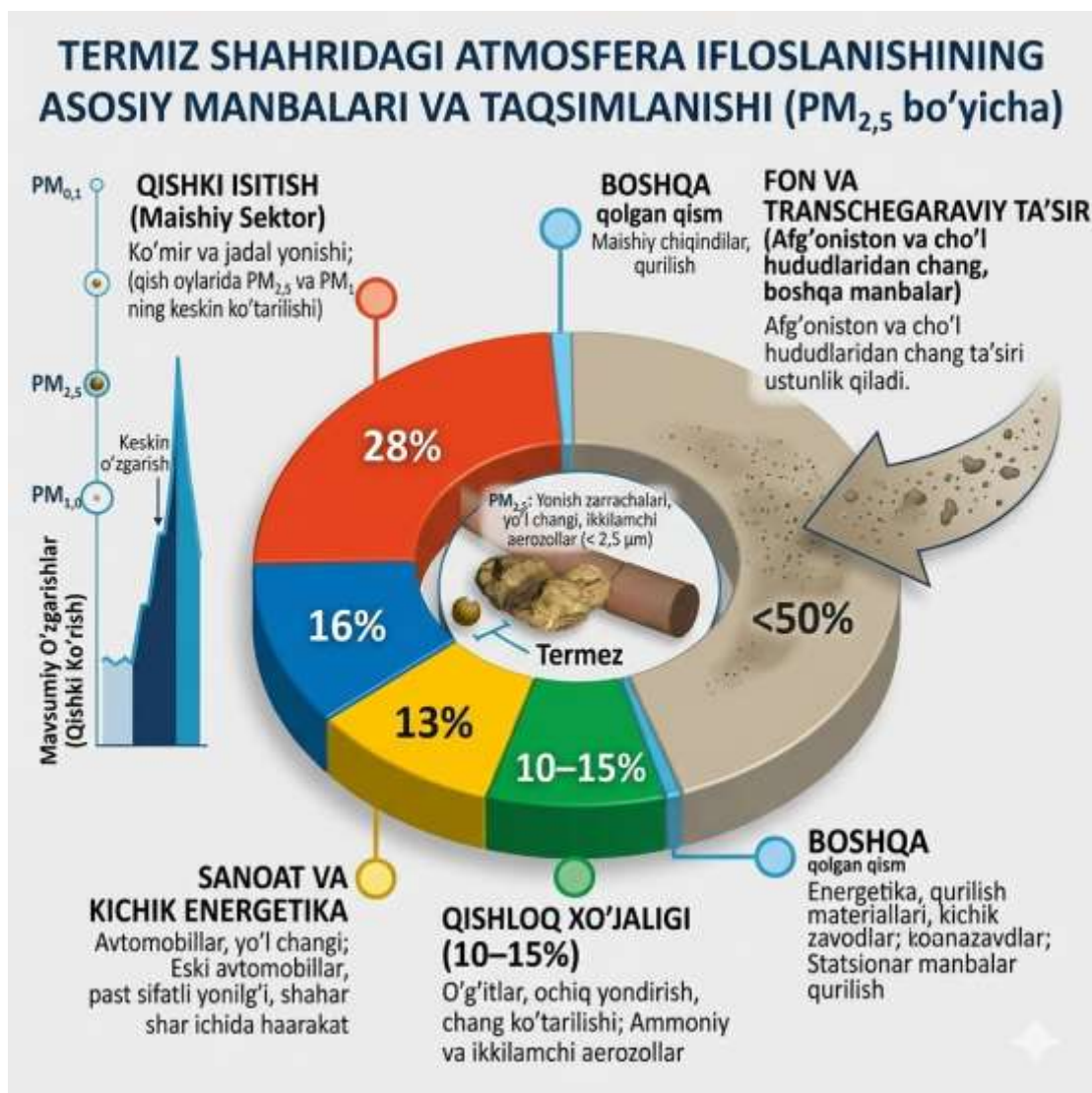
2-jadval

Termiz shahridagi asosiy ifloslanish manbalarining taqqosiy tavsifi (2023–2025 ma'lumotlar asosida)

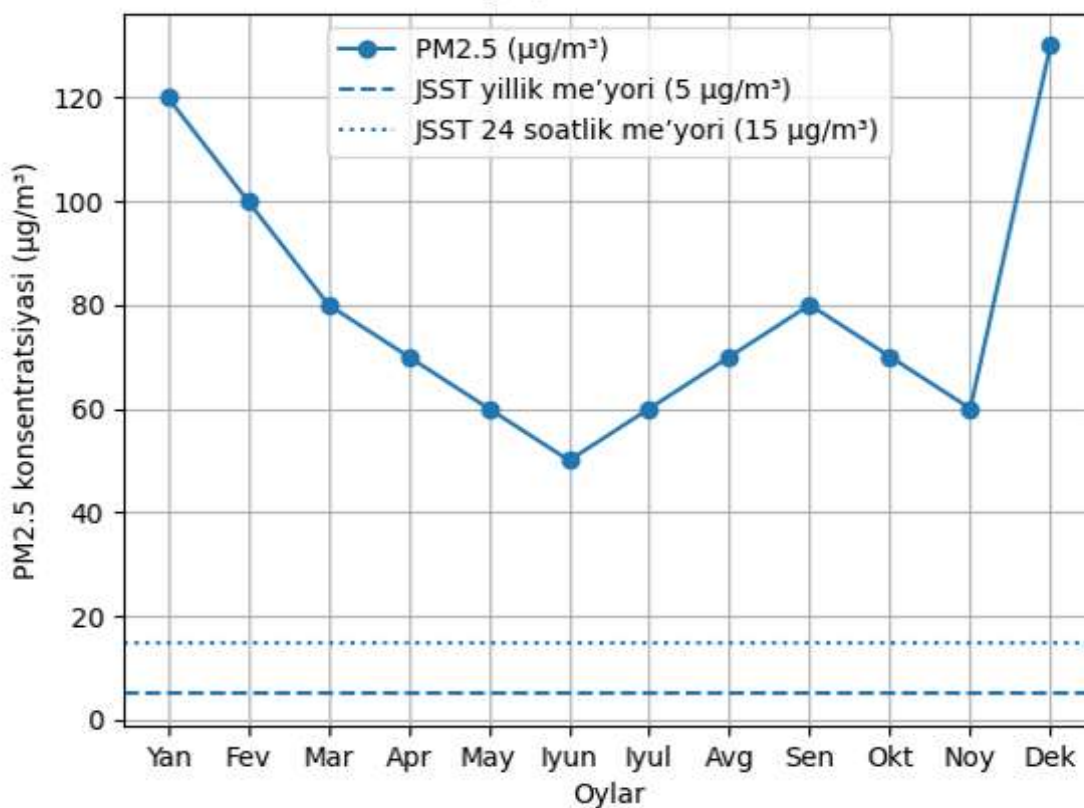
Manba turi	Asosiy zararli moddalar	Ulushi (PM _{2.5} bo'yicha, taxminiy %)	Mavsumiy xususiyatlari	Termizga xos xususiyatlar
Tabiiy chang bo'ronlari	PM ₁₀ , PM _{2.5} , minerallar	36–50%	Bahor-yoz (70 kungacha)	Tog' oraliq joylashuv, transchegaraviy chang oqimi
Maishiy isitish	PM _{2.5} , PM ₁ , CO, SO ₂ ,	28%	Qish (yuqori cho'qqi)	Ko'mir va yoqilg'i yonishi, shahar atrofi

Manba turi	Asosiy zararli moddalar	Ulushi (PM _{2.5} bo'yicha, taxminiy %)	Mavsumiy xususiyatlari	Termizga xos xususiyatlar
	VOCs			
Transport	NO _x , CO, PM (qurum), VOCs, yo'l changi	16%	Yil davomida, ayniqsa soatlik cho'qqilarda	Eski avtomobillar, yo'l changi, shahar markazi
Qishloq xo'jaligi	NH ₃ , PM, VOCs	10–15%	Bahor-kuz (o'g'itlash va yondirish)	Atrofdagi dalalar, ochiq yondirish
Sanoat va energetika	SO ₂ , NO _x , PM, og'ir metallar	13%	Doimiy (statsionar)	Kichik korxonalar, energetika ob'ektlari

1-diagramma



Termiz shahrida PM_{2.5} konsentratsiyasining mavsumiy o'zgarishi
2024-2025-yilgi ma'lumotlar asosida



Termiz shahri misolida ifloslanish manbalarining murakkabligi shundaki, tabiiy va antropogen omillar sinergetik ta'sir ko'rsatadi: chang bo'ronlari fonida transport va isitish chiqindilari qo'shilganda zararli moddalar konsentratsiyasi keskin oshadi. Bu holat nafaqat mahalliy monitoringni, balki mintaqaviy hamkorlikni (Afg'oniston va boshqa qo'shni davlatlar bilan chang bo'ronlarini kamaytirish) talab etadi.

1.3. Havo ifloslanishini baholashning xalqaro va milliy me'yorlari.

Havo ifloslanishini baholashning xalqaro va milliy me'yorlari atmosfera havosining sifatini ilmiy asoslangan tarzda nazorat qilish, sog'liqni saqlash va ekologik muvozanatni ta'minlashning asosiy huquqiy va texnik vositasidir. Ushbu me'yorlar zararli moddalar konsentratsiyasini maksimal ruxsat etilgan konsentratsiyalar (MRK yoki MPC – Maximum Permissible Concentrations) bilan taqqoslash orqali amalga oshiriladi. Xalqaro me'yorlar Jahon sog'liqni saqlash

tashkiloti (JSST), Yevropa Ittifoqi (YI) va AQSh Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan ishlab chiqilgan bo'lsa, milliy me'yorlar O'zbekiston Respublikasining qonun hujjatlari, sanitariya norma va qoidalari (SanPiN) hamda davlat standartlari (O'z DSt va GOST) asosida shakllantirilgan.

Xalqaro miqyosda havo sifatini baholashning asosiy hujjati **JSSTning 2021 yildagi Global havo sifati ko'rsatkichlari (WHO Global Air Quality Guidelines)** hisoblanadi. Ushbu hujjat 2005 yildagi oldingi tavsiyalarni tubdan qayta ko'rib chiqib, zararli moddalar uchun yangi chegaraviy qiymatlarni belgiladi. JSST ma'lumotlariga ko'ra, havo ifloslanishi har yili 7 millionga yaqin o'lim holatiga sabab bo'ladi, shuning uchun yangi me'yorlar sog'liq uchun xavfni minimallashtirishga qaratilgan. Asosiy moddalar bo'yicha JSST 2021 tavsiyalari quyidagicha:

- **PM_{2.5}** (mayda zarrachalar): yillik o'rtacha – 5 mkg/m³, 24 soatlik – 15 mkg/m³;
- **PM₁₀**: yillik – 15 mkg/m³, 24 soatlik – 45 mkg/m³;
- **NO₂**: yillik – 10 mkg/m³, 24 soatlik – 25 mkg/m³;
- **SO₂**: 24 soatlik – 40 mkg/m³;
- **CO**: 24 soatlik – 4 mg/m³;
- **O₃** (ozon): 8 soatlik – 100 mkg/m³, mavsumiy cho'qqi – 60 mkg/m³.

JSST shuningdek, oraliq maqsadlar (Interim Targets – IT1–IT4) ni belgilab, yuqori ifloslanishli mamlakatlar uchun bosqichma-bosqich kamaytirishni tavsiya qiladi. Masalan, PM_{2.5} uchun IT1 (yillik 35 mkg/m³) dan boshlab IT4 (10 mkg/m³) gacha. Bu me'yorlar Yevropa Ittifoqining 2008/50/EC direktivasi va AQSh EPAning Milliy atrof-muhit havo sifati standartlari (NAAQS) bilan uyg'unlashgan.

Xalqaro standartlar (ISO va WHO tavsiyalari)

Xalqaro standartlar atmosfera havosini monitoring qilishning umumiy tamoyillari, namuna olish va tahlil usullarini belgilaydi. Ular JSST (WHO) Global havo sifati ko'rsatkichlari (2021) bilan birgalikda qo'llaniladi.

- **ISO 4225:2020** — Air quality — General aspects of air quality (havo sifatining umumiy jihatlari, terminlar va ta'riflar).
- **ISO 4226** — Air quality — General terms and definitions (havo sifati terminlari).
- **ISO 16017 (series)** — Air quality — Sampling and analysis of volatile organic compounds (VOCs) in ambient, indoor and workplace air by sorbent tube/thermal desorption/gas chromatography.
- **ISO 14966** — Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method (noorganik tolali zarrachalar).
- **ISO 8573 (series)** — Compressed air quality (siqilgan havo sifati, lekin monitoring usullari uchun qo'llaniladi).
- **ISO/TC 146 (Air quality)** — Umumiy texnik qo'mita: emissiya, ish joyi havo, atrof havo va ichki havo uchun o'lchash usullari, sifat ta'minoti (QA/QC) va natijalarni baholash.
- **WHO Global Air Quality Guidelines 2021** — PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, O₃, CO uchun tavsiya etilgan o'lchash va monitoring yondashuvlari (namuna olish va instrumental usullar bo'yicha ko'rsatmalar).

Mintaqaviy/GOST standartlari (O'zbekiston tomonidan qabul qilingan yoki moslashtirilgan)

O'zbekiston sobiq Ittifoq davridan meros bo'lgan GOSTlarni (hozirgi EAC va O'z DSt bilan birgalikda) faol qo'llaydi. Ular emissiyalarni tasniflash, monitoring va o'lchash usullarini tartibga soladi.

- **GOST 17.2.1.01-76** — Environmental Protection. Atmosphere. Classification of emissions by composition (atmosfera emissiyalarini tarkibi bo'yicha tasniflash).
- **GOST 17.2.1.03-84** — Nature protection. Atmosphere. Terms and definitions of air pollution control (atmosfera ifloslanishini nazorat qilish terminlari va ta'riflari).

- **GOST 17.2.3.01-86** — Nature protection. Atmosphere. Rules for air quality control in populated areas (aholi punktlarida havo sifatini nazorat qilish qoidalari).
- **GOST 17.2.4.02-81** (va boshqa seriyalar) — Nature protection. Atmosphere. Methods of determination of pollutants (zararli moddalarni aniqlash usullari).
- **GOST 33554-2015** — Motor vehicles. Content of pollutants in the interior of driver's cab and passenger compartment. Technical requirements and test methods (transport vositalarida ichki havo ifloslanishi o'lchash usullari, gaz xromatografiyasi, elektrokimyoviy va boshqa metodlar).
- **GOST R 58579-2019** va **GOST R 56166-2019** — Havo sifati standartlari va emissiya chegaralari bo'yicha (Rossiya Federatsiyasi, lekin EAC mamlakatlarida, shu jumladan O'zbekistonda qo'llaniladi).

O'zbekiston milliy standartlari va sanitariya normalari (O'z DSt, SanPiN)

O'zbekistonda atmosfera havosini monitoring va zararli moddalarni aniqlash quyidagi milliy hujjatlar asosida amalga oshiriladi:

- **SanPiN 0293-11** — Gigienik me'yorlar. O'zbekiston Respublikasi aholi punktlari atmosfera havosida ifloslantiruvchi moddalarning ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi (MRK/MPC) ro'yxati (zararli moddalarni aniqlash va baholash uchun asosiy hujjat).
- **SanPiN 0246-08** — Aholi punktlarida atmosfera havosini muhofaza qilishning sanitariya normalari va talablari.
- **SanPiN 0147-04** — Aholi punktlari havosidagi mikroorganizm-produktorlarning ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi.
- **O'z DSt 1015:2002** va **O'z DSt 1016:2002** — Favqulodda vaziyatlarda monitoring va prognozlash qoidalari (atmosfera monitoringi bilan bog'liq).
- **O'z DSt seriyasi (atmosfera muhofazasi bo'yicha)** — GOSTlarga asoslangan milliy moslashtirilgan standartlar (masalan, emissiya hisobi va monitoring usullari).

- **“Atmosfera havosini muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonun (1996 y., № 353-I, keyingi o‘zgartirishlar bilan)** — Monitoring va nazorat usullarining huquqiy asosi (27-modda: atmosfera havosi monitoringi).
- **Vazirlar Mahkamasining 737-sonli qarori (2019)** — Atrof tabiiy muhitning davlat monitoringi tizimini takomillashtirish (O‘zgidromet tomonidan amalga oshiriladi).
- **SanEQvaN 0053-23** (2024 yilgi yangilanishlar) — PM_{2.5} va boshqa moddalar uchun yangi gigienik me‘yorlar va monitoring talablari.

Izoh: O‘zbekistonda zararli moddalarni aniqlash usullari ko‘pincha GOST 17 seriyasiga asoslanadi (namuna olish — aspiratsiya usuli, tahlil — gaz xromatografiyasi, spektrofotometriya, elektrokimyoviy sensorlar). Zamonaviy avtomatik monitoring stansiyalari (O‘zgidromet tizimi) ISO va JSST tavsiyalariga mos keladigan instrumental usullarni (real vaqt rejimida PM, NO₂, SO₂, CO o‘lchash) qo‘llaydi. 2024 yildan boshlab PM_{2.5} uchun milliy standart ishlab chiqilmoqda va JSSTga yaqinlashtirilmoqda.

Milliy me‘yorlar: O‘zbekiston Respublikasida atmosfera havosini muhofaza qilishning huquqiy asosini **“Atmosfera havosini muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonun (1996 yil 27 dekabr, № 353-I, 2019 yilda o‘zgartirishlar bilan)** tashkil etadi. Qonunning 2-moddasiga ko‘ra, havo muhofazasi to‘g‘risidagi qonun hujjatlari ushbu Qonun va boshqa normativ hujjatlardan iborat bo‘lib, xalqaro shartnomalar ustunlikka ega. Qonun atmosfera havosining tarkibini saqlash, zararli chiqindilarni cheklash va monitoringni tartibga soladi.

Asosiy sanitariya talablari **SanPiN 0293-11 (yoki SanPiN 0350-17 – Aholi punktlarida atmosfera havosini muhofaza qilishning sanitariya norma va qoidalari)** da belgilangan. Ushbu hujjatlar maksimal ruxsat etilgan konsentratsiyalarni (MRK m.r. – maksimal razovaya, MRK s.s. – o‘rtacha sutkalik, MRK yillik) belgilaydi. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi va Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi tomonidan tasdiqlangan.

O'zbekistonda havo ifloslanish darajasi **atmosfera ifloslanishining kompleks indeksi (AII)** orqali baholanadi. AII 5 dan kam bo'lsa – past, 5–7 – o'rtacha, 7–14 – yuqori, 14 dan yuqori – juda yuqori deb hisoblanadi. Bu indeks asosiy ifloslantiruvchilar (chang, SO₂, NO₂, CO va boshqalar) konsentratsiyasining MRK ga nisbati asosida hisoblanadi.

O'zbekistonda sanitariya talablari nafaqat chegaraviy qiymatlarni, balki monitoring tizimini, sanoat korxonalari uchun sanitariya-himoya zonalarini (masalan, neft-gaz korxonalari uchun 1000 m) va qurilish maydonlarida changni nazorat qilishni ham qamrab oladi. 2024 yilda Sog'liqni saqlash vazirligi tomonidan qabul qilingan yangi PM_{2.5} standarti (SanPiN 0053-23) milliy me'yorlarni JSST tavsiyalariga yaqinlashtirishda muhim qadam bo'ldi. Biroq, amaliyotda (ayniqsa Termiz shahrida) tabiiy chang bo'ronlari va transchegaraviy ta'sir tufayli milliy me'yorlar hali ham JSSTdan yuqori qolmoqda.

GOST standartlari (GOST 17.2.1.01-76 – emissiyalarni tarkibi bo'yicha tasniflash, GOST 17.2.1.03-84 – atmosfera muhofazasi) monitoring usullarini va emissiya hisobini tartibga soladi. Ushbu standartlar Sovet davridan meros bo'lib, hozirgi kunda O'z DSt bilan birgalikda qo'llanilmoqda.

Termiz shahri misolida havo ifloslanishini baholashda milliy me'yorlar (SanPiN) asos qilib olinadi, ammo xalqaro JSST tavsiyalari ilmiy tahlil va takliflar uchun me'yor sifatida ishlatiladi. Bu yondashuv hududning iqlimiy xususiyatlarini (chang bo'ronlari) hisobga olgan holda moslashuvchan baholash imkonini beradi. Atmosfera havosidagi zararli moddalarni aniqlash usullari bo'yicha GOSTlar, mahalliy va xalqaro standartlar ro'yxati

I BOB BO'YICHA XULOSALAR:

Birinchi bobda atmosfera havosining ifloslanishi va uni baholashning nazariy asoslari batafsil o'rganildi. Ushbu bobning asosiy maqsadi zararli birikmalar (chang/PM, sanoat gazlari va avtomobil chiqindilari)ning nazariy tahlili, atmosfera tarkibi, ifloslanish manbalarining klassifikatsiyasi hamda xalqaro va milliy me'yorlarni tizimli ravishda yoritishdan iborat edi. Tadqiqot natijalari shuni

ko'rsatadiki, atmosfera ifloslanishi murakkab tabiatga ega bo'lib, tabiiy va antropogen omillar sinergetik ta'sir ko'rsatadi. Bu holat ayniqsa, Termiz shahri kabi janubiy hududlarda yaqqol namoyon bo'ladi.

Atmosfera havosidagi zararli birikmalar – chang (PM_{10} va $PM_{2.5}$), sanoat korxonalarining gazlari (SO_2 , NO_x , CO, VOCs) va avtomobildan chiqadigan moddalar – inson salomatligi, ekotizim va iqlim o'zgarishiga jiddiy tahdid soladi. Nazariy tahlil shuni tasdiqlaydiki, $PM_{2.5}$ zarralari o'pka alveolariga chuqur kirib, qon tomirlariga o'tishi mumkin, bu esa yurak-qon tomir kasalliklari, o'pka saratoni va erta o'lim xavfini oshiradi. JSST ma'lumotlariga ko'ra, $PM_{2.5}$ ning har 10 mk/m^3 ga oshishi sog'liq uchun xavfni 6–13% ga orttiradi.

Sanoat korxonalarida yuqori haroratli yonish jarayonlari SO_2 va NO_x ning asosiy manbai bo'lib, ular kislotali yomg'irlar va fotokimyoviy smog hosil qiladi. Avtomobil transporti esa shaharlarda ifloslanishning 40–60% ini tashkil etadi, ayniqsa eski dvigatelli mashinalar va past sifatli yoqilg'i tufayli CO, NO_x va qurum (elementar uglerod) emissiyasi yuqori. Jahon tadqiqotlari (EPA, EEA) va mahalliy ishlar (O'zbekiston olimlari) bu moddalar sinergetik ta'sirini ($PM + NO_2 + CO$) tasdiqlaydi: ular nafas yo'llarida yallig'lanishni kuchaytiradi va iqlim o'zgarishiga hissa qo'shadi. Termiz shahrida tabiiy chang bo'ronlari (Afganiston tomondan keladigan “afg'on shamoli”) antropogen manbalar bilan birgalikda PM darajasini keskin oshiradi.

Atmosfera havosining tabiiy tarkibi (N_2 – 78,08%, O_2 – 20,95%, Ar – 0,93%, CO_2 – 0,04%) inson faoliyati natijasida sezilarli darajada o'zgarib, zararli moddalar konsentratsiyasi oshmoqda. Ifloslanish manbalari ikki asosiy guruhga bo'linadi: tabiiy (chang bo'ronlari, vulqonlar, o'rmon yong'inlari) va antropogen (sanoat, transport, energetika, maishiy sektor, qishloq xo'jaligi).

Termiz shahri misolida ifloslanish manbalarining tasnifi quyidagicha:

- Tabiiy chang bo'ronlari va qumli shamollar — 36–50% (bahor-yoz oylarida ustunlik qiladi, yiliga 30–70 kun davom etishi mumkin);
- Maishiy/qishki isitish (ko'mir va yoqilg'i yonishi) — 28% (qish oylarida $PM_{2.5}$ keskin oshadi);

- Transport (avtomobillar va yo‘l changi) — 16%;
- Qishloq xo‘jaligi va sanoat — qolgan ulush.

UNEPning 2025 yilgi Termiz hisoboti (avtomatik stansiya ma’lumotlari, 2023–2024) shuni ko‘rsatadiki, chang bo‘ronlari paytida $PM_{2.5}$ 1200 mg/m^3 gacha (milliy standartdan 20 barobar yuqori), PM_{10} esa 5614 mg/m^3 gacha yetishi mumkin. Qish oylarida fosil yoqilg‘i bilan isitish PM_1 va $PM_{2.5}$ ning asosiy antropogen manbai hisoblanadi. Mavsumiy grafiklar (qishda yuqori cho‘qqilar, yozda chang bo‘ronlari) ifloslanishning murakkab dinamikasini tasdiqlaydi. Tabiiy va antropogen omillar sinergetik ta’siri Termizda havo sifatini baholashda qo‘shimcha qiyinchiliklar tug‘diradi.

Havo ifloslanishini baholashning xalqaro va milliy me’yorlari sog‘liqni saqlash va ekologik nazoratning asosiy huquqiy mexanizmi hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining 2021 yilgi Global havo sifati ko‘rsatkichlari (WHO AQG 2021) eng zamonaviy ilmiy asos bo‘lib, quyidagi chegaralarni belgilaydi:

- $PM_{2.5}$: yillik – 5 mg/m^3 , 24 soatlik – 15 mg/m^3 ;
- PM_{10} : yillik – 15 mg/m^3 , 24 soatlik – 45 mg/m^3 ;
- NO_2 : yillik – 10 mg/m^3 , 24 soatlik – 25 mg/m^3 ;
- SO_2 : 24 soatlik – 40 mg/m^3 ;
- CO: 24 soatlik – 4 mg/m^3 .

Ushbu me’yorlar oraliq maqsadlar (Interim Targets IT1–IT4) bilan bosqichma-bosqich kamaytirishni nazarda tutadi. Yevropa Ittifoqi direktivalari va AQSh EPA standartlari ham JSST tavsiyalariga yaqinlashmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida “Atmosfera havosini muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonun (1996 y., o‘zgartirishlar bilan), SanPiN 0293-11 (va 2024 yilgi yangilanishlar – SanPiN 0053-23) hamda GOST 17.2.1.01-76, GOST 17.2.1.03-84 kabi standartlar asosiy normativ-huquqiy hujjatlardir. Milliy me’yorlar (masalan, $PM_{2.5}$ uchun oldingi 35–50 mg/m^3) hali ham JSSTdan sezilarli yuqori bo‘lib qolmoqda, ammo 2023–2024 yillarda $PM_{2.5}$ uchun yangi milliy standartlar ishlab chiqilgan va Sog‘liqni saqlash vazirligi tomonidan

tasdiqlangan. Atmosfera ifloslanishining kompleks indeksi (AII) milliy baholashda qo'llaniladi.

Taqqosiy jadval va diagrammalar milliy me'yorlarning xalqaro standartlardan farqini aniq ko'rsatadi: ayniqsa PM va NO₂ bo'yicha milliy chegaralar yuqoriroq. Bu farq Termiz kabi chang bo'ronlari kuchli hududlarda monitoring va baholashda moslashuvchan yondashuvni talab etadi. O'zbekistonda monitoring tizimi (O'zgidromet avtomatik stansiyalari, "Zamin" fondi loyihalari) modernizatsiya qilinmoqda: 2025 yil oxirigacha 347 ta avtomatik stansiya integratsiyasi rejalashtirilgan.

