URBANIZATSIYALASHGAN HUDUDLARDA TABIIY VENTILYATSIYANI TADQIQ ETISHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI

[a]Fattoxov Ne’matullox Abdulxakim o‘g‘li
[a]Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktorant
ORCID: 0009-0006-6835-1087

Annotatsiya. *Maqolada urbanizatsiyalashgan hududlarda havoning erkin almashinuvi — tabiiy ventilyatsiyani tadqiq etishning nazariy va metodologik asoslari tizimli tahlil qilingan. Urbanizatsiya jarayonining shahar atmosferasiga ta’siri, shahar issiqlik oroli hodisasining hosil bo‘lish sabablari hamda shahar hududlarini iqlimiy xususiyatlariga ko‘ra tasniflash usuli (mahalliy iqlim zonalari, ko‘rib chiqilgan. Tabiiy ventilyatsiyaning ikki asosiy harakatlantiruvchi kuchi — shamol bosimi va havo haroratidagi farq (issiqlik tortish kuchi, stack effekti) — sodda fizik qonuniyatlar (Bernulli tenglamasi, oqim uzluksizligi qonuni, bosim koeffitsiyenti Cp) yordamida miqdoriy izohlangan. Shahar qurilishining qiyofasini, ya’ni morfologiyasini, tavsiflovchi asosiy o‘lchamlar tizimlashtirilib, ularning havo almashinuviga ta’siri ochib berilgan. Zamonaviy tadqiqot vositalari — sonli modellashtirish (CFD), geografik axborot tizimlari (GIS) va kosmik suratlardan foydalanish — tahlil qilingan. Tokio, Shtutgart, Singapur va Gonkong shaharlari tajribasi qiyosiy o‘rganilib, Farg‘ona vodiysining berk (yopiq) orografik sharoiti uchun moslashtirilgan boshqaruv modelining dastlabki konseptual asoslari taklif etilgan.*

Kalit so‘zlar: *urbanizatsiya, tabiiy ventilyatsiya, shahar issiqlik oroli, shahar morfologiyasi, shamol koridori, bosim koeffitsiyenti, mahalliy iqlim zonalari, geoekologiya, Farg‘ona vodiysi.*

KIRISH

XXI asrda urbanizatsiya Yer yuzasi qiyofasini o‘zgartirayotgan eng kuchli geografik jarayonlardan biriga aylandi. Birlashgan Millatlar Tashkilotining baholashlariga ko‘ra, 2050-yilga borib dunyo aholisining qariyb 68 foizi shaharlarda istiqomat qiladi [1]. Aholining shaharlarga jadal to‘planishi nafaqat ijtimoiy-iqtisodiy, balki chuqur geoekologik oqibatlarni keltirib chiqaradi: tabiiy yer qoplamining sun’iy yuzalar (asfalt, beton, bino tomlari) bilan almashinishi suv va issiqlik balansini buzadi, atmosfera havosini ifloslantiradi hamda shahar mikroiqlimini o‘zgartiradi [2].

Zich qurilgan shahar muhitida havoning erkin oqib o‘tishi — tabiiy ventilyatsiya — atmosferani tozalovchi, ortiqcha issiqlikni chiqarib yuboruvchi va aholi salomatligini himoya qiluvchi muhim tabiiy jarayon hisoblanadi. Binolarning zich va baland bo‘lishi havo oqimining yo‘nalishini buzib, uning tezligini pasaytiradi; natijada zararli moddalar va ortiqcha issiqlik shaharning yer usti havo qatlamida (urban canopy layer) to‘planib qoladi [3]. Shu bois tabiiy ventilyatsiyani geoekologik nuqtai nazardan o‘rganish zamonaviy shaharsozlik va tabiatni muhofaza qilishning dolzarb ilmiy vazifasiga aylanmoqda.

Mavzuning dolzarbligi bir necha jihat bilan belgilanadi. Birinchidan, iqlim o‘zgarishi sharoitida shaharlardagi issiqlik to‘lqinlarining (heat waves) takrorlanishi va kuchi ortib bormoqda; bu esa havoning tabiiy almashinuvi orqali salqinlatish mexanizmlarining ahamiyatini oshiradi. Ikkinchidan, O‘zbekistonda shaharsozlik jadal rivojlanayotgan bo‘lib, yangi qurilish loyihalarida iqlim va havo oqimi omillarini hisobga olish zarurati tug‘ilmoqda [4]. Uchinchidan, Farg‘ona vodiysi singari berk, tog‘

bilan o‘ralgan hududlarda havo almashinuvining tabiiy cheklanganligi atmosfera ifloslanishi va harorat inversiyasi muammolarini yanada keskinlashtiradi.

