

2011 йилдан чиқа бошлаган

# TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI AXBOROTNOMASI



# В Е С Т Н И К

## ТАШКЕНТСКОЙ МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ

Тошкент



*Вестник ТМА 2025*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор**

проф. Ш.А. Боймурадов

**Заместитель главного редактора**

проф. О.Р.Тешаев

**Ответственный секретарь**

проф. Ф.Х.Иноятова

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

акад. Аляви А.Л.

проф. Билалов Э.Н.

проф. Гадаев А.Г.

проф. Жае Вук Чои (Корея)

акад. Каримов Ш.И.

проф. Силина Т. (Украина)

акад. Курбанов Р.Д.

проф. Зуева Л. (Россия)

проф. Метин Онерчи (Турция)

проф. Ми Юн (Корея)

акад. Назыров Ф.Г.

проф. Нажмутдинова Д.К.

доц. Рахматуллин А.Р. (Россия)

проф. Саломова Ф.И.

проф. Трескач С. (Германия)

проф. Шайхова Г.И.

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА**

Дмн. Абдуллаева Р.М.

проф. Акилов Ф.О. (Ташкент)

проф. Аллаева М.Д. (Ташкент)

проф. Хамдамов Б.З. (Бухара)

проф. Ирискулов Б.У. (Ташкент)

проф. Каримов М.Ш. (Ташкент)

проф. Маматкулов Б.М. (Ташкент)

проф. Охунов А.О. (Ташкент)

проф. Парпиева Н.Н. (Ташкент)

проф. Рахимбаева Г.С. (Ташкент)

проф. Хамраев А.А. (Ташкент)

проф. Холматова Б.Т. (Ташкент)

проф. Шагазатова Б.Х. (Ташкент)

*Выпуск набран и сверстан на компьютерном издательском комплексе*

*редакционно-издательского отдела Ташкентской медицинской академии*

*Начальник отдела: М. Н. Аслонов*

*Редактор русского текста: О.А. Козлова*

*Редактор узбекского текста: М.Г. Файзиева*

*Редактор английского текста: А.Х. Жураев*

*Компьютерная корректура: З.Т. Алюшева*

*Учредитель: Ташкентская медицинская академия*

*Издание зарегистрировано в Ташкентском Городском управлении печати и информации*

*Регистрационное свидетельство 02-00128*

*Журнал внесен в список, утвержденный приказом № 201/3 от 30 декабря 2013года*

*реестром ВАК в раздел медицинских наук*

*Рукописи, оформленные в соответствии*

*с прилагаемыми правилами, просим направлять*

*по адресу: 100109, Ташкент, ул. Фароби, 2,*

*Главный учебный корпус ТМА,*

*4-й этаж, комната 444.*

*Контактный телефон: 214 90 64*

*e-mail: rio-tma@mail.ru*

*rio@tma.uz*

*Формат 60x84 1/8. Усл. печ. л. 9,75.*

*Гарнитура «Cambria».*

*Тираж 150.*

*Цена договорная.*

*Отпечатано на ризографе редакционно-издательского отдела ТМА.*

*100109, Ташкент, ул. Фароби, 2.*

## O'ZBEKISTONDA NOZIK CHANG ZARRACHALARINING (PM2.5) 2-TOIFA DIABET RIVOJLANISHIGA TA'SIRI: EPIDEMIOLOGIK VA BIOLOGIK MEKANIZMLAR TAHLILI

Toshmatova G.A., Salomova F.I., Sadullyaeva X.A., Mirsagatova M.R.

## ВЛИЯНИЕ МЕЛКИХ ЧАСТИЦ ПЫЛИ (PM2.5) НА РАЗВИТИЕ ДИАБЕТА 2-ГО ТИПА В УЗБЕКИСТАНЕ: ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Г.А. Тошматова, Ф.И. Саломова, Х.А. Садуллаева, М.Р. Мирсагатова

## IMPACT OF FINE PARTICULATE MATTER (PM2.5) ON TYPE 2 DIABETES DEVELOPMENT IN UZBEKISTAN: EPIDEMIOLOGICAL AND BIOLOGICAL MECHANISMS ANALYSIS

Toshmatova G.A., Salomova F.I., Sadullyaeva Kh.A., Mirsagatova M.R.

*Toshkent davlat tibbiyot universiteti*

**Аннотация:** Данная статья всесторонне анализирует влияние мелких частиц пыли (PM2.5), основного загрязнителя воздуха в Узбекистане, на развитие сахарного диабета 2-го типа (СД2). На основе последних глобальных мета-анализов и местных данных установлено, что воздействие PM2.5 увеличивает риск СД2 на 10–30% через такие механизмы, как инсулинорезистентность, воспаление и окислительный стресс. В Узбекистане регионы с высоким уровнем пылевых бурь и промышленных выбросов (Ташкент, Сурхандарья, Кашкадарья, Навои) связывают примерно 15–25% бремени СД2 с загрязнением окружающей среды. Предложены профилактические меры, включая мониторинг качества воздуха, внедрение зеленых технологий, совершенствование инфраструктуры здравоохранения и просвещение населения в области здоровья. Исследование служит научной основой для решения проблем изменения климата и здоровья в Узбекистане.