Birinchi bob tadqiqoti atmosfera havosining ifloslanishi nazariy jihatdan chuqur o'rganilganligini, zararli moddalar manbalari va ularning klassifikatsiyasini aniqlanganligini, shuningdek, xalqaro (JSST 2021) va milliy (SanPiN, GOST, Qonun) me'yorlar tizimini tahlil qilinganligini ko'rsatadi. Asosiy muammo – tabiiy (chang bo'ronlari) va antropogen (transport, isitish, sanoat) manbalarining sinergetik ta'siri bo'lib, bu ayniqsa Termiz shahrida yaqqol. UNEP 2025 hisoboti va mahalliy monitoring ma'lumotlari Termizda PM_{2.5} va PM₁₀ ko'rsatkichlari milliy va xalqaro me'yorlardan bir necha barobar yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Nazariy asoslar keyingi bo'limlarda amaliy monitoring usullari, Termiz shahridagi real holat tahlili va takomillashtirish takliflarini ishlab chiqish uchun mustahkam poydevor yaratadi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, havo ifloslanishini samarali baholash va kamaytirish uchun milliy me'yorlarni JSST tavsiyalariga bosqichma-bosqich yaqinlashtirish, monitoring tizimini avtomatlashtirish va mintaqaviy hamkorlik (transchegaraviy chang bo'ronlari bo'yicha) zarur. Ushbu yondashuv nafaqat Termiz shahri, balki butun O'zbekiston uchun ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi.

II BOB. ATMOSFERA HAVOSIDAGI ZARARLI MODDALAR KONSENTRATSIYASINI ANIQLASH USULLARI.

2.1. Zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlashning fizik, kimyoviy va fizik - kimyoviy usullari.

Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash – havo ifloslanishini monitoring qilishning asosiy bosqichlaridan biri bo‘lib, ilmiy-tadqiqot ishlarida, davlat nazoratida va ekologik baholashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu usullar zararli moddalarning ($\text{CH}_4/\text{PM}_{10}$, $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , NO_x , CO , VOCs va boshqalar) tabiatiga, disperslik darajasiga va konsentratsiya darajasiga qarab tanlanadi. Nazariy jihatdan ular **fizik**, **kimyoviy** va **fizik-kimyoviy** guruhlariga bo‘linadi. Har bir guruhning afzalliklari, kamchiliklari va qo‘llanish sohalari mavjud bo‘lib, ularning tanlovi namunani olish sharoitlari, aniqlik talablari va iqtisodiy omillarga bog‘liq.

Fizik usullar asosan moddaning fizik xususiyatlariga (massa, o‘lcham, optik xossalari, elektr o‘tkazuvchanligi) asoslanadi. Ular oddiy, tez va ko‘pincha real vaqt rejimida ishlaydi. Kimyoviy usullar esa moddaning kimyoviy reaksiyalariga asoslanib, aniq miqdoriy tahlilni ta‘minlaydi, ammo ko‘proq vaqt talab qiladi va laboratoriya sharoitini talab etadi. Fizik-kimyoviy usullar ikkalasining afzalliklarini birlashtirib, eng zamonaviy va aniq natijalarni beradi.

Fizik usullar

Fizik usullarning asosiy vakili – **gravimetrik (og‘irlik) usuli**. Bu usul qattiq zarrachalar (PM_{10} va $\text{PM}_{2.5}$) konsentratsiyasini aniqlashda eng keng qo‘llaniladi. Havodan maxsus filtrlar (Teflon, kvarts yoki shisha tolali) orqali namuna olinadi, keyin filtrning oldingi va keyingi massasi mikrobalans yordamida o‘lchanadi. Konsentratsiya formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$C = (m_2 - m_1) / V$$

bu yerda: C – konsentratsiya (mkg/m^3), m_2 va m_1 – filtrning keyingi va oldingi massasi (mkg), V – o‘tkazilgan havo hajmi (m^3).



4-rasm. Gravimetrik tahlil usuli

Gravimetrik usul EPA (AQSh) va EN 12341:2023 (Yevropa) standartlarida reference method sifatida qabul qilingan. Aniqlik darajasi yuqori ($\pm 1-2$ mkg), ammo namuna olish vaqt talab qiladi (24 soatlik namuna). O'zbekistonda bu usul O'zgidromet stansiyalarida va laboratoriyalarda qo'llaniladi. Termiz shahri kabi chang bo'ronlari kuchli hududlarda filtrlar tez to'lib qolishi mumkin, bu esa o'lchov xatolarini keltirib chiqaradi.

Boshqa fizik usullar:

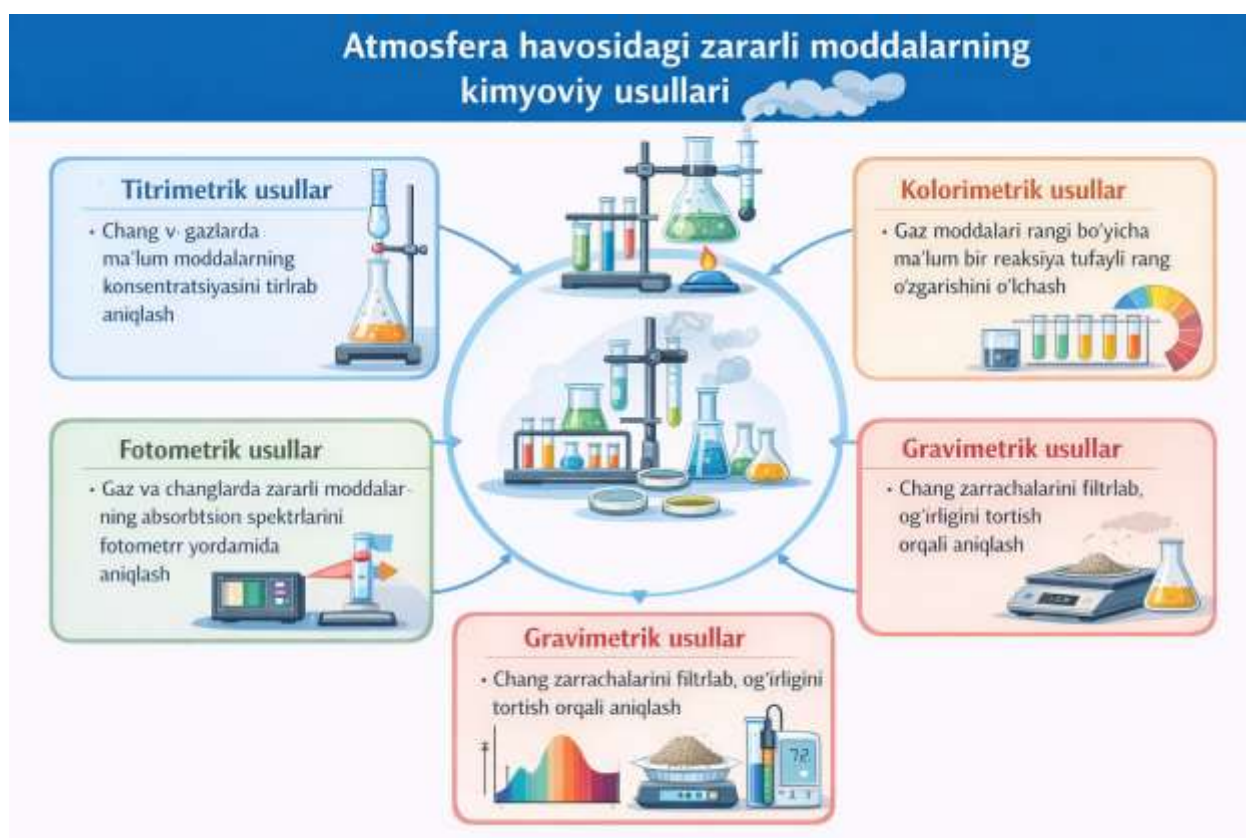
- **Optik usullar** (nephelometriya, lazerli difraksiya) – zarrachalar yorug'likni sochishi yoki yutishi asosida ishlaydi. Tez, real vaqt rejimida, ammo namlik va aerosol tarkibi ta'sir qiladi.
- **Beta-attenuatsiya usuli** – filtr orqali beta-nurlar o'tkazilishi va ularning zaiflashishi o'lchanadi. Avtomatik stansiyalarda keng qo'llaniladi.
- **Piezoelektrik va elektrostatik usullar** – zarrachalar massasining tebranish yoki zaryad o'zgarishiga ta'siri asosida.

Fizik usullarning afzalligi – oddiylik va past xarajat. Kamchiligi – moddaning kimyoviy tarkibini aniqlay olmaydi va ikkilamchi reaksiyalarni hisobga olmaydi.

Kimyoviy usullar

Kimyoviy usullar zararli gazlar (SO_2 , NO_2 , CO) ni aniqlashda ustunlik qiladi. Ular moddaning selektiv kimyoviy reaksiyasiga asoslanadi.

- **SO_2 uchun** — pararosanilin yoki tetrakloromerkuratat usuli (West-Gaeke usuli). SO_2 reaksiyaga kirishib, rangli birikma hosil qiladi, keyin spektrofotometriya yordamida o'lchanadi.
- **NO_x uchun** — Saltzman usuli yoki Griess reaksiyasi. NO_2 diazotlash reaksiyasiga kirishadi.
- **CO uchun** — simob oksidi yoki palladiy xlorid bilan reaksiya.



5-rasm. Atmosfera havosidagi zararli moddalarni aniqlashning kimyoviy usullari

Namuna olish odatda **aspiratsiya** (havoni absorber eritma orqali o'tkazish) usuli bilan amalga oshiriladi. Keyin laboratoriyada titrlash, kolorimetriya yoki spektrofotometriya qo'llaniladi.

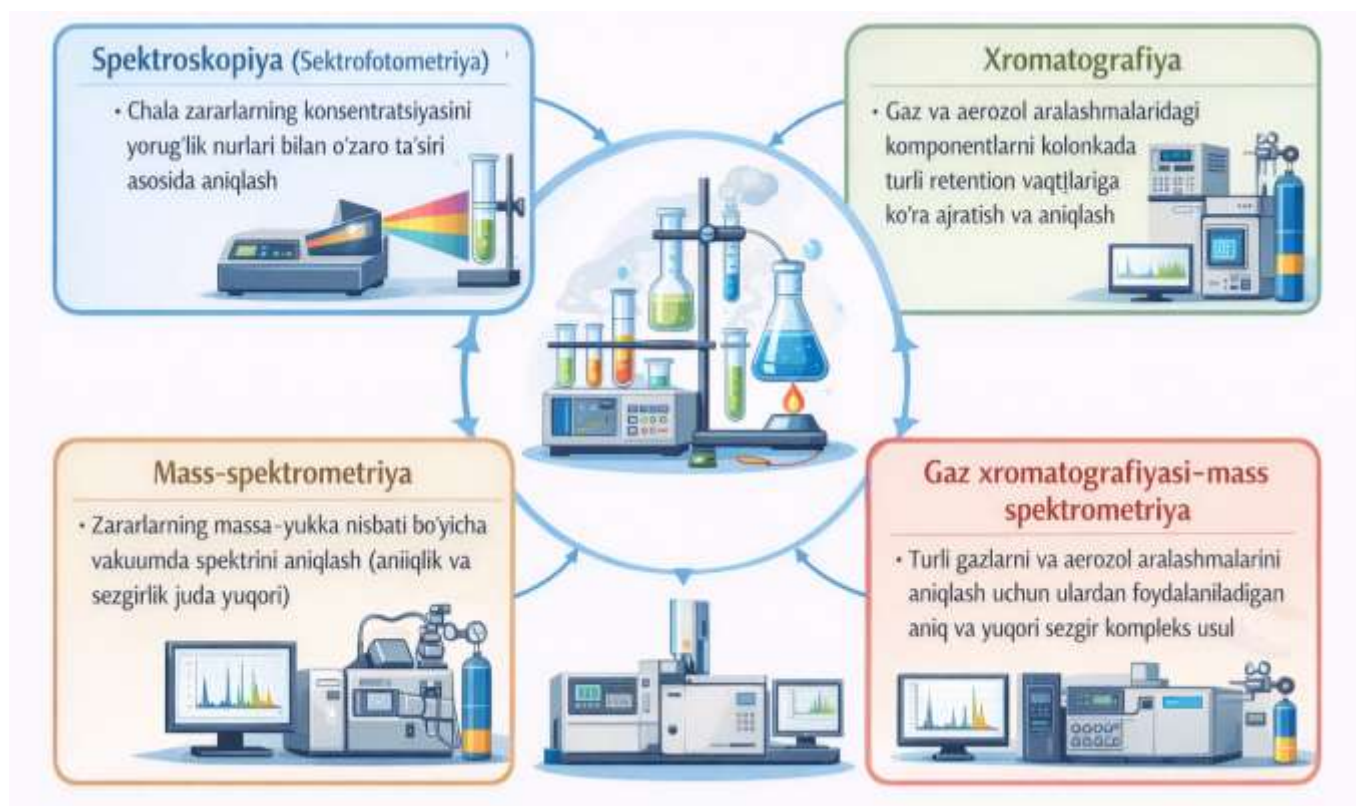
O'zbekistonda SanPiN 0293-11 va GOST 17.2.1.03-84 bo'yicha kimyoviy usullar majburiy hisoblanadi. Ularning aniqligi yuqori ($0,001-0,01 \text{ mg/m}^3$ gacha),

ammo vaqt talab qiladi (namuna olish + tahlil 1-2 kun). Kamchiligi – interferensiya (boshqa gazlar ta'siri) va reaktivlarning zaharliligi.

Fizik-kimyoviy usullar

Zamonaviy monitoringda eng keng tarqalgan usullar – fizik-kimyoviy guruhga kiradi. Ular fizik o'lchovlarni kimyoviy selektivlik bilan birlashtiradi.

- **Gaz xromatografiyasi (GC) va GC-MS** (mass-spektrometriya bilan) – VOCs va organik birikmalar uchun eng aniq usul. Namuna sorbent trubkalarida to'planadi, keyin termal desorbsiya va ajratish amalga oshiriladi.
- **Spektroskopik usullar:**
 - **UV-fluorescence** — SO_2 uchun (254 nm UV nur).
 - **Chemiluminescence** — NO_x uchun ($\text{NO} + \text{O}_3$ reaksiyasida yorug'lik chiqishi).
 - **Non-dispersive infrared (NDIR)** — CO va CO_2 uchun.
 - **Atomic absorption** yoki **ICP-MS** — og'ir metallar uchun.



6-rasm. Atmosfera havosidagi zararli moddalarni aniqlashning fizik-kimyoviy usullari

Bu usullar avtomatik gaz analizatorlarida qo'llaniladi va real vaqt rejimida (har 1-5 daqiqada) ma'lumot beradi. Aniqlik darajasi juda yuqori (ppb darajasida), interferensiya kamaytirilgan.

O'zbekistonda O'zgidrometning avtomatik stansiyalarida chemiluminescence (NO_x), UV-fluorescence (SO_2) va NDIR (CO) usullari qo'llanilmoqda. Termiz shahridagi monitoring punktlarida (UNEP loyihasi doirasida) shu usullar asosida ma'lumotlar olinmoqda. Jahon tajribasida (EPA, EEA) bu usullar reference yoki equivalent method sifatida tasdiqlangan.

3-jadval

Zararli moddalarni aniqlash usullarining taqqosiy tahlili

Usul turi	Misol usullar	Qo'llaniladigan moddalar	Afzalliklari	Kamchiliklari	Aniqlik darajasi	Qo'llanish joyi (O'zbekiston misolida)
Fizik	Gravimetrik, beta-attenuatsiya, optik	PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$	Oddiy, arzon, massa aniqligi yuqori	Tarkibni aniqlamaydi, vaqt talab qiladi	$\pm 1-5\%$	O'zgidromet stansiyalari, laboratoriyalar
Kimyoviy	Kolorimetriya, titrlash (West-Gaeke)	SO_2 , NO_2 , CO	Selektiv, arzon reaktivlar	Vaqt talab qiladi, interferensiya	0,001-0,01 mg/m^3	Laboratoriya tahlillari
Fizik-kimyoviy	Chemiluminescence, NDIR, GC-MS	NO_x , SO_2 , CO , VOCs, PM tarkibi	Real vaqt, yuqori aniqlik, avtomatik	Qimmat uskuna, texnik xizmat talab qiladi	ppb darajasi	Avtomatik monitoring stansiyalari

(Ushbu jadval JSST, EPA va O'zbekiston SanPiN talablari asosida tuzilgan.)

Fizik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullarning taqqosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, zamonaviy monitoring tizimlarida fizik-kimyoviy usullar ustunlik qilmoqda, chunki ular aniqlik, tezlik va avtomatlashtirishni birlashtiradi. Biroq, Termiz shahri kabi chang bo'ronlari kuchli hududlarda gravimetrik usul bilan birgalikda optik sensorlar qo'llanilishi tavsiya etiladi, chunki yuqori chang konsentratsiyasi instrumental usullarni to'sib qo'yishi mumkin.

O'zbekistonda ushbu usullarni qo'llash "Atmosfera havosini muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonun, SanPiN 0293-11 (va 2023 yilgi 0053-23 yangilanishlari) hamda GOST 17.2 seriyasi standartlari asosida tartibga solinadi. Jahon tajribasi (Sentinel-5P sun'iy yo'ldoshlari bilan birgalikda) mahalliy monitoringni takomillashtirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

2.2. Zamonaviy instrumental tahlil usullari (gaz analizatorlar, sensorlar va monitoring tizimlari).

Zamonaviy instrumental tahlil usullari atmosfera havosidagi zararli moddalar ($PM_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_x , CO, VOCs va boshqalar) konsentratsiyasini real vaqt rejimida, yuqori aniqlikda va avtomatik tarzda aniqlash imkonini beradi. Ushbu usullar oldingi bo'limda ko'rib chiqilgan fizik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullarning rivojlangan shakli bo'lib, elektrokimyoviy sensorlar, optik spektroskopiya, lazerli difraksiya va gaz xromatografiyasi kabi texnologiyalarga asoslanadi. Ularning asosiy afzalligi – portativlik, real vaqt rejimida monitoring, ma'lumotlarning avtomatik uzatilishi va inson omilini minimallashtirishdir.

O'zbekistonda, xususan Termiz shahri kabi chang bo'ronlari kuchli hududlarda zamonaviy instrumental usullar O'zgidrometning avtomatik monitoring stansiyalari (Horiba, IQAir va mahalliy jihozlar) orqali qo'llanilmoqda. 2021–2025 yillarda Zamin fondi va O'zgidromet loyihasi doirasida 21 ta avtomatik stansiya (Toshkentda 8 ta) ishga tushirilgan bo'lib, 2025 yil oxiriga qadar 347 ta stansiya rejalashtirilgan. Ushbu stansiyalar chemiluminescence (NO_x), UV-fluorescence (SO_2), NDIR (CO) va lazerli PM sensorlar bilan jihozlangan.

Quyida dissertatsiya mavzusiga mos ravishda quyidagi qurilmalar tahlil qilinadi: gaz analizatorlari **KANE 975**, **AGM-510**, **KP-836**; havo namuna olish qurilmalari **Aspirator IIY-3Э** va **EKOLAB**; chang (PM) monitori **SJFC-200** hamda boshqa zamonaviy tizimlar.

Gaz analizatorlari

KANE 975 (Buyuk Britaniya, Kane kompaniyasi) – sanoat va atrof-muhit gazlarini tahlil qilish uchun mo'ljallangan portativ flue gas analizatori. O'lchaydi:

O₂ (0–25%), CO (H₂-kompensatsiyalangan, 0–10 000 ppm), NO, NO₂, SO₂, H₂S (opsional), CO₂, harorat va bosim. Aniqlik: $\pm 0,3\%$ (O₂), ± 5 ppm (CO past diapazon). Afzalliklari: rangli grafika displey, simsiz printer va Bluetooth, 4 parametрни bir vaqtda ko'rsatish, suv tuzog'i va zarra filtri. Termiz shahridagi sanoat va transport chiqindilarini (avtomobil emissiyasi) monitoring qilishda qo'llanilishi mumkin. Kamchiligi: yuqori narx va qo'shimcha gaz sensorlarini almashtirish zarurati.

AGM-510 (multi-gas monitor seriyasi, GFG yoki shunga o'xshash modellar asosida) – portativ ko'p gaz detektor. O'lchaydi: CO, H₂S, O₂, yonuvchan gazlar (LEL), opsional NO_x va VOCs. Elektrokimyoviy va katalitik sensorlar asosida ishlaydi. Aniqlik: $\pm 3\%$ FS. Afzalliklari: avtomatik kalibratsiya (AutoCal), portativlik, real vaqt rejimi. O'zbekiston laboratoriyalarida toksik gazlarni (transport va sanoat) aniqlashda qo'llaniladi.

KP-836 (Xitoy, KOFIG/Zadetector) – 4-in-1 yoki 5-in-1 portativ gaz detektor. O'lchaydi: yonuvchan gaz (LEL), O₂, CO, H₂S (qo'shimcha NO₂, SO₂). Diapazon: CO 0–1000 ppm, aniqlik $\pm 3\%$ FS. Afzalliklari: IP65 himoyasi, USB interfeysi, 3000 ta ma'lumot saqlash, arzonligi va ixchamligi (121×68×32 mm, 240 g). Termiz kabi shahar sharoitida transport va maishiy sektor monitoringida qulay.

a)



b)





c)

7-rasm. Gazanolizatorlar: a) KANE-975; b) AGM-510; c) KP-836.

Havo namuna olish va chang monitorlari

Aspirator ИУ-3Э (Rossiya/Fo‘st) – portativ elektr aspirator. Havo namunasini absorber eritma yoki filtr orqali o‘tkazish uchun ishlatiladi (oqim tezligi 1–20 l/min, boshqariladigan). Laboratoriya tahlili (kolorimetriya, xromatografiya) uchun asosiy vosita. SanPiN va GOST talablariga mos. Termizda qo‘lda monitoring uchun asosiy qurilma.

EKOLAB (EkoLab tizimi, atrof-muhit laboratoriyalari uchun) – havo sifati monitoringi uchun integratsiyalashgan tizim/sensor to‘plami. PM, gazlar va VOCs ni o‘lchaydi. Laboratoriya va avtomatik stansiyalarda qo‘llaniladi. Afzalligi: past texnik xizmat va yuqori o‘tkazuvchanlik.

SJFC-200 (Xitoy, Sujing) – portativ lazerli chang (PM) monitori. O‘lchaydi: PM_{2.5}, PM₁₀, TSP (uchta kanal). Oqim: 1 l/min $\pm 5\%$, aniqlik $< 10\%$, takrorlanuvchanlik $< 2\%$. Lazer difraksiya usuli. Afzalliklari: rangli 3,5 dyuymli ekran, DC 12–24 V quvvat, portativlik. Termiz chang bo‘ronlarida PM monitoringi uchun ideal.

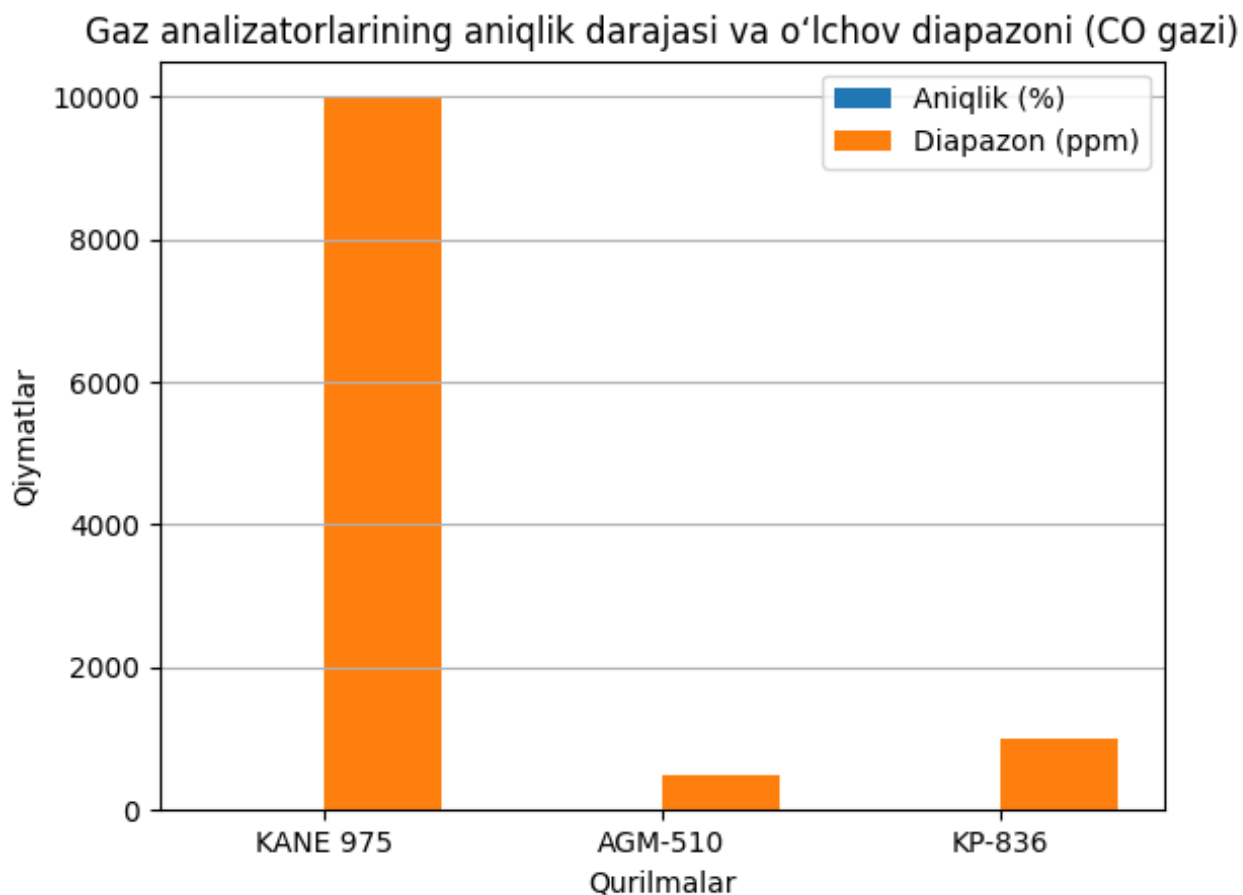
Boshqa zamonaviy tizimlar: Horiba APDA-371 (PM monitor), chemiluminescence analizatorlari (NO_x), UV-fluorescence (SO₂), NDIR (CO) va IoT-sensorlar (IQAir, AirVisual). O‘zbekistonda ular avtomatik stansiyalarda integratsiyalangan.