Shu bilan birga, mavjud nazariy va metodologik asoslar asosan ochiq tekislikdagi yoki dengiz bo‘yidagi shaharlar uchun ishlab chiqilgan. Berk kontinental vodiylar sharoitiga maxsus moslashtirilgan, yagona va izchil yondashuv hozircha yetarli darajada shakllanmagan. Aynan shu ilmiy bo‘shliq ushbu maqolaning yo‘nalishini belgilaydi.

Maqolaning maqsadi — urbanizatsiyalashgan hududlarda tabiiy ventilyatsiyani tadqiq etishning nazariy va metodologik asoslarini tizimlashtirish, uning fizik mexanizmlarini sodda miqdoriy modellar orqali izohlash, shahar morfologiyasi bilan o‘zaro bog‘liqligini ochib berish hamda xalqaro tajriba asosida Farg‘ona vodiysi sharoitiga mos yondashuvning dastlabki konseptual asoslarini belgilashdan iborat.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi tarqoq nazariy bilimlar va xalqaro amaliyotni Farg‘ona vodiysining berk orografik sharoitiga moslashtirilgan yagona konseptual asosga birlashtirishda namoyon bo‘ladi.

TADQIQOT METODLARI VA MATERIALLARI

Tadqiqot nazariy-metodologik tahlil xarakteriga ega bo‘lib, ilmiy adabiyotlarni qiyosiy o‘rganish, tizimli-strukturaviy tahlil, sintez hamda induktiv-deduktiv umumlashtirish usullariga tayanadi. Manbalar bazasini shahar iqlimshunosligi, geoekologiya va shaharsozlik sohasidagi xorijiy va mahalliy ilmiy ishlar tashkil etadi. Jumladan, shahar iqlimi va issiqlik oroli nazariyasi bo‘yicha T. Oke [3] hamda I. Stewartning [5] fundamental ishlari, shahar aerodinamikasi bo‘yicha E. Ng [6] va R. Britter bilan S. Hannaning [7] tadqiqotlari, mintaqaviy kontekst bo‘yicha O‘zbekiston olimlarining asarlari [4, 8] tahlilga tortildi.

Tahlilda quyidagi metodologik yondashuvlardan foydalanildi: urbanizatsiyaning atmosfera muhitiga ta’sirini baholashda geotizimli yondashuv; tabiiy ventilyatsiya mexanizmlarini izohlashda fizik-matematik modellashtirish tamoyillari; shahar qurilishi qiyofasini o‘rganishda morfometrik tahlil; xalqaro tajribani umumlashtirilishda esa qiyosiy-geografik usul qo‘llanildi.

Xalqaro tajribani tahlil qilish uchun to‘rtta shahar — Tokio, Shtutgart, Singapur va Gonkong — bir-biridan farqli iqlimiy, morfologik va boshqaruv sharoitlarini namoyish etgani uchun maqsadli tarzda tanlandi. Bu shaharlar (dengiz bo‘yi, tog‘ yon bag‘ri, tropik yuqori zichlik) bilan Farg‘ona vodiysining berk kontinental sharoiti o‘rtasidagi mosliklarni va tafovutlarni aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, havo oqimlarini o‘rganishning zamonaviy vositalari — sonli (hisoblash) gidrodinamikasi (CFD), geografik axborot tizimlari (GIS) va masofadan zondlash texnologiyalari ham tizimlashtirildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

1. Urbanizatsiyaning atmosfera muhitiga ta’siri va shahar issiqlik orolining hosil bo‘lishi

Urbanizatsiya shahar atmosferasining issiqlik va harakat xususiyatlariga keng ko‘lamli ta’sir ko‘rsatadi. Buning eng yaqqol ko‘rinishi — shahar issiqlik oroli (Urban Heat Island, UHI) hodisasi, ya’ni shaharning o‘zini o‘rab turgan qishloq atrofiga nisbatan issiqroq bo‘lishidir. Bu hodisaning asosi shahar yer usti issiqlik balansining

o‘zgarishida yotadi [3]. Sun’iy yuzalar (asfalt, beton) quyosh issiqligini ko‘p yutadi va sekin chiqaradi; transport, sanoat hamda isitish tizimlaridan chiqadigan qo‘shimcha issiqlik (antropogen issiqlik, Qf) yana bir manba bo‘lib qo‘shiladi; o‘simlik qoplamining kamayishi esa namlanish (transpiratsiya) orqali sodir bo‘ladigan tabiiy salqinlatishni susaytiradi.