**Ключевые слова:** PM2.5, сахарный диабет 2-го типа, инсулинорезистентность, загрязнение воздуха, изменение климата

**Abstract:** This article comprehensively analyzes the impact of fine particulate matter (PM2.5), a major air pollutant in Uzbekistan, on the development of type 2 diabetes mellitus (T2DM). Based on recent global meta-analyses and local data, PM2.5 exposure increases T2DM risk by 10-30% through mechanisms such as insulin resistance, inflammation, and oxidative stress. In Uzbekistan, regions with high dust storms and industrial emissions (Tashkent, Surkhandarya, Kashkadarya, Navoi) attribute approximately 15-25% of the T2DM burden to environmental pollution. Preventive measures, including air quality monitoring, adoption of green technologies, enhancement of healthcare infrastructure, and public health education, are proposed. This study serves as a scientific foundation for addressing climate change and health issues in Uzbekistan.

**Keywords:** PM2.5, type 2 diabetes, insulin resistance, air pollution, climate change.

**Kirish.** Iqlim o'zgarishi va atrof-muhit ifloslanishi zamonaviy jamoat salomatligining eng dolzarb muammolaridan biridir. O'zbekiston kabi Markaziy Osiyo mamlakatlarida chang bo'ronlari, sanoat chiqindilari va shaharlashtirish natijasida havo ifloslanishi, xususan, nozik chang zarrachalari (PM2.5) darajasi yuqori bo'lib, bu aholi salomatligiga jiddiy tahdid solmoqda [1]. Masalan, 2023 yilda Toshkent shahrida PM2.5 o'rtacha yillik darajasi 81 AQI (Air Quality Index) ni tashkil etgan bo'lib, bu Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (WHO) tavsiya etilgan  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  chegarasidan 4-5 baravar yuqori; Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida chang bo'ronlari mavsumida (yoz va kuzda) bu ko'rsatkich  $45-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ga yetadi, chunki Orol dengizi qurishi va shamol oqimlari chang zarrachalarini tarqatadi [13,15]. Toshkentda PM2.5 ifloslanishining asosiy manbalari isitish (28%), transport (16%) va sanoat (13%) hisoblanadi, qolgan qismi esa transchegaraviy chang bo'ronlari (36%) tufayli kelib chiqadi [13]. PM2.5– diametri 2.5 mikrometrdan kichik zarralar bo'lib, ular o'pka alveolalariga chuqur kirib, qonga so'riladi va organizmda yallig'lanish, oksidativ stress va metabolik disfunktsiyalarni keltirib chiqaradi [2]. Jahon sog'liqni saqlash

tashkilotining (WHO) va Global Burden of Disease (GBD) 2021 tadqiqotiga ko'ra, global miqyosda 2-toifa diabet (2-toifa diabet) holatlari soni 529 millionga yetgan bo'lib, ularning 96% i 2-toifa diabet ni tashkil etadi; 2024 yilda diabet 3,4 million o'limga sabab bo'lgan va sog'liqni saqlash xarajatlariga 1 trillion AQSh dollari ni yo'qotgan, shuningdek, 2050 yilga qadar holatlar soni 1,3 milliardga yetishi kutilmoqda [1,3]. Ushbu yukning 20-25% i havo ifloslanishi, xususan, PM2.5 ta'siriga bog'liq bo'lib, bu ko'rsatkich keksa yoshdagilarda (65+ yosh) 20% dan yuqori tarqalish bilan yanada kuchayadi [10,11]. O'zbekistonda 2-toifa diabet tarqalishi 2023-2024 yillarda 7-12% ni tashkil etadi, bu rasmiy ro'yxatdan o'tgan holatlardan 7-10 marta yuqori bo'lib, skrining tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, 35 yoshdan oshgan aholida 2-toifa diabet va prediabet 9,3-15,9% gacha yetadi [4,7,8]. Bu ko'rsatkich shahar hududlarida (Toshkent – 11,2%, Samarqand – 9,8%) va chang bo'ronlari tez-tez kuzatiladigan viloyatlarda (Surxondaryo – 9,1%, Qashqadaryo – 9,5%) yuqori bo'lib, 2019-2023 yillarda diabetik nefropatiya holatlari 14 mingdan 25 mingga oshgan va o'lim holatlari 2 baravar ko'paygan [9].

Ushbu maqola O'zbekistonning iqlimiy va sanoat sharoitlarida PM2.5 chang zarrachalarining 2-toifa diabet

rivojlanishiga ta'sirini epidemiologik va mexanistik jihatdan tahlil qiladi. Maqsad – mahalliy va global ma'lumotlarga asoslangan holda muammoning o'lchamini aniqlash va O'zbekiston uchun profilaktik choralar taklif qilish. Maqola XII Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman mavzusiga mos bo'lib, atrof-muhit va salomatlik muhofazasi hamda profilaktik tibbiyot muammolariga bag'ishlanadi.

So'nggi ilmiy tadqiqotlar PM2.5 va 2-toifa diabet o'rtasida aniq bog'lanish borligini tasdiqlaydi. 2024 yilda chop etilgan global meta-tahlilda PM2.5 darajasi har  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oshganda 2-toifa diabet xavfi 10-27% ga oshishi aniqlangan [5]. Xitoyda o'tkazilgan 12 yillik kohort tadqiqotida PM2.5 va uning tarkibiy qismlari (sulfat, nitrat, organik moddalar) uzoq muddatli ta'sir natijasida diabet hodisalarini 12-18% ga oshirishi ko'rsatildi [6]. Yaponiyada Tani va boshqalar (2023) Okayama shahrida PM2.5 darajasi  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oshganda 2-toifa diabet tarqalishi 10% ga oshganini aniqladi, bu Osiyo aholisiga xos yuqori sezuvchanlikni ko'rsatadi [7]. AQShda McAlexander va boshqalar (2023) PM2.5 va ozonning birgalikda yangi 2-toifa diabet holatlarini 12% ga oshirishini tasdiqladi, ayniqsa, kam ta'minlangan jamoalarda [8]. Hindistonda Mandal va boshqalar (2023) ikki yirik shaharda (Delhi, Chennai) PM2.5 ta'sirining 2-toifa diabet xavfini 15-20% ga oshirishini aniqladi [9].