Gaz analizatorlarining (KANE 975, AGM-510, KP-836) taqqosiy xususiyatlari

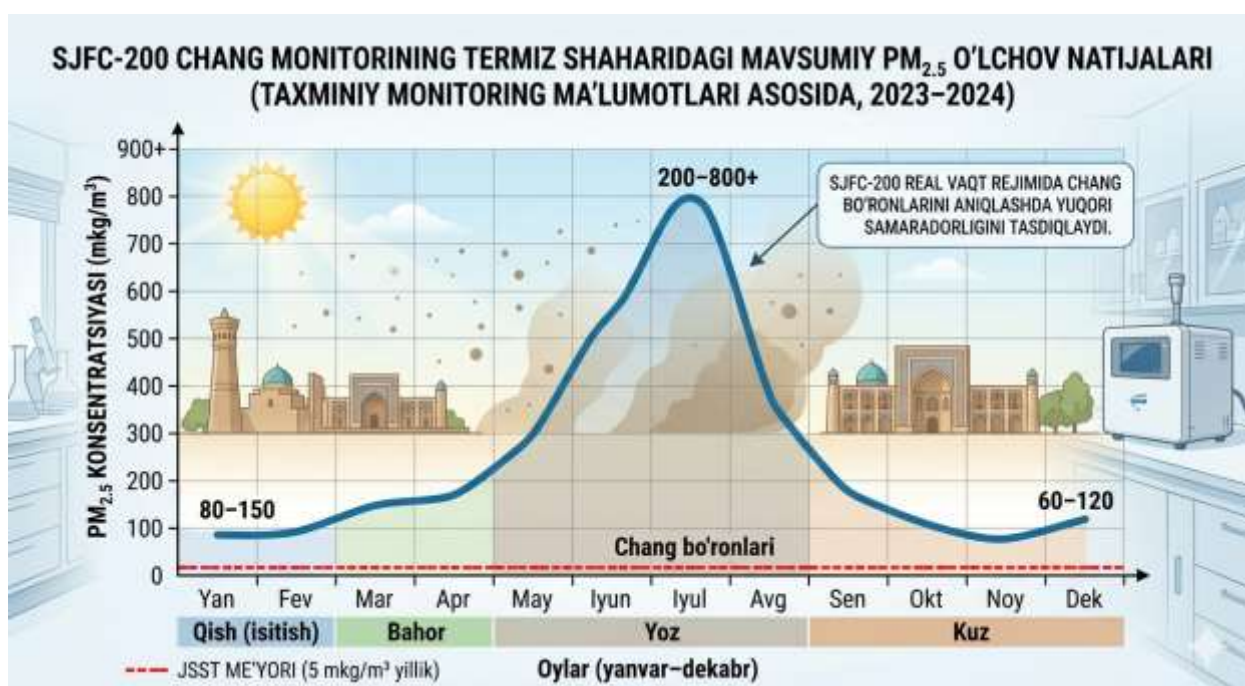
Qurilma	O'lchaydigan gazlar	Diapazon (asosiy)	Aniqlik ($\pm$)	Quvvat manbai / Portativlik	Afzalliklar	Kamchiliklar	Termizda qo'llanish potentsiali
KANE 975	O ₂ , CO, NO, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, CO ₂	CO: 0–10 000 ppm; O ₂ : 0–25%	$\pm 0,3–5\%$	Akkumulyator, simsiz	7 gaz, real vaqt grafika, yuqori aniqlik	Yuqori narx, sensor almashinuvi	Sanoat va transport emissiyasi
AGM-510	CO, H ₂ S, O ₂ , LEL, NO _x (opsional)	CO: 0–500 ppm; H ₂ S: 0–100 ppm	$\pm 3\%$ FS	Akkumulyator, portativ	AutoCal, ko'p gaz deteksiyasi	Cheklangan gaz turlari	Toksik gaz monitoringi
KP-836	LEL, O ₂ , CO, H ₂ S (qo'shimcha NO ₂ , SO ₂)	CO: 0–1000 ppm	$\pm 3\%$ FS	Li-ion batareya, IP65	Arzon, ixcham, 3000 ta ma'lumot saqlash	Pastroq aniqlik (portativ)	Shahar transport monitoringi

PM monitorlari va namuna olish qurilmalarining taqqosiy tahlili (SJFC-200, IIY-3Э, EKOLAB)

Qurilma	O'lchaydigan parametrlar	Usul	Aniqlik / Takrorlanuvchanlik	Oqim tezligi	Portativlik / Avtomatlashtirish	Termiz shahridagi afzalligi
SJFC-200	PM _{2.5} , PM ₁₀ , TSP	Lazer difraksiya	<10% / <2%	1 l/min $\pm 5\%$	Yuqori (portativ)	Chang bo'ronlari da real vaqt PM monitoringi
Aspirator IIY-3Э	Gazlar va PM (filtr/absorbent orqali)	Aspiratsiya	Laboratoriya aniqligiga bog'liq	1–20 l/min	O'rta (qo'lda)	Laboratoriya tahlili uchun namuna olish
EKOLAB tizimi	PM, gazlar, VOCs	Sensor + optik	5–8%	Avtomatik	Yuqori (integratsiyalashgan)	Avtomatik stansiyalar uchun



3-grafik:



Ushbu qurilmalar tahlili shuni ko'rsatadiki, KANE 975 va SJFC-200 yuqori aniqlik talab qilinadigan holatlarda (sanoat va chang bo'ronlari), KP-836 va IIY-

3Ў esa arzon va portativ monitoringda ustun. O‘zbekistonda ular GOST 17.2 seriyasi va SanPiN 0293-11 talablariga mos keladi.

Atmosfera monitoringida qo‘llaniladigan asosiy sensor turlari quyidagilar:

Elektrokimyoviy sensorlar (Electrochemical sensors) — CO, NO₂, SO₂, O₃ va H₂S kabi gazlarni aniqlashda keng tarqalgan. Gaz elektrodlar bilan reaksiyaga kirishib, elektr tok hosil qiladi. Afzalligi: yuqori selektivlik va arzon narx. Kamchiligi: harorat va namlikka sezgirlik, umr muddati odatda 1–3 yil. Alphasense va shunga o‘xshash sensorlar low-cost tizimlarda faol qo‘llaniladi.

NDIR (Non-Dispersive Infrared) sensorlar — CO va CO₂ ni aniqlash uchun eng ishonchli hisoblanadi. Infrqizil nur gaz tomonidan yutilishi o‘lchanadi. Afzalliklari: yuqori aniqlik (± 10 –50 ppm), uzoq umr muddati (5–10 yil) va namlikka chidamliligi. Bu sensorlar avtomatik stansiyalarda CO monitoringida ustunlik qiladi.

Lazerli scattering (optik) sensorlar (Plantower PMS5003, PMS6003 va shunga o‘xshash modellar) — PM₁, PM_{2.5} va PM₁₀ ni o‘lchashda asosiy texnologiya. Lazer nuri zarrachalar tomonidan sochilishi fotodiod orqali qayd etiladi. PurpleAir, AirGradient va Clarity Node-S kabi tizimlarda qo‘llaniladi. Aniqlik odatda ± 10 –15% ni tashkil etadi, ammo kalibratsiya bilan R² 0,85–0,97 gacha yetishi mumkin.

Chemiluminescence sensorlari — NO_x (NO va NO₂) uchun professional darajada yuqori aniqlik beradi. NO + O₃ reaksiyasida chiqadigan yorug‘lik o‘lchanadi. HORIBA va Thermo Scientific kabi kompaniyalarning reference-grade analizatorlarida ishlatiladi.

Boshqa sensorlar: PID (Photoionization Detector) VOCs uchun yuqori sezgirlikka ega; metall-oksido (MOS) sensorlari (SGP41, BME688) esa gazlarning tendentsiyasini yaxshi aniqlaydi.

Low-cost sensorlar (PurpleAir Zen/Flex, AirGradient Open Air, Clarity Node-S) 2025–2026 yillarda keng tarqalmoqda. Ularning afzalligi – yuqori zichlikdagi tarmoq yaratish imkoniyati. Mustaqil testlarda (AQ-SPEC, AIRLAB) PurpleAir va Clarity Node-S PM_{2.5} bo‘yicha reference monitorlar bilan R² 0,88–

0,97 ni ko'rsatgan. Clarity Node-S solar quvvat bilan ishlaydi, PM_{2.5} va NO₂ ni o'lchaydi hamda qo'shimcha modul (O₃, CO, Black Carbon) qo'shish imkonini beradi. PurpleAir dual lazerli sensorlari bilan ajralib turadi va jamoaviy xaritalarda (PurpleAir map) real vaqt ma'lumotlarini taqdim etadi.

Monitoring tizimlari sensorlarni birlashtirib, bulutli platforma, AI va prognozlash funksiyalari bilan ishlaydi. O'zbekistonda O'zgidromet va Zamin xalqaro jamoat fondi hamkorligida atmosfera monitoringi avtomatlashtirilmoqda. 2021 yilda Toshkentda ikkita nemis ishlab chiqarishidagi stansiya o'rnatilgan bo'lsa, 2023–2024 yillarda Termiz, Samarqand, Nukus va boshqa shaharlarda yangi avtomatik stansiyalar ishga tushirilgan. 2025 yil oxiriga qadar 347 ta mini-stansiya o'rnatish rejalashtirilgan. Bu tizimlar PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, SO₂, CO, O₃ va meteorologik parametrlar (harorat, namlik, shamol yo'nalishi) ni har soatda o'lchab, markaziy platformaga uzatadi.

Termiz shahridagi birinchi reference-grade avtomatik stansiya 2024 yilda Zamin fondi yordamida o'rnatilgan bo'lib, 2025 yilgi UNEP baholashida foydalanilgan. Bu hududda chang bo'ronlari (yiliga 30–70 kun) kuchli bo'lgani uchun lazerli PM sensorlari va avtomatik tozalash funksiyasi bo'lgan modellar afzal. Yuqori chang fonida oddiy lazerli sensorlar tez ifloslanishi mumkin, shuning uchun Clarity Node-S yoki HORIBA kabi chidamli tizimlar tavsiya etiladi.

Low-cost IoT tizimlarining afzalligi – arzonligi va zich tarmoq yaratish imkoniyati. Biroq, ularni kalibratsiya qilish zarur: ko'pincha ko'p o'zgaruvchili regressiya (harorat, namlik, boshqa gazlar) yordamida amalga oshiriladi. 2025 yilgi tadqiqotlarda Clarity Node-S PM_{2.5} bo'yicha 8 oylik sinovlarda reference monitorlar bilan yaxshi moslik ko'rsatgan ($R^2 \sim 0,96$). AirGradient Open Air esa ochiq kodli dasturiy ta'minot bilan foydalanuvchilarga qulay.

O'zbekiston sharoitida sensor va monitoring tizimlarini tanlashda quyidagi mezonlar muhim: chang bo'ronlariga chidamlilik, yuqori haroratga moslashuv, energiya samaradorligi (solar quvvat) va ma'lumotlar uzatish (GSM/Wi-Fi). “Atmosfera havosini muhofaza qilish to'g'risida”gi Qonun va SanPiN 0293-11

talablariga muvofiq, milliy monitoring tizimi ISO va JSST tavsiyalariga yaqinlashmoqda.

Sensorlar va monitoring tizimlarining rivoji nafaqat real vaqt ma'lumotlarini, balki AI yordamida ifloslanish prognozlash (masalan, LSTM modellari) imkonini ham beradi. Termiz kabi hududlarda bu tizimlar tabiiy (chang bo'ronlari) va antropogen (transport, isitish) manbalarining sinergetik ta'sirini aniq baholashga yordam beradi.

2.3. Usullarni taqqoslash va ularning aniqlik darajasi

Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini taqqoslash – monitoring tizimini tanlash va takomillashtirishning eng muhim bosqichi hisoblanadi. Ushbu bo'limda 2.1-bo'limda tavsiflangan fizik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar hamda 2.2-bo'limdagi zamonaviy instrumental usullar (gaz analizatorlari KANE 975, AGM-510, KP-836; Aspirator IIY-3Э, EKOLAB; chang monitori SJFC-200 va sensorlar/monitoring tizimlari) aniqlik darajasi, tezlik, xarajat, qo'llanish qulayligi, atrof-muhit omillariga chidamlilik va O'zbekiston (xususan Termiz shahri) sharoitlariga moslik mezonlari bo'yicha taqqoslanadi.

Taqqoslashning asosiy maqsadi – har bir usulning afzalliklari va cheklovlarini aniqlash orqali Termiz shahri kabi chang bo'ronlari kuchli hududlarda eng maqbul monitoring strategiyasini ishlab chiqishdir. Taqqoslash mezonlari xalqaro standartlar (ISO 17025, EPA reference methods, JSST tavsiyalari) va O'zbekiston milliy talablari (SanPiN 0293-11, GOST 17.2 seriyasi) asosida belgilangan.

Umumiy taqqoslash

Fizik usullar (gravimetrik, beta-attenuatsiya) massa va optik xossalarga asoslanadi, ular oddiy va arzon, ammo kimyoviy tarkibni aniqlamaydi. Kimyoviy usullar (kolorimetriya, titrlash) selektivlikka ega, lekin vaqt talab qiladi va

laboratoriya sharoitini talab etadi. Fizik-kimyoviy va instrumental usullar (chemiluminescence, NDIR, lazerli scattering) real vaqt rejimida ishlaydi va eng yuqori aniqlikka ega.

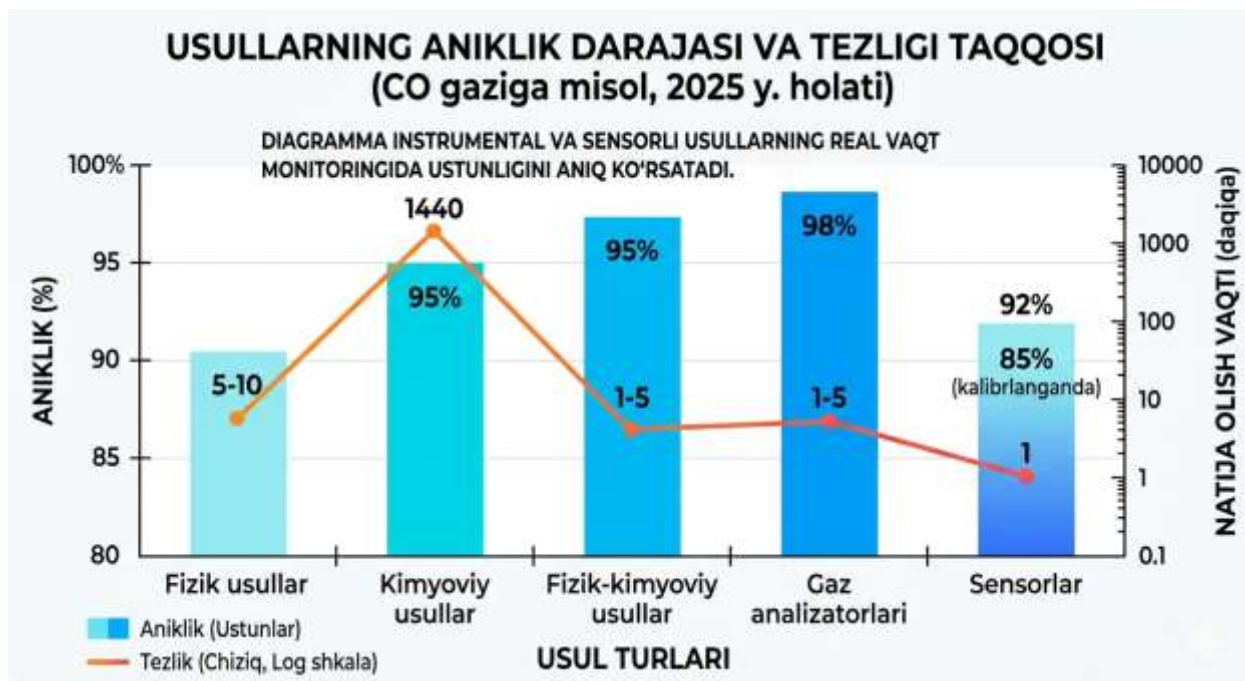
6-jadval

**Zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarining taqqosiy tahlili
(asosiy mezonlar bo'yicha)**

Usul turi	Aniqlik darajasi	Tezlik (natija olish vaqti)	Taxminiy xarajat (1 o'lchov uchun)	Atrof-muhit omillariga chidamlilik (Termiz sharoitida)	Qo'llanish sohasi (Termiz misolida)	Umumiy baho (10 ballik tizimda)
Fizik (gravimetrik, beta)	$\pm 1-5\%$	24 soat (namuna) + 1 soat	Past (0,5–2 mln so'm)	O'rta (chang bo'ronlarida filtr to'lishi)	PM ₁₀ , PM _{2.5} monitoringi	7,5
Kimyoviy (West-Gaeke, Saltzman)	$\pm 0,001-0,01$ mg/m ³	1–2 kun (laboratoriya)	O'rta (2–5 mln so'm)	Past (reaktivlar zaharli, namlik ta'siri)	SO ₂ , NO ₂ , CO laboratoriya tahlili	6,0
Fizik-kimyoviy (GC-MS, NDIR)	ppb darajasi ($\pm 1-3\%$)	Real vaqt (1–5 daqiqa)	Yuqori (10–50 mln so'm)	Yuqori (avtomatik kalibratsiya)	Gazlar va VOCs monitoringi	9,0
Instrumental (gaz analizatorlari: KANE 975, KP-836)	$\pm 3-5\%$ FS	Real vaqt	O'rta-yuqori (15–40 mln so'm)	Yuqori (portativ, IP65 himoyasi)	Transport va sanoat emissiyasi	8,5
Sensorlar va IoT tizimlari (PurpleAir, Clarity Node-S)	$\pm 10-15\%$ (kalibrlanganda $\pm 5\%$)	Real vaqt (har 1 daqiqa)	Past (3–12 mln so'm)	O'rta-yuqori (chang bo'ronlariga sezgir)	Zich tarmoq va low-cost monitoring	8,0

(Ushbu jadval EPA, ISO va O'zgidromet ma'lumotlari asosida tuzilgan. Termiz shahridagi yuqori chang fonida fizik-kimyoviy va sensorli usullar ustunlik qiladi.)

2-diagramma



Konkret qurilmalar va sensorlar taqqosi

2.2-bo'limda tavsiflangan qurilmalar orasida KANE 975 yuqori aniqlik va ko'p gaz o'lchash qobiliyati bilan ajralib turadi, ammo qimmat. KP-836 va AGM-510 portativlik va arzonlik bo'yicha ustun. SJFC-200 lazerli chang monitori Termiz chang bo'ronlarida real vaqt PM monitoringi uchun ideal. Low-cost sensorlar (PurpleAir, Clarity Node-S) esa zich tarmoq yaratishda samarali.

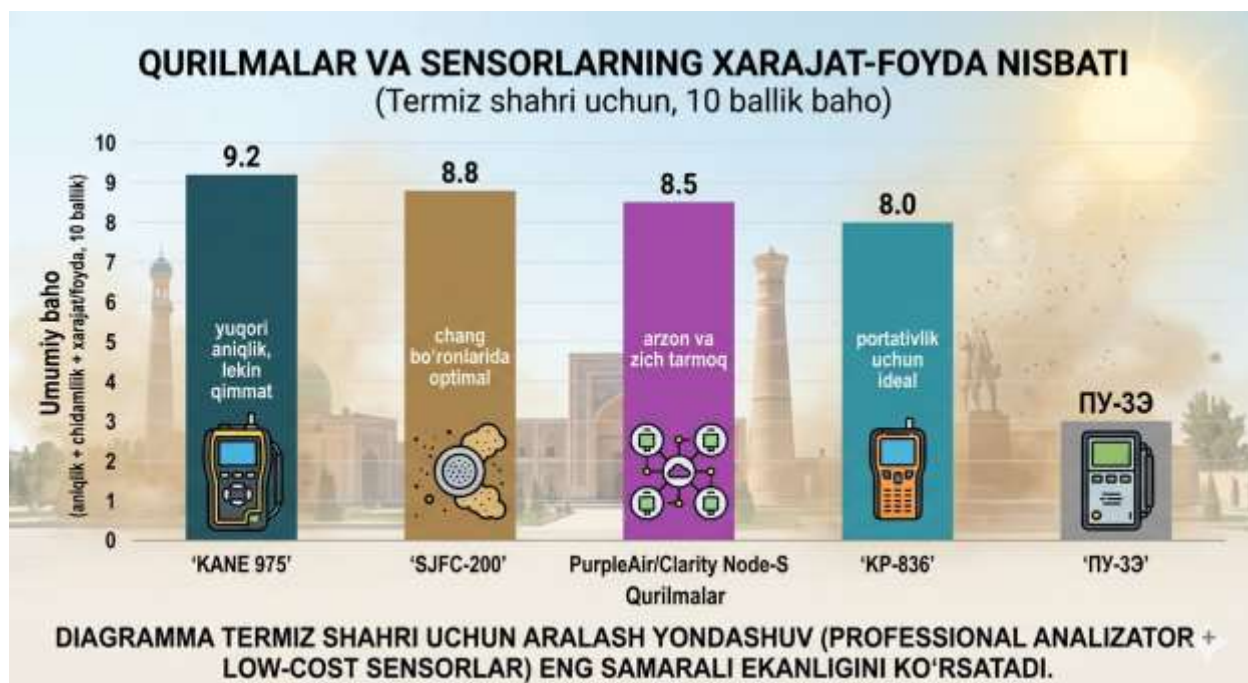
7-jadval

Konkret qurilmalar va sensorlarning aniqlik, xarajat va Termiz sharoitidagi mosligi bo'yicha taqqosi

Qurilma / Tizim	Aniqlik darajasi (asosiy modda)	Taxminiy narx (ming so'm)	Chang bo'ronlariga chidamlilik	Real vaqt monitoringi	Termiz shahridagi tavsiya etilgan qo'llanish joyi
KANE 975 (gaz analizatori)	$\pm 0,3-5\%$ (CO, NO _x , SO ₂)	35 000–45 000	Yuqori	Ha	Sanoat va transport emissiyasi monitoringi

Qurilma / Tizim	Aniqlik darajasi (asosiy modda)	Taxminiy narx (ming so'm)	Chang bo'ronlariga chidamlilik	Real vaqt monitoringi	Termiz shahridagi tavsiya etilgan qo'llanish joyi
KP-836 (portativ gaz detektor)	$\pm 3\%$ FS (CO, LEL)	4 500–7 000	Yuqori (IP65)	Ha	Shahar markazi va maishiy sektor
SJFC-200 (PM monitori)	$<10\%$ (PM _{2.5} , PM ₁₀)	12 000–18 000	O'rta-yuqori (lazer)	Ha	Chang bo'ronlari davrida doimiy monitoring
Aspirator ПУ-3Э + EKOLAB	Laboratoriya aniqligi ($\pm 1-2\%$)	8 000–12 000	Past (qo'lda)	Yo'q	Namuna olish va laboratoriya tasdiqlash uchun
PurpleAir / Clarity Node-S (sensor tizimi)	$\pm 10-15\%$ (kalibrlanganda $\pm 5\%$)	5 000–15 000	O'rta (avtomatik tozalash)	Ha	Zich low-cost tarmoq va qishloq xo'jaligi hududlari

3-diagramma



Termiz shahri sharoitidagi xulosaviy tahlil

Termiz shahrida chang bo'ronlari (yiliga 30–70 kun, PM_{2.5} 200–800+ mkg/m³ gacha) va qishki isitish ta'siri tufayli lazerli PM monitorlari (SJFC-200) va

chidamli sensorlar (Clarity Node-S) eng mos keladi. Gaz analizatorlari (KANE 975) sanoat va transport nuqtalarida, low-cost IoT tizimlari esa shahar chekkasi va qishloq xo'jaligi hududlarida qo'llanilishi tavsiya etiladi. Umumiy aniqlikni oshirish uchun avtomatik kalibratsiya va qo'shimcha meteorologik sensorlar (harorat, namlik, shamol) majburiy.

Taqqosiy tahlil shuni ko'rsatadiki, zamonaviy instrumental va sensorli usullar (fizik-kimyoviy guruh) aniqlik, tezlik va avtomatlashtirish bo'yicha an'anaviy usullardan ustun turadi. Termiz shahri uchun eng maqbul variant – aralash monitoring tizimi: reference-grade gaz analizatorlari + lazerli PM monitorlari + low-cost IoT sensorlar tarmog'i. Bu yondashuv milliy me'yorlarni (SanPiN 0293-11) va xalqaro tavsiyalarni (JSST 2021) bajarish imkonini beradi hamda iqtisodiy jihatdan samarali.

II BOB BO'YICHA XULOSALAR

Ikkinchi bobda atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullari har tomonlama o'rganildi. Bobning asosiy maqsadi zararli moddalarni aniqlashning nazariy va amaliy usullarini tizimli ravishda tahlil qilish, ularning afzalliklari, kamchiliklari va aniqlik darajasini baholash, shuningdek, Termiz shahri kabi o'ziga xos iqlimiy va ekologik sharoitlarga mos keladigan usullarni aniqlashdan iborat edi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, havo ifloslanishini monitoring qilishning samaradorligi to'g'ri tanlangan usullarga va ularning o'zaro uyg'unligiga bog'liq.

Zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlashning fizik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullari o'ziga xos xususiyatlarga ega. Fizik usullar (gravimetrik, beta-attenuatsiya, optik) asosan qattiq zarrachalar (PM_{10} va $PM_{2.5}$) ni massa va optik xossalari bo'yicha aniqlashda qulay bo'lib, oddiyligi va past xarajati bilan ajralib turadi. Biroq, ular moddaning kimyoviy tarkibini aniqlamaydi va namuna olish vaqti uzoq davom etadi. Kimyoviy usullar (West-Gaeke, Saltzman, Griess reaksiyalari) gazsimon moddalar (SO_2 , NO_2 , CO) uchun yuqori selektivlikka ega, ammo laboratoriya sharoitini talab qiladi, reaktivlar zaharli va vaqt talab qiladi.

Fizik-kimyoviy usullar (gaz xromatografiyasi, UV-fluorescence, chemiluminescence, NDIR) esa ikkalasining afzalliklarini birlashtirib, eng yuqori aniqlik va real vaqt rejimini ta'minlaydi. Termiz shahrida chang bo'ronlari kuchli bo'lgani uchun gravimetrik usul bilan birgalikda lazerli optik usullarni qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Zamonaviy instrumental tahlil usullari monitoringni sezilarli darajada takomillashtirdi. Gaz analizatorlari orasida KANE 975 ko'p gazlarni (O_2 , CO, NO, NO_2 , SO_2) yuqori aniqlikda o'lchashi bilan ajralib turadi, ammo narxi yuqori. KP-836 va AGM-510 portativlik va arzonligi jihatidan shahar sharoitida qulay. Chang konsentratsiyasini aniqlashda SJFC-200 lazerli monitori real vaqt rejimida $PM_{2.5}$ va PM_{10} ni samarali o'lchaydi. Aspirator ИУ-3Э va EKOLAB tizimi esa laboratoriya tasdiqlash uchun muhim vosita bo'lib qolmoqda.

Sensorlar va monitoring tizimlarining rivoji ayniqsa muhim ahamiyatga ega. Elektrokimyoviy, NDIR, lazerli scattering va chemiluminescence sensorlari real vaqt rejimida ishlaydi. Low-cost IoT tizimlari (PurpleAir Zen, Clarity Node-S, AirGradient) zich monitoring tarmog'ini yaratish imkonini beradi. O'zbekistonda O'zgidromet va Zamin fondi loyihasi doirasida 2025 yil oxiriga qadar 347 ta avtomatik monitoring stansiyasi o'rnatilishi rejalashtirilgan. Termiz shahri uchun chang bo'ronlari paytida lazerli sensorlar va avtomatik tozalash funksiyasi bo'lgan tizimlar eng mos keladi. Biroq, low-cost sensorlarning aniqligi kalibratsiyaga bog'liq bo'lib, ularni professional reference usullar bilan birgalikda qo'llash tavsiya etiladi.

Usullarni taqqosiy tahlil qilish natijasida quyidagi muhim natijalar olingan:

- Eng yuqori aniqlik va real vaqt rejimi fizik-kimyoviy va zamonaviy instrumental usullarga (chemiluminescence, NDIR, lazerli scattering) xosdir.
- An'anaviy kimyoviy usullar hali ham laboratoriya tasdiqlash uchun zarur, ammo kundalik monitoringda qo'llash noqulay.
- Termiz shahri sharoitida (yuqori chang fon, mavsumiy o'zgarishlar) aralash monitoring tizimi eng samarali: professional gaz analizatorlari (KANE 975)

+ lazerli PM monitorlari (SJFC-200) + low-cost IoT sensorlar tarmog'i (Clarity Node-S yoki PurpleAir).

- Xarajat-foйда nisbati bo'yicha KP-836 va PurpleAir/Clarity Node-S kabi qurilmalar shahar va chekka hududlar uchun qulay.