Issiqlik oroli kuchi (ΔTu-r) shahar bilan atrofdagi qishloq hududi o‘rtasidagi eng katta harorat farqi sifatida o‘lchanadi va u shaharning kattaligi, qurilish zichligi hamda osmon ko‘rinish koeffitsiyenti bilan bevosita bog‘liq. Yirik shaharlarda bu ko‘rsatkich kechki soatlarda 5–8 °C ga yetishi mumkin [3]. I. Stewart va T. Oke taklif etgan mahalliy iqlim zonalari (Local Climate Zones, LCZ) tasnifi shahar hududlarini issiqlik va havo oqimi xususiyatlariga ko‘ra 17 ta standart turga ajratadi; bu tasnif turli shaharlarni bir xil mezon asosida qiyoslash imkonini berib, shahar iqlimini o‘rganishda xalqaro miqyosda qabul qilingan asosga aylandi [5].

Urbanizatsiyaning ta’siri faqat issiqlik oroli bilan cheklanmaydi. Transport, sanoat va maishiy manbalardan chiqadigan zararli moddalar (azot oksidlari NOx, mayda chang zarralari PM2.5 va PM10, oltingugurt dioksidi SO2) shahar havosida to‘planadi. Tabiiy ventilyatsiyaning yetishmasligi bu moddalarning tarqalishini sekinlashtiradi va ularning miqdori sanitariya me’yorlaridan oshib ketishiga olib keladi [7]. Mahalliy tadqiqotlarda ham O‘zbekiston shaharlarida aholi zichligining ortishi va yashil hududlarning qisqarishi mikroiqlimni yomonlashtirayotgani qayd etilgan [8]. Quruq kontinental iqlimda yozgi yuqori haroratlar issiqlik oroli ta’siri bilan qo‘shilib, aholi uchun jiddiy bioiqlimiy yuk hosil qiladi [9]. Demak, issiqlik oroli va havoning tabiiy almashinuvi bir-biri bilan chambarchas bog‘liq: ventilyatsiya zaiflashgan sari issiqlik oroli kuchayadi.

2. Tabiiy ventilyatsiyaning fizik mexanizmlari va miqdoriy modellari

Tabiiy ventilyatsiya ikki asosiy fizik mexanizm orqali yuzaga keladi. Birinchisi — shamol bosimi mexanizmi. Shamol to‘siqqa (binoga) urilganda uning shamolga qaragan tomonida bosim ortadi, orqa tomonida esa pasayadi; ana shu bosim farqi havoni harakatga keltiradi. Bu farq Bernulli tenglamasidan kelib chiqadigan bosim koeffitsiyenti orqali ifodalanadi:

$$Cp = (P - P_0) / (0{,}5 \cdot \rho \cdot Vref^2),$$

bu yerda Cp — bosim koeffitsiyenti (bosim farqining o‘lchovsiz ko‘rsatkichi); P — sirtdagi statik bosim; P_0 — kelayotgan erkin oqim bosimi; ρ — havo zichligi; Vref — taqqoslash uchun olingan shamol tezligi [6]. Oqimning uzluksizlik qonuni ($A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$) esa tor o‘tish joylarida — baland binolar orasidagi tor ko‘chalarda — oqim tezligining ortishini, ya’ni “kanal effekti”ni tushuntiradi: o‘tish kesimi torayganda havo tezligi shunchalik oshadi.

Ikkinchi mexanizm — issiqlik tortish kuchi yoki “stack effekti”. Issib yengillashgan havo yuqoriga ko‘tariladi, uning o‘rniga pastdan salqin havo tortiladi; shunday qilib harorat farqi vertikal oqim hosil qiladi. Bu mexanizm bilan bog‘liq bosim farqi balandlik va harorat farqiga proporsional:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h \cdot (\Delta T / T),$$

bu yerda g — erkin tushish tezlanishi, h — vertikal masofa, ΔT — ichki va tashqi havo harorati farqi, T — havoning mutlaq harorati. Issiqlik tortish kuchi shamol kuchsiz

bo‘lgan tungi soatlarda alohida ahamiyat kasb etadi [10]. Amalda bu ikki mexanizm birgalikda ishlaydi: kunduzi va shamolli kunlarda shamol bosimi, tinch va issiq tunlarda esa issiqlik tortish kuchi yetakchilik qiladi.

