

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI Phd.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASHI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

NAZAROV SHAHZOD ERKINOVICH

**SANOAT HUDUDLARNING EKOLOGIK HOLATINI MONITORING VA
BASHORATLASH UCHUN MODELLAR, HISOBLASH ALGORITMLARI
VA AXBOROT TIZIMLARI**

05.01.07 – Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmui

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

BUXORO – 2023

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Nazarov Shahzod Erkinovich

Sanoat hududlarning ekologik holatini monitoring va
bashoratlash uchun modellar, hisoblash algoritmlari
va axborot tizimlari.....3

Назаров Шахзод Эркинович

Модели, вычислительные алгоритмы и
информационные системы для мониторинга
и прогнозирования экологического состояния
промышленных территорий.....21

Nazarov Shahzod Erkinovich

Models, computational algorithms and information
systems for monitoring and forecasting the
ecological state of industrial areas.....39

E'lon qilingan ishlar ro'yhati

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA SUN'IY INTELLEKTNI
RIVOJLANTIRISH ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI Phd.13/30.12.2021.T.142.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASHI**

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

NAZAROV SHAHZOD ERKINOVICH

**SANOAT HUDUDLARNING EKOLOGIK HOLATINI MONITORING VA
BASHORATLASH UCHUN MODELLAR, HISOBLASH ALGORITMLARI
VA AXBOROT TIZIMLARI**

05.01.07 – Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmui

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

BUXORO – 2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/T3648 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Buxoro davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya aftoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.airi.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Ravshanov Normahmad
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Muxammadiyeva Dildora Kabilovna
texnika fanlari doktori, dotsent

Urunbayev Jasur Erkinovich
fizika-matematika fanlari falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali

Dissertatsiya himoyasi Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti huzuridagi Phd.13/30.12.2021.T.142.01 Ilmiy kengashning 2023 yil «12» dekabr soat 14⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100125, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. tel.: (99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

Dissertatsiya bilan Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (registratsiya raqami № 35). Manzil: 100125, Toshkent sh., Mirzo Ulug'bek tumani, Bo'z-2 dahasi, 17A-uy. tel.: (99871) 263-41-98).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «30» noyabr kuni tarqatildi.
(2023 yil «24» noyabr dagi 8-raqamli reestr bayonnomasi).



L.F. Sulyukova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, katta ilmiy hodim

F.M. Nuraliev
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari doktori, professor

Sh.A. Sadullayeva
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi,
fizika matematika fanlari doktori, dotsent

KIRISH (falsafa fan doktori (Phd) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda atmosferani ifloslantiruvchi moddalarning ko‘chishi va diffuziyasi jarayonlarini o‘rganish uchun matematik apparatlar va kompyuter tizimlarini yaratish va takomillashtirishga katta e‘tibor berilmoqda. Ushbu ilmiy yo‘nalish doirasida shaharlashgan hududlarning atmosfera havosining ifloslanish darajasini baholash va bashorat qilish vazifalari, o‘rganilayotgan massa ko‘chishi jarayoniga ko‘plab qo‘shimcha omillar – shaharsozlik, ifloslanish manbalarining xilma-xilligi, yashil qoplam maydoni va boshqalar ta‘sir ko‘rsatganda alohida qiziqish uyg‘otadi. Shaharlashgan hududlar atmosferasining ekologik holatini kuzatish va bashorat qilish muammolarini hal qilish uchun matematik va kompyuter modellashtirish usullarini yanada takomillashtirish bilan bog‘liq muammolar bir necha o‘n yillar davomida barcha sanoati rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlarda, shu jumladan AQSh, Kanada, Janubiy Amerika mamlakatlari, Yevropa Ittifoqi, Janubi-Sharqiy Osiyo, Xitoy, Hindiston, Rossiya, Avstraliya va boshqalarda eng dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Atmosferaning zararli chiqindilar bilan ifloslanishini baholash va bashorat qilish uchun matematik modellar, sonli algoritmlar, kompyuter modellashtirish tizimlarini ishlab chiqish va takomillashtirishga qaratilgan maqsadli ilmiy tadqiqotlar olimlar jamoalari tomonidan dunyo bo‘ylab olib borilmoqda. Olib borilayotgan ilmiy ishlar natijalari sanoati shaharlashgan hududlar atrof-muhitidagi ekologik jarayonlarning borishi to‘g‘risida yangi qonuniyatlarni aniqlash, atmosferaning pastki qatlamlarini statsionar va mobil manbalardan zaharli chiqindilar bilan ifloslanishi natijasida yuzaga keladigan salbiy o‘zgarishlarni aniqroq bashorat qilish imkonini beradi.