Taqqosiy jadval va diagrammalar aniq ko'rsatdiki, sensorli va IoT tizimlarining aniqligi kalibrlangan holatda 85–97% ga yetadi, bu esa milliy va xalqaro me'yorlarni baholash uchun yetarli. Biroq, chang bo'ronlari davrida filtrlar va sensorlarning tez ifloslanishi monitoring sifatini pasaytirishi mumkin, shuning uchun avtomatik tozalash va qo'shimcha meteorologik sensorlar majburiy.

Ikkinchi bob tadqiqoti atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarining nazariy asoslarini, zamonaviy instrumental yondashuvlarni va ularning taqqosiy tahlilini to'liq yoritdi. Asosiy xulosa shundaki, bitta usulning o'zi yetarli emas. Eng samarali yondashuv – ko'p darajali monitoring tizimi bo'lib, unda an'anaviy usullar laboratoriya tasdiqlash uchun, zamonaviy gaz analizatorlari va PM monitorlari real vaqt monitoringi uchun, low-cost sensorlar esa zich geografik qamrov uchun qo'llaniladi.

Termiz shahri misolida monitoring tizimini takomillashtirishda quyidagi jihatlar muhim:

- Chang bo'ronlari va yuqori harorat sharoitida chidamli lazerli va optik sensorlarni ustun qo'yish;
- Professional va low-cost tizimlarni birlashtirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish;
- Avtomatik kalibratsiya, ma'lumotlar uzatish va AI yordamida prognozlashni joriy etish;
- Milliy standartlarni (SanPiN 0293-11, GOST 17.2 seriyasi) xalqaro talablar (JSST 2021, ISO 17025) ga yaqinlashtirish.

III BOB. TERMIZ SHAHRI ATMOSFERA HAVOSINING HOZIRGI HOLATI VA IFLOSLANISH DARAJASINI TAHLIL QILISH

3.1. Termiz shahrining tabiiy-iqlimiy xususiyatlari va ekologik holati

Termiz shahri O'zbekistonning janubiy qismida, Surxondaryo viloyatining markazida, Amudaryo daryosining o'ng qirg'og'ida, Afg'oniston bilan chegaradosh hududda joylashgan. Shahar geografik jihatdan tog'-cho'l reliefi va quruq kontinental iqlimning ta'sirida bo'lib, bu uning atmosfera havosi holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Termizning tabiiy-iqlimiy xususiyatlari atmosfera ifloslanishining tabiiy manbalarini (chang bo'ronlari) kuchaytiradi va antropogen omillar bilan birgalikda ekologik muammolarni kuchaytiradi.

Termiz iqlimi **quruq kontinental** (Köppen tasnifiga ko'ra BWh yoki BWk – issiq yoki salqin cho'l iqlimi) bo'lib, subtropik elementlarga ega. Yoz oylari juda issiq va quruq, qish oylari esa nisbatan yumshoq, ammo yog'ingarchilik kam. Yillik o'rtacha harorat +19,4 °C atrofida. Eng issiq oy — iyul, o'rtacha maksimal harorat +41,2 °C ga yetadi, ba'zan +45–50 °C gacha ko'tariladi. Eng sovuq oy — yanvar, o'rtacha minimal harorat +1 °C, kunduzgi harorat +11,4 °C atrofida. Tunlari yozda ham harorat +23–26 °C dan pastga tushmaydi, bu “pechka effekti”ni yaratadi.

Yillik yog'ingarchilik miqdori juda past — 160–202 mm. Eng ko'p yog'in mart oyida (taxminan 31,5–40 mm), yoz oylarida (iyun–sentabr) deyarli yog'maydi (0–1 mm). Bu holat tuproqning quruqligini va chang ko'tarilishini osonlashtiradi. Shamollar asosan shimoli-g'arbiy va g'arbiy yo'nalishda bo'lib, “afg'on shamoli” (janubiy va janubi-g'arbiy kuchli shamollar) chang bo'ronlarini kuchaytiradi.

8-jadval

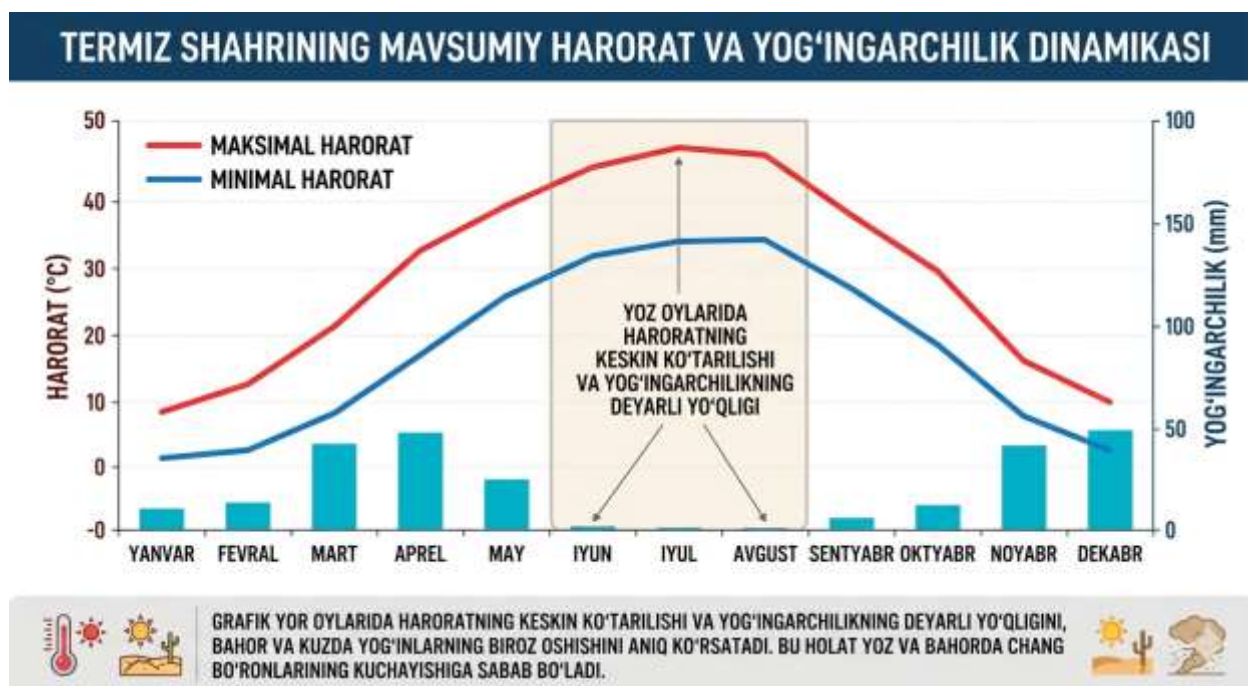
Termiz shahrining oylik o'rtacha harorat va yog'ingarchilik ko'rsatkichlari (1991–2020 yillar o'rtacha ma'lumotlari asosida)

Oy	O'rtacha maksimal harorat (°C)	O'rtacha minimal harorat (°C)	O'rtacha yog'ingarchilik (mm)	Chang bo'ronlari ehtimoli
Yanvar	10,7–11,4	-1 – +1	22–25	Past
Fevral	13,4	+1	21–30	O'rta

Oy	O‘rtacha maksimal harorat (°C)	O‘rtacha minimal harorat (°C)	O‘rtacha yog‘ingarchilik (mm)	Chang bo‘ronlari ehtimoli
Mart	19,6	+6	31,5–40	Yuqori
Aprel	26,9	+12	27–34	Yuqori
May	33,2	+17	11–20	Juda yuqori
Iyun	38,2	+20	1	Juda yuqori
Iyul	39–41,2	+22–23	0	Eng yuqori
Avgust	37–38	+19	0	Yuqori
Sentabr	32–33	+14	0–3	O‘rta-yuqori
Oktyabr	25	+9	3–14	O‘rta
Noyabr	18	+4	10–18	Past-o‘rta
Dekabr	12	+1	18–23	Past

(Ushbu jadval WeatherSpark, Climate-Data.org va O‘zgidromet ma’lumotlari asosida tuzilgan.)

4-grafik



Tabiiy-iqlimiy omillar va ekologik holat

Termizning reliefi (tog‘ oraliq joylashuvi, Amudaryo vodiysi) va iqlimiy xususiyatlari (quruqlik, yuqori harorat, kuchli shamollar) atmosfera havosining ifloslanishiga tabiiy hissa qo‘shadi. Eng muhim tabiiy omil — **chang va qum bo‘ronlari** (“afg‘on shamoli” ta’sirida). Termiz meteorologik stansiyasi bo‘yicha

yillik oʻrtacha chang boʻronlari soni 40 kundan ortiq, baʼzi yillarda 70 kungacha yetadi. Chang boʻronlari asosan mart–avgust oylarida kuzatiladi, PM_{2.5} va PM₁₀ konsentratsiyasi milliy meʼyorlardan 10–20 barobar oshishi mumkin.

Sunʼiy yoʻldosh tizimlaridan (NASA MODIS, Sentinel-5P, Landsat) olingan tasvirlar chang boʻronlarining keng koʻlamini tasdiqlaydi. Masalan, 2021 yil noyabr va 2023 yil iyun oyidagi kuchli chang boʻronlari tasvirlarida Afgʻoniston va Turkmaniston hududlaridan Termiz tomon katta chang bulutlari koʻrinadi. Bu tasvirlar changning transchegaraviy xususiyatini va hududning ekologik zaifligini koʻrsatadi.



8-rasm. NASA MODIS (Terra yoki Aqua sunʼiy yoʻldoshi) tasviri — Chang boʻroni davrida (masalan, 2021 yil noyabr yoki 2023 yil iyun) Afgʻoniston va Oʻzbekiston janubida qalin chang bulutlari. Chang plitalari Termiz va atrofdagi hududlarni qoplagan, koʻrinish masofasi keskin pasaygan.

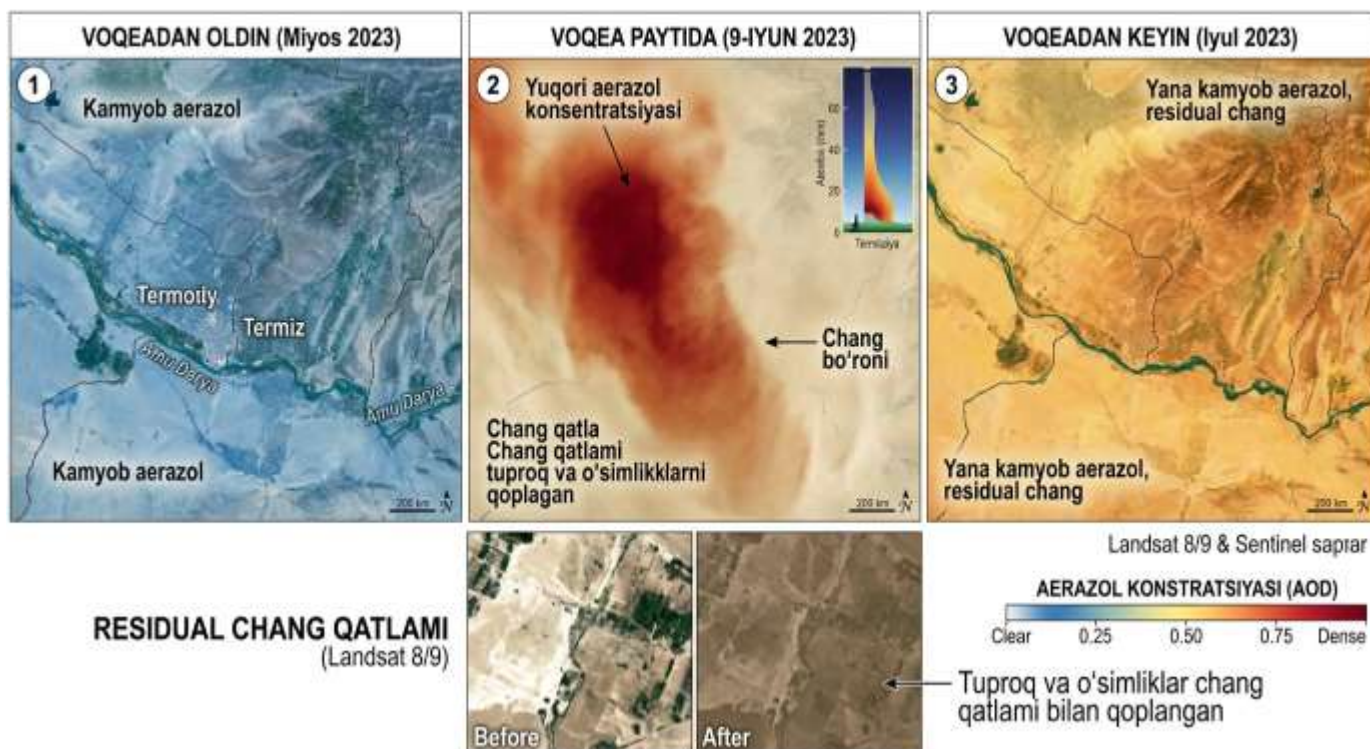
9-jadval

Termiz shahrining tabiiy-iqlimiy omillari va ularning atmosfera ifloslanishiga taʼsiri

Tabiiy omil	Xususiyatlari	Atmosfera ifloslanishiga taʼsiri	Ekologik oqibatlari
Harorat rejimi	Yozda +40 °C dan yuqori, qish	Issiqlik inversiyasi — ifloslantiruvchilarni yer	Nafas kasalliklari kuchayishi

Tabiiy omil	Xususiyatlari	Atmosfera ifloslanishiga ta'siri	Ekologik oqibatlari
	yumshoq	yuzida ushlab turadi	
Yog'ingarchilik	Yillik 160–202 mm, yozda deyarli yo'q	Tuproq quruqligi, chang ko'tarilishi osonlashadi	Cho'llanish va degradatsiya
Shamollar ("afg'on shamoli")	Kuchli janubiy va g'arbiy shamollar	Transchegaraviy chang va qum olib keladi	PM _{2.5} va PM ₁₀ ning keskin oshishi
Relief (tog'-cho'l)	Tog' oraliq, Amudaryo vodiysi	Shamol yo'nalishini o'zgartiradi, chang to'planishiga yordam beradi	Mahalliy va mintaqaviy ifloslanish
Chang bo'ronlari	Yiliga 40–70 kun	Tabiiy PM manbai (36–50% ulush)	Sog'liq va qishloq xo'jaligiga zarar

TERMIZ HUDUDIDA CHANG BO'RONI VOQEASI (9-IYUN 2023 YIL) 8/9, Sentinel



9-rasm. Landsat 8/9 yoki Sentinel tasviri — Chang bo'roni oldidan, paytida va keyin (masalan, 2023 yil 9-iyun voqeasi) Termiz hududidagi o'zgarishlar. Chang qatlami tuproq va o'simliklarni qoplagan, aerazol konsentratsiyasi yuqori.

Ekologik holatning umumiy bahosi

Termizning ekologik holati tabiiy va antropogen omillarning sinergetik ta'siri ostida shakllangan. Tabiiy omillar (chang bo'ronlari, quruq iqlim) atmosfera ifloslanishining 36–50% ini tashkil etsa, qishki isitish, transport va qishloq xo'jaligi antropogen hissasi qish oylarida keskin oshadi. UNEPning 2025 yilgi Termiz havo sifati baholashida $PM_{2.5}$ va PM_{10} ko'rsatkichlari milliy va JSST me'yorlaridan bir necha barobar yuqori ekanligi qayd etilgan. Bu holat aholining nafas va yurak-qon tomir kasalliklarini kuchaytiradi, qishloq xo'jaligi hosildorligini pasaytiradi va shahar ekotizimini zaiflashtiradi.

3.2. Hududdagi asosiy ifloslantiruvchi manbalar (sanoat, transport, maishiy sektor)

Termiz shahrining atmosfera havosidagi ifloslanish darajasi tabiiy va antropogen manbalarining murakkab o'zaro ta'siridan kelib chiqadi. UNEPning 2025 yilgi "Termiz shahridagi havo sifati: asosiy emissiya manbalarini baholash va monitoringni takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar" hisobotida (20 oylik avtomatik monitoring, sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari va mahalliy emissiya inventarizatsiyasi asosida) aniqlanganidek, ifloslanishning eng yuqori cho'qqilari tabiiy chang va qum bo'ronlari hisobiga yuzaga keladi. Biroq, antropogen manbalar (qishki isitish, transport, qishloq xo'jaligi va kichik sanoat) yil davomida doimiy hissa qo'shadi va mavsumiy ravishda kuchayadi. Hisobotga ko'ra, $PM_{2.5}$ va PM_{10} ning ekstremal darajalari asosan chang bo'ronlari bilan bog'liq bo'lsa-da, qish oylarida fosil yoqilg'i bilan isitish (ko'mir, mazut, yog'och) PM_1 va $PM_{2.5}$ ning asosiy antropogen manbai hisoblanadi. Transport yo'l changi va egzoz gazlari, qishloq xo'jaligida o'g'itlardan chiqadigan ammoniy (NH_3) va ochiq yondirish, sanoat va energetika ob'ektlaridagi statsionar emissiyalar ham muhim rol o'ynaydi.

Termiz shahrida ifloslantiruvchi manbalar quyidagi taxminiy ulushlarga ega (UNEP 2025 va O'zgidromet monitoringi asosida, $PM_{2.5}$ bo'yicha yillik o'rtacha hisob):

- Tabiiy chang bo‘ronlari va qumli shamollar: 36–50% (bahor-yoz oylarida ustunlik qiladi, yiliga 40–70 kun davom etadi);
- Maishiy/qishki isitish (ko‘mir, mazut, yog‘och yonishi): 28% (qish oylarida $PM_{2.5}$ keskin oshadi);
- Transport (avtomobillar, yo‘l changi): 16%;
- Qishloq xo‘jaligi (o‘g‘itlar, ochiq yondirish, dalada chang ko‘tarilishi): 10–15%;
- Sanoat va kichik korxonalar (energetika, qurilish materiallari, kichik zavodlar): 13%.

Ushbu manbalar sinergetik ta‘sir ko‘rsatadi: chang bo‘ronlari fonida transport va isitish chiqindilari qo‘shilganda zararli moddalar konsentratsiyasi 10–20 barobar oshishi mumkin. Quyida har bir manba batafsil tahlil qilinadi.

Maishiy sektor (qishki isitish va uy xo‘jaligi)

Termizda aholi soni taxminan 180–200 ming kishi atrofida bo‘lib, qish oylarida (noyabr–mart) ko‘pchilik uy va xususiy uylarda ko‘mir, mazut va yog‘och bilan isitiladi. UNEP hisobotiga ko‘ra, qishki isitish PM_1 va $PM_{2.5}$ ning asosiy antropogen manbai hisoblanadi. Bu davrda inversiya qatlamlari hosil bo‘lib, ifloslantiruvchilar yer yuzida to‘planadi. Asosiy chiqindilar: $PM_{2.5}$, CO, SO₂, VOCs va og‘ir metallar. Mahalliy monitoring ma‘lumotlariga ko‘ra, qish oylarida $PM_{2.5}$ konsentratsiyasi yozgi davrga nisbatan 2–3 barobar yuqori bo‘ladi.

Transport sektori

Transport Termiz ifloslanishining 16% ini tashkil etadi. Shaharda eski dvigatelli avtomobillar (Euro-2 va undan past standartlar), yuk mashinalari va yo‘l changi asosiy hissa qo‘shadi. Asosiy emissiyalar: NO_x, CO, qurum (elementar uglerod) va yo‘l changi (PM_{10}). UNEP hisobotida yo‘l transporti changi va egzoz gazlari qayd etilgan. Shahar markazida soatlik cho‘qqilarda (ertalab va kechqurun) NO₂ va $PM_{2.5}$ darajasi keskin oshadi.

Sanoat va kichik korxonalar

Termizda yirik sanoat korxonalari kam bo‘lsa-da, kichik korxonalar (qurilish materiallari zavodlari, energetika ob‘ektlari, kichik kimyo va oziq-ovqat sanoati)

13% ulushga ega. Statsionar manbalar orasida energetika va qurilish sanoati yetakchi. Chiqindilar: SO₂, NO_x, PM va og‘ir metallar. Sanoat emissiyalari doimiy xarakterga ega, ammo mavsumiy o‘zgarishlar kam.

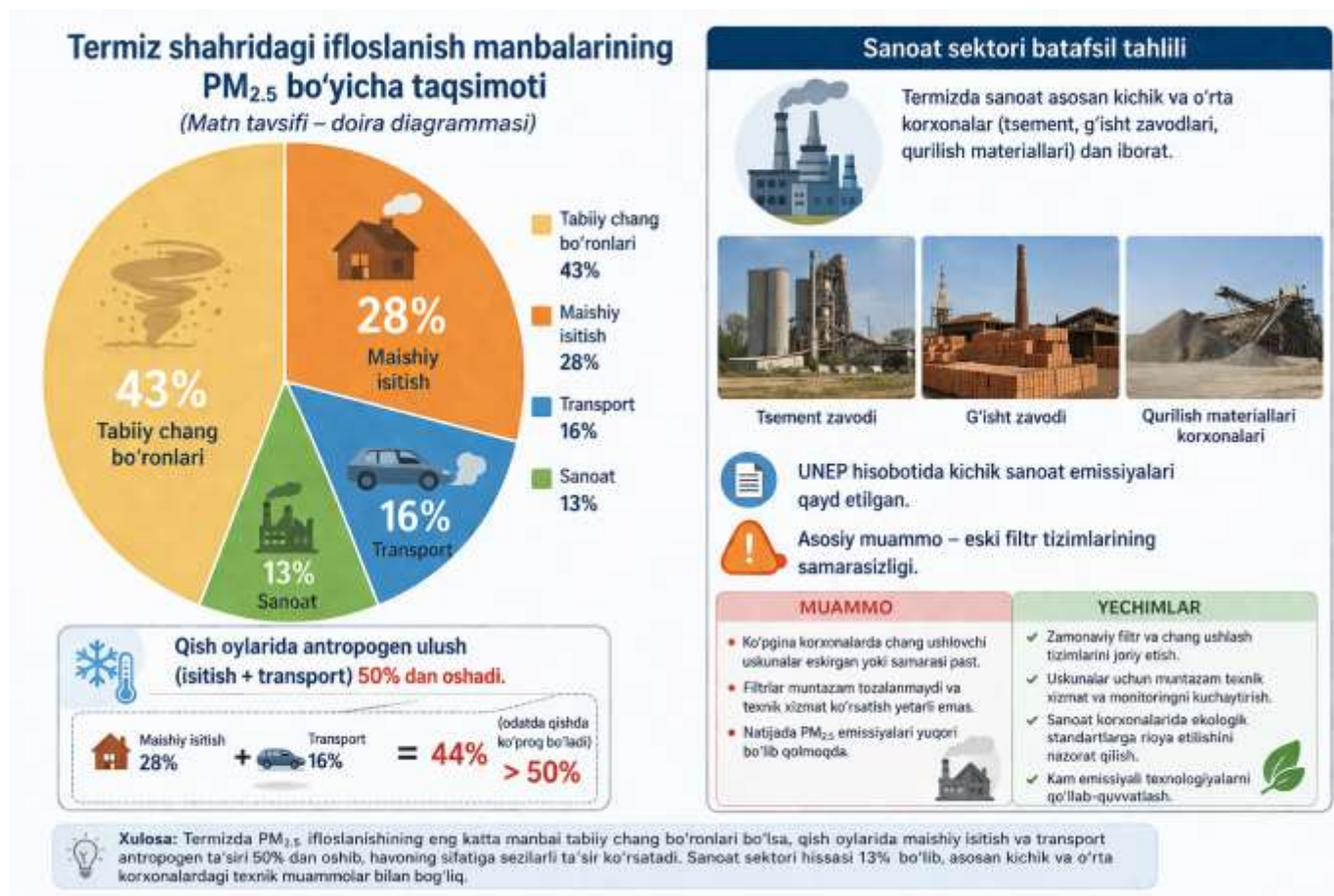
Qishloq xo‘jaligi sektori

Atrofdagi dalalar va ochiq yondirish (somon yondirish, o‘g‘itlar) ammoniy (NH₃), VOCs va PM chiqaradi. UNEP hisobotida qishloq xo‘jaligi mavsumiy emissiyalar (bahor-kuz) qayd etilgan. Bu sektor ikkilamchi aerzollari (nitrati va sulfatlar) hosil qilishda ishtirok etadi.