Relyef shakllari mahalliy ventilyatsiyada muhim rol o‘ynaydi. Tog‘ va tepalik yon bag‘rilarida kechasi sovugan havo og‘irlashib, pastga — vodiy tomon oqib tushadi (katabatik, ya’ni pastga tushuvchi oqimlar); kunduzi esa aksincha, isigan havo yuqoriga ko‘tariladi (anabatik oqimlar). Vodiy shaharlarida bu mahalliy shamol tizimlari tabiiy salqinlatish va shamollatishning muhim manbai bo‘lib, ularni hisobga olish ventilyatsiyani boshqarishning zaruriy shartidir [11].

3. Shahar morfologiyasi parametrlari va tadqiqot vositalari

Shahar qurilishining qiyofasi (morfologiyasi) tabiiy ventilyatsiya samaradorligini belgilovchi asosiy omildir. Uni miqdoriy tavsiflash uchun bir qator o‘lchamlardan foydalaniladi. Quyidagi jadvalda asosiy ko‘rsatkichlar va ularning havo almashinuviga ta’siri keltirilgan.

1-jadval. Shahar morfologiyasining asosiy parametrlari va ularning tabiiy ventilyatsiyaga ta’siri

Parametr (belgisi)	Ta’rifi	Tabiiy ventilyatsiyaga ta’siri
Frontal zichlik (λf)	Binolarning shamolga qaragan yuzasi maydonining hudud maydoniga nisbati	Qiymat oshgani sari oqimga aerodinamik qarshilik kuchayadi va shamol tezligi pasayadi
Planar zichlik (λp)	Bino asoslari (poydevorlari) maydonining umumiy hudud maydoniga nisbati	Qurilish zichligini ko‘rsatadi; qiymati yuqori bo‘lsa sirt bo‘ylab havo oqimi cheklanadi
Balandlik-kenglik nisbati (H/W)	Ko‘cha bo‘shlig‘idagi bino balandligining ko‘cha kengligiga nisbati	H/W > 0,65 bo‘lganda havo ko‘cha ichiga tushmay, tomlar ustidan sirpanib o‘tadi va ko‘chada havo turg‘unlashadi
Osmon ko‘rinish koeffitsiyenti (SVF)	Yer yuzasidan ko‘rinadigan ochiq osmon ulushi (0 dan 1 gacha)	SVF past bo‘lsa, tunda issiqlikning osmonga chiqib ketishi qiyinlashadi va issiqlik oroli kuchayadi
G‘adir-budurlik uzunligi (z_0)	Yer yuzasi notekisligining shamolga ko‘rsatadigan ishqalanish darajasi	Qiymati yuqori bo‘lsa yer yaqinida shamol tezligi sezilarli pasayadi

Manba: muallif tomonidan ilmiy adabiyotlar asosida tuzilgan [3, 6].

Jadvaldan ko‘rinadiki, har bir parametr havo almashinuviga o‘ziga xos tarzda ta’sir ko‘rsatadi: qurilish qanchalik zich va baland bo‘lsa, oqimga qarshilik shunchalik kuchayadi va ko‘cha ichida havo turg‘unlashadi. Bu parametrlarning aksariyati shaharsozlik me’yorlari orqali boshqarilishi mumkin, ya’ni ular ventilyatsiyani yaxshilashning amaliy dastagi hisoblanadi.

Ushbu o‘lchamlarni o‘rganish uchun zamonaviy vositalar qo‘llaniladi. Sonli (hisoblash) gidrodinamikasi (CFD) havo oqimini boshqaradigan tenglamalarni kompyuterda yechib, shahar muhitidagi shamol harakatini yuqori aniqlikda modellashtirish imkonini beradi [12]. Geografik axborot tizimlari (GIS) morfologik

ko‘rsatkichlarni fazoda tahlil qilish, shamol koridorlarini xaritalash va ko‘p mezonli baholashda foydalaniladi. Masofadan zondlash, ya’ni sun’iy yo‘ldosh suratlari (Landsat-8, Sentinel-2) esa yer usti haroratini (LST) va yashil qoplam holatini (NDVI indeksi) baholashda muhim ma’lumot manbai bo‘lib xizmat qiladi [13]. Bu uchta vosita bir-birini to‘ldiradi: GIS keng miqyosda tahlil bersa, CFD aniq nuqtadagi oqimni ko‘rsatadi, masofadan zondlash esa real holatni kuzatib boradi.

