

ATMOSPHERIC POLLUTION: NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

B.B. Alikhanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the International Academy of Environmental and Biological Sciences,
T.B. Lee, Head of the Monitoring Group of the Ecological Movement of Uzbekistan,
L.P. Seitova, Candidate of Economic Sciences, Doctoral Candidate, Chairperson of the National Committee of the Republic of Karakalpakstan on Ecology and Climate Change

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of natural and anthropogenic factors affecting air pollution in Central Asian countries, particularly Uzbekistan. It examines the impact of air quality on meteorological conditions, soil degradation, dust and sandstorms, climate change, and human activity. Particular attention is paid to the influence of major natural processes, including wind-induced dust and regional climatic phenomena such as the Afghan wind, as well as the consequences of the desiccation of the Aral Sea—one of the largest environmental disasters of modern times. It is shown that natural dust remains a significant source of fine PM particles in Uzbekistan. However, the contribution of anthropogenic factors—transport, industry, agriculture, and public utility construction—is becoming increasingly significant. Data from recent studies by the World Bank and the country's hydrometeorological services are presented, demonstrating rising PM concentrations and an increasing number of dusty days, exacerbated by climate change, aridity, and land degradation.

The impact of air pollution on public health is examined, including the impact of toxic substances and fine particles on the development of cardiovascular, respiratory, and oncological diseases. The need for integrated air quality and health indicators, improved monitoring, and interagency collaboration is emphasized.

The importance of creating a health-oriented urban environment is emphasized, and a range of measures to improve air quality is proposed: the creation of forest belts and green corridors, compliance with urban planning regulations, the development of public transportation, traffic management, a reduction in the density of chaotic development, and increased effectiveness of environmental monitoring. The proposals presented are aimed at reducing the impact of risk factors on public health and ensuring sustainable development of the urban environment.

Keywords: natural and anthropogenic factors, sand and dust storms, air pollutants, PM10 and PM2.5.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ: ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Б.Б. Алиханов, доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ,

Т.Б. Ли, руководитель группы мониторинга Экологического движения Узбекистана,

Л. П. Сеитова, кандидат экономических наук, докторант, председатель национального комитета Республики Каракалпакстан по экологии и изменению климата

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу природных и антропогенных факторов загрязнения атмосферного воздуха в странах Центральной Азии, в частности в Узбекистане. Рассматриваются особенности формирования качества воздуха, обусловленные метеорологическими условиями, деградацией почв, пыльными и песчаными бурями, изменением климата и человеческой деятельностью. Особое внимание уделено влиянию крупных природных процессов, включая ветровой подъём пыли и региональные климатические явления, такие как ветер «афганец», а также последствий высыхания Аральского моря — одной из крупнейших экологических катастроф современности.

Показано, что в Узбекистане природная пыль остаётся значимым источником мелкодисперсных частиц РМ. Однако вклад антропогенных факторов — транспорта, промышленности, сельского хозяйства, строительства коммунального сектора — становится всё более существенным. Приведены данные последних исследований Всемирного банка и гидрометеорологических служб республики, демонстрирующие рост концентраций РМ и увеличение числа пыльных дней, что усиливается изменением климата, засушливостью и деградацией земель.

Рассмотрены последствия загрязнения воздуха для здоровья населения, включая влияние токсичных веществ и мелкодисперсных частиц на развитие сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний. Отмечается необходимость применения комплексных индикаторов качества воздуха и здоровья, совершенствования мониторинга и межведомственного взаимодействия.

Подчёркивается важность формирования здоровьесориентированной городской среды и предлагается комплекс мер по улучшению качества воздуха: создание лесополос и зелёных коридоров, соблюдение градостроительных норм, развитие общественного транспорта, управление транспортными потоками, снижение плотности хаотической застройки и повышение эффективности экологического контроля. Представленные предложения направлены на снижение воздействия факторов риска на здоровье населения и обеспечение устойчивого развития городской среды.

Ключевые слова: природные и антропогенные факторы, песчаные и пыльные бури, загрязняющие атмосферный воздух вещества, РМ₁₀ и РМ_{2.5}, NO_x, SO_x, мониторинг и индексы загрязнения атмосферного воздуха,

урбанизация и градостроительные факторы, автотранспорт, изменение климата, воздействие на здоровье, комплексные меры

Загрязнение воздуха – трансграничная экологическая проблема, которая связана с широким спектром загрязнителей. Степень загрязнения атмосферного воздуха сильно колеблется во времени и в пространстве. Колебания эти связаны с особенностями источников поступления в воздух загрязняющих веществ, так и с влиянием ряда метеорологических факторов.

Общеизвестно, что питьевую воду, доброкачественные продукты питания можно купить, а вот чистый воздух – нет. Главная причина кроется в способности атмосферного воздуха беспрепятственно преодолевать границы территорий, свободно проникать в здания.

Атмосферный воздух является одним из объектов окружающей среды и, следовательно, важно правильное определение этого понятия: атмосферный воздух — это естественная смесь газов, составляющая земную атмосферу и окружающая планету. Как известно, основными компонентами атмосферного воздуха являются азот (78%) и кислород (около 21%). Воздух является жизненно важным компонентом для всех живых организмов, необходим для дыхания, а также защищает Землю от вредного космического излучения и регулирует климат [12,35].

Факторами, меняющими состав естественной смеси газов атмосферного воздуха, являются как природные, так и антропогенные.

К примеру, песчаные и пыльные бури. Природа этого явления многогранна. С одной стороны, эти песчаные и пыльные бури можно рассматривать как природное явление. В период таких бурь большое количество пыли (частицы почвы, песчинок), поднятые ветром с земной поверхности, разносятся на большие расстояния в атмосферном слое высотой несколько метров, значительно ухудшая горизонтальную видимость. Высокие скорости ветра (более 10 м/сек) в пустынных или полупустынных территориях поднимают большое количество песка и пыли с обнаженных сухих почв в атмосферу. Песчаные и пыльные бури характеризуются подъемом в воздух пыли (песка) и оседанием их на обширных территориях [35,38]. Результаты экспертной ситуационной оценки, проведенной в 2021 году в рамках проекта «Региональные подходы в борьбе с песчаными и пыльными бурями (ППБ) и засухой в Центральной Азии» при финансовой поддержке Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием (КБО ООН), свидетельствуют о том, что около 40 % твердых или жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе – аэрозолей, в тропосфере (самый низкий слой земной атмосферы) составляют частицы пыли от ветровой эрозии.