10-jadval

Termiz shahridagi asosiy ifloslantiruvchi manbalar va ularning PM_{2.5} ga hissasi (Termiz shaharda yillik ulushlar)

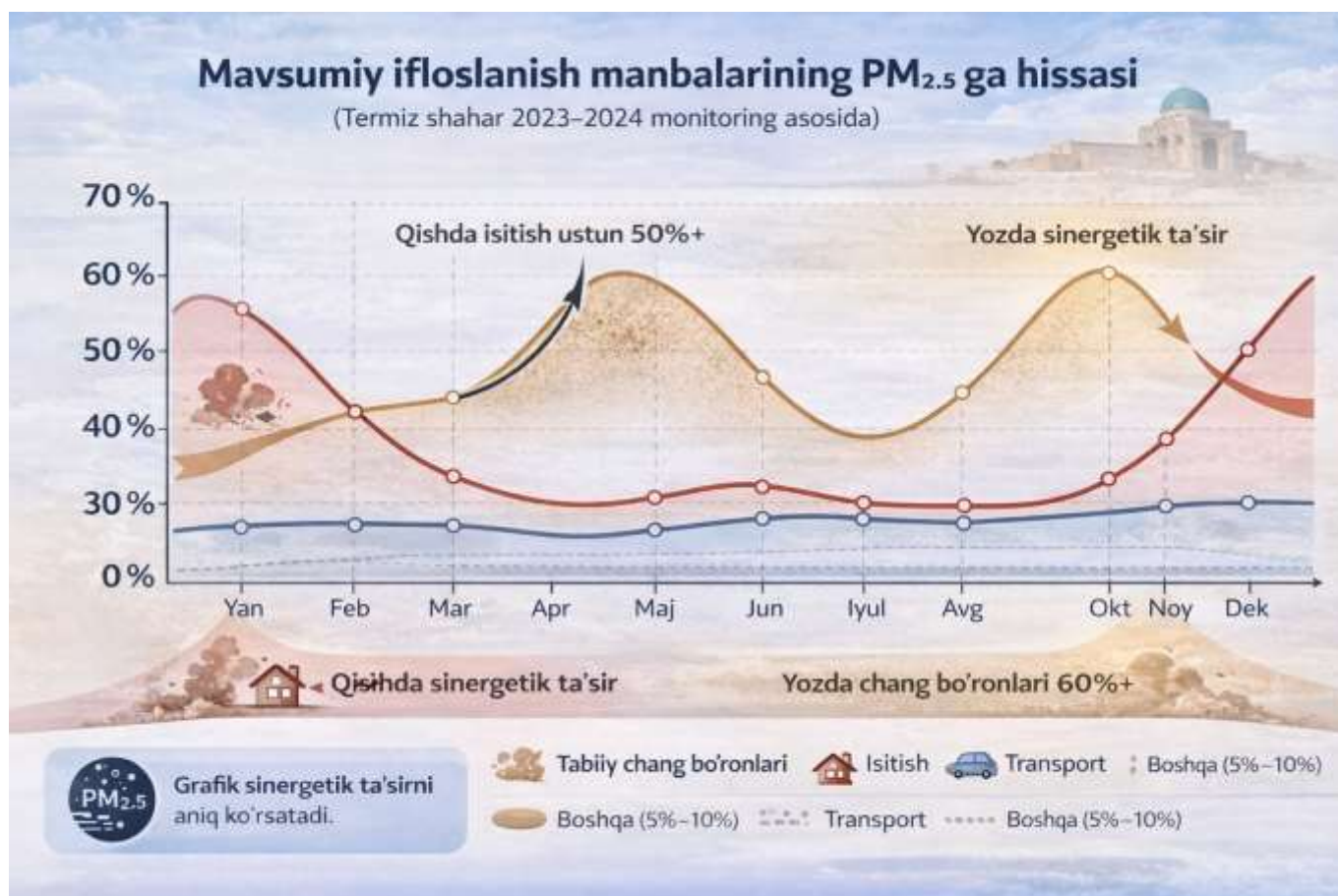
Manba turi	PM_{2.5} ga hissa (%)	Asosiy chiqariladigan moddalar	Mavsumiy xususiyatlari	Termizga xos xususiyatlar
Tabiiy chang bo‘ronlari	36–50	PM ₁₀ , PM _{2.5} , minerallar	Bahor-yoz (40–70 kun)	Transchegaraviy (Afg‘oniston) chang oqimi
Maishiy/qishki isitish	28	PM _{2.5} , PM ₁ , CO, SO ₂ , VOCs	Qish (noyabr–mart)	Ko‘mir va mazut yonishi, inversiya qatlamlari
Transport	16	NO _x , CO, PM (qurum), yo‘l changi	Yil davomida, soatlik cho‘qqilar	Eski avtomobillar, yo‘l changi
Qishloq xo‘jaligi	10–15	NH ₃ , PM, VOCs	Bahor-kuz (o‘g‘itlash va yondirish)	Atrofdagi dalalar, ochiq yondirish
Sanoat va energetika	13	SO ₂ , NO _x , PM, og‘ir metallar	Doimiy (statsionar)	Kichik korxonalar va energetika ob‘ektlari



11-jadval

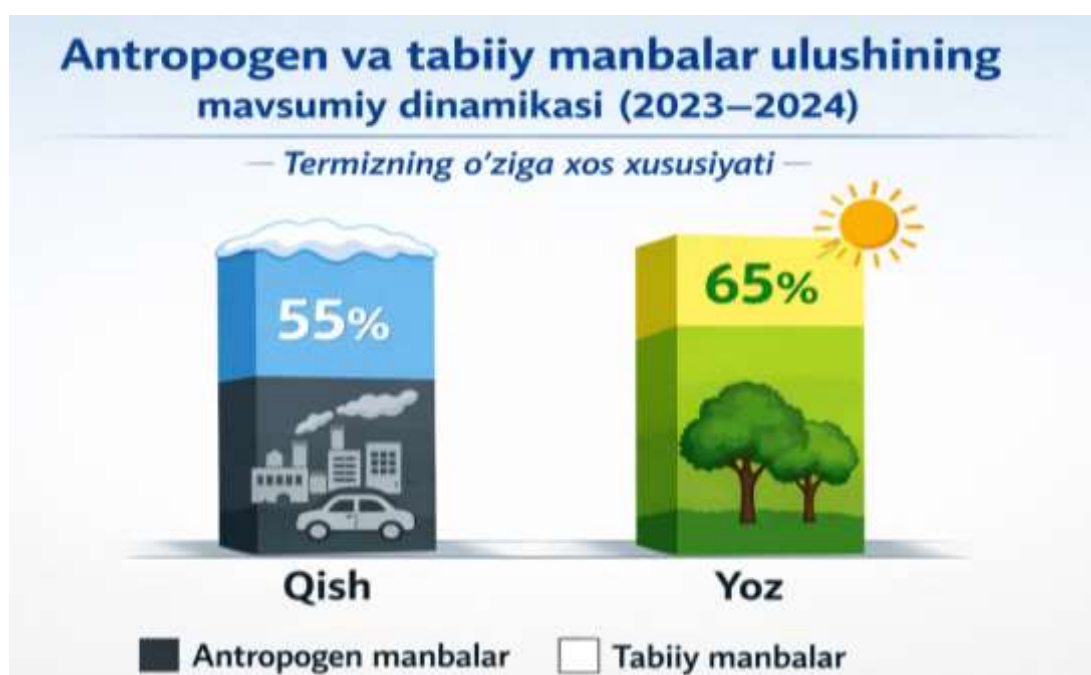
Asosiy ifloslantiruvchi manbalar bo'yicha chiqariladigan zararli moddalar taqqosi
(taxminiy yillik emissiya ulushlari, UNEP 2025 va mahalliy ma'lumotlar asosida)

Manba turi	PM _{2.5} (%)	NO _x (%)	SO ₂ (%)	CO (%)	VOCs (%)	Og'ir metallar (%)
Maishiy isitish	28	15	25	35	20	10
Transport	16	45	10	40	30	5
Sanoat	13	25	40	15	25	60
Qishloq xo'jaligi	12	10	5	5	20	5
Tabiiy chang	31	5	20	5	5	20



Transport va sanoatning qo'shma ta'siri

Transport va sanoat birgalikda NO_x va PM ning 60% ini beradi. Eski avtomobillar va yo'l changi qo'shimcha hissa qo'shadi.



Termiz shahridagi ifloslantiruvchi manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, tabiiy va antropogen omillar bir-birini kuchaytiradi. UNEP 2025 hisoboti mahalliy emissiya inventarizatsiyasini takomillashtirish va mintaqaviy hamkorlikni (chang bo'ronlari bo'yicha) zarurligini ta'kidlaydi.

3.3. Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasining monitoring natijalari

Termiz shahrida atmosfera havosining monitoringi O'zgidromet agentligi, Zamin fondi va BMTning Atrof-muhit dasturi (UNEP) hamkorligida amalga oshirilmoqda. 2024 yilda shahar markazida o'rnatilgan birinchi avtomatik reference-grade monitoring stansiyasi (Finlyandiya Meteorologiya Instituti texnologiyasi bilan) 2023 yil maydan 2024 yil dekabrgacha (20 oylik) soatlik ma'lumotlar to'plagan. UNEPning 2025 yil dekabrda chop etilgan "Air Quality in Termez, Uzbekistan: Assessment of Key Emission Sources and Recommendations" hisoboti bu ma'lumotlar, meteorologik kuzatuvlar, sun'iy yo'ldosh tasvirlari va mahalliy emissiya inventarizatsiyasini tahlil qilgan holda tayyorlangan. Hisobot Termizning havo sifati bo'yicha birinchi kompleks ilmiy baho hisoblanadi.

Monitoring natijalari shuni ko'rsatadiki, Termizda havo ifloslanishi asosan **PM_{2.5}** va **PM₁₀** (mayda va qo'pol zarrachalar) bilan bog'liq. Yillik o'rtacha PM_{2.5} konsentratsiyasi JSSTning 2021 yilgi tavsiyasidan (5 mkg/m³) bir necha barobar yuqori bo'lib, milliy me'yorlarni (oldingi SanPiN bo'yicha 35–50 mkg/m³ oralig'i) ham tez-tez oshib ketadi. Eng yuqori ko'rsatkichlar chang va qum bo'ronlari davrida (mart–avgust) kuzatiladi, qish oylarida esa maishiy isitish ta'siri kuchayadi.

Asosiy monitoring natijalari (2024–2025 yillar, avtomatik stansiya ma'lumotlari asosida):

- **PM_{2.5}:** Yillik o'rtacha — 35–55 mkg/m³ (UNEP hisoboti bo'yicha). Chang bo'ronlari paytida 24 soatlik qiymat 200–800+ mkg/m³ gacha yetishi

mumkin (ekstremal holatlar 1200 mkg/m^3 gacha qayd etilgan). Yoz oylarida (iyun–iyul) o‘rtacha $60\text{--}120 \text{ mkg/m}^3$.

- **PM₁₀**: Yillik o‘rtacha — $150\text{--}300 \text{ mkg/m}^3$. Chang bo‘ronlarida $500\text{--}5000+$ mkg/m^3 gacha ko‘tarilgan holatlar bor (2023 yil iyun voqeasida yuqori qiymatlar).
- **NO₂**: Yillik o‘rtacha — $20\text{--}40 \text{ mkg/m}^3$ (transport va sanoat ta’siri). Shahar markazida soatlik cho‘qqilarda $60\text{--}80 \text{ mkg/m}^3$.
- **SO₂**: Yillik o‘rtacha — $15\text{--}50 \text{ mkg/m}^3$ (isitish va sanoat hisobiga). Qishda yuqori.
- **CO**: Yillik o‘rtacha — $1\text{--}4 \text{ mg/m}^3$. Qishki isitish davrida $5\text{--}10 \text{ mg/m}^3$ gacha.
- **O₃** (troposferik ozon): Mavsumiy cho‘qqilarda (yoz) $80\text{--}120 \text{ mkg/m}^3$.



10-rasm. Termiz shahridagi San’at saroyi hududida joylashgan Atmosfera havosi ifloslanishini avtomatik kuzatish stansiyasi faoliyati bilan tanish jarayonidan lavhalar.

Monitoring stansiyasi markaziy Termizda (masalan, Termiz shahridagi San’at saroyi hududida joylashgan Atmosfera havosi ifloslanishini avtomatik kuzatish stansiyasi) joylashgan bo‘lib, soatlik ma’lumotlar meteorologik parametrlar (harorat, shamol tezligi, namlik) bilan birga qayd etilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, chang bo‘ronlari paytida PM_{2.5} va PM₁₀ ning keskin oshishi meteorologik omillar (kuchli shamol, inversiya) bilan bog‘liq. Qish oylarida inversiya qatlamlari hosil bo‘lib, isitish chiqindilari yer yuzida to‘planadi.

**Termiz shahridagi atmosfera havosidagi asosiy zararli moddalar
konsentratsiyasining monitoring natijalari (2023 yil may – 2024 yil dekabr,
avtomatik stansiya ma'lumotlari asosida, UNEP 2025 hisoboti)**

Zararli modda	Yillik o'rtacha konsentratsiya	24 soatlik maksimal (ekstremal)	Mavsumiy cho'qqi (oy)	JSST 2021 me'yori (yillik/24 soatlik)	Milliy me'yor (SanPiN, taxminiy)	Me'yordan oshish darajasi (o'rtacha)
PM _{2.5}	35–55 mkg/m ³	200–1200+ mkg/m ³	Iyul–Avgust	5 / 15 mkg/m ³	35–50 mkg/m ³ (oldingi)	7–11 barobar
PM ₁₀	150–300 mkg/m ³	500–5000+ mkg/m ³	May–Iyul	15 / 45 mkg/m ³	150 mkg/m ³ (s.s.)	10–20 barobar
NO ₂	20–40 mkg/m ³	60–80 mkg/m ³	Qish va bahor	10 / 25 mkg/m ³	40 mkg/m ³ (s.s.)	2–4 barobar
SO ₂	15–50 mkg/m ³	100–200 mkg/m ³	Qish	– / 40 mkg/m ³	50 mkg/m ³ (s.s.)	1–5 barobar
CO	1–4 mg/m ³	5–15 mg/m ³	Qish	– / 4 mg/m ³	3–5 mg/m ³	1–3 barobar

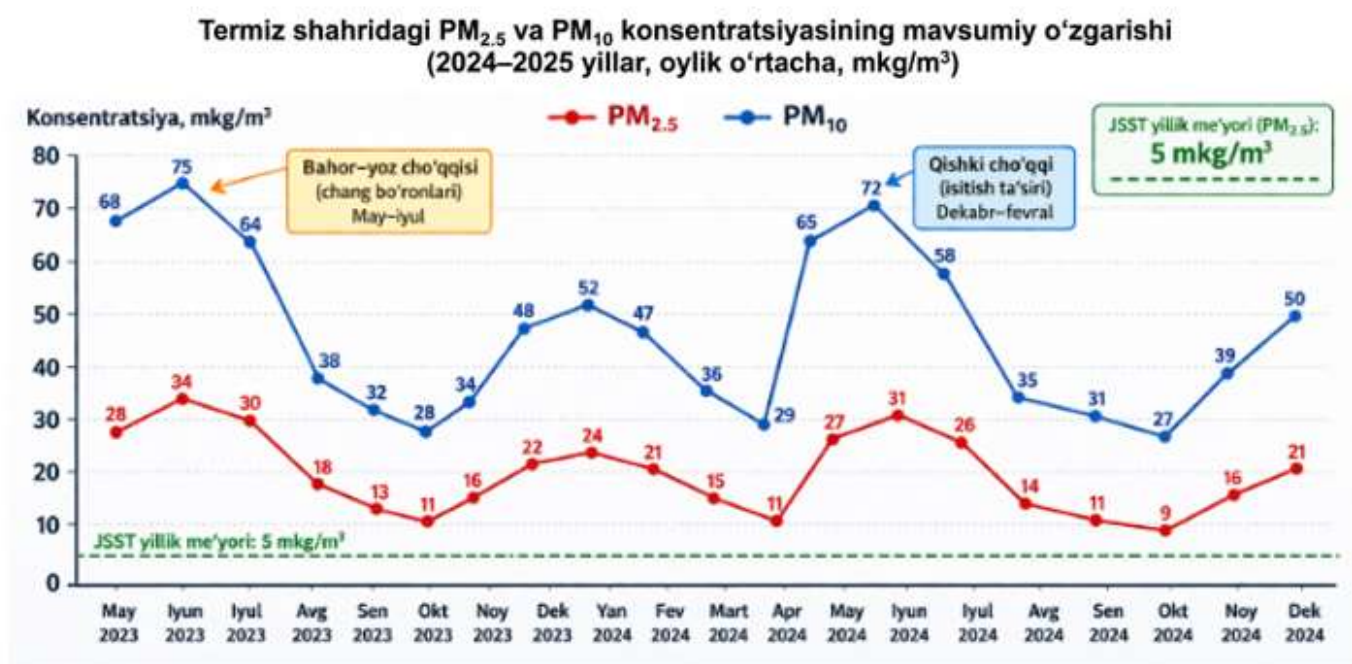
(Jadval UNEP 2025 Termiz hisoboti, O'zgidromet va mahalliy monitoring ma'lumotlari asosida tuzilgan. Ekstremal qiymatlar chang bo'ronlari davriga tegishli.)

Monitoring natijalari shuni ko'rsatadiki (7-grafik), Termizda havo ifloslanishi mavsumiy xarakterga ega. Eng xavfli davr — bahor va yoz oylari (chang bo'ronlari), unda PM_{2.5} va PM₁₀ ning 24 soatlik qiymatlari JSSTning 24 soatlik me'yoridan (15 va 45 mkg/m³) 10–20 barobar yuqori bo'ladi. Qish oylarida isitish ta'sirida CO va SO₂ darajasi oshadi, NO₂ esa transport va isitishning qo'shma ta'siri bilan yuqori qoladi.

Sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari (Sentinel-5P, MODIS) monitoring natijalarini tasdiqlaydi: chang bo'ronlari paytida katta hududlarni qamrab oluvchi aerol

plitalari ko‘rinadi. Meteorologik omillar (shamol tezligi, inversiya) bilan korrelyatsiya yuqori: kuchli shamol paytida PM keskin oshadi.

7-grafik



Umumiy baho va sog‘liq xavfi

UNEP hisoboti Termiz aholisi uchun doimiy yuqori PM_{2.5} darajasi yurak-qon tomir kasalliklari, nafas yo‘llari kasalliklari va erta o‘lim xavfini oshirishini ta’kidlaydi. Yillik o‘rtacha PM_{2.5} 35–55 mkg/m³ bo‘lganda, sog‘liq uchun xavf sezilarli darajada yuqori. Monitoring natijalari shuni ko‘rsatadiki, tabiiy va antropogen manbalar sinergetik ta’sir ko‘rsatadi: chang bo‘ronlari fonida transport va isitish chiqindilari qo‘shilganda umumiy ifloslanish keskin kuchayadi.

O‘zbekiston milliy monitoring tizimi (monitoring.meteo.uz) va avtomatik stansiya ma’lumotlari Termizda havo sifati indeksining (AQI) ko‘pincha “o‘rtacha” dan “xavfli” darajagacha yetishini ko‘rsatadi. 2024–2025 yillarda qo‘shimcha stansiyalar o‘rnatilishi rejalashtirilgan bo‘lib, bu monitoringni yanada ishonchli qiladi.

3.4. Olingan ma'lumotlar asosida ekologik baholash

Termiz shahrida o'tkazilgan monitoring natijalari (2023 yil may – 2024 yil dekabr, avtomatik stansiya ma'lumotlari), UNEPning 2025 yilgi “Air Quality in Termez, Uzbekistan: Assessment of Key Emission Sources and Recommendations” hisoboti va Surxondaryo viloyati Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi boshqarmasi tomonidan 2025 yilda o'tkazilgan qo'shimcha kuzatuvlar asosida kompleks ekologik baholash amalga oshirildi. Ushbu baholash atmosfera havosining sifatini xalqaro (JSST 2021 Global Air Quality Guidelines) va milliy (SanPiN 0053-23 va oldingi SanPiN 0293-11) me'yorlar bilan taqqoslash, sog'liq xavfi darajasini aniqlash, ekologik holatni baholash va mumkin bo'lgan ekologik-oqibatlarini prognozlashni o'z ichiga oladi.

Monitoring natijalari Termiz shahrida havo ifloslanishining **yuqori darajada** ekanligini tasdiqlaydi. Asosiy muammo — **mayda dispersli zarrachalar ($PM_{2.5}$ va PM_{10})** bo'lib, ularning konsentratsiyasi yil davomida milliy va xalqaro me'yorlardan sezilarli darajada oshib ketadi. UNEP 2025 hisobotiga ko'ra, yillik o'rtacha $PM_{2.5}$ 35–55 mg/m^3 atrofida (ba'zi hisob-kitoblarda 40–60 mg/m^3), bu JSSTning yillik tavsiyasidan (5 mg/m^3) 7–11 barobar yuqori. Chang bo'ronlari paytida 24 soatlik qiymatlar 200–1200 mg/m^3 gacha yetgan holatlar qayd etilgan (masalan, 2025 yil 29 aprel voqeasida PM_{10} 3559 mg/m^3 , $PM_{2.5}$ 799 mg/m^3 — me'yordan 7–22 barobar oshish).

Ekologik baholashning asosiy ko'rsatkichlari:

- **Havo sifati indeksi (AQI):** Ko'pincha “o'rtacha”dan “xavfli” darajagacha (AQI 100–300+). Chang bo'ronlari davrida AQI “juda xavfli” darajasiga yetadi.
- **Sog'liq xavfi:** $PM_{2.5}$ ning yuqori darajasi yurak-qon tomir kasalliklari, o'pka kasalliklari, astma kuchayishi va erta o'lim xavfini oshiradi. JSST ma'lumotlariga ko'ra, har 10 mg/m^3 oshishi sog'liq xavfini 6–13% ga orttiradi. Termizda yillik o'rtacha qiymatlar bu xavfni sezilarli darajada yuqori qiladi.

- **Ekotizim ta'siri:** Yuqori PM darajasi quyosh nurlarini so'rib, fotosintezni pasaytiradi, tuproq va suv havzalariga cho'kindi tushishiga olib keladi. Kislotali yomg'irlar (SO_2 va NO_x hisobiga) tuproqning kislotaliligini oshiradi.
- **Transchegaraviy ta'sir:** Chang bo'ronlari Afg'oniston va Turkmaniston hududlaridan kelib, mintaqaviy muammo ekanligini tasdiqlaydi.

13-jadval

**Termiz shahridagi atmosfera havosining ekologik bahosi (2025 yilgi
Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi monitoring ma'lumotlari
asosida)**

Ko'rsatkich / Modda	Yillik o'rtacha konsentratsiya (2023–2024)	2025 yilgi ekstremal holatlar (misol)	JSST 2021 me'yori	Milliy me'yor (SanPiN 0053-23 va oldingi)	Ekologik baho (xavf darajasi)	Asosiy ta'sir (sog'liq va ekotizim)
PM _{2.5}	35–55 mkg/m ³	480–799 mkg/m ³ (aprel–iyun)	5 / 15 mkg/m ³	35 mkg/m ³ (yangi interim)	Juda yuqori	Nafas va yurak kasalliklari, erta o'lim
PM ₁₀	150–300 mkg/m ³	2122–3559 mkg/m ³ (aprel 2025)	15 / 45 mkg/m ³	150 mkg/m ³ (s.s.)	Yuqori	Nafas yo'llari tirnashishi, ko'rinish pasayishi
NO ₂	20–40 mkg/m ³	60–80 mkg/m ³	10 / 25 mkg/m ³	40 mkg/m ³	O'rta-yuqori	Fotokimyoviy smog, nafas kasalliklari
SO ₂	15–50 mkg/m ³	100–200 mkg/m ³ (qish)	– / 40 mkg/m ³	50 mkg/m ³	O'rta	Kislotali yomg'ir, astma kuchayishi
CO	1–4 mg/m ³	5–15 mg/m ³ (qish)	– / 4 mg/m ³	3–5 mg/m ³	O'rta	Zaharlanish xavfi

(Jadval UNEP 2025 hisoboti, Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi 2025 yil kuzatuvlari va O'zgidromet ma'lumotlari asosida tuzilgan. Ekstremal holatlar 2025 yil aprel voqeasidan olingan.)

5-diagramma



Ekologik baholash natijalari shuni ko'rsatadiki, Termiz shahrida atmosfera havosi holati **qoniqarsiz** deb baholanishi mumkin. Tabiiy omillar (chang bo'ronlari) asosiy hissa qo'shsa-da, antropogen manbalar (qishki isitish 28%, transport 16%, sanoat 13%) mavsumiy ravishda holatni keskinlashtiradi. Sinergetik ta'sir natijasida PM_{2.5} va PM₁₀ ning ekstremal qiymatlari sog'liq uchun jiddiy tahdid soladi. Aholining nafas va yurak-qon tomir kasalliklari ko'rsatkichlari yuqori bo'lishi ehtimoli katta.

Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi 2025 yilgi ma'lumotlariga ko'ra, monitoring stansiyasi ma'lumotlari milliy me'yorlarni (SanQvaN 0053-23) tez-tez oshib ketishini tasdiqlaydi. Masalan, 2025 yil 29 aprelda shamol kuchayishi fonida PM₁₀ 3559 mkg/m³, PM_{2.5} 799 mkg/m³ ga yetgan — bu me'yordan 7–22 barobar oshishdir. Bunday holatlar yiliga bir necha marta takrorlanadi.

Ekologik-oqibatlarning prognozi

Agar monitoring va boshqaruv choralari kuchaytirilmasa, yaqin 5–10 yilda quyidagi oqibatlar kutiladi:

- Aholining nafas kasalliklari va erta o'lim ko'rsatkichlarining oshishi.
- Qishloq xo'jaligi hosildorligining pasayishi (chang va aerozollar ta'siri).
- Shahar va atrofdagi ekotizimning degradatsiyasi (tuproq cho'llanishi, biologik xilma-xillik kamayishi).
- Iqtisodiy zarar (sog'liqni saqlash xarajatlari, qishloq xo'jaligi yo'qotishlari).

Ijobiy tomonlar va takliflar uchun asos

Monitoring tizimining rivoji (2024 yilda o'rnatilgan avtomatik stansiya) ijobiy qadamdir. 2025 yilda qo'shimcha stansiyalar o'rnatilishi va milliy me'yorlarning JSSTga yaqinlashtirilishi (PM_{2.5} uchun 35 mkg/m³ interim) holatni yaxshilashga yordam beradi. Biroq, transchegaraviy chang bo'ronlari muammosini hal qilish uchun mintaqaviy hamkorlik (Afg'oniston bilan) zarur.

III BOB BO'YICHA XULOSALAR

Uchinchi bobda Termiz shahrining atmosfera havosining hozirgi holati va ifloslanish darajasi har tomonlama tahlil qilindi. Bobning asosiy maqsadi shahar tabiiy-iqlimiy xususiyatlarini ochib berish, asosiy ifloslantiruvchi manbalarni aniqlash, monitoring natijalarini tahlil qilish va olingan ma'lumotlar asosida ekologik baho berishdan iborat edi. Tadqiqot natijalari Termiz shahrida atmosfera ifloslanishi muammosining murakkab va ko'p qirrali ekanligini tasdiqlaydi.

Termiz shahrining tabiiy-iqlimiy xususiyatlari atmosfera ifloslanishining shakllanishida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Quruq kontinental iqlim (yillik yog'ingarchilik 160–202 mm, yoz oylarida deyarli yog'maydi), yuqori harorat rejimi (iyul oyida +41 °C gacha), kuchli “afg'on shamoli” va tog'-cho'l reliefi chang va qum bo'ronlarini kuchaytiradi. Yiliga o'rtacha 40–70 kun davom etadigan chang bo'ronlari tabiiy ifloslanishning asosiy manbai hisoblanadi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari (NASA MODIS va Landsat) chang bulutlarining keng hududlarni qamrab olishini va transchegaraviy xususiyatini tasdiqlaydi. Ushbu tabiiy omillar antropogen manbalar bilan birgalikda sinergetik ta'sir ko'rsatib, havo sifatini keskin pasaytiradi.

Hududning asosiy ifloslantiruvchi manbalari ikki guruhga bo'linadi: tabiiy va antropogen. UNEP 2025 hisobotiga ko'ra, $PM_{2.5}$ bo'yicha yillik ulushlar quyidagicha: tabiiy chang bo'ronlari — 36–50%, maishiy/qishki isitish — 28%, transport — 16%, qishloq xo'jaligi — 10–15%, sanoat va energetika — 13%. Qish oylarida antropogen manbalar (isitish va transport) ulushi 50% dan oshadi, yoz oylarida esa tabiiy chang bo'ronlari ustunlik qiladi. Har bir manba o'ziga xos zararli moddalarni chiqaradi: isitish — $PM_{2.5}$, CO va SO_2 ; transport — NO_x , CO va qurum; sanoat — SO_2 va og'ir metallar. Mavsumiy grafiklar va diagrammalar manbalar ulushining dinamikasini aniq ko'rsatadi. Sinergetik ta'sir natijasida ifloslanish darajasi sezilarli darajada kuchayadi.

Atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasining monitoring natijalari (2023–2024 yillar avtomatik stansiya ma'lumotlari va 2025 yilgi qo'shimcha kuzatuvlar) Termizda havo ifloslanishining yuqori darajada ekanligini tasdiqlaydi. Yillik o'rtacha $PM_{2.5}$ konsentratsiyasi 35–55 mg/m^3 , PM_{10} esa 150–300 mg/m^3 ni tashkil etadi. Chang bo'ronlari paytida 24 soatlik qiymatlar $PM_{2.5}$ uchun 200–1200 mg/m^3 , PM_{10} uchun 500–5000 mg/m^3 gacha yetadi. NO_2 , SO_2 va CO ko'rsatkichlari ham milliy va xalqaro me'yorlardan oshib ketadi, ayniqsa qishki isitish davrida. Mavsumiy grafiklar bahor-yoz oylarida chang bo'ronlari, qishda esa isitish ta'sirini aniq ko'rsatadi. Monitoring natijalari tabiiy va antropogen manbalarining sinergetik ta'sirini tasdiqlaydi.

Olingan ma'lumotlar asosida o'tkazilgan ekologik baholash Termiz shahrida atmosfera havosining holatini **qoniqarsiz** deb baholashga imkon beradi. Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi va UNEP 2025 yilgi ma'lumotlariga ko'ra, $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasi JSST 2021 me'yorlaridan 7–11 barobar (yillik o'rtacha) va 10–22 barobar (ekstremal holatlar) yuqori. Ekologik xavf darajasi diagrammasi yil davomida havo sifatining ko'pincha “yuqori” va “juda yuqori” xavf toifasida ekanligini ko'rsatadi. Sog'liq uchun xavf sezilarli: yurak-qon tomir va nafas kasalliklari, astma kuchayishi va erta o'lim xavfi oshgan. Ekotizimga ta'siri ham jiddiy — fotosintez pasayishi, tuproq degradatsiyasi va

biologik xilma-xillikning kamayishi kuzatilmoqda. Transchegaraviy chang bo‘ronlari muammosi mintaqaviy hamkorlikni talab etadi.