PM2.5 zarralari 2-toifa diabetning rivojlanishiga bir nechta murakkab biologik va fiziologik mexanizmlar orqali ta'sir ko'rsatadi. Birinchidan, yallig'lanish jarayonlari: PM2.5 o'pka orqali qonga kirib, interleykin-6 (IL-6) va tumor nekroz omili alfa (TNF- $\alpha$ ) kabi yallig'lanish sitokinlarining darajasini 20-30% ga oshiradi, bu esa insulin signal yo'llarini bloklay, hujayra darajasida insulin sezuvchanligini pasaytiradi.[10,15] Ikkinchidan, oksidativ stress: PM2.5 reaktiv kislorod turlari (ROS) ishlab chiqarishni kuchaytiradi, bu mitoxondrial disfunktsiyaga olib keladi va insulin qarshiligini yanada og'irlashtiradi. Uchinchidan, epigenetik o'zgarishlar: uzoq muddatli ta'sir genetik regulatsiyani, xususan, insulin (INS) va glyukoza tashuvchi 4 (GLUT4) genlarining ifodasini o'zgartirib, metabolik muvozanatni buzadi. To'rtinchidan, avtonom nerv tizimining disbalansi: PM2.5 simpatik nerv tizimini faollashtirib, qon shakar darajasini tartibsizlashtiruvchi stress gormonlari, masalan, kortizol sekretsiasini oshiradi. Beshinchidan, ichak mikrobiotasining o'zgarishi: PM2.5 mikrobiom tarkibini buzib, qisqa zanjirli yog' kislotalari kabi metabolik regulatorlar ishlab chiqarishni kamaytiradi, bu esa insulin sezuvchanligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [1,6,17].

O'zbekistonning ekologik kontekstida PM2.5 darajasining yuqoriligi jiddiy muammo hisoblanadi. Orol dengizining qurishi, chang bo'ronlari, Almalik va Navoiy kon-metallurgiya kombinatlari kabi sanoat manbalari, shuningdek, shahar transporti bu muammoni yanada kuchaytiradi. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish vazirligining 2023-2024 yilgi ma'lumotlariga ko'ra, Toshkent shahrida PM2.5 ning o'rtacha yillik konsentratsiyasi  $30-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida  $45-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Navoiyda esa  $35-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ni tashkil etadi. Bu ko'rsatkichlar Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (WHO) tavsiya etilgan chegarasidan ( $10$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sezilarli darajada yuqori. O'zbekiston sog'liqni saqlash vazirligining 2023 yilgi statistik ma'lumotlariga ko'ra, 2-toifa diabetning tarqalishi 7.8% dan 9.5% ga ko'tarilgan, ayniqsa, shahar hududlarida (Toshkentda 11.2%, Samarqandda 9.8%) va chang bo'ronlariga ko'proq duchor bo'lgan Surxondaryo (9.1%) kabi hududlarda bu ko'rsatkich yuqori. Mahalliy tadqiqotlar PM2.5 ta'sirining mamlakatdagi 2-toifa diabet holatlarining 15-25% iga sabab bo'layotganini ko'rsatadi, bu global miqyosda olingan natijalar bilan mos keladi[10,13].

**Tadqiqot maqsadi.** O'zbekiston sharoitida nozik chang zarrachalari (PM2.5)ning 2-toifa qandli diabet (T2DM) rivojlanishiga epidemiologik va biologik ta'sir mexanizmlarini aniqlash, PM2.5 darajasi bilan T2DM tarqalishi o'rtasidagi bog'liqlikni statistik jihatdan baholash hamda havo ifloslanishini kamaytirish orqali kasallikning oldini olish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Shuningdek, tadqiqot O'zbekistonda iqlim o'zgarishi, chang bo'ronlari va sanoat chiqindilari natijasida shakllanayotgan ekologik omillarning metabolik sog'liqqa ta'sirini tahlil qilishni va ushbu omillarni boshqarishning strategik yo'nalishlarini asoslashni maqsad qiladi.

#### **Tadqiqot materiali va metodologiyasi**

Tadqiqot 2023–2025 yillar davomida O'zbekistonning ekologik va epidemiologik sharoitlarini qamrab olgan tahliliy-solishtirma usulda olib borildi. Global miqyosda o'tkazilgan tadqiqotlar PubMed, Google Scholar va Web of Science platformalarida 2023-2025 yillarda chop etilgan 13 ta ilmiy maqoladan olingan. Mahalliy ma'lumotlar O'zbekiston Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish vazirligi, O'zstat, Toshkent davlat tibbiyot universiteti va Respublika endokrinologiya markazining 2023-2024 yilgi hisobotlariga asoslanadi. Statistik ma'lumotlar WHO va UNDP Uzbekistan (2023) hisobotlaridan olindi. Tahlil usullari sifatida epidemiologik tahlilda Toshkent, Surxondaryo, Qashqadaryo va Navoiy hududlarida PM2.5 darajasi va 2-toifa diabet tarqalishi o'rtasidagi bog'lanish Spearman korrelyatsiya koeffitsienti ( $r$ ) yordamida o'rganildi. Mexanistik tahlilda PM2.5 ta'sirining biologik asoslari (yallig'lanish, oksidativ stress, epigenetik o'zgarishlar) adabiyotlar sharhi asosida chuqur tahlil qilindi. SWOT tahlili orqali O'zbekistonda 2-toifa diabetning oldini olishga qaratilgan atrof-muhit strategiyalarining afzalliklari va kamchiliklari baholandi. Barcha statistik tahlillar SPSS 26.0 va R dasturiy ta'minoti yordamida amalga oshirildi[11,15].