Следует отдельно остановиться на одном природном явлении в Туранской низменности. «Афганец» – это сильный, сухой и жаркий ветер, несущий пыль и песок. Он дует в Центральной Азии, преимущественно в Узбекистане, Таджикистане и Туркменистане. Свое название он получил не

только потому, что дует с юго-запада, со стороны Афганистана, но и из-за своей стремительности и непредсказуемости. В самом Афганистане этот ветер известен как «кара-буран» («чёрная буря») или «боди шурави» («советский ветер»). «Афганец» (или «афгон шамоли» по-узбекски) – это очень сильный и пыльный западный или юго-западный ветер. Он возникает в Туранской низменности (равнинная часть Средней Азии и Южного Казахстана, занятая большей частью пустынями Каракумы, Кызылкум и др.) за счёт аэродинамического ускорения тёплой воздушной массы, текущей с юго-запада и сжатой между отрогами Гиссарского хребта, с одной стороны, и приближающимся с северо-запада холодным фронтом — с другой. Зарождается «афганец» в восточных Каракумах и в Сурхандарьинской области, несет очень много крупной пыли (незакрепленного верхнего слоя почвы). Ветер дует по нескольку часов, иногда до двух суток, вверх по долинам рек Амударьи, Сырдарьи, Вахша, достигая скорости 17-25 м/с и более. Наибольшей силы он достигает в Термезе и к востоку от Келифских ворот. Западный и юго-западный поток сильно запыленного воздуха достигает Алайской долины и нередко проникает в Синьцзян, в бассейн реки Тарим. За сутки-двое до «афганца» на небе появляется тонкая дымка, позже оно приобретает оранжевую окраску, температура воздуха повышается (летом иногда до 45°C), влажность уменьшается, атмосферное давление падает. С приближением атмосферного фронта появляются вихри и смерчи. Внезапно из-за Келифских возвышенностей Туркменистана обрушивается сплошная стена пыли с ураганным западным ветром. Затем, после краткого затишья, скорость ветра вновь увеличивается. Наибольшей силы «афганец» достигает в Термезе и к востоку от Келифских ворот. Одновременно по среднему течению Амударьи западнее Келифского ущелья может дуть восточный предфронтальный ветер. Западный и юго-западный поток сильно запыленного воздуха достигает, как уже отмечено, Алайской долины и нередко проникает в Синьцзян (КНР), в бассейн р. Тарим. Ослабление ветра сопровождается резким ростом давления и некоторым похолоданием. В районе Термеза «афганец» дует от 40 до 70 дней в году, причем во все четыре сезона – весной, летом, осенью и зимой.

«Афганец» оказывает существенное влияние на климат Узбекистана. Он приносит жаркую и сухую погоду, что может привести к засухе и повреждению посевов, а также нанести значительный ущерб имуществу и посевам. Пыльные бури затрудняют дыхание, ухудшают видимость и негативно сказываются на здоровье людей [11].

С другой стороны, пыльные и песчаные бури, возникающие вследствие высыхания Аральского моря - результат антропогенной деятельности. Экологическая катастрофа в регионе Приаралья считается одной из крупнейших в мире, оказывающая неблагоприятное воздействие здоровью многомиллионного населения региона с угрозой потери его генофонда. Эта глобальная экологическая катастрофа угрожает устойчивому развитию региона и будущему проживающего в регионе населения. Зона кризиса Приаралья непосредственно охватывает территории Туркменистана, Казахстана и

Узбекистана, а также опосредованно — Таджикистана и Кыргызстана. На высохшем дне Арала появилась новая солевая пустыня площадью 6,0 млн га. По оценкам международных экспертов, соль из Аральского региона обнаружены на побережье Антарктиды, на ледниках Гренландии, в лесах Норвегии и многих других частях земного шара. Важнейшая задача настоящего времени – сократить губительное воздействие Аральского кризиса на окружающую среду и жизнедеятельность проживающих в Приаралье миллионов людей. Пыльные бури разносят токсичную пыль на большие расстояния, оказывая пагубное влияние на окружающие экосистемы и вызывая не только респираторные проблемы, но и рак гортани и пищевода [5,6,19,21].

Многолетние наблюдения свидетельствуют, что климатические условия Центральной Азии являются благоприятными для возникновения пыльных и песчаных бурь. Среди основных причин, способствующих их возникновению, необходимо отметить, что на территории Казахстана, Узбекистана и Туркменистана имеются большие территории песчаных и глинистых пустынь со слабым растительным покровом. Из-за частых штормовых ветров и продолжительных периодов засухи практически круглый год регистрируются песчаные и пыльные бури, которые вызывают эрозию почв и, в конечном итоге, наносят значительный ущерб многим отраслям хозяйства: весной гибнут неокрепшие всходы, деградируют пастбища. Усугубляют также обстановку перевыпас скота на пустынных и полупустынных пастбищах [6].

По оценкам экспертов, проводивших ситуационную оценку в 2021 году, доля природных причин происхождения песчаных и пыльных бурь в Центральной Азии колеблется в пределах 20-40%. На антропогенные причины образования пыльных и песчаных бурь приходится примерно 25% глобальных переносов пыли, происходящих в результате изменения системы ведения землепользования [10].