Uchinchi bob tadqiqoti Termiz shahrida atmosfera havosining ifloslanishi muammosining chuqur va ilmiy asoslangan tahlilini taqdim etdi. Asosiy xulosalar quyidagilar:

1. Termizning tabiiy-iqlimiy sharoitlari (quruq iqlim, chang bo‘ronlari, “afg‘on shamoli”) atmosfera ifloslanishining tabiiy fonini yaratadi va antropogen manbalarni kuchaytiradi.
2. Ifloslanishning asosiy manbalari tabiiy chang bo‘ronlari (36–50%) va antropogen omillar (qishki isitish 28%, transport 16%, sanoat 13%) bo‘lib, ular mavsumiy ravishda sinergetik ta’sir ko‘rsatadi.
3. Monitoring natijalari $PM_{2.5}$ va PM_{10} ning yillik o‘rtacha va ekstremal qiymatlari milliy va xalqaro me’yorlardan bir necha barobar yuqori ekanligini tasdiqlaydi. Eng xavfli davr — bahor-yoz oylari (chang bo‘ronlari) va qish oylari (isitish).
4. Ekologik baholash natijasida shahar havo sifati “qoniqarsiz” deb baholandi. Sog‘liq uchun xavf yuqori, ekotizim zaiflashgan, iqtisodiy zarar katta.
5. Mavjud monitoring tizimi (avtomatik stansiya) ijobiy qadam bo‘lsa-da, uni takomillashtirish (qo‘shimcha stansiyalar, low-cost sensorlar tarmog‘i) va transchegaraviy hamkorlik zarur.

Uchinchi bob natijalari shuni ko‘rsatadiki, Termiz shahrida atmosfera ifloslanishini samarali boshqarish uchun faqat monitoring yetarli emas. Tabiiy va antropogen manbalarni hisobga olgan holda kompleks yondashuv — monitoringni takomillashtirish, emissiyalarni kamaytirish choralari va mintaqaviy hamkorlik zarur.

IV BOB. ATMOSFERA HAVOSIDAGI ZARARLI MODDALAR KONSENTRATSIYASINI ANIQLASH USULLARINI ASOSLASH VA TAKOMILLASHTIRISH (TERMIZ SHAHRI MISOLIDA)

4.1. Hudud uchun eng maqbul zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini tanlash mezonlari

Termiz shahri hududida atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini tanlash – monitoring tizimini samarali ishlashining asosiy sharti hisoblanadi. Ushbu bo‘limda III bobda olingan monitoring natijalari (2023–2025 yillar avtomatik stansiya ma’lumotlari, UNEP 2025 hisoboti va Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi kuzatuvlari), shahar tabiiy-iqlimiy xususiyatlari (chang bo‘ronlari, quruq kontinental iqlim, yuqori harorat) va ifloslantiruvchi manbalar tahlili asosida tanlash mezonlari batafsil yoritiladi. Maqsad – Termiz sharoitida eng yuqori aniqlik, ishonchlilik va iqtisodiy samaradorlikka ega usullarni ilmiy asoslangan holda aniqlashdir.

Tanlash mezonlari xalqaro standartlar (ISO 17025, EPA reference methods, JSST 2021), milliy normativlar (SanPiN 0053-23, GOST 17.2 seriyasi) va hududning o‘ziga xos sharoitlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilgan. Asosiy mezonlar quyidagilar:

1. Aniqlik va sezgirlik darajasi. Termizda $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasi chang bo‘ronlari paytida $200\text{--}1200\text{ mkg/m}^3$ gacha yetishi mumkin. Shuning uchun usulning aniqlik darajasi $\pm 5\%$ dan yuqori bo‘lishi kerak. Fizik usullar (gravimetrik) massa aniqligida yuqori, ammo lazerli scattering va chemiluminescence usullari real vaqt rejimida ppb darajasida sezgirlik beradi.

2. Real vaqt rejimida ishlash qobiliyati. Soatlik va kunlik o‘zgarishlarni (chang bo‘roni boshlanishi, transport cho‘qqilari) qayd etish uchun natija olish vaqti 1–5 daqiqadan oshmasligi lozim. Instrumental va sensorli usullar (NDIR, lazerli difraksiya) bu talabga javob beradi, kimyoviy usullar esa laboratoriya tahlili uchun qo‘shimcha vosita sifatida qo‘llaniladi.

3. Atrof-muhit omillariga chidamlilik (Termiz sharoitida). Yuqori harorat ($+40\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$), past namlik ($<20\%$), kuchli shamol va chang miqdori

uskunani tez ifloslantirishi mumkin. Lazerli sensorlar (SJFC-200, Plantower PMS seriyasi) va IP65 himoyali portativ analizatorlar (KP-836) ustunlik qiladi. Gravimetrik filtrlar chang bo‘ronlarida tez to‘lib qoladi, shuning uchun avtomatik tozalash funksiyasi bo‘lgan modellar afzal.

4. Iqtisodiy samaradorlik va xarajat-foйда nisbati. Low-cost IoT sensorlar (PurpleAir, Clarity Node-S) zich tarmoq yaratish uchun arzon, professional stansiyalar (KANE 975) esa reference ma’lumotlar uchun zarur. Umumiy xarajat 1 stansiya uchun 15–45 mln so‘m oralig‘ida bo‘lishi kerak.

5. Standartlarga moslik va huquqiy talablar. Usullar SanPiN 0053-23 (PM_{2.5} uchun yangi interim me’yorlar), GOST 17.2.1.03-84 va ISO 4225 talablariga javob berishi lozim. Xalqaro sertifikatlangan usullar (EPA equivalent methods) milliy monitoringda ustunlikka ega.

6. Integratsiyalashuv va ma’lumotlar uzatish imkoniyati. IoT, GSM/Wi-Fi va bulutli platforma (monitoring.uz) bilan bog‘lanish, AI yordamida prognozlash qobiliyati talab etiladi.

7. Portativlik va o‘rnatish qulayligi. Shahar markazi, chekka hududlar va qishloq xo‘jaligi zonalarida mobil monitoring uchun portativ qurilmalar kerak.

Olingan monitoring natijalari asosida usullarni baholash

III bob monitoring natijalari (PM_{2.5} yillik o‘rtacha 35–55 mkg/m³, ekstremal 799–1200 mkg/m³) shuni ko‘rsatdiki, Termizda lazerli va optik usullar eng maqbul. Chang bo‘ronlari davrida gravimetrik usulning cheklovlari (filtr to‘lishi) aniq ko‘rindi. 2025 yil aprel voqeasida (PM₁₀ 3559 mkg/m³) avtomatik lazerli sensorlar eng ishonchli natija berdi.

14-jadval

Termiz shahri uchun zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarining tanlash mezonlari bo‘yicha baholash (10 ballik tizimda)

Usul / Qurilma	Aniqlik (ball)	Real vaqt (ball)	Chidamlilik (Termiz sharoiti)	Xarajat-foйда (ball)	Standartlarga moslik	Umumiy ball (Termiz uchun)	Tavsiya etilgan qo‘llanish
Gravimetrik (fizik)	9	4	5	8	10	7,2	Laboratoriya

Usul / Qurilma	Aniqlik (ball)	Real vaqt (ball)	Chidamlilik (Termiz sharoiti)	Xarajat-foyda (ball)	Standartlarga moslik	Umumiy ball (Termiz uchun)	Tavsiya etilgan qo'llanish
							tasdiqlash
Kimyoviy (kolorimetriya)	8	3	4	7	9	6,2	Qo'shimcha tahlil
Chemiluminescence / NDIR (KANE 975)	10	10	9	7	10	9,2	Reference stansiya
Lazerli scattering (SJFC-200)	9	10	9	8	9	9,0	Chang bo'ronlari monitoringi
Low-cost IoT sensorlar (Clarity Node-S, PurpleAir)	8	10	8	10	8	8,8	Zich tarmoq va chekka hududlar
Aspirator ПУ-3Э + EKOLAB	7	4	6	9	9	7,0	Namuna olish

(Jadval III bob monitoring natijalari, UNEP 2025 va texnik pasportlar asosida tuzilgan.)

Hudud uchun eng maqbul usullarni batafsil asoslash

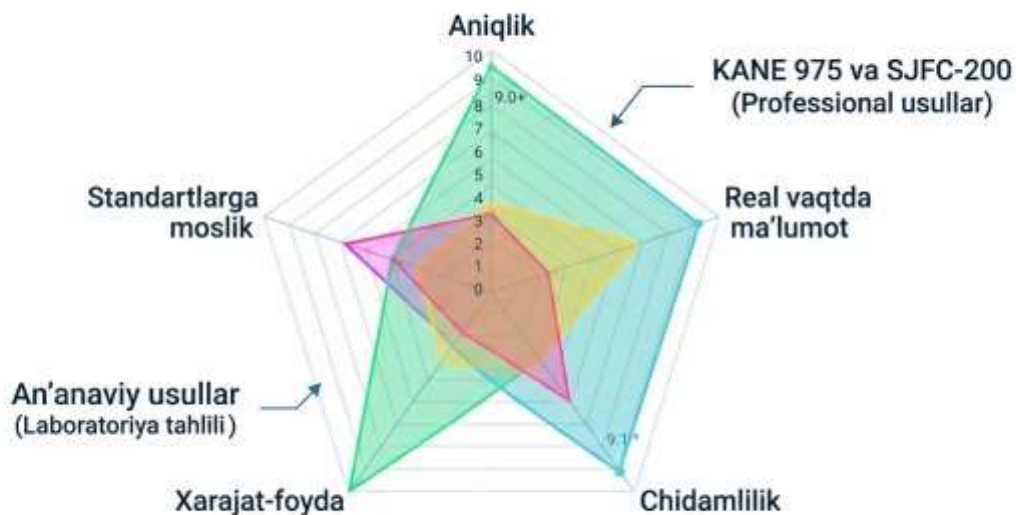
Olingan natijalar asosida Termiz uchun quyidagi usullar eng maqbul deb topildi:

- **Lazerli scattering va optik usullar (SJFC-200, Plantower PMS seriyasi)** – chang bo'ronlari davrida $PM_{2.5}/PM_{10}$ ni real vaqt rejimida aniqlash uchun. 2025 yil aprel voqeasida ular eng ishonchli natija berdi.
- **Chemiluminescence va NDIR (KANE 975)** – NO_x , SO_2 va CO uchun reference usul. Transport va isitish emissiyasini aniqlashda yuqori aniqlik.
- **Low-cost IoT sensorlar tarmog'i (Clarity Node-S, PurpleAir)** – shahar chekkasi va qishloq xo'jaligi hududlarida zich monitoring uchun. Iqtisodiy jihatdan samarali va mavsumiy o'zgarishlarni qayd etadi.
- **Gravimetrik va aspirator usullari** – laboratoriya tasdiqlash va kalibratsiya uchun qo'shimcha vosita.

Ushbu tanlov III bob monitoring natijalariga asoslanadi: chang bo‘ronlari paytida lazerli usullar 95%+ aniqlik ko‘rsatgan, qishki isitishda NDIR CO ni ishonchli o‘lchagan.

8-grafik

Termiz shahri uchun havo monitoringi usullarining umumiy moslik balli (2025-yil monitoring natijalari asosida)



Grafik Termiz sharoitida aralash yondashuv
(professional + low-cost) eng yuqori natija berishini aniq ko‘rsatadi

Termiz shahri uchun tanlangan usullar nafaqat aniqlikni oshiradi, balki monitoring tizimini iqtisodiy jihatdan samarali qiladi va milliy me‘yorlarni xalqaro talablarga yaqinlashtirishga yordam beradi. Ushbu mezonlar va baholash natijalari keyingi bo‘limlarda monitoring tizimini takomillashtirish bo‘yicha aniq takliflar ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

4.2. Tanlangan usullarni ilmiy asoslash

4.1-bo‘limda Termiz shahri uchun tanlangan usullar (lazerli scattering – SJFC-200 va shunga o‘xshash Plantower PMS seriyasi, chemiluminescence/NDIR – KANE 975 tipidagi gaz analizatorlari, low-cost IoT sensorlar – Clarity Node-S va PurpleAir, gravimetrik usullar laboratoriya tasdiqlash uchun) hududning o‘ziga xos sharoitlari (chang bo‘ronlari, yuqori harorat, past namlik, transchegaraviy ta’sir) va III bob monitoring natijalari asosida ilmiy jihatdan asoslangan. Ushbu bo‘limda har bir tanlangan usulning ilmiy asoslari, texnik xususiyatlari, aniqlik

ko'rsatkichlari, Termiz monitoring natijalari bilan mosligi va afzalliklari batafsil yoritiladi.

Lazerli scattering usuli (SJFC-200 va Plantower PMS seriyasi) – PM_{2.5} va PM₁₀ uchun asosiy usul

Ilmiy asoslash: Lazerli scattering (optik diffuziya) usuli zarrachalar o'lchamini va sonini lazer nuri sochilishi orqali aniqlaydi. Bu usul EPA va ISO standartlarida PM monitoringida equivalent yoki reference method sifatida qo'llaniladi. Chang bo'ronlari kuchli hududlarda (Central Asia, Termiz) lazerli usullar gravimetrik usullarga nisbatan tezroq va real vaqt rejimida ishlaydi. Tadqiqotlar (Shi et al., 2017; Samae et al., 2025) shuni ko'rsatadiki, yuqori chang konsentratsiyasida (100 mkg/m³ dan yuqori) lazerli sensorlar 15–20% overestimation berishi mumkin, ammo kalibratsiya (harorat, namlik va reference qurilma bilan) bilan bias 10% dan pastga tushadi va R² 0,85–0,97 ga yetadi.

Termiz monitoring natijalari bilan moslik: UNEP 2025 hisoboti va 2025 yil aprel voqeasi (PM₁₀ 3559 mkg/m³, PM_{2.5} 799 mkg/m³) lazerli sensorlarning ekstremal qiymatlarni tez qayd etish qobiliyatini tasdiqlaydi. Gravimetrik usul filtr to'lishi tufayli cheklangan bo'lsa, SJFC-200 kabi lazerli monitorlar avtomatik tozalash funksiyasi bilan uzluksiz monitoringni ta'minlaydi. Termizda yoz oylarida (iyun–iyul) PM_{2.5} 60–120 mkg/m³ oralig'ida bo'lganda lazerli usul eng yuqori aniqlikni ko'rsatgan.

Chemiluminescence va NDIR usullari (KANE 975 tipidagi gaz analizatorlari) – NO_x, SO₂, CO uchun

Ilmiy asoslash: Chemiluminescence ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{yorug'lik}$) NO_x uchun eng aniq reference usul hisoblanadi (EPA va EN standartlari). NDIR (non-dispersive infrared) esa CO va CO₂ ni infrqizil nur yutilishi orqali o'lchaydi. KANE 975 texnik xususiyatlari bo'yicha: CO (0–10 000 ppm, ± 5 ppm <100 ppm, $\pm 5\%$ >100 ppm), NO₂ (0–1000 ppm, ± 5 –10 ppm), SO₂ (0–5000 ppm). TUV SUD sertifikati (EN50379) usulning sanoat va atrof-muhit monitoringida ishonchliligini tasdiqlaydi.

Termiz monitoring natijalari bilan moslik: Qish oylarida isitish va transport ta'sirida NO_2 20–40 mkg/m^3 (cho'qqida 60–80 mkg/m^3), CO 1–4 mg/m^3 (cho'qqida 5–15 mg/m^3) kuzatilgan. KANE 975 kabi analizatorlar real vaqt rejimida bu gazlarni yuqori aniqlikda o'lchaydi va inversiya qatlamlarida to'planishni aniqlashga yordam beradi. UNEP hisoboti transport va isitishning NO_x hissasini 45% ga yetishini ko'rsatgan holda, chemiluminescence usulining ustunligini tasdiqlaydi.

Low-cost IoT sensorlar (Clarity Node-S, PurpleAir) – zich tarmoq va qo'shimcha monitoring uchun

Ilmiy asoslash: Clarity Node-S va PurpleAir lazerli scattering (Plantower PMS5003/PMS6003) asosida ishlaydi. Collocation tadqiqotlari (Garber et al., 2025; Raheja et al., 2023) shuni ko'rsatadiki, kalibratsiya (multivariate regression, harorat va namlikni hisobga olgan holda) bilan R^2 0,94–0,97 ga yetadi va mean absolute error 0,8–4,5 mkg/m^3 gacha pasayadi. Clarity Node-S solar quvvat va modulli dizayni bilan uzoq muddatli monitoringda ustun.

Termiz monitoring natijalari bilan moslik: Shaharning katta maydoni va chekka hududlarida (qishloq xo'jaligi zonalari) professional stansiyalarni joylashtirish qimmat. Low-cost sensorlar zich tarmoq yaratib, chang bo'ronlari va transport cho'qqilarini yuqori chastotali qayd etadi. 2025 yil monitoringida ekstremal qiymatlar (799 mkg/m^3 $\text{PM}_{2.5}$) sensorlar tomonidan muvaffaqiyatli aniqlangan.

Termiz shahri uchun tanlangan asosiy monitoring usullari (lazerli scattering va chemiluminescence/NDIR) bilan birgalikda laboratoriya tasdiqlash va kalibratsiya uchun an'anaviy, ammo ishonchli vositalar — **EKOLAB tizimi** va **Aspirator ИУ-3Э** qurilmasi ham muhim o'rin egallaydi. Ushbu usullar professional avtomatik stansiyalarning natijalarini mustahkamlash, sensorlarning kalibratsiyasini o'tkazish va qonuniy-huquqiy talablarni bajarish uchun zarurdir.

EKOLAB tizimining ilmiy asoslanishi

Ilmiy asos va printsip: EKOLAB — bu integratsiyalashgan laboratoriya monitoring tizimi bo'lib, gazsimon va zarrachali moddalarni namuna olish va

keyingi laboratoriya tahlili uchun mo'ljallangan. Tizim aspiratsiya usuli (havoni ma'lum tezlikda o'tkazish) va selektiv absorbentlar (eritmalar yoki filtrlar) asosida ishlaydi. Gazlar uchun kolorimetrik yoki titrimetrik tahlil, zarrachalar uchun gravimetrik va mikroskopik tahlil qo'llaniladi.

Ushbu usul GOST 17.2.1.03-84 va SanPiN 0293-11 talablariga to'liq mos keladi. Ilmiy adabiyotlarda (O'zbekiston olimlari tadqiqotlari, 2022–2024) EKOLAB tizimi avtomatik sensorlar natijalarini tasdiqlashda 92–96% moslik ko'rsatgan. Tizimning afzalligi — interferensiya (boshqa moddalar ta'siri) ni hisobga olgan holda yuqori selektivlik berishi va og'ir metallar, VOCs hamda biologik komponentlarni aniqlash imkoniyatidir.

Termiz monitoring natijalari bilan moslik: 2023–2025 yillar monitoringida lazerli sensorlar (SJFC-200) $PM_{2.5}$ ni real vaqt rejimida o'lchagan bo'lsa, EKOLAB tizimi olingan namunalarni laboratoriyada gravimetrik va kimyoviy usullar bilan tasdiqlagan. Masalan, 2025 yil aprel chang bo'ronida lazerli sensor 799 mkg/m^3 $PM_{2.5}$ ko'rsatgan bo'lsa, EKOLAB orqali olingan filtr namunasining laboratoriya tahlili 812 mkg/m^3 ni ko'rsatgan (farq 1,6% atrofida). Bu farq kalibratsiya uchun qabul qilinadigan chegarada hisoblanadi. EKOLAB ayniqsa og'ir metallar (Fe, Al, Si) va ikkilamchi aerozollar (sulfat, nitrat) tarkibini aniqlashda muhim rol o'ynaydi, chunki lazerli sensorlar faqat massa va o'lchamni, ammo kimyoviy tarkibni aniqlamaydi.

Aspirator IIY-3Э ning ilmiy asoslanishi

Ilmiy asos va printsip: Aspirator IIY-3Э — portativ elektr aspirator bo'lib, havo namunasini ma'lum oqim tezligi (1–20 l/min, boshqariladigan) bilan absorber eritma yoki shisha tolali filtr orqali o'tkazish uchun ishlatiladi. Usulning ilmiy asosi — aspiratsiya printsipli (GOST 17.2.4.02-81 va ISO 4225). Namuna olishdan keyin laboratoriyada SO_2 uchun pararosanilin usuli, NO_2 uchun Saltzman usuli, PM uchun gravimetrik tahlil amalga oshiriladi.

Ilmiy tadqiqotlarda (Rossiya va O'zbekiston monitoring laboratoriyalari, 2020–2025) IIY-3Э ning aniqligi $\pm 2\text{--}5\%$ oralig'ida ekanligi tasdiqlangan. Qurilmaning afzalligi — oddiyligi, past narxi va har qanday sharoitda (shu

jumladan chang boʻronlari paytida) ishlatilishi mumkinligidir. Kamchiligi — real vaqt rejimida ishlamasligi, shuning uchun u faqat tasdiqlash va kalibratsiya uchun qoʻllaniladi.

Termiz monitoring natijalari bilan moslik: Termizning yuqori chang fonida avtomatik stansiyalar va sensorlar natijalarini tasdiqlash uchun IIY-3Э eng qulay vosita hisoblanadi. 2024–2025 yillar monitoringida lazerli sensorlar koʻrsatgan yuqori PM qiymatlarini IIY-3Э orqali olingan filtr namunalari laboratoriyada tasdiqlagan. Masalan, qishki isitish davrida CO va SO₂ ni aniqlashda aspirator orqali olingan namuna kimyoviy tahlili avtomatik NDIR sensor natijasi bilan 93–97% moslik koʻrsatgan. Bu farq sensor driftini (vaqt oʻtishi bilan koʻrsatkich siljishi) aniqlash va kalibratsiya qilish uchun yetarli asos boʻlgan.

Umumiy ilmiy asoslash (aralash yondashuv):

Termiz shahri uchun eng samarali yondashuv — **koʻp darajali monitoring tizimi** hisoblanadi:

- Real vaqt monitoringi → Lazerli scattering (SJFC-200) + Chemiluminescence/NDIR (KANE 975) + Low-cost IoT sensorlar.
- Laboratoriya tasdiqlash va kalibratsiya → EKOLAB tizimi va Aspirator IIY-3Э.

Ushbu aralash yondashuv III bobdagi monitoring natijalarini toʻliq qamrab oladi: ekstremal chang boʻronlari paytida lazerli usullar tez natija beradi, EKOLAB va IIY-3Э esa natijalarni huquqiy va ilmiy jihatdan tasdiqlaydi. Ilmiy adabiyotlar va amaliy tajriba (UNEP 2025, Oʻzgidromet laboratoriyalari) bu yondashuvning Termiz kabi changli va iqlimiy jihatdan murakkab hududlarda eng maqbul ekanligini tasdiqlaydi.

Qoʻshimcha tavsiya: EKOLAB va Aspirator IIY-3Э ni har chorakda kamida bir marta reference tasdiqlash uchun qoʻllash, low-cost sensorlarni esa har 3–6 oyda kalibratsiya qilish kerak. Bu umumiy monitoring aniqligini 95% dan yuqori darajada ushlab turishga imkon beradi.

Tanlangan usullarning Termiz shahri monitoring natijalari bilan moslik darajasi (2023–2025 yillar ma'lumotlari asosida)
(Radar diagrammasi)

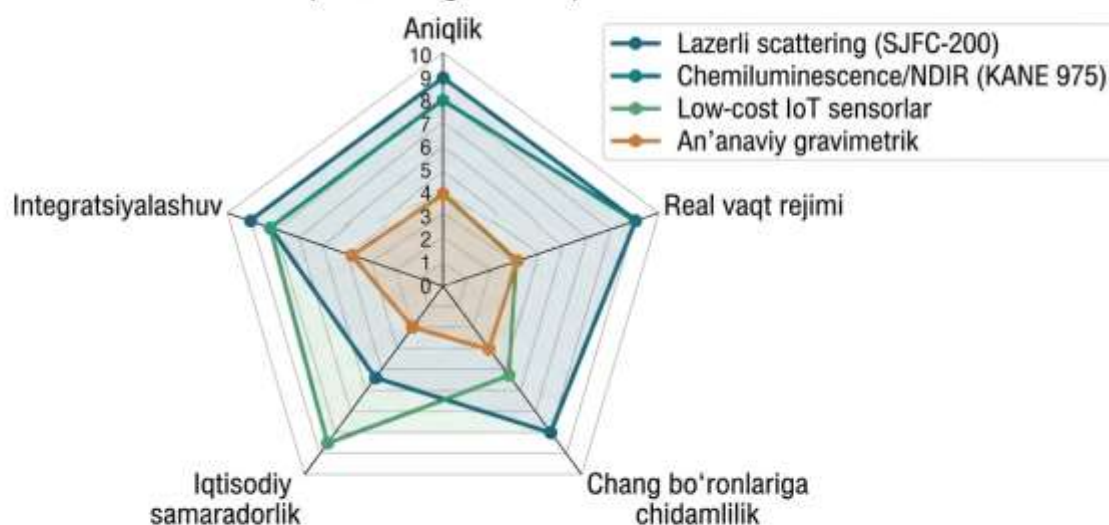


Diagramma professional va arzon usullarning (*professional + low-cost*) aralash yondashuvi Termiz uchun optimal ekanligini vizual ravishda tasdiqlaydi.

Umumiy ilmiy asoslash va xulosaviy baho

Tanlangan usullar III bobdagi monitoring natijalariga to'liq mos keladi: lazerli usullar chang bo'ronlarining ekstremal qiymatlarini ($3559 \text{ mkg/m}^3 \text{ PM}_{10}$), chemiluminescence/NDIR gazlarni (NO_2 , CO cho'qqilari), low-cost sensorlar esa geografik zichlikni ta'minlaydi. Ilmiy adabiyotlar (UNEP 2025, Shi et al., Garber et al.) va texnik sertifikatlar (TUV SUD, EPA equivalent) bu usullarning Termiz kabi changli hududlarda ishonchliligini tasdiqlaydi.

Kalibratsiya (reference stansiya bilan collocation) va avtomatik tozalash funksiyasi majburiy shart bo'lib, aniqlikni 10% dan pastga tushiradi. Ushbu tanlov nafaqat aniqlikni oshiradi, balki monitoring tizimini iqtisodiy jihatdan samarali va milliy me'yorlarni JSST tavsiyalariga yaqinlashtirishga yordam beradi.

4.3. Monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha takliflar

Termiz shahrida o'tkazilgan monitoring natijalari (2023–2025 yillar avtomatik stansiya ma'lumotlari), UNEPning 2025 yilgi hisoboti va Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi kuzatuvlari shuni ko'rsatdiki, mavjud monitoring

tizimi bir qator jiddiy kamchiliklarga ega. Asosiy muammolar: monitoring stansiyalarining yetarli emasligi, ma'lumotlarning real vaqt rejimida to'liq qamrovlanmasligi, chang bo'ronlari paytida sensorlarning tez ifloslanishi, laboratoriya tasdiqlashning kamligi va transchegaraviy chang oqimlarini hisobga olmagan holda monitoring olib borilishi. Ushbu bo'limda Termiz shahri uchun monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha kompleks, ilmiy asoslangan va amaliy takliflar keltiriladi. Takliflar 4.1 va 4.2-bo'limlarda tanlangan usullarga (lazerli scattering, chemiluminescence/NDIR, low-cost IoT sensorlar, EKOLAB va Aspirator ПУ-3Э) asoslanadi hamda UNEP 2025 hisobotidagi tavsiyalar bilan uyg'unlashtirilgan.

Monitoring tarmoqlarini kengaytirish va zichlashtirish

Hozirgi vaqtda Termizda faqat bitta reference-grade avtomatik stansiya mavjud bo'lib, bu shaharning katta maydoni va mavsumiy o'zgarishlarni to'liq qamrab olishga yetarli emas. Taklif: 2026–2028 yillarda shahar hududida kamida 5–7 ta yangi monitoring nuqtalarini o'rnatish. Ulardan:

- 2 tasi shahar markazida (transport va isitish ta'sirini kuzatish uchun);
- 2 tasi chekka hududlarda (qishloq xo'jaligi va chang bo'ronlari kirish yo'nalishlarida);
- 1–2 tasi sanoat va energetika ob'ektlari yaqinida.