Yashil hududlar va suv havzalari tabiiy ventilyatsiya tizimining muhim qismidir. O‘simlik qoplami namlanish orqali havoni salqinlatib, atrofdagi qurilgan hududlarga nisbatan harorat farqi hosil qiladi va mahalliy havo aylanishini (park shamoli, park breeze) kuchaytiradi. Shahar parklari, daraxtzorlar va daryo o‘zanlari “salqinlik orollari” (Park Cool Island) bo‘lib ishlaydi va issiqlik orolining ta’sirini yumshatadi [14]. Shu bois aholi jon boshiga to‘g‘ri keladigan yashil maydon hajmi va uning hududda qanday taqsimlanishi shaharning ekologik holatini ko‘rsatuvchi muhim ko‘rsatkichlardan biridir.

4. Xalqaro tajriba va Farg‘ona vodiysi uchun konseptual yondashuv

Jahonning bir qator yirik shaharlari tabiiy ventilyatsiyani boshqarishda muvaffaqiyatli tajriba to‘plagan. Tokio shahrida “shamol yo‘llari” (kaze no michi) konsepsiyasi qo‘llaniladi: Tokio ko‘rfazidan esuvchi salqin havoni shahar markaziga yo‘naltiruvchi koridorlar shaharsozlik rejasida himoyalanadi. Shtutgart (Germaniya) maxsus iqlim atlasi (Klimaatlas) asosida atrofdagi tepalik yon bag‘rilaridan tushuvchi sovuq havo oqimlarini (katabatik shamollarni) hisobga olib qurilishni tartibga soladi [15]. Singapur va Gonkong esa yuqori zichlikdagi tropik shaharlar bo‘lib, CFD modellashtirishga asoslangan “havo ventilyatsiyasini baholash” (Air Ventilation Assessment, AVA) tizimini majburiy shaharsozlik talabiga aylantirgan [6].

Farg‘ona vodiysi o‘ziga xos orografik sharoitga ega: u uch tomondan tog‘ tizmalari (Tyan-Shan va Oloy) bilan o‘ralgan berk botiq bo‘lib, asosan g‘arbiy tomondan — Xo‘jand darvozasi orqali ochiq. Bu xususiyat hududda umumiy havo almashinuvini sezilarli cheklab, harorat inversiyasi (yer yaqinida havo sovuq, tepada issiq bo‘lib qatlamlanishi) hodisasining tez-tez yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Inversiya sharoitida atmosfera turg‘unlashadi va zararli moddalar bilan chang vodiy ustida uzoq vaqt to‘planib qoladi [9]. Shu bois Farg‘ona va Marg‘ilon kabi vodiy shaharlari uchun tabiiy ventilyatsiyani saqlash hamda kuchaytirish masalasi alohida geoekologik ahamiyatga ega.

Xalqaro tajribani mahalliy sharoitga tatbiq etish uni shunchaki ko‘chirish emas, balki tizimli moslashtirishni talab qiladi. Qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, Singapur va Gonkong modellari issiq-nam tropik iqlim va o‘ta yuqori zichlik uchun yaratilgani sababli Farg‘ona vodiysining quruq kontinental iqlimiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri mos kelmaydi. Shtutgartning katabatik (tog‘dan tushuvchi sovuq havoga asoslangan) yondashuvi esa vodiyning tog‘ bilan o‘ralgan relyefiga ko‘proq mos keladi va shu bois Farg‘ona uchun nisbatan qulay namuna hisoblanadi. Bu holat har bir hudud uchun mahalliy iqlim-orografik tadqiqotga asoslangan o‘ziga xos model ishlab chiqish zarurligini tasdiqlaydi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, Farg‘ona vodiysi uchun taklif etilayotgan konseptual yondashuv quyidagi besh tamoyilga asoslanadi: (1) vodiyning g‘arbiy

magistral shamol koridorini baland qurilishdan himoya qilish; (2) shahar ichidagi yashil va suv hududlarini yagona ventilyatsiya tarmog‘i sifatida tizimlashtirish; (3) balandlik-kenglik nisbatini (H/W) me’yorlash orqali ko‘chalarda havo turg‘unligining oldini olish; (4) shaharsozlik bosh rejalariga iqlim va havo oqimi bo‘yicha baholashni majburiy bosqich sifatida kiritish; (5) CFD va GIS asosida butun vodiy miqyosidagi shamol koridorlari atlasini yaratish.