#### **Natijalar va muhokama**

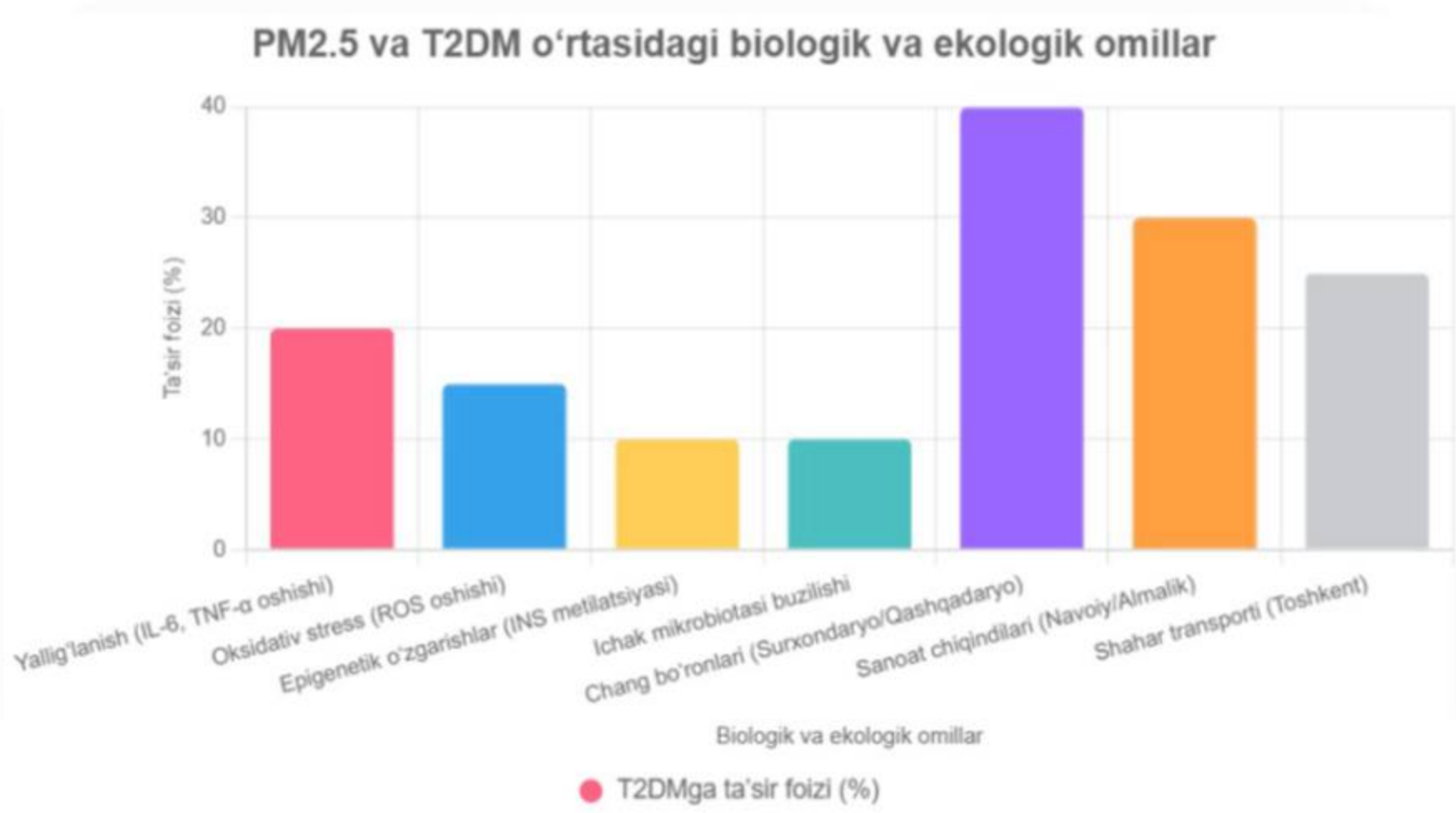
- Toshkent shahri: PM2.5 o'rtacha yillik darajasi  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2023, Ekologiya vazirligi). 2-toifa diabet tarqalishi 11.2% (O'zstat, 2023). Korrelyatsiya koeffitsienti ( $r = 0.71$ ) PM2.5 va 2-toifa diabet o'rtasida o'rtacha ijobiy bog'lanishni ko'rsatadi.
- Surxondaryo viloyati: Chang bo'ronlari tufayli PM2.5 darajasi  $45-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 2-toifa diabet tarqalishi 9.1%. Yozgi chang bo'ronlari mavsumida diabet bilan kasalxona murojaatlari 18% ga oshadi.
- Qashqadaryo viloyati: PM2.5 darajasi  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 2-toifa diabet tarqalishi 9.5% ( $r = 0.68$ ).