Как уже было отмечено, климатические условия играют немаловажную роль в загрязнении атмосферного воздуха. За последние десятилетия в Узбекистане отмечено повышение среднегодовой температуры воздуха на 1,5⁰С, что в два раза интенсивнее, чем глобальное изменение климата. В некоторых регионах страны, особенно вокруг Аральского моря, повышение температуры может быть и выше (до 1,8 -3.0⁰С). Число и длительность засух увеличивается, за период 2019-2024 гг. многократно фиксировались засушливые годы, уровень осадков остается нестабильным, часто недостаточным. Характер выпадения осадков становится более непредсказуемым. К примеру, согласно недавнему сообщению Узгидромет, за 11 месяцев 2025 года в Ташкенте выпало **около 170 мм** осадков — «один из самых низких показателей с 1917 года». В «нормальные» годы среднегодовое количество осадков для Ташкента обычно оценивается в примерно **420 мм/год**. Таким образом, снижение количества осадков примерно на 59%.

Кроме того, Узбекистан испытывает водный стресс. По данным ЮНИСЕФ более 70% населения живет в зонах, подверженных засухе. Ухудшаются состояние земель и пастбищ и в результате происходит

деградация почв и снижение продуктивности пастбищ. Безусловно, все это - тревожная тенденция [37].

Недавние исследования подтвердили, что пылевые частицы, поднимаемые ветром — заметная часть загрязнения воздуха в Узбекистане и, в целом, Центральной Азии. По данным Всемирного банка «Управление качеством воздуха в Центральной Азии. Сводный отчет» (2024 год) в сезон пыли на городских площадках Узбекистана на долю пыли приходилось ~33 % $PM_{2.5}$. [8]

В зоне Центральной Азии — особенно из-за таких факторов, как изменение климата, снижение уровня воды, засоление, изменение методов землепользования — деградация земель часто приводит к усилению явлений, связанных с эрозией и выносом пыли.

Согласно отчету Всемирного банка «Оценка качества воздуха в Ташкенте» (2024 год) значительная часть «пыльного загрязнения» воздуха в городе (suspended particles) связана именно с природной пылью, в том числе с состоянием почв: сухой климат, глинистые/песчаные, лёгкие почвы [9].

Это значит, что ухудшение состояния почвы, особенно в окрестностях городов, в зонах, где растительность уничтожена, увеличивает вероятность того, что ветер или другие процессы поднимут пыль — и она станет частью воздушного загрязнения.

Но не следует забывать, что вырубка растительности, хаотичные застройки в Ташкенте приводят к усугублению загрязнения атмосферного воздуха.

По официальным данным ежегодных обзоров «Состояние загрязнения атмосферного воздуха в городах Республики Узбекистан на территории деятельности Узгидромета» загрязнение атмосферного воздуха пылью в г. Ташкенте вплоть до 2022 года измерялось без учета микрочастиц размером 10 и 2,5 микрон (PM_{10} и $PM_{2.5}$), а суммарно, как взвешенные вещества.

По результатам отдельных исследований, охватывающих период 1981-2021 годы, зафиксировано **125 дней с пыльными бурями** в Ташкенте (по данным метеостанции «Ташкент-Обсерватория»), а за период 1991-2000 годы - **16 дней**. На сегодняшний день не существует надёжной, доступной и непрерывной статистики, позволяющей с достаточной точностью назвать количество пыльных дней в Ташкенте за период **2000–2025 годы**. По существу, как было отмечено выше, единственный более-менее систематизированные данные — 125 дней за 1981–2021 годы [13].

В 2021 году высокое содержание указанных мелкодисперсных частиц в атмосфере было связано с пыльной бурей, захватившей обширную территорию — от юга Казахстана через Ферганскую долину до Ташкента. Выявлено, что пыльная буря была вызвана фронтом холодного полярного антициклона из региона Урал–Волга, который при подходящих атмосферных условиях вызвал подъем пыли и её перенос на большие расстояния, захватив территории Казахстана и Узбекистана.

Основное современное исследование — Study of the strongest dust storm occurred in Uzbekistan in November 2021 — использовало комбинацию спутниковых наблюдений (TROPOMI UVAI), наземных замеров аэрозолей и моделирования траекторий пыль-частиц (Lagrangian particle modelling). При этом авторы выделили два «струйных» пылевых потока, которые распространялись по разным траекториям, накрыв Ташкент и Ферганскую долину. Ученые предупреждают, что из-за нарастающей засухи и деградации почв в Центральной Азии такие эпизоды могут повторяться, что делает важным мониторинг и адаптацию к ухудшению качества воздуха [20].

Таким образом, деградация почв является важным, но не единственным антропогенным фактором, способствующим загрязнению воздуха в Ташкенте. Она увеличивает вероятность пылевых выбросов, снижает способность почвы удерживать частицы, особенно при потере растительности. Это — часть общей экологической проблемы, соединяющей почву, климат, урбанизацию и качество воздуха.

Важно отметить, что часто ухудшение качества воздуха мелкодисперсными частицами PM_{10} и $PM_{2.5}$ связано и с другими факторами, такими как **промышленные выбросы, выхлопные газы транспорта, сжигание топлива, особенно твердого и жидкого углеводородного, строительная пыль** и т.п. Дополнительное воздействие оказывают сезонные погодные условия, например, температурные инверсии, слабые ветры и высокая влажность, которые могут удерживать загрязняющие вещества ближе к земле, образуя смог и туман. В результате воздух становится более тяжёлым и вредным для дыхания [7,18].

К примеру, в 2025-м году в Ташкенте критические превышения $PM_{2.5}$ фиксировали даже без сильных бурь. Кроме того, «день с пылью» — понятие, требующее регулярных и стандартизованных наблюдений: просто «дымка» или «повышенный индекс загрязнения воздуха -AQI» — не всегда есть результат пыльной бури, а может быть антропогенным загрязнением.

К числу основных токсичных загрязнителей, поступающих в атмосферный воздух, следует отнести также свинец, оксид углерода (CO), оксиды азота и серы (NO_x и SO_x), взвешенные частицы (ВЧ, в том числе PM_{10} и $PM_{2.5}$) и летучие органические соединения (ЛОС), такие как бензол, формальдегид, полициклические ароматические углеводороды и т.д.