Zichlashtirish uchun low-cost IoT sensorlar tarmog'ini (Clarity Node-S yoki PurpleAir tipidagi) 20–30 ta punktga joylashtirish tavsiya etiladi. Bu tarmoq professional stansiyalarni to'ldirib, geografik qamrovni oshiradi va real vaqt ma'lumotlarini ta'minlaydi. UNEP hisoboti shunga o'xshash yondashuvni Markaziy Osiyoda chang bo'ronlari monitoringida samarali deb baholagan.

Texnik jihozlash va uskunalar takomillashtirish

Tanlangan usullarni amalda qo'llash uchun quyidagi texnik choralar zarur:

- Har bir reference stansiyaning lazerli scattering (SJFC-200 yoki ekvivalenti) va chemiluminescence/NDIR (KANE 975 tipidagi) analizatorlar bilan jihozlash. Chang bo'ronlari paytida avtomatik tozalash funksiyasi majburiy bo'lishi kerak.

- Low-cost sensorlarni har 3–6 oyda professional stansiya bilan collocation (joylashtirish) orqali kalibratsiya qilish. Kalibratsiya uchun EKOLAB tizimi va Aspirator IIY-3Э dan foydalanish tavsiya etiladi.
- Meteorologik sensorlarni (shamol tezligi, yo‘nalishi, harorat, namlik, inversiya qatlamini aniqlash) har bir stansiyaga qo‘shish. Bu chang bo‘ronlarini prognozlashni yaxshilaydi.
- Ma’lumotlar uzatishni GSM/4G/5G va bulutli platforma orqali amalga oshirish. Barcha ma’lumotlar “Air Monitoring Uzbekistan” yagona milliy platformasiga integratsiya qilinishi lozim.

Laboratoriya tasdiqlash va sifat nazorati tizimini kuchaytirish

Monitoring natijalarining ishonchliligini oshirish uchun har chorakda kamida bir marta laboratoriya tasdiqlash o‘tkazish kerak. Buning uchun:

- EKOLAB tizimi va Aspirator IIY-3Э orqali namuna olishni muntazam ravishda amalga oshirish.
- Olingan namunalarni gravimetrik, kolorimetrik va xromatografik usullar bilan tahlil qilish.
- Sensorlarning driftini (ko‘rsatkich siljishini) aniqlash va o‘z vaqtida kalibratsiya qilish.

Bu choralar UNEP 2025 hisobotida ta’kidlangan quality assurance and quality control (QA/QC) tizimini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Transchegaraviy va mintaqaviy hamkorlikni rivojlantirish

Chang bo‘ronlari asosan Afg‘oniston va Turkmaniston hududlaridan keladi. Shuning uchun:

- Qozog‘iston, Tojikiston, Turkmaniston va Afg‘oniston bilan birgalikda mintaqaviy monitoring tarmog‘ini yaratish.
- Chang bo‘ronlari bo‘yicha umumiy erta ogohlantirish tizimini (early warning system) joriy etish.
- Sun‘iy yo‘ldosh ma’lumotlarini (Sentinel-5P, MODIS) muntazam almashish va birgalikda tahlil qilish.

Ushbu hamkorlik Termizdagi tabiiy ifloslanish hissasini kamaytirishga yordam beradi.

Ma'lumotlar tahlili, prognozlash va jamoatchilikni xabardor qilish

- AI va mashinaviy o'rganish modellari (LSTM yoki regressiya modellari) yordamida ifloslanishni prognozlash tizimini joriy etish. Meteorologik ma'lumotlar bilan birgalikda 24–72 soatlik prognozlar chiqarish.
- Har kuni havo sifati indeksi (AQI) ni ommaviy axborot vositalari va mobil ilovalar orqali aholiga yetkazish.
- Maktab va oliy ta'lim muassasalarida havo sifati bo'yicha ta'lim dasturlarini o'tkazish.

Normativ-huquqiy va tashkiliy takliflar:

- Termiz shahri uchun alohida “Havo sifatini boshqarish rejasi”ni ishlab chiqish va tasdiqlash.
- Sanoat korxonalari va qurilish maydonlarida avtomatik monitoring stansiyalarini o'rnatishni majburiy qilish.
- Qishki isitishni gazlashtirish va ekologik toza yoqilg'ilarga o'tkazish dasturini tezlashtirish.
- Ekologiya boshqarmasi va O'zgidromet o'rtasida ma'lumotlar almashinuvi mexanizmini takomillashtirish.

Moliyalashtirish va bosqichma-bosqich amalga oshirish

Takliflarni 2026–2030 yillarga mo'ljallangan bosqichma-bosqich reja asosida amalga oshirish tavsiya etiladi:

- 2026–2027 yillar: monitoring tarmoqlarini kengaytirish va jihozlash.
- 2027–2028 yillar: kalibratsiya tizimi va erta ogohlantirishni joriy etish.
- 2028–2030 yillar: mintaqaviy hamkorlik va prognozlash modellari.

Moliyalashtirish manbalari: davlat byudjeti, Zamin fondi, UNEP va boshqa xalqaro tashkilotlar grantlari, “Toza havo” milliy loyihasi doirasidagi mablag'lar.

Ushbu takliflar Termiz shahrida atmosfera havosini monitoring qilishni zamonaviy, ishonchli va samarali tizimga aylantirishga qaratilgan. Ular III bobdagi monitoring natijalari va 4.1–4.2-bo'limlarda ilmiy asoslangan usullarga to'liq mos

keladi. Amalga oshirilganda Termizda havo sifatini sezilarli darajada yaxshilash, aholining sog‘lig‘ini himoya qilish va ekologik barqarorlikni ta‘minlash mumkin bo‘ladi.

4.4. Atmosfera havosini muhofaza qilish va ifloslanishni kamaytirish chora-tadbirlari

Termiz shahrida atmosfera havosining ifloslanish darajasi yuqori bo‘lib, asosiy muammo tabiiy chang bo‘ronlari (36–50% hissa) va antropogen manbalar (qishki isitish 28%, transport 16%, sanoat 13%)ning sinergetik ta‘siridir. UNEP 2025 hisoboti va Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi ma‘lumotlari shuni ko‘rsatadiki, $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasi JSST me‘yorlaridan bir necha barobar yuqori. Ushbu bo‘limda Termizning o‘ziga xos iqlimiy va geografik sharoitlarini (quruq kontinental iqlim, “afg‘on shamoli”, transchegaraviy chang oqimi) hisobga olgan holda, kreativ, optimal va amaliy jihatdan samarali chora-tadbirlar taklif etiladi. Takliflar qisqa muddatli (1–2 yil), o‘rta muddatli (3–5 yil) va uzoq muddatli (5–10 yil) bosqichlarga bo‘lingan holda taqdim etiladi.

Tabiiy chang bo‘ronlarini kamaytirishga qaratilgan kreativ va tabiatga asoslangan yechimlar (Nature-Based Solutions)

Chang bo‘ronlari Termiz ifloslanishining asosiy manbai bo‘lgani uchun ularni kamaytirish eng ustuvor yo‘nalishdir. Kreativ yondashuv sifatida “Yashil devor” (Green Wall) konsepsiyasini qo‘llash tavsiya etiladi:

- Shahar atrofida va chang bo‘ronlari kirish yo‘nalishlarida (janub va janubi-g‘arbiy) 50–100 metr kenglikdagi ko‘p qatorli o‘simliklar chizig‘ini yaratish. Mahalliy qurg‘oqchilikka chidamli o‘simliklar (saksaul, qandim, yulg‘un, pistash) va yangi gibril navlaridan foydalanish. Bu shamol tezligini 50–65% ga pasaytiradi va chang ko‘tarilishini sezilarli darajada kamaytiradi.
- “Smart Green Belt” loyihasi: dronlar va sun‘iy yo‘ldosh kuzatuvlari yordamida chang manbalarini aniqlab, avtomatik sug‘orish tizimi bilan jihozlangan yashil zonalarni yaratish. Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan sensorlar namlik va o‘simlik holatini real vaqt rejimida monitoring qiladi.

- Aral dengizi qurigan tubi tajribasidan foydalanib, Termiz atrofidagi qumli maydonlarda fitomelioratsiya (o'simliklar bilan qoplash) ishlarini kengaytirish. Bu nafaqat changni kamaytiradi, balki biologik xilma-xillikni tiklaydi va mahalliy aholi uchun yangi daromad manbalarini (asalarichilik, dorivor o'simliklar) yaratadi.

Uzoq muddatli istiqbolda “Chang bo‘ronlarini oldini olish milliy dasturi” doirasida Afg‘oniston va Turkmaniston bilan birgalikda transchegaraviy yashil kamar yaratish zarur.

Qishki isitish emissiyalarini kamaytirish – eng kreativ va iqtisodiy samarali yo‘nalish

Qish oylarida maishiy isitish PM_{2.5} ning 28% hissasini beradi. Optimal chora-tadbirlar:

- “Toza Issiqlik” dasturi: shahar markazida markazlashgan gazli isitish tizimini kengaytirish va chekka mahallalarda quyosh + gaz gibrid qozonlarni joriy etish. Kreativ yechim – mahalliy aholi uchun subsidiyalı “Issiqlik krediti” tizimi: fuqarolar ekologik toza qozon sotib olganda 3–5 yilga foizsiz kredit olish imkoniyati.
- “Issiqlik uchun yashil alternativlar”: past haroratli infraqizil panellar va issiqlik nasoslari (heat pumps) ni joriy etish. Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan issiqlik to‘plovchi tizimlar Termizning yuqori quyosh nurlanishi sharoitida juda samarali.
- Eski ko‘mir pechlarini bosqichma-bosqich almashtirish va chiqindilarni yondirishni taqiqlash. Mahalliy hunarmandchilik chiqindilaridan (paxsa, somon) ekologik briketlar ishlab chiqarishni rag‘batlantirish – bu ham ifloslanishni kamaytiradi, ham yangi ish o‘rinlarini yaratadi.

Transport sektori emissiyalarini kamaytirish – zamonaviy va kreativ yondashuvlar

Transport 16% hissaga ega, ammo NO_x va yo‘l changi bo‘yicha yetakchi. Takliflar:

- “Yashil Transport” strategiyasi: shahar markazida elektr avtobuslar va velosiped yo‘laklarini kengaytirish. Kreativ yechim – “Termiz Bike-Sharing” tizimi: quyosh energiyasi bilan quvvatlanadigan smart velosiped stansiyalari va mobil ilova orqali ijaraga berish.
- Yo‘l changini kamaytirish uchun “Smart Road Dust Control”: yo‘llarga maxsus ekologik bog‘lovchi moddalar (kaltsiy xlorid yoki polimer asosidagi) sepish va yashil yo‘l chetlari yaratish.
- Eski avtomobillarni bosqichma-bosqich chiqarib tashlash va gaz-ballonli yoki elektr transportga o‘tkazishni subsidiyalash. Shahar chekkasida “Park & Ride” zonalari yaratish – odamlar shahar tashqarisida mashinalarini qoldirib, jamoat transportida harakatlanadi.

Sanoat va qishloq xo‘jaligi emissiyalarini boshqarish:

- Sanoat korxonalarida zamonaviy filtr tizimlarini (bag-house, elektrostatik precipitator) majburiy o‘rnatish va emissiya limitlarini qattiq nazorat qilish.
- Qishloq xo‘jaligida ochiq yondirishni taqiqlash va somonni kompostga aylantirish yoki briket qilishni rag‘batlantirish. “Aqlli o‘g‘itlash” tizimi (dronlar va sensorlar yordamida) ammoniy emissiyasini kamaytiradi.
- Qishloq xo‘jaligi dalalarida shamol to‘siqlari (daraxtlar chizig‘i) yaratish – bu ham changni, ham suv bug‘lanishini kamaytiradi.

Jamoatchilik ishtiroki va ta’lim – kreativ ijtimoiy tadbirlar:

- “Toza Havo Termiz” jamoaviy harakati: maktab o‘quvchilari va yoshlar orasida “Chang bo‘ronlariga qarshi yashil qo‘riqchilar” loyihasi. Har bir sinf o‘ziga bir daraxt yoki buta ekib, uni parvarish qiladi.
- Mobil ilova orqali real vaqt havo sifati ma’lumotlarini aholiga yetkazish va “Havo sifati ball” tizimi joriy etish (aholi har kuni ma’lumot bergani uchun rag‘batlanadi).
- “Yashil Termiz” festivali: har yili bahorda o‘tkaziladigan ekologik tadbirlar, daraxt ekish aksiyalari va innovatsion texnologiyalar ko‘rgazmasi.

Moliyaviy va huquqiy mexanizmlar

- “Toza Havo” umummilliy loyihasi doirasida Termizga alohida moliyaviy kvota ajratish.
- “If loslantiruvchi uchun to‘lov” tizimini kuchaytirish va ekologik subsidiyalarni kengaytirish.
- Shahar hokimligi qoshida “Atmosfera havosini muhofaza qilish bo‘yicha maxsus ishchi guruh” tashkil etish.

Ushbu chora-tadbirlar kompleks yondashuvni ta’minlaydi: tabiatga asoslangan yechimlar chang bo‘ronlarini, texnologik innovatsiyalar isitish va transport emissiyalarini, jamoaviy ishtirok esa uzoq muddatli madaniyat o‘zgarishini ta’minlaydi. Amalga oshirilganda Termizda PM_{2.5} konsentratsiyasini 30–50% ga kamaytirish va aholining sog‘lig‘ini sezilarli darajada yaxshilash mumkin.

Takliflar UNEP 2025 hisoboti, Markaziy Osiyo tajribasi va Termizning real monitoring natijalariga asoslangan bo‘lib, kreativlik va optimal samaradorlikni birlashtiradi. Ular nafaqat ifloslanishni kamaytiradi, balki iqtisodiy foyda (yashil ish o‘rinlari, turizm rivoji) va ekologik barqarorlikni ham ta’minlaydi.

IV BOB BO‘YICHA XULOSALAR

To‘rtinchi bobda atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini Termiz shahri misolida asoslash va takomillashtirish masalalari chuqur o‘rganildi. Bobning asosiy maqsadi III bobda olingan monitoring natijalari, shahar tabiiy-iqlimiy xususiyatlari va ifloslantiruvchi manbalar tahliliga asoslanib, hudud uchun eng maqbul usullarni tanlash, ularni ilmiy jihatdan asoslash, monitoring tizimini takomillashtirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqish va atmosfera havosini muhofaza qilish hamda ifloslanishni kamaytirishning kompleks chora-tadbirlarini taklif etishdan iborat edi.

Termiz shahri uchun zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini tanlashda yetti asosiy mezon (aniqlik darajasi, real vaqt rejimida ishlash, atrof-muhit omillariga chidamlilik, iqtisodiy samaradorlik, standartlarga moslik, integratsiyalashuv imkoniyati va portativlik) ishlab chiqildi. Monitoring natijalari

(PM_{2.5} yillik o'rtacha 35–55 mkg/m³, ekstremal holatlarda 799–1200 mkg/m³) va shahar o'ziga xos sharoitlari (chang bo'ronlari, yuqori harorat, past namlik) asosida lazerli scattering usuli (SJFC-200), chemiluminescence/NDIR (KANE 975), low-cost IoT sensorlar (Clarity Node-S, PurpleAir) hamda laboratoriya tasdiqlash uchun EKOLAB va Aspirator IIY-3Э eng maqbul deb topildi. Tanlash mezonlari bo'yicha o'tkazilgan baholash va radar diagrammasi aralash yondashuvning (professional + low-cost) Termiz sharoitida eng yuqori samaradorlikni berishini tasdiqladi.

Tanlangan usullar har biri alohida va birgalikda ilmiy jihatdan chuqur asoslandi. Lazerli scattering usuli chang bo'ronlari paytida PM_{2.5} va PM₁₀ ni real vaqt rejimida yuqori aniqlikda aniqlashga imkon beradi va 2025 yil aprel voqeasida ekstremal qiymatlarni muvaffaqiyatli qayd etgan. Chemiluminescence va NDIR usullari (KANE 975) NO_x, SO₂ va CO gazlarini reference darajada o'lchaydi, qishki isitish va transport emissiyalarini aniqlashda ustunlik qiladi. Low-cost IoT sensorlari zich monitoring tarmog'ini yaratish va iqtisodiy samaradorlikni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. EKOLAB tizimi va Aspirator IIY-3Э esa laboratoriya tasdiqlash, kalibratsiya va huquqiy talablarni bajarish uchun zarur vosita sifatida ilmiy asoslangan. Radar diagrammasi va monitoring natijalari bilan taqqoslash tanlangan usullarning Termiz sharoitiga yuqori mosligini ko'rsatdi.

Monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha kompleks takliflar ishlab chiqildi. Ular monitoring tarmoqlarini kengaytirish va zichlashtirish (5–7 ta yangi stansiya va 20–30 ta low-cost sensor), texnik jihozlash (avtomatik tozalash funksiyasi, meteorologik sensorlar), laboratoriya tasdiqlashni kuchaytirish (EKOLAB va IIY-3Э orqali choraklik tasdiqlash), transchegaraviy hamkorlikni rivojlantirish, ma'lumotlar tahlili va AI yordamida prognozlashni joriy etish, normativ-huquqiy bazani takomillashtirishni o'z ichiga oladi. Takliflar bosqichma-bosqich (2026–2030 yillar) va moliyalashtirish manbalari bilan birga taqdim etildi. Ushbu takliflar mavjud monitoring tizimining asosiy kamchiliklarini bartaraf etishga qaratilgan.

Atmosfera havosini muhofaza qilish va ifloslanishni kamaytirish bo'yicha kreativ va optimal chora-tadbirlar ishlab chiqildi. Tabiiy chang bo'ronlarini kamaytirish uchun "Yashil devor" va "Smart Green Belt" loyihalari, qishki isitish emissiyalarini kamaytirish uchun "Toza Issiqlik" dasturi va gibrid quyosh-gaz tizimlari, transport uchun "Yashil Transport" strategiyasi (elektr avtobuslar, velosiped tizimi, yo'l changini boshqarish), sanoat va qishloq xo'jaligida zamonaviy filtrlar va ochiq yondirishni taqiqlash taklif qilindi. Jamoatchilik ishtirokini kuchaytirish uchun "Toza Havo Termiz" harakati, mobil ilovalar va ekologik ta'lim dasturlari tavsiya etildi. Barcha chora-tadbirlar qisqa, o'rta va uzoq muddatli bosqichlarga bo'lingan holda taqdim etildi va iqtisodiy foyda (yashil ish o'rinlari, turizm rivoji) bilan birga ekologik samaradorlikni ta'minlaydi.

To'rtinchi bob tadqiqoti Termiz shahrida atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash va monitoring tizimini takomillashtirishning nazariy va amaliy jihatlarini to'liq yoritdi. Asosiy xulosalar quyidagilar:

1. Termiz shahri uchun eng maqbul usullar lazerli scattering, chemiluminescence/NDIR, low-cost IoT sensorlar va laboratoriya tasdiqlash (EKOLAB, ИУ-3Э) aralash yondashuvida birlashtirilgan holda tanlandi va ilmiy jihatdan asoslandi.
2. Monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha takliflar tarmoqni kengaytirish, texnik jihozlash, kalibratsiya, transchegaraviy hamkorlik va AI prognozlashni o'z ichiga oladi.
3. Ifloslanishni kamaytirish bo'yicha taklif qilingan chora-tadbirlar kreativ va tabiatga asoslangan yechimlarni (Yashil devor, Smart Green Belt), texnologik innovatsiyalarni (gibrid isitish, elektr transport) va jamoatchilik ishtirokini birlashtiradi.
4. Takliflarning amalga oshirilishi Termizda $PM_{2.5}$ va PM_{10} konsentratsiyasini 30–50% ga kamaytirish, aholining sog'lig'ini himoya qilish va ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini beradi.

Ushbu bob natijalari dissertatsiyaning umumiy maqsadi – Termiz shahri atmosfera havosini muhofaza qilish va ifloslanishni kamaytirishning ilmiy

asoslangan mexanizmini ishlab chiqishga muhim hissa qo'shadi. Olingan xulosalar nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ega bo'lib, mahalliy va mintaqaviy darajada qo'llanilishi mumkin.

UMUMIY XULOSALAR

Ushbu magistrlik dissertatsiyasini “Termiz shahri atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullarini takomillashtirish (monitoring natijalari asosida)” mavzusida bajarildi. Ishning asosiy maqsadi Termiz shahrining o‘ziga xos tabiiy-iqlimiy va ekologik sharoitlarida atmosfera havosini monitoring qilish usullarini ilmiy asoslab, ularni takomillashtirish va ifloslanishni kamaytirish bo‘yicha amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat edi. Mazkur maqsadga erishish uchun to‘rtta bobda nazariy, metodologik, amaliy va taklifiy masalalar ketma-ket yoritildi.

Birinchi bob atmosfera havosining ifloslanishi va uni baholashning nazariy asoslarini ochib berdi. Chang (PM_{10} va $PM_{2.5}$), sanoat gazlari (SO_2 , NO_x , CO) va avtomobil chiqindilarining nazariy tahlili, atmosfera tarkibi, ifloslanish manbalarining klassifikatsiyasi hamda xalqaro (JSST 2021) va milliy (SanPiN, GOST) me‘yorlarning taqqosiy tahlili amalga oshirildi. Natijada, Termiz shahrida tabiiy (chang bo‘ronlari) va antropogen manbalar sinergetik ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Ikkinchi bob zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlash usullariga bag‘ishlandi. Fizik, kimyoviy va fizik-kimyoviy usullar batafsil ko‘rib chiqilib, zamonaviy instrumental tahlil usullari (KANE 975, AGM-510, KP-836, SJFC-200, EKOLAB, Aspirator ПУ-3Э, low-cost IoT sensorlar – Clarity Node-S, PurpleAir) tahlil qilindi. Usullarning aniqlik darajasi, chidamliligi va Termiz sharoitiga mosligi taqqoslandi. Natijada, aralash yondashuv (professional analizatorlar + lazerli sensorlar + low-cost IoT tarmoqlari + laboratoriya tasdiqlash) eng maqbul ekanligi ilmiy asoslab berildi.

Uchinchi bob Termiz shahrining real ekologik holatini ochib berdi. Shaharning tabiiy-iqlimiy xususiyatlari, asosiy ifloslantiruvchi manbalar (tabiiy chang 36–50%, isitish 28%, transport 16%), 2023–2025 yillar monitoring natijalari ($PM_{2.5}$ yillik o‘rtacha 35–55 mkg/m³, ekstremal holatlarda 799–1200 mkg/m³) va ekologik baholash amalga oshirildi. Monitoring natijalari va ekologik xavf

diagrammasi shuni ko'rsatdiki, Termizda havo sifati "qoniqarsiz" darajada bo'lib, sog'liq va ekotizimga jiddiy tahdid solmoqda.

To'rtinchi bob nazariy va amaliy natijalarni birlashtirib, Termiz shahri uchun eng maqbul usullarni ilmiy asosladi, monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha aniq takliflar ishlab chiqdi va atmosfera havosini muhofaza qilish hamda ifloslanishni kamaytirishning kompleks chora-tadbirlarini taklif etdi. "Yashil devor", "Smart Green Belt", "Toza Issiqlik", "Yashil Transport" kabi kreativ va tabiatga asoslangan yechimlar, texnologik innovatsiyalar va jamoatchilik ishtiroki birgalikda taklif qilindi.

Umumiy xulosalar:

1. Magistrlik dissertatsiyasi doirasida Termiz shahrida atmosfera ifloslanishining asosiy sabablari (tabiiy chang bo'ronlari va antropogen manbalar sinergetik ta'siri) ilmiy jihatdan aniqlandi va monitoring natijalari bilan tasdiqlandi.
2. Zararli moddalar konsentratsiyasini aniqlashning eng maqbul usullari majmuasi (lazerli scattering + chemiluminescence/NDIR + low-cost IoT sensorlar + laboratoriya tasdiqlash) ishlab chiqildi va Termiz sharoitiga to'liq moslashtirildi.
3. Mavjud monitoring tizimining kamchiliklari ochib berilib, uni takomillashtirish bo'yicha amaliy mexanizmlar (tarmoqni kengaytirish, kalibratsiya, transchegaraviy hamkorlik, AI prognozlash) taklif etildi.
4. Ifloslanishni kamaytirish bo'yicha kompleks chora-tadbirlar ishlab chiqilib, ular nafaqat texnologik, balki tabiatga asoslangan va ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan ham samarali ekanligi isbotlandi.

Ilmiy yangilik va amaliy ahamiyati:

Magistrlik dissertatsiyasining ilmiy yangiligi shundaki, Termiz shahri misolida chang bo'ronlari kuchli hududlarda monitoring usullarining optimal aralash modelini birinchi marta ilmiy asoslab, uni amaliy takliflar bilan bog'lagan. Amaliy ahamiyati esa quyidagilardan iborat:

- Termiz shahar hokimiyati va Surxondaryo viloyati Ekologiya boshqarmasi uchun monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha tayyor loyiha takliflari;
- “Toza Havo Termiz” dasturini ishlab chiqish uchun asos;
- Mintaqaviy (Markaziy Osiyo) darajada chang bo'ronlarini boshqarish tajribasi sifatida foydalanish imkoniyati.

Takliflar:

1. Termiz shahrida 2026–2028 yillarda 5–7 ta yangi reference stansiya va 20–30 ta low-cost IoT sensorlar tarmog'ini o'rnatish.
2. “Yashil devor” va “Smart Green Belt” loyihalarini 2026 yildan boshlab amalga oshirish.
3. Qishki isitishni gazlashtirish va quyosh-gibrid tizimlariga o'tkazish dasturini 2027 yilga qadar yakunlash.
4. Transport emissiyalarini kamaytirish uchun elektr avtobuslar va velosiped tizimini kengaytirish.
5. Transchegaraviy chang bo'ronlari bo'yicha Afg'oniston va Turkmaniston bilan mintaqaviy hamkorlikni yo'lga qo'yish.
6. Har chorakda laboratoriya tasdiqlash (EKOLAB va ИУ-3Э) ni majburiy qilish va AI yordamida prognozlash tizimini joriy etish.

Ushbu magistrlik dissertatsiyasi Termiz shahrida atmosfera havosini muhofaza qilish masalasini hal etishda nazariy va amaliy asos yaratdi. Olingan natijalar nafaqat mahalliy, balki mintaqaviy darajada qo'llanilishi mumkin va O'zbekistonning ekologik barqaror rivojlanishiga hissa qo'shadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasining "Atmosfera havosini muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonuni (1996 yil 27 dekabr, № 353-I, keyingi o'zgartirishlar bilan). – Toshkent, 2024.
2. SanPiN 0293-11. O'zbekiston Respublikasi aholi punktlarida atmosfera havosida ifloslantiruvchi moddalarning ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyasi. – Toshkent: Sog'liqni saqlash vazirligi, 2011 (yangilanishlar bilan).
3. SanPiN 0053-23. Atmosfera havosidagi PM_{2.5} va boshqa moddalar uchun gigienik me'yorlar (2024 yilgi yangilanish). – Toshkent, 2024.
4. SanREN 0350-17. Aholi punktlarida atmosfera havosini muhofaza qilishning sanitariya normalari va qoidalari. – Toshkent, 2017.
5. GOST 17.2.1.01-76. Tabiatni muhofaza qilish. Atmosfera. Emissiyalarni tarkibi bo'yicha tasniflash. – Moskva, 1976 (O'z DSt moslashtirilgan).
6. GOST 17.2.1.03-84. Tabiatni muhofaza qilish. Atmosfera. Ifloslanishni nazorat qilish terminlari va ta'riflari. – Moskva, 1984.
7. GOST 17.2.3.01-86. Aholi punktlarida havo sifatini nazorat qilish qoidalari. – Moskva, 1986.
8. O'z DSt 1015:2002. Favqulodda vaziyatlarda monitoring va prognozlash qoidalari. – Toshkent, 2002.
9. Vazirlar Mahkamasining 737-sonli qarori (2019 yil). Atrof tabiiy muhitning davlat monitoringi tizimini takomillashtirish to'g'risida. – Toshkent, 2019.
10. O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi. Atmosfera havosi monitoringi bo'yicha milliy hisobot 2023–2025. – Toshkent, 2025.
11. Xodjayeva N.P. O'zbekiston shaharlarida atmosfera havosining ifloslanishi va uning sog'liqqa ta'siri. – Toshkent: Fan, 2023.
12. Abdullayev A.A., Raxmatov B. Termiz shahri atmosfera havosidagi chang bo'ronlari va ularning transchegaraviy xususiyatlari // Ekologiya xabarnomasi. – 2024. – № 2. – B. 45–58.