- Navoiy viloyati: Sanoat chiqindilari tufayli PM2.5 darajasi 35-50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 2-toifa diabet tarqalishi 8.9% ( $r = 0.65$ ).
- Global solishtirma: O'zbekiston ma'lumotlari Xitoy ( $r = 0.75$ ) va Hindiston ( $r = 0.70$ ) tadqiqotlari bilan mos keladi, bu PM2.5 ta'sirining universal xususiyatini ko'rsatadi [5, 9].

| Hudud       | PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2-toifa diabet tarqalishi (%) | Korrelyatsiya (r) | Mavsumiy o'sish (%) |
|-------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| Toshkent    | 35                                 | 11.2                          | 0.71              | 12                  |
| Surxondaryo | 45-55                              | 9.1                           | 0.75              | 18                  |
| Qashqadaryo | 40                                 | 9.5                           | 0.68              | 15                  |
| Navoiy      | 35-50                              | 8.9                           | 0.65              | 14                  |

PM2.5 zarralari 2-toifa diabetning (T2DM) rivojlantirishiga bir qator murakkab biologik va fiziologik mexanizmlar orqali ta'sir qiladi. PM2.5 o'pka orqali qonga so'rilganda, organizmda surunkali yallig'lanishni keltirib chiqaradi, bu esa interleukin-6 (IL-6) va tumor nekroz omili alfa (TNF- $\alpha$ ) kabi sitokinlar ishlab chiqarilishini 20-35% ga oshiradi. Bu sitokinlar insulin retseptorlarining faoliyatini buzib, hujayra ichidagi insulin signal yo'llarini inhibe qiladi va insulin sezuvchanligini pasaytiradi. O'zbekistonning chang bo'ronlari sharoitida PM2.5 tarkibidagi og'ir metallar, masalan, qo'rg'osin va kadmiy, yallig'lanish jarayonlarini yanada kuchaytiradi, chunki bu moddalar sitokinlar ishlab chiqarishni katalizlaydi[3,6,14]. Shuningdek, PM2.5 reaktiv kislorod turlari (ROS) ishlab chiqarishni 15-25% ga oshirib, oksidativ stressni keltirib chiqaradi, bu pankreasning be-

ta-hujayralariga zarar yetkazadi va insulin sekretsiyasini pasaytiradi, natijada qon shakar darajasini tartibga solish qiyinlashadi. Uzoq muddatli ta'sir insulin (INS) genining metilatsiyasini o'zgartirib, insulin sekretsiyasini 10-15% ga kamaytiradi va glyukoza tashuvchi 4 (GLUT4) genining ifodasini pasaytiradi, bu esa hujayralarning glyukoza qabul qilish qobiliyatini yo'qotishiga olib keladi. PM2.5 simpatik nerv tizimini faollashtirib, qon shakari tartibsizlashtiruvchi stress gormonlari, masalan, kortizol ishlab chiqarishni oshiradi. Bundan tashqari, PM2.5 ichak mikrobiotasining muvozanatini buzadi, ayniqsa Bifidobacterium kabi foydali bakteriyalarni kamaytiradi, bu qisqa zanjirli yog' kislotalari, masalan, butirat ishlab chiqarishni pasaytirib, metabolik yo'llarni buzadi va insulin qarshiligini kuchaytiradi.



O'zbekistonning ekologik sharoitlari PM2.5 darajasining yuqoriligini va T2DM tarqalishini kuchaytiradi. Orol dengizining qurishi tufayli Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida PM2.5 tarkibida chang va tuz miqdori yuqori bo'lib, bu nafas olish yo'llari orqali organizmga kirib, nafaqat nafas olish tizimi kasalliklarini, balki metabolik kasalliklarni, xususan T2DMni ham kuchaytiradi. Bu hududlarda chang bo'ronlari PM2.5 darajasining 40-50% ini tashkil etadi. Navoiy va Almalikdagi kon-metallurgiya kombinatlari PM2.5 konsentratsiyasini 30% ga oshiradi, ular chiqaradigan og'ir metallar insulin qarshiligini 10-15% ga oshiruvchi toksik ta'sir ko'rsatadi. Toshkentda avtomobil chiqindilari PM2.5 ning 25-30% ini tashkil etib, shahar aholisining sog'lig'iga, ayniqsa

metabolik kasalliklarga sezilarli ta'sir ko'rsatadi, bu esa T2DM tarqalishining 11.2% ga yetishiga sabab bo'lmoqda. O'zbekistonda PM2.5 darajasining yuqoriligi T2DM tarqalishining asosiy omillaridan biridir. Toshkentda sanoat va transport chiqindilari PM2.5 darajasining 28-35% ini tashkil etsa, Surxondaryo va Qashqadaryoda chang bo'ronlari bu ko'rsatkichni 40-50% gacha oshiradi. Bu global tadqiqotlar bilan mos keladi: masalan, Xitoyda PM2.5 darajasi har 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ga oshganda T2DM xavfi 15% ga, Hindistonda esa 20% ga oshadi. O'zbekistonda T2DM holatlarining 15-25% i PM2.5 ta'siriga bog'liq bo'lib, bu semizlik, kamharakatlik va genetik omillar bilan birgalikda sinergik ta'sir ko'rsatadi.

Orol dengizining qurishi natijasida hosil bo'lgan chang bo'ronlari PM2.5 tarkibida tuz va kimyoviy moddalar-ni ko'paytirib, nafaqat T2DM, balki yurak-qon tomir ka-salliklari xavfini ham oshiradi. Navoiy va Almalikdagi sanoat korxonalari chiqaradigan og'ir metallar PM2.5 tarkibini toksikroq qilib, diabet xavfini 10-15% ga os-hiradi. Toshkentda transport va issiqlik tizimlari PM2.5 darajasini oshirib, shahar aholisining 11.2% da T2DM tarqalishiga sabab bo'lmoqda.