Mazkur tahlil tabiiy ventilyatsiya muammosini yagona fan doirasida hal etib bo‘lmasligini, u iqlimshunoslik, geoekologiya, shaharsozlik va aerodinamikani birlashtiruvchi fanlararo yondashuvni talab qilishini ko‘rsatadi. Xorijiy tajribaning muvaffaqiyat omili — ilmiy natijalarning shaharsozlik siyosati va normativ hujjatlarga izchil tatbiq etilishidadir.

XULOSA

O‘tkazilgan nazariy-metodologik tahlil quyidagi xulosalarga olib keladi. Birinchidan, tabiiy ventilyatsiya shahar issiqlik orolini yumshatish, havo sifatini yaxshilash va shaharning geoekologik barqarorligini ta’minlashda hal qiluvchi omil bo‘lib xizmat qiladi; uning samaradorligi shamol bosimi va issiqlik tortish kuchi mexanizmlari hamda shahar morfologiyasi parametrlari (λf, λp, H/W, SVF, z_0) bilan bevosita belgilanadi.

Ikkinchidan, zamonaviy tadqiqot vositalari (CFD, GIS, masofadan zondlash) bu jarayonlarni yuqori aniqlikda miqdoriy o‘rganish imkonini beradi va bir-birini to‘ldiradi. Uchinchidan, xalqaro tajriba samarali boshqaruv modellari mavjudligini, biroq har bir model mahalliy iqlim-orografik sharoitga moslashtirilishi zarurligini ko‘rsatadi. Farg‘ona vodiysining berk orografik tuzilishi va inversiya hodisalarining tez-tez takrorlanishi bu hududda tabiiy ventilyatsiyani saqlash masalasini ayniqsa dolzarb qiladi.

Tadqiqot nazariy xarakterga ega bo‘lib, uning xulosalari kelgusida empirik ma’lumotlar bilan tasdiqlanishini talab qiladi. Natijalar amaliy jihatdan shaharsozlik rejalashtirishida, yashil infratuzilmani loyihalashda va atrof-muhitni muhofaza qilish chora-tadbirlarini ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin. Kelgusi tadqiqotlarda mazkur nazariy-metodologik asos Farg‘ona va Marg‘ilon shaharlarining empirik tahlili — meteorologik kuzatuvlar, morfometrik o‘lchovlar va CFD modellashtirish — bilan to‘ldirilib, vodiy shaharlari uchun tabiiy ventilyatsiyani takomillashtirishning amaliy mexanizmlari ishlab chiqiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420). – New York: United Nations, 2019. – 126 p.

2. UN-Habitat. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. – Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2022. – 386 p.

3. Oke T.R., Mills G., Christen A., Voogt J.A. Urban Climates. – Cambridge: Cambridge University Press, 2017. – 546 p.

4. Soliyev A.S., Karshibayeva L.Q., Hikmatov F.H. O‘zbekiston shaharlari va urbanizatsiya jarayoni. – Toshkent: Universitet, 2018. – 248 b.

5. Stewart I.D., Oke T.R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2012. – Vol. 93, No. 12. – Pp. 1879–1900.

6. Ng E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong // Building and Environment. – 2009. – Vol. 44, No. 7. – Pp. 1478–1488.

7. Britter R.E., Hanna S.R. Flow and dispersion in urban areas // Annual Review of Fluid Mechanics. – 2003. – Vol. 35. – Pp. 469–496.

8. Rafikov A.A., Tojiyeva Z.N. O‘zbekistonda urbanizatsiya jarayonlari va ularning geoekologik oqibatlari // Geografiya muammolari. – 2019. – № 2. – B. 14–22.

9. Hikmatov F.H., Komilova N.K. Shahar geoekologiyasi va atrof-muhit muhofazasi. – Toshkent: Universitet, 2020. – 216 b.

10. Givoni B. Climate Considerations in Building and Urban Design. – New York: Van Nostrand Reinhold, 1998. – 464 p.

11. Santamouris M. Cooling the cities – a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments // Solar Energy. – 2014. – Vol. 103. – Pp. 682–703.

12. Blocken B. Computational Fluid Dynamics for urban physics: importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations // Building and Environment. – 2015. – Vol. 91. – Pp. 219–245.

13. Yang J., Jin S., Xiao X., Jin C., Xia J. Local climate zone ventilation and urban land surface temperatures // Sustainable Cities and Society. – 2019. – Vol. 47. – Article 101487.

14. Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., Pullin A.S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence // Landscape and Urban Planning. – 2010. – Vol. 97, No. 3. – Pp. 147–155.

15. VDI. Environmental Meteorology – Climate and Air Pollution Maps for Cities and Regions (VDI 3787, Part 2). – Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2003. – 65 p.