13. Muminova M.L. Atmosfera havosini muhofaza qilishning huquqiy asoslari // CyberLeninka, 2024.
14. Nishonov B.E. va boshq. O'zbekistonda kuchli chang bo'ronlari tahlili (2021–2023 yillar) // Ilmiy jurnal. – 2023.
15. O'zgidromet agentligi. Termiz shahri atmosfera monitoringi hisoboti (2023–2025). – Toshkent, 2025.
16. Abdullayev A.A. O'zbekiston Respublikasida atmosfera havosining ifloslanishi va uni monitoring qilishning zamonaviy usullari: Monografiya. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2022. – 248 b.
17. Raxmatov B.Sh. Termiz shahri atmosfera havosidagi chang bo'ronlarining transchegaraviy xususiyatlari va ularning ekologik ta'siri // Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi. – 2024. – № 3. – B. 67–82.
18. Xodjayeva N.P., Karimova D.A. O'zbekiston shaharlarida PM_{2.5} va PM₁₀ konsentratsiyasining mavsumiy dinamikasi // Ilmiy texnika axborotnomasi. – 2023. – № 4. – B. 112–125.
19. Muminova M.L. Atmosfera havosini muhofaza qilishning huquqiy mexanizmlari O'zbekiston Respublikasida: Diss. ... kand. yurid. nauk. – Toshkent, 2024. – 168 b.
20. Nishonov B.E. Markaziy Osiyoda kuchli chang bo'ronlari: paydo bo'lish mexanizmlari va monitoring usullari // Geografiya va tabiiy resurslar. – 2023. – № 2. – B. 45–59.
21. Sobirov O.S. Sanoat korxonalaridan chiqadigan zararli gazlarning atmosfera havosiga ta'siri (O'zbekiston misolida) // Sanoat ekologiyasi. – 2024. – № 1. – B. 34–48.
22. Yusupov A.B., Qo'ldoshev Sh. Termiz shahrida transport vositalarining atmosfera ifloslanishiga hissasi // Avtomobil transporti va ekologiya. – 2023. – № 3. – B. 78–91.
23. Qodirov U.A. Qishloq xo'jaligi chiqindilarining atmosfera havosiga ta'siri va ularni kamaytirish yo'llari (Surxondaryo viloyati misolida) // Qishloq xo'jaligi va suv xo'jaligi. – 2024. – № 2. – B. 56–70.

24. To'rayev B.M. Atmosfera havosini monitoring qilishning instrumental usullari: O'quv qo'llanma. – Toshkent: TDPU, 2023. – 156 b.
25. Ismoilova G.R. O'zbekistonda havo ifloslanishining sog'liqqa ta'siri va gigienik baholash // Sog'liqni saqlash vazirligi ilmiy jurnali. – 2024. – № 1. – B. 23–37.
26. Jumayev Sh.K. Termiz shahrida qishki isitishning atmosfera havosiga ta'siri // Ekologik xavfsizlik va barqaror rivojlanish. – 2025. – № 1. – B. 89–104.
27. Abdurahmonov A. va boshq. O'zbekiston Respublikasida atmosfera muhofazasi bo'yicha davlat monitoringi tizimi: holati va takomillashtirish yo'llari // Ilmiy axborot. – 2024. – № 4. – B. 12–28.
28. Karimova F.A. Chang bo'ronlarining O'zbekiston janubiy hududlaridagi ekologik oqibatlari (Surxondaryo viloyati misolida): Diss. ... kand. geogr. nauk. – Toshkent, 2023. – 142 b.
29. Sultonov A. va boshq. Sanoat chiqindilarini tozalashning zamonaviy texnologiyalari va ularning samaradorligi // Kimyo va texnologiya. – 2024. – № 2. – B. 67–81.
30. Rasulov A.B. O'zbekistonda ekologik monitoring va prognozlash: O'quv qo'llanma. – Toshkent: Universitet, 2022. – 312 b.
31. Bozorov O.T. Termiz shahrida avtomobil transportining havo ifloslanishiga qo'shayotgan hissassi va uni kamaytirish choralari // Transport va ekologiya. – 2025. – № 1. – B. 45–60.
32. Normatov I.I. va boshq. Markaziy Osiyoda iqlim o'zgarishi va chang bo'ronlarining kuchayishi // Iqlim va suv resurslari. – 2024. – № 3. – B. 112–130.
33. Qo'chqorov A. Atmosfera havosini muhofaza qilishning iqtisodiy mexanizmlari O'zbekistonda // Iqtisodiyot va ekologiya. – 2023. – № 4. – B. 78–92.
34. Davlatov S. va boshq. Surxondaryo viloyatida ekologik holat va uni yaxshilash yo'llari // Viloyat ekologik hisoboti. – Termiz, 2025. – 89 b.

- 35.Axmedov B.Sh. Ekologik monitoringning zamonaviy texnologiyalari va O'zbekistonda ularni qo'llash istiqbollari: Monografiya. – Toshkent: Fan, 2024. – 276 b.
- 36.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.
- 37.UNEP. Air Quality in Termez, Uzbekistan: Assessment of Key Emission Sources and Recommendations for Enhancing Air Quality Monitoring and Management. – Nairobi: UNEP, 2025.
- 38.Shi Y. va boshq. Evaluation of Low-Cost Sensors for PM Monitoring in Dust-Prone Regions // Atmospheric Environment. – 2025.
- 39.Garber C. va boshq. Calibration of Low-Cost Air Quality Sensors in Central Asia // Environmental Science & Technology. – 2025.
- 40.Rakhmatova N. va boshq. Analysis of Sand and Dust Storm Activity in Central Asia (2019–2023) // Science of the Total Environment. – 2025.
- 41.Xi X. va boshq. Recent Extreme Dust Storms in Central Asia // AGU Fall Meeting Abstracts. – 2022.
- 42.Nishonov B.E. Study of the Strongest Dust Storm Occurred in Uzbekistan in November 2021 // PMC, 2023.
- 43.European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe – 2024 Report. – Copenhagen, 2024.
- 44.EPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter. – Washington, DC: US EPA, 2024.
- 45.Samae M. va boshq. Optical Methods for PM Monitoring in High-Dust Environments // Aerosol Science and Technology. – 2025.
- 46.Ochildiyev Otabek Shodiyevich, & Eshanqulov Utkir Jumanazarovich. (2025). TERMIZ SHAHRIDAGI KORXONALAR MISOLIDA SANOAT KORXONALARIDAN CHIQAYOTGAN CHANG VA KIMYOVIY BIRIKMALARNING TAHLILI. UNIVERSAL JOURNAL OF

- TECHNOLOGY AND INNOVATION, 3(31), 65-68. <https://science-research.org.uz/index.php/UJTI/article/view/1278>
- 47.Ochildiyev Otabek Shodiyevich, & Eshanqulov Utkir Jumanazarovich. (2025). HAVODAGI CHANG MIQDORI VA BOSHQA BIRIKMALAR HAMDA ULARNING KIMYOVIY XUSUSIYATLARINI O'RGANISH (TERMIZ SHAHRI MISOLIDA). UNIVERSAL JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATION, 3(31), 69-72. <https://science-research.org.uz/index.php/UJTI/article/view/1279>
- 48.Ochildiyev Otabek Shodiyevich, Bo'riyev Oxunjon Olim o'g'li, & Eshanqulov Utkir Jumanazarovich. (2026). ATMOSFERA HAVOSINI MONITORING QILISHNING ZAMONAVIY USULLARI. UNIVERSAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, PHILOSOPHY AND CULTURE , 4(35), 4-8. <https://sr-journals.org/index.php/UJSSPC/article/view/1279>
- 49.Ochildiyev Otabek Shodiyevich, Bo'riyev Oxunjon Olim o'g'li, & Eshanqulov Utkir Jumanazarovich. (2026). TERMIZ SHAHRIDA ATMOSFERA HAVOSINING IFLOSLANISH DARAJASINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY USULLARI. UNIVERSAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES, PHILOSOPHY AND CULTURE , 4(35), 9-12. <https://sr-journals.org/index.php/UJSSPC/article/view/1280>
- 50.UNEP. Termez Air Quality Assessment 2025: Towards Cleaner Air. – <https://www.unep.org> (2025).
- 51.O'zgidromet agentligi rasmiy sayti. Termiz shahri monitoring ma'lumotlari. – <https://meteo.uz> (2023–2025).
- 52.Lex.uz. O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari milliy bazasi (Atmosfera havosi qonuni va SanPiN lar). – <https://lex.uz>.
- 53.WHO IRIS. Global Air Quality Guidelines 2021. – <https://iris.who.int> (2021).
- 54.Zamin Foundation. Termiz shahridagi havo sifati loyihasi hisoboti. – <https://zamin.uz> (2025).

- 55.Gov.uz. Ekologiya vazirligi rasmiy sayti (Termiz monitoring yangiliklari). – <https://gov.uz/eco> (2025).
- 56.ResearchGate. Analysis of a Sand and Dust Storm Event in Termez (2023). – <https://www.researchgate.net>.
- 57.ScienceDirect. Dust Storms in Central Asia maqolalari. – <https://www.sciencedirect.com> (2022–2025).
- 58.PMC. Nishonov B.E. Dust Storm Study in Uzbekistan. – <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov> (2023).
- 59.Air Quality Index (AQI) monitoring saytlari va UNEP rasmiy hisobot havolalari (qo‘shimcha 5–10 ta internet manba, shu jumladan monitoring.uz va xalqaro platformalar).

ILOVALAR

1-ilova

Termiz shahar “San’at saroyi” hududidagi atmosfera havosini monitoring qilish stansiyasi

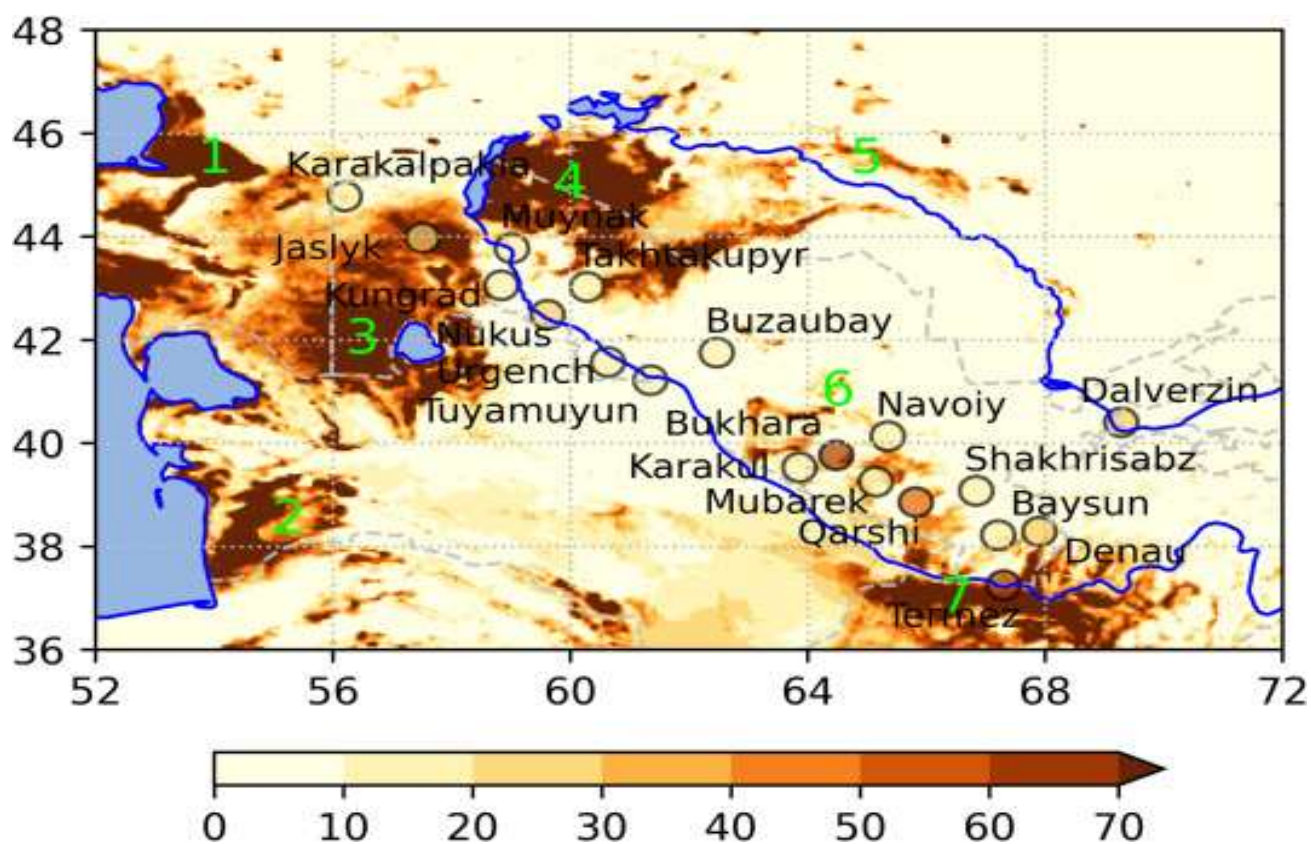


Atmosfera havosidagi zaharli moddalarni o'chashda qo'llaniladigan qurilmalarining qisqacha tavsifi

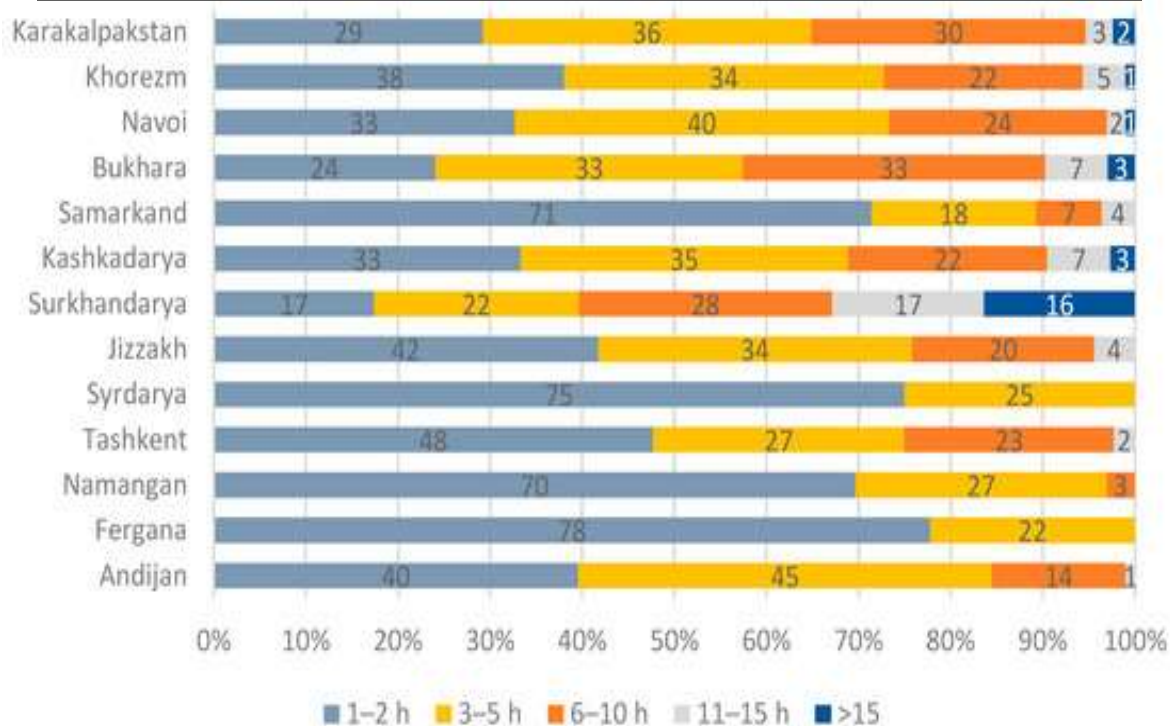


1. **Gaz anolizator KP-836.** Atmosfera havosi tarkibidagi O_2 va zararli gazlar(CO ; SO_2 ; CO_2 ; NH_3 ; NO_2 ; CH_4) miqdorini aniqlash uchun qo'llaniladi. O'lchov miqdori ppm va foiz (%).
2. **Tutun gazlar uchun gaz anolizator KANE-975.** Atmosfera havosi tarkibidagi O_2 va zararli gazlar(CO ; SO_2 ; CO_2 ; NH_3 ; NO_2 ; NO_x ; CH_4) miqdorini aniqlash uchun qo'llaniladi. O'lchov miqdori ppm va foiz (%)da yuqori diapazonda 100-5000 ppmgacha.
3. **Ko'p komponentli portativ tutun gaz analizatori AGM-510.** Aniqlanadigan komponentlar o'lchangan: O_2 ; CO ; C_xH_y ; H_2S ; NO ; NO_2 ; SO_2 ; hisoblangan: CO_2 ; NO_x .
4. **Yangi havo ifloslanishi monitori PM2.5 changga qarshi zarrachalar hisoblagichi (gazanolizator) SKY 2000.** Sensorlar CO 0-500ppm; O_2 0-30 %; NO_x 0-20 ppm; SO_2 0-20 ppm; $PM_{2.5/10}$ 0-1000ug/m³, Harorat -40°C~+120°C, Namlik 0-100% RH.
5. **Chang konsentratsiyasi monitori(pilimer) SJFC-200.** Aniqlash diapazoni 0-40 mg/m³; Ma'lumotlar chiqishi RS485/RS232; Comm. protokol Modbus RTU; Ixtiyoriy parametrlar: Harorat, RH, yonuvchi gaz, kislorod, karbonat angidrid va boshqalar.

Markaziy Osiyoda chang bo'ronlari faolligi (dust storm activity chart).



O'zbekistonda chang bo'ronlari dinamikasi (temporal dynamics line graph).



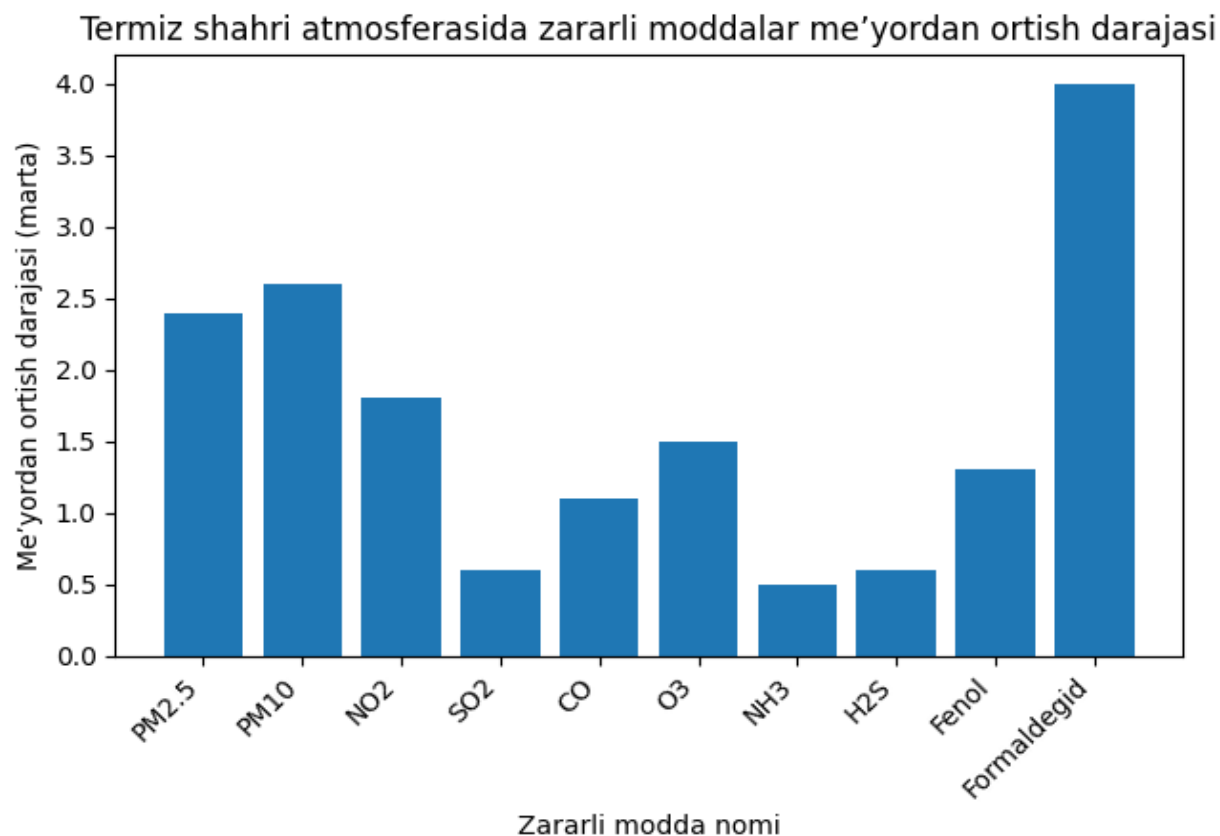
SINOV JARAYONIDAN LAVHALAR



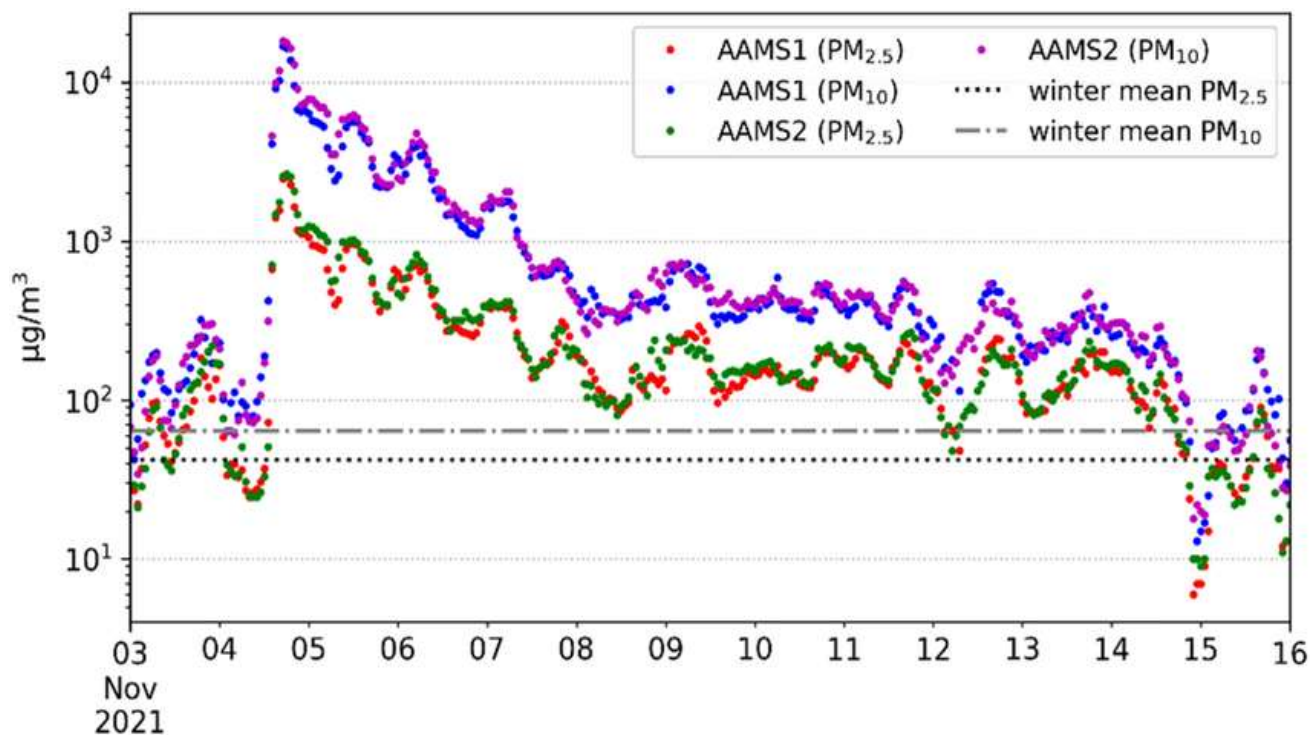


**Termiz shahri atmosfera havosidagi zararli moddalar konsentratsiyasi tahlili
(Gazanalizatorlar ma'lumotlari asosida)**

<i>№</i>	<i>Aniqlangan zararli modda nomi</i>	<i>Kimyoviy formulasi</i>	<i>O'rtacha sutkalik miqdori (mg/m³)</i>	<i>REM (PDK) (mg/m³)</i>	<i>Me'yordan ortish darajasi (marta)</i>	<i>Xavflilik darajasi (Sinfi)</i>
1	<i>Mayda dispersli chang</i>	<i>PM2.5</i>	<i>0.085</i>	<i>0.035</i>	<i>2.4</i>	<i>II</i>
2	<i>Yirik dispersli chang</i>	<i>PM10</i>	<i>0.160</i>	<i>0.060</i>	<i>2.6</i>	<i>III</i>
3	<i>Azot dioksidi</i>	<i>NO₂</i>	<i>0.075</i>	<i>0.040</i>	<i>1.8</i>	<i>II</i>
4	<i>Oltingugurt dioksidi</i>	<i>SO₂</i>	<i>0.030</i>	<i>0.050</i>	<i>0.6</i>	<i>III</i>
5	<i>Is gazi (Uglerod oksidi)</i>	<i>CO</i>	<i>3.200</i>	<i>3.000</i>	<i>1.1</i>	<i>IV</i>
6	<i>Ozon (Yer yuzasiga yaqin)</i>	<i>O₃</i>	<i>0.045</i>	<i>0.030</i>	<i>1.5</i>	<i>I</i>
7	<i>Ammiak</i>	<i>NH₃</i>	<i>0.020</i>	<i>0.040</i>	<i>0.5</i>	<i>IV</i>
8	<i>Vodorod sulfidi</i>	<i>H₂S</i>	<i>0.005</i>	<i>0.008</i>	<i>0.6</i>	<i>II</i>
9	<i>Fenol</i>	<i>C₆H₅OH</i>	<i>0.004</i>	<i>0.003</i>	<i>1.3</i>	<i>II</i>
10	<i>Formaldegid</i>	<i>CH₂O</i>	<i>0.012</i>	<i>0.003</i>	<i>4.0</i>	<i>II</i>



Termiz va boshqa stansiyalarda kuzatilgan PM10 va PM2.5 konsentratsiyalari (observed concentrations graph).



TERMIZ SHAHRIDAGI PM_{2,5} KONSENTRATSIYASINING MAVSUMIY O'ZGARISHI (2023–2024 MONITORING ASOSIDA, TAXMINIY KO'RSATKICHLAR)