Для сравнительной оценки уровня загрязнения воздушной среды рассчитывается комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по пяти веществам, вносящим наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха. В последнее время, начиная с 2022 года, оценка качества атмосферного воздуха производится по индексу AQI, учитывающий содержание мелкодисперсной частицы $PM_{2.5}$.

Такой подход к оценке качества атмосферного воздуха в населенных местах, особенно густонаселенных, не учитывает все факторы, приводящие к смогу. Целесообразно вспомнить комплексный показатель «потенциал загрязнения атмосферы» (ПЗА), который рассчитывался Узгидрометом в

прошлом веке. В метеорологии ПЗА чаще всего означает — способность атмосферы рассеивать примеси, которая зависит от комплекса метеорологических факторов. ПЗА рассчитывается как сочетание метеорологических параметров (температура, давление, влажность, скорость и направление ветра, разной степени инверсии), определяющих уровень загрязнения воздуха при заданных выбросах.

В чем преимущество данного комплексного показателя? ПЗА показывает способность атмосферы рассеивать вредные примеси. Высокий потенциал загрязнения указывает на неблагоприятные условия, которые могут привести к скоплению примесей в приземном слое атмосферы и ухудшению качества воздуха. Этот показатель используется для оценки экологической обстановки и прогнозирования уровней загрязнения, особенно в районах с промышленными выбросами. Рекомендуется разрабатывать прогностические схемы для прогноза загрязнения воздуха в городе отдельно по сезонам года, а также отдельно для 1-й и 2 - й половины дня (п. 2.1. РД 52. 04.78 - 86. Охрана природы. Атмосфера. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий) [29].

Как уже упоминалось, Всемирный банк в 2024 году провел оценку качества атмосферного воздуха в Ташкенте. Результаты анализа ВБ показали, что наибольший вклад в среднегодовую концентрацию $PM_{2.5}$ вносят переносимые ветром частицы $PM_{2.5}$ из-за естественных пыльных бурь с прилегающих территорий, таких как поля и неогороженные земельные участки. Высокие концентрации $PM_{2.5}$ в летнее время регистрируются по причине переноса пыли ветром, а в зимнее время наибольший вклад вносит сжигание топлива, особенно угля [9].

На основании имеющихся данных ВБ в ходе исследования произвел моделирование концентраций $PM_{2.5}$, результат которого хорошо согласуется с концентрациями, зафиксированными мониторинговыми сетями.

Помимо этого, в результате исследования установили, что крупнейшим источником выбросов $PM_{2.5}$ в Ташкенте в течение года является отопление жилых, общественных и промышленных зданий – его доля составляет почти треть совокупных годовых выбросов $PM_{2.5}$, хотя приходится она в основном на зимние месяцы. Значительна доля выбросов $PM_{2.5}$ от транспорта, на долю которого приходится 25 процентов всех годовых антропогенных выбросов $PM_{2.5}$ в Ташкенте. Объекты промышленности, расположенные в городе, также вносят значительный вклад в загрязнение воздуха $PM_{2.5}$ - 22 % совокупного годового объема антропогенных выбросов $PM_{2.5}$. 18 процентов совокупного годового объема антропогенных выбросов $PM_{2.5}$ в Ташкенте составляют городская пыль от строительных работ и ресуспензия дорожной пыли [9].

Следует особо обратить внимание на процесс застройки города Ташкента. В последние годы в городе происходит строительный бум. Помимо того, что объекты строительства являются источниками выбросов мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$, отвод земельных участков под строительство жилых и

общественных зданий осуществляется без учета основных требований градостроительных нормативных документов.

В Узбекистане действуют как санитарно-гигиенические правила и нормы, так и строительные нормы планировки и застройки населенных мест. Это СанПиН РУз № 0330-16 «Гигиенические требования к проектированию, застройке, оборудованию и эксплуатации высших учебных заведений» [30], ШНК 2.07.01-03 «Градостроительство. Планирование развития и застройки территорий городских и сельских населенных пунктов» [32].

Кроме того, в стране приняты и действуют нормативно-правовые акты. К примеру, закон ЗРУ-1036 от 24.02.2025 г. «Об экологической экспертизе, оценке воздействия на окружающую среду и стратегической экологической оценке» [1], постановления Президента Республики Узбекистан №ПП-1666 от 27.12.2011г. «О мерах по наведению должного порядка в проектировании и строительстве объектов социального и гражданского назначения» [2] и №ПП-338 от 24.09.2024 г. «О первоочередных мероприятиях по борьбе с пыльными бурями и улучшению качества атмосферного воздуха» [3], Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 03.06.2021 года № 343 «О дальнейшем совершенствовании системы оценки уровня загрязнения окружающей среды» [4] и др.

Тем не менее, жилую среду не рассматривают как взаимосвязанное территориальное и объемно-пространственное единство жилой ячейки (квартиры), дома, придомовой территории, группы близлежащих жилых и общественных зданий, озелененных территорий общего пользования, в пределах которых реализуются повседневные культурно-бытовые потребности человека.

В результате структура планирования зон жилой застройки не формируется в увязке с зонированием и планировочной структурой поселения в целом с учетом градостроительных и природных особенностей территории, особенно розы ветров. При этом не предусматривают взаимоувязанное размещение жилых домов, общественных зданий и сооружений, улично-дорожной сети, озелененных территорий общего пользования, а также других объектов, размещение которых допускается на территории жилых зон по санитарно-гигиеническим нормам и требованиям безопасности. Поэтому нередко выявляются нарушения инсоляции жилых и общественных зданий, разрывы между зданиями и сооружениями. Нарушения допускаются на начальной стадии строительства, а именно на этапе отвода земельных участков под строительство. При выборе этажности жилой застройки, типов жилых домов и квартир не учитывают социально — демографические характеристики населения, которые должны уточняться специальными обследованиями. При застройке не предусматривают их дифференциацию по типам застройки, ее этажности и плотности, местоположению с учетом историко-культурных, природно-климатических и других местных особенностей. К примеру, только в 2025 году в г. Ташкенте приостановлены строительные работы почти 60 жилых объектов из-за отсутствия необходимых документов на строительство. Это

говорит, что ряд застроек изначально шли без надлежащего разрешения, что повышает риск невыполнения градостроительных требований — в том числе по освещению, разрывами между зданиями, плотности застройки, соблюдения требований типов застройки по этажности и т.п.