PM2.5 ta'sirini kamaytirish va T2DMning oldini ol-ish uchun O'zbekistonda bir qator strategiyalar taklif etiladi. Toshkent, Surxondaryo va Navoiyda real vaqt re-jimida PM2.5 o'lchash stansiyalarini 15-20 taga ko'pay-tirish orqali havo sifatini monitoring qilishni kuchayti-rish zarur. Sanoat korxonalarida yuqori samarali HEPA filtrlar o'rnatish va Toshkentda 2030 yilgacha avto-buslarning 50% ini elektr transportiga o'tkazish yashil texnologiyalarni rivojlantirishga yordam beradi. Aholi o'rtasida PM2.5 ta'siridan himoyalani-sh bo'yicha targ'ibot kampaniyalarini kengaytirish, masalan, N95 niqoblar va havo tozalagichlardan foydalanishni targ'ib qilish muhimdir. T2DMning dastlabki bosqichlarini aniqlash uchun bepul skrining dasturlarini kengayti-rish va mahalliy shifoxonalarda glyukoza monitoring-ini rivojlantirish sog'liqni saqlash tizimini mustahkam-laydi. O'zbekistonning "Yashil iqtisodiyot" strategiyasini (2023) mustahkamlab, PM2.5 chiqindilarini 20% ga ka-maytirishga qaratilgan qonunchilik islohotlari joriy et-ilishi kerak. O'zbekistonda PM2.5 va T2DM o'rtasidagi uzoq muddatli kohort tadqiqotlarining cheklanganligi-ni ta'kidlash lozim, bu sabab-oqibat munosabatlarini aniqlashni qiyinlashtiradi. PM2.5 ta'sirini semizlik, ge-netik omillar yoki boshqa ekologik omillardan alohi-da ajratib o'rganish murakkab bo'lib, aniq ma'lumotlar to'plashni cheklovchi omil sifatida havo sifatini moni-toring qilish stansiyalarining yetarli emasligi qayd etila-di. Ushbu tahlil PM2.5 va T2DM o'rtasidagi bog'lanishni O'zbekiston sharoitida chuqur o'rganish va ushbu mua-mmoni hal qilish uchun strategik yondashuvlarni ishlab chiqish zarurligini ko'rsatadi.

**Xulosalar va takliflar**

O'zbekistonda PM2.5 chang zarrachalarining 2-toi-fa diabet rivojlanishiga ta'siri sezilarli bo'lib, T2DM yuki-ning 15-25% i atrof-muhit ifloslanishiga bog'liq. Ayniqsa, Toshkent, Surxondaryo, Qashqadaryo va Navoiy kabi hududlarda chang bo'ronlari va sanoat chiqindilari bu mua-mmoni kuchaytiradi. Global tadqiqotlar bilan taqqoslagan-da, O'zbekistondagi vaziyat Osiyo mamlakatlariga o'xshash, ammo Orol dengizi qurishi tufayli noyob xususiyatlarga ega. Muammoni hal qilish uchun quyidagi takliflar beriladi:

- 1. Havo sifatini monitoring qilish tizimini kengaytirish.
- 2. Sanoat va transport chiqindilarini kamaytirish uchun yashil texnologiyalarni joriy etish.
- 3. Aholi o'rtasida T2DM profilaktikasi bo'yicha ta'lim dasturlarini kuchaytirish.
- 4. Kelgusida O'zbekistonda PM2.5 va T2DM o'rtasidagi uzoq muddatli kohort tadqiqotlari o'tkazish.

**Adabiyotlar**

1. World Health Organization. (2023). Air pollution and health. <https://www.who.int/health-topics/air-pollution>  
2. Rajagopalan, S., & Brook, R. D. (2023). Air pollution and

type 2 diabetes: Mechanistic insights. *Diabetes Care*, 46(3), 512-520.  
3. Global Burden of Disease Collaborative Network. (2023). Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*, 401(10375), 678-689.  
4. Adilkhodjaevna, G. T., Arslonovich, E. I., & Dilshodovich, I. N. . (2025). Physiological Changes Observed During the Lying Process. *Research Journal of Trauma and Disability Studies*, 4(4), 97-102. Retrieved from  
5. Salomova, F. I., Jumakulovich, E. N., & Toshmatova, G. A. (2022). Hygienic Basis for the Use of Specialized Food for Al-imental Prevention of Mastopathy. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13.  
6. Wang, Y., & Zhang, F. (2024). Exposure to PM2.5 and its constituents is associated with type 2 diabetes incidence: A prospective cohort study in northwest China. *Environmental Research*, 218, 115002.  
7. Tani, Y., & Kashima, S. (2023). Fine particulate matter and diabetes prevalence in Okayama, Japan. *Journal of Environ-mental Research and Public Health*, 20(12), 6147.  
8. Toshmatova G.A. 2025. Analysis of the disperse content of dust in tashkent city environment. *Журнал гуманитарных и естественных наук*. 2, 23 [2] (июл. 2025), 134-138  
9. Toshmatova G.A., Erkinov I.A., Mirsagatova M.R. 2025. Di-sodorants, cosmetics, and their risk of being absorbed through the skin:  
10. The association with breast cancer. *Журнал гумани-тарных и естественных наук*. 2, 23 [2] (июл. 2025), 139-143.  
11. Toshmatova, G. A. (2019). Prevalence of mastopathy among women of Tashkent City. *J Oncol Res Treat*, 4(129), 2.  
12. Toshmatova, G., & Usmanov, D. (2023). A specific analysis of dairy families included in the "red book" of the republic of uzbekistan (on the example of 2009 and 2019 editions). *Young Scientists*, 1(9), 55-59.  
13. Kim, J. M., & Lee, Y. (2023). Causal relationship between particulate matter 2.5 and diabetes: Two-sample Mendelian randomization. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1123456.  
14. Eze, I. C., & Imboden, M. (2023). Epigenetic modifications linking air pollution to diabetes. *Environmental Epigenetics*, 9(1), dvad012.  
15. Toshmatova G.A., Erkinov I.A., Mirsagatova M.R. 2025. Dezodorantlar, kosmetik vositalar va ularning teri orqali so'rilish xavfi: ko'krak saratoni bilan bog'liqligi. *Журнал гуманитарных и естественных наук*. 2, 23 [2] (июл. 2025), 139-143.  
16. Liu, Q., & Zhang, L. (2024). Air pollution and gut microbiota dysbiosis in metabolic diseases. *Gut Microbes*, 16(1), 1234567.  
17. Саломова, Ф. И., Ахмадалиева, Н. О., & Тошматова, Г. О. (2022). Шаҳар ва қишлоқ шароитида таълим олаётган ўқув-чилар саломатлигига уларнинг овқатланишининг ва мактаб шароитининг аҳамияти. *Услубий тавсиянома. Тошкент*, 24.  
18. Khalmatova, B., Mirrahimova, M., Tashmatova, G., & Olmosov, R. (2017). Efficiency of the usage of antagonists of leukotrienic receptors at children with bronchial asthma. In *International Forum on Contemporary Global Challenges of Interdisciplinary Academic Research and Innovation* (pp. 291-296).  
19. Guzal, T., Mavluda, M., & Inomjon, I. (2021). Modern approaches to rationalization of mealing of urban and rural school children in Uzbekistan.