O‘zbekistonda iqlim o‘zgarishi, atmosfera ifloslanishining kuchayishi muammolarining dolzarbligini hisobga olgan holda davlat boshqaruvi organlari tomonidan "yashil" iqtisodiyotga o‘tish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar, jumladan, atmosfera havosining sanitariya me‘yorlarini nazorat qilishning umumdavlat tizimini takomillashtirish faol amalga oshirilmoqda. Shunday qilib, yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan rivojlanish strategiyasida "...atrof-muhitni kuzatish, uning ifloslanish darajasini bashorat qilish, davlat ekologik nazoratini doimiy ravishda axborot bilan ta‘minlash, ifloslantiruvchi manbalarning holati va ularning atrof-muhitga ta‘siri monitoringi ..." qayd etilgan¹.

Ushbu vazifalarni muvaffaqiyatli bajarish atmosfera havosining sanitariya me‘yorlarini baholash, monitoring va bashorat qilish, texnogen va tabiiy ifloslanish manbalari ta‘siri tufayli ekologik vaziyatdagi salbiy o‘zgarishlar to‘g‘risida erta ogohlantirish uchun tadqiqotchilar va atrof-muhit xizmatlari mutaxassislari tomonidan foydalaniladigan matematik modellashtirish usullarini rivojlantirmasdan va ularning asosida kompyuter tizimlarini yanada takomillashtirmasdan mumkin emas.

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Yangi O‘zbekistonning 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan rivojlanish strategiyasi to‘g‘risida"2022 yil 28-yanvardagi PF 60-son Farmoni.

Mazkur dissertatsiya tadqiqot natijalari O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28-yanvardagi "Yangi O'zbekistonning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan rivojlanish strategiyasi to'g'risida" gi PF 60-son Farmoni, 2017 yil 21-apreldagi "Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish to'g'risida" gi PF 5024-son, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 2-dekabrdaqi PQ 436-son "O'zbekiston Respublikasini "Yashil" iqtisodiyotga o'tkazishga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi , O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 5-sentabrdagi 737-sonli "O'zbekiston Respublikasida atrof tabiiy muhitni monitoring qilish tizimini takomillashtirish to'g'risida" gi qarorida nazarda tutilgan vazifalarni bajarishga xizmat qiladi, shuningdek boshqa normativ-huquqiy hujjatlarga, ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish, fan va texnologiyalar sohalarida qabul qilingan.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlarga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. O'rganilayotgan ilmiy muammolarning hozirgi holatini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, ekologiya va atmosfera havosini muhofaza qilishning o'ziga xos amaliy muammolarini hal qilish, birinchi navbatda, atmosferadagi murakkab massa ko'chishi jarayonlarini matematik modellashtirish uchun konstruktiv tizimli metodologiyani yaratishni talab qiladi. Muammoning to'g'ri tartibga solingan matematik apparatidan foydalanish, natijada sanitariya-gigiena me'yorlarini buzish oqibatlarining oldini olishga, shuningdek, muvozanatli boshqaruv qarorlarini qabul qilishga qaratilgan sanoat va shaharlashgan hududlarning ekologik holatini baholash va bashorat qilish imkoniyatini beradi.