В указанных выше нормативных документах строго регламентируются типы застройки. Например, малоэтажная, усадебная, малоэтажная высокоплотная, средней этажности (4-5 этажей), повышенной этажности (9 — 12 этажей).

Тип и этажность жилой застройки определяются в соответствии с социально-демографическими, национально-бытовыми, архитектурно-композиционными, санитарно-гигиеническими и другими требованиями, предъявляемыми к формированию жилой среды, а также возможностью развития инженерной инфраструктуры и обеспечения противопожарной безопасности.

Площадь озелененной территории микрорайона или межмагистральной территории, многоквартирной застройки жилой зоны (без учета участков школ и детских дошкольных учреждений) должна составлять, как правило, не менее 25 % от площади рассматриваемой территории.

К сожалению, на сегодняшний день приходится констатировать нарушение всех канонов градостроительства. Новые объекты гражданского или промышленного строительства на так называемых «свободных» (где нередко уничтожаются островки зеленых насаждений) от застройки территориях нарушают циркуляция воздушных масс в результате плотной прерывистой застройки. Доминирование высоких и близко стоящих зданий образует «воздушные тени» и препятствует проходу ветров. Узкие междомовые пространства создают застойные зоны.

А ведь в г. Ташкенте циркуляция воздушных масс при планировке и застройке населённых мест была достигнута за счёт грамотной организации структуры застройки, улично-дорожной сети, озеленения и ориентации кварталов, чтобы обеспечивалось проветривание территории и снижение застойных зон.

Однако, на сегодняшний же день при такой хаотичной застройке нарушены аэродинамические коридоры, перекрывающие поток воздуха и, как результат, образуются искусственные «экраны» против ветра.

И что мы имеем в итоге? Застой и перегрев. Следует помнить, что городская среда — это тоже экосистема со своими особенностями. Антропогенные источники выбросов вносят наибольший вклад в загрязнение воздуха в Ташкенте.

Безусловно, в современных условиях развития города требуется актуализация задачи поиска новых способов сохранения и укрепления здоровья городских жителей, подверженных ежедневному воздействию разнородных факторов риска, в первую очередь факторов окружающей среды и поведенческих факторов, связанных с образом жизни (питанием, уровнем физической активности, наличием вредных привычек).

И к таким способам следует отнести развитие города как здоровьеориентированного физического, социального и смыслового пространства, где природные, материальные, социально-культурные ресурсы предоставляют возможность каждому человеку сохранять и укреплять свое здоровье [14].

В современном мире реализуются такие концепции и проекты, как «Здоровый город» (healthy city, «Активный город» (active city), «Города, дружественные пожилым людям» (age-friendly city) и др.

Многочисленные научные исследования показывают, что здоровье горожан имеет выраженные особенности – в городах выше риск развития хронических заболеваний, выше вероятность получить травму в автомобильной аварии, городской образ жизни, характеризующийся нерегулярным питанием, употреблением фастфуда и низким уровнем физической активности, увеличивает риск возникновения избыточного веса и заболеваний сердечно-сосудистой системы, в городах со значительной численностью населения вероятность распространения инфекционных заболеваний существенно выше, чем в сельской местности

Знание и учет характера влияния различных факторов на здоровье позволяет принимать научно-обоснованные решения и прогнозировать степень загрязнения воздушного бассейна в конкретных условиях.

По данным ВОЗ пыль и мелкодисперсные частицы ($PM_{2.5}$, PM_{10}) — основные составляющие ухудшения качества воздуха. Они могут вызывать респираторные, сердечно-сосудистые заболевания, раздражения дыхательных путей и другие проблемы [26,33,34].

Если деградация почв приводит к более частым и сильным выбросам пыли — это означает, что и риск для здоровья людей растёт, особенно в густонаселённых зонах, таких как Ташкент.

В этой связи следует отметить, что загрязненный воздух представляет угрозу для здоровья человека. При этом важно помнить, что атмосферный воздух загрязняется смесью вредных веществ, которые при одновременном присутствии обладают эффектом суммации, а также эффектом потенцирования. К примеру, эффектом суммации обладают диоксид серы и окислы азота при одновременном присутствии в смеси. Другие примеры: 1) смесь диоксида серы, окиси углерода, окислов азота и фенола; 2) смесь диоксида серы и фенола; 3) смесь диоксида серы, фтористого водорода, окислов азота и т.д. [31].

Нет сомнения в том, что неблагоприятные факторы окружающей среды отрицательно влияют на формирование популяционного здоровья населения, особенно, появление новых синтезируемых химических соединений, с которыми человек имеет прямой контакт и к которым эволюционно не подготовлен.

К настоящему времени уже имеются научно обоснованные доказательства, что сочетание ряда вредных веществ оказывают наиболее выраженное раздражающее действие на слизистую верхних дыхательных путей. Поэтому даже низкие концентрации химических веществ в атмосферном

воздухе способны оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека, вызывая широкий спектр эффектов: от бессимптомного незаметного воздействия до преждевременной смерти.

Темпы социальных, экономических, технологических, экологических и даже климатических изменений требуют от человека быстрой адаптации к постоянно меняющимся условиям жизни и деятельности. В результате, в течение жизни человек испытывает закономерные адаптивные напряжения, степень выраженности которого не одинакова в разные периоды жизни.

Становится очевидным, что при оценке воздействия на здоровье окружающей среды должны быть идентифицированы и обозначены ведущие причины заболеваний и факторы риска. Среди глобальных факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм, следует выделить состояние атмосферного воздуха, водоснабжения и питания.

Совершенно очевидно, что взаимосвязи между экологическими условиями и благосостоянием людей исключительно сложны. Общественное здоровье зависит от возможностей окружающей среды предоставлять человеку пищу, питьевую воду, жилье, энергию и лекарства. Экологические процессы обеспечивают поддержание продуктивности почв, круговорот питательных веществ, очистку воздуха и воды, климатические циклы. Качество атмосферного воздуха и воды является ключевым детерминантом состояния здоровья человека, а здоровая почва необходима для производства продуктов питания.