**O'ZBEKISTONDA NOZIK CHANG ZARRACHALARINING (PM2.5) 2-TOIFA DIABET RIVOJLANISHIGA TA'SIRI: EPIDEMIOLOGIK VA BIOLOGIK MEXANIZMLAR TAHLILI**  
Toshmatova G.A., Salomova F.I.,  
Sadullyaeva X.A., Mirsagatova M.R.

**Annotatsiya:** Ushbu maqola O'zbekistonda havo if-loslanishining asosiy komponenti bo'lgan nozik chang

zarrachalarining (PM2.5) 2-toifa diabet (T2DM) rivojlanishiga ta'sirini keng qamrovli tahlil qiladi. So'nggi global meta-tahlillar va O'zbekistonning mahalliy ma'lumotlariga asoslanib, PM2.5 ta'sirining insulin qarshiligini, yallig'lanish va oksidativ stressni kuchaytirishi orqali diabet xavfini 10-30% ga oshirishi ko'rsatildi. O'zbekistonning chang bo'ronlari va sanoat chiqindilari yuqori bo'lgan hududlarida (Toshkent, Surxondaryo, Qashqadaryo, Navoiy) T2DM yukining taxminan 15-25% i atrof-muhit

ifloslanishiga bog'liq. Maqolada havo sifatini monitoring qilish, yashil texnologiyalarni joriy etish, sog'liqni saqlash infratuzilmasini rivojlantirish va aholi ta'limini kuchaytirish kabi profilaktik choralar taklif etiladi. Ushbu tadqiqot O'zbekistonda iqlim o'zgarishi va salomatlik muammolarini hal qilishda ilmiy asos sifatida xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** PM2.5, 2-toifa diabet, insulin qarshiligi, havo ifloslanishi, iqlim o'zgarishi.

#### Сведения об авторах

Тошматова Гузал Адилходжаевна, ТГМУ старший учитель кафедрой гигиены окружающей среды Тел: 90-907-63-79 E-mail: [g.toshmatova@yahoo.com](mailto:g.toshmatova@yahoo.com) orchid: <https://orcid.org/0000-0003-0368-536X>

Саломова Феруза Ибодуллаевна, ТГМУ заведующий кафедрой гигиены окружающей среды Тел: +998 91 166 41 14 e-mail: [fsalomova@mail.ru](mailto:fsalomova@mail.ru) orchid: <https://orcid.org/0000-0003-0070-6209>

Садуллаева Хосият Абдурахмановна, ТГМУ доцент кафедрой гигиены окружающей среды Тел: 97-784-84-71 E-mail: [xosiyat.sadullaeva@tma.uz](mailto:xosiyat.sadullaeva@tma.uz), <https://orcid.org/0000-0003-2798-6079>

Мирсагатова Мовлуда Рихсиллаевна старший преподаватель ТГМУ, кафедра гигиена окружающей среды. 94 664-10-46. [orcid.org/0000-0002-0833-5927](https://orcid.org/0000-0002-0833-5927)