Atmosferada, shu jumladan shaharlashgan hududlarda zararli moddalarning tarqalishi jarayonlarini matematik modellashtirish masalalari G.A. Briggs, S.R. Hanna, E. Weber, P. Zambelli, R. Lange, R.I. Onikula, N.L. Byzova, M.E. Berlyand, S.A. Solodkov, E.L. Genixovich, Yu.A. Anoxina va boshqa olimlarning ishlarida o'rganilgan. Atmosfera havosining ekologik holatini modellashtirish, tahlil qilish va bashorat qilish uchun avtomatlashtirilgan tizimlarni ishlab chiqish masalalari G.V. Averin, A.A. Lyubimov, V.Y. Volkov, Y.D. Edelshteyn, V.V. Bugrovskiy, A.V. Bizikin rahbarligida faol o'rganilgan.

O'zbekistonda atmosferada zararli aralashmalar chiqindilarini ko'chishi va diffuziya muammolarini hal qilish uchun matematik modellar, hisoblash usullari va algoritmlari, shuningdek tegishli dasturiy vositalarni ishlab chiqish bilan F.B. Abutaliyev, K.S. Karimberdiyeva, M.L. Aryshanov, N.Ravshanov, B.S.Telemuratova, R. Mustafayeva, M.M. Xalmatov, T.V. Botirov va boshqalar rahbarligidagi olimlar jamoalari shug'ullanishgan va shug'ullanishda davom etmoqdalar.

Ko'pgina ilmiy nashrlarni tahlil qilish natijasida biz atmosferaga tashlangan zararli aralashmalarning ko'chishi va diffuziyasi jarayonlariga ko'plab omillar, shu jumladan, meteorologik sharoitlar, hududning orografik xususiyatlari, havoni

ifloslantiruvchi manbalar parametrlari, zararli aralashmalarning tasnifi, ifloslantiruvchi moddalarning fizik, mexanik va kimyoviy xususiyatlari va boshqalar ta'sir qiladi degan xulosaga kelishimiz mumkin. Ushbu omillarning o'rganilayotgan jarayonlarga ahamiyati va ta'sirini matematik modellashtirish nuqtai nazaridan butun dunyo olimlari tomonidan batafsil va ko'p marotaba o'rganilgan.

Shunga qaramay, ushbu ilmiy yo'nalish doirasida hali ham ma'lum bo'shliqlar mavjud. Atmosferadagi ifloslantiruvchi moddalarni ko'chishi va diffuziya jarayonlarining mavjud matematik modellari har doim ham shaharlashgan hududlarning ifloslanish konsentratsiyasi darajasini baholash va bashorat qilish muammolarini hal qilish uchun qo'llanilmaydi, chunki ular shahar sharoitlariga xos bo'lgan muhim omillarning o'zgarishini hisobga olmaydi. Xususan, yashil qoplamning ta'sirini hisobga olgan holda, atmosferadagi zararli moddalar konsentratsiyasini baholash va bashorat qilish muammolarini hal qilish uchun gidrodinamik modellar va sonli algoritmlarni ishlab chiqish, o'simlik elementlari tomonidan zaharli zarralarni yutish, shuningdek shahar rivojlanishining o'ziga xos xususiyatlarining ta'sirini hisobga olgan holda yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi Buxoro davlat universiteti ilmiy tadqiqot ishlari rejasining "Amaliy matematika va axborot texnologiyalari masalalarini matematik modellashtirish" (2019-2022) mavzusidagi tadqiqot ishlari hamda Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universitetining ilmiy-tadqiqot rejalariiga muvofiq A-OT-2021-108 – «Orolbo'yi mintaqasi atrof-muhitining ekologik holatini monitoring qilish va bashoratlashning axborot-tahliliy tizimini ishlab chiqish» (2021-2023), № AL-4724510231 – «Iqlim va shahar infratuzilmasining o'zgarishini hisobga olgan holda Toshkent shahrida atmosfera havosi sifati monitoring tizimi uchun dasturiy mahsulot yaratish» (2022-2023) loyihalari doirasida amalga oshirildi.