Многочисленные научные исследования показывают, что широко распространенные неинфекционные заболевания, такие как рак, сердечно-сосудистые заболевания, болезни крови и кроветворных органов и т.д., являются мультифакториальными, т.е. заболеваниями, которые формируются под воздействием сочетания генетических, экологических и случайных факторов. По данным Агентства статистики при Президенте Республики Узбекистан, неинфекционные заболевания (НИЗ) являются причиной более 70% всех смертей в Узбекистане, почти также, как и на мировом уровне (71%). По последним данным, вероятность преждевременной смерти (в возрасте до 70 лет) от четырех основных групп НИЗ (сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), диабет, хронические респираторные заболевания или рак) для граждан Узбекистана составляет более 1 из 4 (26,9%), причем у мужчин эта вероятность значительно выше (32,9%), чем у женщин (21,4%) [24].

Результаты научных исследований, проведенные узбекскими гигиенистами в разные годы в городах республики (Ташкент, Алмалык, Чирчик, Фергана, Навои, Ангрэн), подтверждают количественную зависимость между степенью загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости населения. В частности, качество воздуха влияет на распространенность сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний. На долю болезней органов дыхания приходится более 20% первичной заболеваемости (по обращаемости населения за медицинской помощью в учреждения здравоохранения страны). Эпидемиологические исследования показывают, что

симптомы бронхита у детей, страдающих астмой, ухудшаются при длительном воздействии двуокси азота (NO_2). Кроме того, по данным Министерства здравоохранения Узбекистана ежегодно регистрируются случаи концентрации угарного газа, превышающие гигиенический норматив, в воздухе жилых помещений в отопительный сезон [39].

По оценкам ВОЗ, с экологическими факторами риска связывается 42% бремени хронического обструктивного заболевания легких (ХОЗЛ), которое выражается в постепенном ослаблении легочной функции. Двумя важнейшими факторами, которые вносят свою лепту в экологический компонент бремени этой болезни, являются, судя по всему, воздействие пыли и химических веществ в производственных условиях, а также загрязнение воздуха внутри помещений в результате использования твердого топлива в быту. Вместе с тем, существенную роль играют и другие формы загрязнения воздуха как внутри помещений, так и на улице, - начиная с транспорта и заканчивая вторичным воздействием табачного дыма.

Исходя из международной практики можно сделать вывод, что в республике регистрируются «заболевания, связанные с окружающей средой» (environmental disease). Этот термин обозначает, что любое заболевание возникает непосредственно или опосредованно, полностью или частично в результате воздействия факторов окружающей среды на человека [15,17].

В зависимости от степени выраженности влияния вредных факторов среды обитания на возможные изменения состояния здоровья населения следует различать заболевания, вызванные воздействием факторов среды обитания («экологические заболевания») и заболевания, обусловленные воздействием факторов среды («экологически обусловленные заболевания») [15,17].

Международное агентство по изучению рака (МАИР) классифицировало выбросы дизельных двигателей, взвешенные частицы ($\text{PM}_{2.5}$ и PM_{10}) в атмосферный воздух крупных городов в целом как канцерогенные для человека.

Многокомпонентность загрязнения атмосферного воздуха, вызывающая широкий спектр воздействий на здоровье, ставит вопрос выбора наиболее информативных показателей о состоянии атмосферного воздуха.

При ведомственном подходе к данной проблеме, очевидно осложнение совокупного анализа этих показателей в результате несостыкованности различных баз данных. В такой ситуации не исключена и неверная интерпретация результатов мониторинга загрязнения атмосферного воздуха. В этой связи при анализе этих показателей необходимо основываться на использовании, как достоверных данных, так и адекватных методов их оценки. Методы должны отвечать следующим критериям: с одной стороны, быть простыми, недорогими для практического использования и оперативными, т. е. позволяющими провести быструю оценку имеющихся данных; с другой стороны, если результаты анализа закладываются в основу управленческих решений – статистически и научно обоснованными.

Обеспечение необходимой информацией в понятной и доступной форме – непростая задача. Необходимы отбор информации, прямо связанной с поставленной задачей, перевод ее в сжатую и согласованную форму и представление в понятном и приемлемом виде для различных пользователей. Если данные предназначены для использования в процессе принятия управленческих решений, то они должны быть представлены четкой системой положений, нацеленных на проблемы, которые можно решить и контролировать.

Для оценки допустимости воздействия различных факторов на окружающую природную среду и здоровье населения важным является мониторинг, который охватывает наблюдения за источниками и факторами антропогенных воздействий и за эффектами, вызываемыми этими воздействиями в окружающей среде, прежде всего, за реакцией биологических систем на эти воздействия.

Один из путей достижения этого - разработка и применение индикаторов здоровья и атмосферного воздуха, которые помогут высветить основные проблемы, требующие изучения и соответственно определиться в необходимом объеме и качестве данных. Кроме того, апробация индикаторов дает возможность в последующем проводить мониторинг здоровья в связи с качеством атмосферного воздуха, и таким образом оценивать эффективность предпринимаемых в этой сфере действий [23].

Процесс разработки индикаторов достаточно сложен, он не ограничивается во времени. Индикаторы должны периодически пересматриваться, так как их параметры и статистическая форма определяются сущностью процесса мониторинга состояния атмосферного воздуха и здоровья населения и природой самих индикаторов [23].

Индикаторы состояния атмосферного воздуха и здоровья населения являются хорошими инструментами не только для оценки и отчетности, но и для устранения ведомственного подхода к описанию проблем и направлений политики в области охраны здоровья и атмосферного воздуха, а также для выработки межсекторальной политики по уменьшению/ликвидации воздействия факторов риска на здоровье. Современное состояние атмосферного воздуха диктует необходимость усиления действий по уменьшению неблагоприятного воздействия факторов риска на здоровье населения.