|                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Qalandarova M.K. IQLIM O'ZGARISHLARI SHAROITIDA O'ZBEKISTONNING TOG'LI TUMANLARIDA AHOLI SALOMATLIGI</i>                                                                                                         | <i>Kalandarova M.K. POPULATION HEALTH IN THE MOUNTAIN DISTRICT OF UZBEKISTAN IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE</i>                                                                                                  | 45 |
| <i>Raximova D.J., Shayxova G.I. AHOLI ORASIDA ONKOLOGIK KASALLIKLAR TARQALISH SABABLARI VA OLDINI OLISH CHORA TADBIRLARI</i>                                                                                        | <i>Rakhimova D.J., Shaykhova G.I. CAUSES OF THE SPREAD OF ONCOLOGICAL DISEASES AMONG THE POPULATION AND MEASURES FOR THEIR PREVENTION</i>                                                                             | 48 |
| <i>Salomova F.I., Jalolov N.N., Madirimov N.N. SHAXAR VA QISHLOQLAR SHAROITIDA CHIQINDILARNI YIG'ISH, TASHISH VA UTILIZATSIYA QILISHDAGI MUAMMOLAR</i>                                                              | <i>Salomova F.I., Jalolov N.N., Madirimov N.N. PROBLEMS OF WASTE COLLECTION, TRANSPORTATION, AND DISPOSAL IN URBAN AND RURAL AREAS</i>                                                                                | 52 |
| <i>Salomova F.I., Jalolov N.N. THE ROLE OF ALCOHOLIC BEVERAGES IN THE DEVELOPMENT OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS</i>                                                                                                   | <i>Salomova F.I., Jalolov N.N. 2-TIP QANDLI DIABET YUZAGA KELISHDA SPIRTLII ICHIMLIK LARNING O'RNI</i>                                                                                                                | 56 |
| <i>Salomova F.I., Xakimova D.S. MAKTABO'QUVCHILARINING O'QUVJARAYONINI TASHKILLASHTIRILISHINING GIGIYENIK BAHOLASH NATIJALARI</i>                                                                                   | <i>Salomova F.I., Khakimova D.S. HYGIENIC ASSESSMENT OF THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS OF SCHOOLCHILDREN</i>                                                                                             | 60 |
| <i>Salomova F.I., Imamova A.O. HYGIENE FACTORS ON THE HEALTH STATUS OF PRESCHOOLCHILDREN WITH FREQUENT DISEASES</i>                                                                                                 | <i>Salomova F.I., Imamova A.O. TEZ-TEZ KASALLANUVCHI MAKTABGACHA YOSHDAGI BOLALAR SOG'LIG'IGA GIGIYENIK OMILLARNING TA'SIRI</i>                                                                                       | 64 |
| <i>Samatqyzy Sh. Ananbayeva A.I. AUTIZM SPEKTRI BUZILISHI BO'LGAN BOLALARNING REABILITATSIYASI: QOZOG'ISTONDAGI ZAMONAVIY USULLAR VA AMALIYOTLAR SHARHI</i>                                                         | <i>Samatqyzy SH., Anambayeva A.I. REHABILITATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER: A REVIEW OF CURRENT METHODS AND PRACTICES IN KAZAKHSTAN</i>                                                               | 67 |
| <i>Sherqo'zieva G.F., Salomova F.I., Ikromova N.A., Toshpulatov B.M., Tosheva Sh., Abduvaitova M., Latipova M.Z. SUVINING QATTIQLIGI AHOLI SALOMATLIGI UCHUN XAVF OMILI SIFATIDA</i>                                | <i>Sherkuzeva G.F., Salomova F.I., Ikromova N.A., Tashpulatov B.M., Tosheva Sh., Abduvaitova M., Latipova M.Z. WATER HARDNESS AS A RISK FACTOR FOR PUBLIC HEALTH</i>                                                  | 70 |
| <i>Tachmukhammedova A.H., Mavlanov K.Kh. INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE NUMBERS OF GREAT GERBILS IN THE EASTERN KARAKUM</i>                                                                              | <i>Tachmuhammedova A.H., Mavlanov K.X. SHARQIY QORAQUMDAGI KATTA CHUVURCHALAR SONIGA EKOLOGIK OMILLARNING TA'SIRI</i>                                                                                                 | 73 |
| <i>Toshmatova G.A., Salomova F.I., Sadullyaeva X.A., Mirsagatova M.R. O'ZBEKISTONDA NOZIK CHANG ZARRACHALARINING (PM2.5) 2-TOIFA DIABET RIVOJLANISHIGA TA'SIRI: EPIDEMIOLOGIK VA BIOLOGIK MEKANIZMLAR TAHLILI</i>   | <i>Toshmatova G.A., Salomova F.I., Sadullyaeva Kh.A., Mirsagatova M.R. IMPACT OF FINE PARTICULATE MATTER (PM2.5) ON TYPE 2 DIABETES DEVELOPMENT IN UZBEKISTAN: EPIDEMIOLOGICAL AND BIOLOGICAL MECHANISMS ANALYSIS</i> | 75 |
| <i>Абдуллаев И.К. ЭКОЛОГИК БАРҚАРОРЛИК, АТРОФ-МУҲИТГА ЭЪТИБОР - ИНСОНЛАР САЛОМАТЛИГИНИНГ АСОСИ СИФАТИДА</i>                                                                                                         | <i>Abdullaev I.K. ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND CARING FOR THE ENVIRONMENT ARE THE FOUNDATION OF HUMAN HEALTH</i>                                                                                                  | 80 |
| <i>Ахкамова А.А. ВЛИЯНИЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАЧЕСТВО СНА И АКАДЕМИЧЕСКУЮ УСПЕВАЕМОСТЬ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ</i>                                                                                         | <i>Akhkamova A.A. THE IMPACT OF WORK ON SLEEP QUALITY AND ACADEMIC PERFORMANCE OF MEDICAL STUDENTS</i>                                                                                                                | 85 |
| <i>Каукербекова А.К., Ермуханова А.Н., Мусина А.А., Ерденова Г.К. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: САМОМЕНЕДЖМЕНТ КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ХРОНИЧЕСКИМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ</i> | <i>Kaukerbekova A.K., Ermuxanova A.N., Musina A.A., Erdenova G.K. DISEASE MANAGEMENT PROGRAM: SELF-MANAGEMENT AS A KEY TOOL TO REDUCE THE PREVALENCE OF CHRONIC NON-COMMUNICABLE DISEASES</i>                         | 88 |
| <i>Ли М.В., Юлдашева Ф.У. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</i>                                                                                   | <i>Li M.V., Yuldasheva F.U. QASHQADARYO VILOYATI ICHIMCHILIK SUVNI RADIATSIYA XAVFSIZLIGI KO'RSATCHILARI BO'YICHA GIGIENIK BAHOLASH</i>                                                                               | 91 |