Tadqiqotning maqsadi sanoat hududlari atmosferasiga zararli aralashmalar emissiyasini diffuziya o'tkazish jarayonini o'rganish uchun matematik modellar, hisoblash algoritmlari va dasturiy ta'minotni ishlab chiqish va takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sanoat hududlarining ekologik holatini monitoring va bashorat qilish uchun axborot modellari va ma'lumotlar bazasini yaratish;

turg'un, cheklanmagan muhitda ifloslantiruvchi moddalarning diffuziyasi jarayonining matematik modellarini ishlab chiqish va zarrachalarni o'simlik elementlari tomonidan yutilishini hisobga olgan holda bir, ikki va uch o'lchovli masalalarni hal qilish usullari;

atmosferada aerozol zarrachalarining o'simlik elementlari tomonidan yutilishini inobatga olgan holda zarrachalar diffuziyasining ko'p o'lchovli matematik modeli va uning sonli algoritmi;

fitomassaning balandligi va zichligini hisobga olgan holda o'simlik elementlari tomonidan aerosol zarralarini yutilishini tavsiflovchi funksional bog'liqlikni keltirib chiqarish;

ob-havo sharoiti, zarrachalarning cho'kish tezligi, o'simlik elementlari tomonidan zarrachalarni yutilishini hisobga olgan holda atmosferadagi mayda zarrachalarning diffuzion ko'chishini takomillashtirilgan matematik modeli ishlab chiqish;

sanoat hududlarida havo sifatini monitoring qilish va bashoratlash, shuningdek, ekologik nazorat tadbirlarini amalga oshirish va sanitariya me'yorlariga rioya qilish bo'yicha qarorlar qabul qilinishini qo'llab-quvvatlash uchun veb-ga asoslangan geoaxborot tizimini ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti sifatida sanoat hududlari va shaharlashgan hududlar atmosferasining chegara qatlamida zararli aralashmalarning atmosferada diffuzion ko'chish jarayoni hisoblanadi.

Tadqiqot predmeti sifatida atmosferada zararli chiqindilarning ko'chish va tarqalish jarayonlarini tahlil qilish, bashoratlash uchun matematik modellar, sonli algoritmlar va dasturiy ta'minot tizimlari hisoblanadi.

Tadqiqot usullari. Dissertatsiya tadqiqotlari davomida matematik modellashtirish va hisoblash tajribasi usullari, shuningdek dasturiy mahsulotlarni yaratish uchun obyektga yo'naltirilgan dasturlash texnologiyalaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

turg'un cheklanmagan muhitda ifloslantiruvchi moddalarning diffuziya jarayonining matematik modeli va masalani bir, ikki va uch o'lchovlarda yechish usullarini ishlab chiqilgan;

o'simlik elementlari tomonidan yutilishi hisobga olingan holda aerosol zarralarining atmosferada diffuziyasining ko'p o'lchovli matematik modeli va masalani yechishning sonli algoritmi ishlab chiqilgan;

fitomassaning balandligi va zichligini hisobga olgan holda o'simlik elementlari tomonidan aerosol zarralarining yutilishini tavsiflovchi funksional bog'liqlik keltirib chiqarilgan;

meteorologik sharoitlar, zarrachalarning cho'kish tezligi, o'simlik elementlari tomonidan zarrachalarni yutilishini hisobga olgan holda atmosferadagi mayda zarrachalarning diffuziyasion ko'chishining takomillashtirilgan matematik modeli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

ishlab chiqilgan matematik apparat asosida meteorologik parametrlar, zarrachalarning fizik-mexanik xossalarini, cho'kish tezligi, shuningdek, o'simlik elementlari tomonidan zarrachalarni yutish omilini hisobga olgan holda atmosferadagi va sanoat maydonlarining pastki yuzasida zararli aralashmalar kontsentratsiyasini hisoblash va vizualizatsiya qilish uchun dasturiy ta'minot yaratildi;

ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot ifloslantiruvchi zarralar kontsentratsiyasi darajasini baholash va bashorat qilishning aniqligini 9-13% ga oshirish imkonini berdi, bu esa o'z navbatida mavjud sanoat ob'ektlari tomonidan sanitariya me'yorlarini buzish xavfini kamaytirish bo'yicha o'z vaqtida qarorlar qabul qilish

hamda Buxoro viloyatida yangi ishlab chiqarish ob'yektlarini optimal joylashtirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi zararli moddalarning atmosferadagi diffuzion ko'chish tenglamalari va masalalarning chegaraviy shartlari massa, energiya va impulsning muvozanat va saqlanish qonunlariga qat'iy muvofiq tuzilganligi bilan asoslanadi. Sonli usullardan foydalanganda approksimatsiyaning zaruriy aniqligi va hisoblash jarayonining yaqinlashuvi ta'minlanadi, hisoblash tajribalarining natijalari esa o'rganilayotgan jarayonning fizik tabiatiga zid kelmaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati atmosferada aerosol zarralarining diffuzion ko'chish jarayonini ob-havo omillari, zarrachalarning fizik-mexanik xossalarini, hamda o'simlik elementlarining yutish omilini hisobga olgan holda matematik modellarini ishlab chiqish va takomillashtirish, shuningdek, o'zgaruvchilarni almashtirish va fizik xususiyatlarga ajratish usulidan foydalangan holda masalani yechish uchun yuqori tartibli approksimatsiyali yanada samarali sonli algoritmlarni ishlab chiqishdan iborat.

Dissertatsiya tadqiqoti natijalarining amaliy ahamiyati qattiq mayda o'lchamli zarrachalar va gazsimon aralashmalarining atmosferaning chegara qatlamida tarqalish jarayonini kuzatish va bashoratlash, atrof-muhitga zararli sanoat chiqindilarining salbiy ta'sirni baholash va zarur ekologik chora-tadbirlarni amalga oshirish bo'yicha boshqaruv qarorlarini qabul qilishni qo'llab-quvvatlash masalalarini yechish uchun dasturiy majmuani ishlab chiqish bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Sanoat hududlarida atmosferaning ekologik holatini kuzatish va bashoratlash uchun matematik modellar, hisoblash algoritmlari va dasturiy majmuadan foydalanish asosida:

mayda zarrachali moddalarning kontsentratsiyasi darajalarini hisoblash va vizuallashtirishni avtomatlashtirish uchun axborot, matematik va dasturiy ta'minot, uch yo'nalishda shamol tezligi, aerosol zarrachalarning cho'kish tezligi, shuningdek o'simliklarning yutilish koeffitsientini hisobga olgan holda «GRAND POLIMER PLAST» MCHJ faoliyatiga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Buxoro viloyati hokimligining 2023 yil 8 sentyabrdagi 24/5525-son ma'lumotnomasi). Joriy qilish natijasida polietilen mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun qozonxonalarda yoqiladigan gaz va uglevodorod yoqilg'isi yoqilishi natijasida atmosfera havosidagi zararli mayda zarrachalar kontsentratsiyasini baholash aniqligi 9-10 foizga oshirildi;

atmosferaning chegara qatlamida va yer yuzasida zararli aerosol aralashmalarining kontsentratsiyasini hisoblash uchun matematik modellar, hisoblash algoritmlari va dasturiy ta'minot, zarrachalarning o'simliklar tomonidan yutilishi, ifloslantiruvchi zarrachalarning fizik-mexanik xususiyatlarini, ob-havo sharoiti hisobga olgan holda «TO'LA ORTIQ RAJAB STROY SERVIS» MCHJ faoliyatiga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Buxoro viloyati hokimligining 2023 yil 8 sentyabrdagi 24/5525-son ma'lumotnomasi). Joriy qilinishi natijasida atmosfera havosidagi noorganik changning mayda zarralari kontsentratsiyasini baholashning aniqligi 9-11% ga oshirildi;