Кроме того, межведомственное соглашение о внедрении разработанных индикаторов для мониторинга качества атмосферного воздуха и здоровья населения позволило бы использовать базу данных справочно-информационного центра Национального комитета по экологии и изменению климата (в прошлом - Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата), основанного на показателях информационной системы, а также устойчивый обмен информацией между ведомствами и министерствами (основание: Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 343 от 03.06.2021 года «О дальнейшем совершенствовании системы оценки уровня загрязнения окружающей среды») [4].

Таким образом, адекватный набор индикаторов создает возможность измерения причинно–следственных связей в системе, т. е. является предпосылкой и основой медико-экологической оценки состояния окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха и здоровья населения.

Наряду с совершенствованием системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в Ташкенте, требуется незамедлительное изменение подхода к разработке и внедрению оздоровительных мер.

Учитывая интенсивность и характер загрязнения атмосферного воздуха (природного и антропогенного происхождения) в Узбекистане, полагаем целесообразным принятие следующих комплексных мер:

- a) первоочередная задача - создание вокруг городов лесополосы и зеленых коридоров, которые помогут направлять и фильтровать воздушные массы;
- b) предпочтительнее посадка «разреженных (ажурных) древесно-кустарниковых групп» для обеспечения циркуляции воздуха; плотные лесополосы из высоких деревьев могут блокировать ветер;
- c) использование "холодных коридоров" — зелёных полос, которые будут способствовать снижению температуры воздуха и ускорению его циркуляции. Парки и водоёмы создадут зоны охлаждения, усиливающие естественную конвекцию воздушных потоков;
- d) соблюдение всех требований градостроительства с целью формирования аэродинамических коридоров;
- e) создание продольных улиц и бульваров, ориентированных по направлению господствующих ветров;
- f) недопущение плотной застройки, перекрывающей потоки воздуха;
- g) использование разрывов между зданиями в соответствии с требованиями СанПиН РУз № 0330-16 и ШНК 2.07.01-03, чтобы обеспечить сквозное проветривание;
- h) чередование зданий разной высоты, чтобы не образовывать "экраны" против ветра и т.д.

Как было отмечено, выбросы от автотранспорта существенно влияют на загрязнение воздуха в Ташкенте. Количество автомашин увеличилось почти на 50% по сравнению с 2020 годом. Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха в Ташкенте от автотранспорта необходима реализация комплекса мер, направленные на снижение вредных выбросов:

- 1) совершенствование организации транспортных потоков с учетом международного опыта;
- 2) оптимизация транспортной логистики и светофорного регулирования для сокращения пробок, развитие дорожной инфраструктуры: развязок, обводных дорог и т.п.;
- 3) внедрение систем "умного города" для управления движением, которые способствовали бы уменьшению выбросов от автотранспорта;
- 4) принятие мер по уменьшению использования личных автомобилей: введение платного въезда в центр города, создание зон с ограничением или

запретом движения (Low Emission Zones), увеличение стоимости парковок в центре и регулирование парковочных пространств;

5) развитие общественного транспорта (увеличение количества маршрутов и уменьшение интервалов движения) и др.

б) посадка деревьев и создание зеленых зон вдоль дорог, способствующие задержку пыли и выбросов от автотранспорта.

Литература и источники:

1. Закон Республики Узбекистан № ЗРУ-1036 от 24.02.2025 г. «Об экологической экспертизе, оценке воздействия на окружающую среду и стратегической экологической оценке». / <https://www.lex.uz/uz/docs/7397289>.

2. Постановление Президента Республики Узбекистан от 27.12.2011г. № ПП-1666 «О мерах по наведению должного порядка в проектировании и строительстве объектов социального и гражданского назначения». / <https://lex.uz/docs/1923896>.

3. Постановление Президента Республики Узбекистан от 24.09.2024 г. №ПП-338 «О первоочередных мероприятиях по борьбе с пыльными бурями и улучшению качества атмосферного воздуха». / <https://www.lex.uz/docs/7112444>.

4. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 03.06.2021 года № 343 «О дальнейшем совершенствовании системы оценки уровня загрязнения окружающей среды». / <https://lex.uz/docs/5446445>.

5. Атаниязова О.А., Константинова Л.Г., Ещанов Т.Б., Бурбанов А.Б. «Аральский кризис и медико-социальные проблемы Каракалпакстана», Нукус, 2001.

6. Алиханов Б.Б. «Сборник отдельных научных статей и публицистических материалов, выступлений и методических трудов по экологии, охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и адаптация к изменению климата академика Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, член Академии наук «Турон» (за период 2010-2023 гг.), стр.203. Ташкент 2024

7. Авалиани С.Л., Буштуева К.А., Андрианова М.М., Безпалько Л.Е. «Оценка вклада выбросов автотранспорта в интегральную характеристику риска загрязнения воздушной среды», Журнал «Гигиена и Санитария», № 6, 2002, стр. 21 –25.

8. «Всемирный банк. 2024. Управление качеством воздуха в Центральной Азии: Сводный доклад. ©Всемирный банк». <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050125114032646/pdf/P500574-cb041d37-e34d-404a-a157-863f5b71415c.pdf>.

9. «Всемирный банк. 2024. Оценка качества воздуха в Ташкенте и «дорожная карта» совершенствования управления качеством воздуха в Узбекистане». Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк. /

<https://www.vsemirnyjbank.org/ru/country/uzbekistan/publication/air-quality-assessment-for-tashkent>.

10. Вейсов С.К., Карибаева К.Н., Николаев Н.В., Бекмухамедов Н.Э., Исаходжаев Р.С. «Региональные подходы в борьбе с песчаными и пыльными бурями и засухой в Центральной Азии. Ситуационный анализ. Песчаные и пыльные бури в Центральной Азии». <https://carececo.org/publications/zasuha/Russian/c2r/C2R%20-%20SDS%20>

11. Зуннунов З.Р. «Влияние метеопатогенных факторов на обращаемость населения за скорой и неотложной медицинской помощью» Филиал Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра терапии и медицинской реабилитации МЗ РУз, Термез, Узбекистан. Терапевтический архив 9, 2013.