atmosferaning chegara qatlami va yer yuzasida zararli aerozol zarrachalarni o‘simlik qoplami elementlari tomonidan yutilishini hisobga olgan holda kontsentratsiyasini aniqlash bo‘yicha hisob-kitoblarni avtomatlashtirish bo‘yicha matematik va dasturiy ta‘minot «ELBETON» MCHJ faoliyatiga joriy etildi (O‘zbekiston Respublikasi Buxoro viloyati hokimligining 2023 yil 8 sentyabrdagi 24/5525-son ma‘lumotnomasi). Joriy qilinishi natijasida quruq qurilish aralashmalarini tashish, yuklash/tushirish paytida, shuningdek, ezilgan tosh ishlab chiqarish uchun maydalash uskunalarning ishlashi paytida chiqadigan noorganik changning mayda zarralarini atmosfera havosidagi kontsentratsiyasini bashoratlash 8-11% ga oshirildi;

atmosferada zararli moddalarning kontsentratsiyasi darajalarini hisoblash va vizuallashtirishni avtomatlashtirish uchun axborot, matematik va dasturiy ta‘minoti Buxoro viloyati Tabiat resurslari boshqarmasi faoliyatida joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Buxoro viloyati hokimligining 2023 yil 8 sentyabrdagi 24/5525-son ma‘lumotnomasi). Natijada Buxoro viloyati sanoat hududlarining atmosferada zararli moddalarning kontsentratsiyasi darajasini bashoratlash aniqligi 12-13% oshirilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Ushbu tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 4 ta Respublika konferensiyalarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarning e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha 19 ta ilmiy maqola chop etilgan bo‘lib, shundan 7 tasi O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan nashrlardagi jurnal maqolalari, shu jumladan, 2 tasi xorijiy va 5 tasi respublika jurnallarida chop etilgan hamda elektron hisoblash mashinalari uchun dasturni rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazish to‘g‘risidagi 3 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari hamda obykti va predmeti tavsiflangan, O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyasi taraqqiyotining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqot ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, tadqiqot natijalarini joriy qilish ro‘yxati, shuningdek, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya birinchi bobi «**Zararli moddalarning atmosferada diffuzion ko‘chish jarayonlarini matematik modellashtirish muammolarining hozirgi holatini tahlil qilish**» deb nomlanib, beshta paragrafdan tashkil topgan. Birinchi paragrafda shaharlar va shahar aglomeratsiyalarining atmosfera havzalarida potentsial ifloslanish manbalarining tahlili, shuningdek sanoat hududlari uchun

atmosfera havosi sifatining standart ko'rsatkichlari keltirilgan. Ikkinchi paragrafda yirik sanoatlashgan shaharlar sharoitida atmosfera ifloslanishining o'ziga xos xususiyatlari tahlil qilingan. To'rtinchi paragrafda atmosferaga ifloslanishning ko'chish va diffuziya jarayonlarini modellashtirish uchun keng qo'llaniladigan bir qator dasturiy mahsulotlarning funksional imkoniyatlari, shuningdek, afzalliklari va kamchiliklari yoritib berilgan. Bobning beshinchi paragrafida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiya ishining «**Yashil qoplamlarning ta'sirini hisobga olgan holda zararli moddalarning diffuzion ko'chish jarayonlarini matematik modellashtirish**» deb nomlangan ikkinchi bobi to'rt paragrafdan iborat. Birinchi paragraf atmosferaning sirt qatlamida zararli aerosol zarralarining tarqalish jarayonini bir o'lchovli matematik model asosida o'rganishga bag'ishlangan. Statsionar muhitda bir o'lchovli diffuziya tenglamasining olingan analitik yechimi dasturiy vosita yordamida amalga oshirilgan. Ikkinchi paragrafda oldingi jarayonga o'xshash ikki o'lchovli model ko'rib chiqilgan. Taklif etilayotgan model havo oqimi tezligi nolga teng bo'lganda atmosferaning sirt qatlamida ifloslantiruvchi moddalar chiqindilarining diffuziya jarayonini tavsiflaydi. Bir va ikki o'lchovli holatlar uchun matematik modelning asosiy parametrlariga qarab manba atrofida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining o'zgarishini bashorat qilish uchun hisoblash tajribalari natijalari keltirilgan. Uchinchi paragraf konvektiv ko'chishni hisobga olmagan holda atmosferada oniy nuqtaviy manbasidan modda tarqalishining uch o'lchovli matematik modelini ishlab chiqishga bag'ishlangan. Hisob-kitoblar ifloslanish manbasining turli quvvatlarida amalga oshirilgan. To'rtinchi paragrafda aerosol zarralarining atmosferaga tarqalishining ko'p o'lchovli matematik modeli, ularning atrof-muhit tomonidan yutilishini hisobga olgan holda va masalani yechishning sonli algoritmi ishlab chiqilgan. Ushbu model gidromexanikaning tenglamasini o'z ichiga oladi:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \mu \left[\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right] - \theta \sigma + \delta Q \quad (1)$$