12. Кузнецова Н. В. «Основы атмосферной экологии». Учебно-методический комплекс: Витебский государственный медицинский университет (ВГМУ), 2012. УДК 574+502.3(076.5)

13. Нишонов Б.Э., Шардакова Л.Ю., Ахмедова А.Р., Рахматова Н.И. «Статистический анализ явления пыльная буря в городе ташкент за 1981-2021 годы». Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Агентство гидрометеорологической службы, УДК 551.515.3+519.256

14. Прокофьева А.В., Лебедева-Несевря Н.А. «Формирование здоровье-ориентированного городского пространства как способ управления рисками здоровью населения». УДК 316.334.56+614.1 DOI: 10.21668/health.risk/2018.3.16.

15. Ревич Б.А. «Об особенностях эколого-гигиенического изучения специфических экологически обусловленных изменений состояния здоровья человека», Журнал «Гигиена и Санитария», № 5, 2001, стр. 49 -53.

16. Реймерс Н. Ф. – “Экология» (Теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая», 1994 — 367 с.

17. Скачков М.В., Скачкова М.А., Верещагин, Н.Н. Корнеев А.Г. «Механизмы формирования предрасположенности к острым респираторным заболеваниям в регионах с высокой антропогенной нагрузкой», Журнал «Гигиена и Санитария», № 5, 2002, стр. 38 -42.

18. Таштемирова Н.Н. «Влияние климатических и метеорологических факторов на процесс распространения загрязняющих веществ в атмосфере промышленных регионов (2024)». Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий, 7(4), 53–67. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i4.220>.

19. Хотько Н.И., Дмитриев А.П. «Санитарное состояние атмосферного воздуха и здоровье населения». // Медицинские науки. Организация здравоохранения № 2 (22), 2012 УДК 504.06.

20. Broomandi P., Mohammadpour K., Kaskaoutis D.G., Fathian A, Abdullaev S.F., Maslov V.A, Nikfal A., Jahanbakhshi A., Aubakirova B., Kim J.R., Satyanaga A., Rashki A., Middleton N. «A Synoptic- and Remote Sensing-based Analysis of a Severe Dust Storm Event over Central Asia», Aerosol and Air

Quality Research, 2023, Том 23, статья № статья № 220309, DOI: 10.4209/aaqr.220309.

21. С.О' Хара, Джил Вигс, Батыр Мамедов, Джодж Девидсон «Воздействие взвешенной пыли, загрязненной пестицидами, в Приаралье», Ланцет 2000; 355: 627-628, 2000 г.

22. Carlos Dora, Margaret Phillips “Transport, environment and health”, WHO Regional Publication, European Series, № 89.

23. «Core health indicators in the WHO European Region 2025». WHO/EURO:2025-12825-52599-81474 (PDF).

24. Jill Farrington, Anna Kontsevaya, Roy Small, Yulia Ermakova, Alexey Kulikov, Lika Gamgabeli, Elena Tsoyi. «Prevention and control of noncommunicable diseases in Uzbekistan. The case for investment». Ministry of Health of Uzbekistan, WHO Regional Office for Europe, United Nations Development Programme. 2018 год

25. Künzli N. «The public health relevance of air pollution abatement”, Series “Contributions from the European respiratory monograph» №8, 2002.

26. M. Martuzzi, M. Krzyzanowski, R. Bertollini “ Health impact assessment of air pollution: providing further evidence for public health action”, 2002, WHO for European Region.

27. Mohammad Dawod Shirzad «Dust Storm Assessment in the Southwest of Afghanistan (2024 / Kabul University), Том 4, №1, страницы 85-94, DOI: 10.62810/jns. v4i1.195

28. Sabur F. Abdullaev, Irina N. Sokolik. «Main Characteristics of Dust Storms and Their Radiative Impacts: With a Focus on Tajikistan», Journal of Atmospheric Science Research, Том 1, выпуск 2(Vol. 2, Issue 2) Bilingual Publishing Group

29. РД 52. 04.78 - 86. «Охрана природы. Атмосфера. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий». / <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732277.pdf>.

30. СанПиН РУз № 0330-16 «Гигиенические требования к проектированию, застройке, оборудованию и эксплуатации высших учебных заведений». / <https://gov.uz/oz/sanepid/pages/sanitariya-va-gigiena-me-yorlari-hamda-qoidalari>.

31. СанҚваНН№0053-23 «Ўзбекистон ҳудудидаги аҳоли яшаш пунктларининг атмосфера ҳавосидаги зарарли моддалар, продуцент микроорганизмлар, бактериал препаратлар, уларнинг таркибий қисмлари ва аэроионларнинг рухсат этилган концентрацияларининг гигиеник меъёрлари»

32. ШНК 2.07.01-03 «Градостроительство. Планирование развития и застройки территорий городских и сельских населенных пунктов». <https://lex.uz/docs/4444165?ONDATE2=01.01.2024&action=compare>.

33. WHO. Health risks of air pollution in Europe: HRAPIE-2 project. Updated guidance on concentration–response functions for health risk assessment of air pollution in the WHO European Region. ISBN: 9789289062633 (PDF)

34. WHO. Информационный бюллетень «Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) и здоровье человека», 2024 г.

35. UNECE. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Основной документ о трансграничном загрязнении воздуха.

36. ЭСКАТО ООН (2022) Аральское море, страны Центральной Азии и изменение климата в 21 веке/

37. ЮНИСЕФ (2024) «Анализ климатического ландшафта для детей в Узбекистане»

38. ICARDA, CGIAR, FAO, Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan «Sand and Dust Storms in Uzbekistan: Atmospheric Modeling for Understanding Impacts and Mitigation». Tashkent. November 2024 г.

39. Министерство здравоохранения Республики Узбекистан. «Результаты регулярного лабораторного контроля санитарно-эпидемиологической службой загрязнения воздуха внутри помещений жилых, общественных и промышленных зданий в республике». Годовые отчеты.