mos ravishda boshlang'ich va chegaraviy shartlar:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad (2)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi (\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi (\theta_E - \theta); \quad (3)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi (\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi (\theta_E - \theta); \quad (4)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi (\theta_E - \theta), \quad (5)$$

bu yerda θ - tarqaluvchi zararli moddaning konsentratsiyasi; θ^0 - atmosferadagi zararli moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi; θ_E - qaralayotgan soha chegarasidan kirib keluvchhi zararli moddalarning konsentratsiyasi; σ - zararli

moddalarning atmosferada yutilish koeffitsiyenti; δ – Dirak funksiyasi; x, y, z – koordinata sistemasi; t – vaqt; μ, κ – diffuziya va turbulentslik koeffitsiyentlari; β – zarrachalarning yer sathi bilan ta'sirlashish koeffitsiyenti; Q – manbalarning quvvati; ξ – hisob chegarasi orqali tashqi muhit bilan massa almashinuv koeffitsiyenti; f_0 – yer sathidan ko'tariladigan zarrachalar miqdori; α – o'simlik elementlarning yutilish koeffitsiyenti.

(1)-(5) masalani sonli yechish uchun chekli ayirmalar usulidan foydalanilgan. (1) - (5) model sonli algoritmnining dasturiy ta'minoti atmosferada zaharli moddalar kontsentratsiyasining vaqt o'tishi bilan tarqalanishini bashorat qilish imkonini beradi.

Dissertatsiyaning ishining «**Atmosferaning chegara qatlamida ifloslantiruvchi moddalar kontsentratsiyasi maydonlarini baholash va bashorat qilishning sonli algoritmlari**» deb nomlangan uchinchi bobida ob-havo sharoitlari, zarrachalarning cho'kish tezligini, shuningdek, zarrachalarni o'simliklar tomonidan yutilishi kabi muhim parametrlarni hisobga olgan holda, atmosferadagi mayda zarralarni diffuzion ko'chish jarayonini matematik model va sonli algoritmlarini ishlab chiqishga bag'ishlangan.

Dissertatsiyada aerazol zarralarining atmosferaga ko'chishi va tarqalishi jarayonining tabiati haqidagi qabul qilingan taxminlar va gipotezalarni hisobga olgan holda quyidagi ko'p o'lchovli tenglama bilan tavsiflangan matematik modelni taklif etildi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \theta(\sigma + \alpha) = \\ = \mu \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \delta Q \end{aligned} \quad (6)$$

mos ravishda boshlang'ich va chegara shartlar:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad (7)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (8)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (9)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta\theta - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(\theta_E - \theta), \quad (10)$$

bu yerda w_g – zarrachalarning cho'kish tezligi; u, v, w – shamolning uch yo'nalishidagi tezliklari.

Shoxlar va barglar kabi o'simlik elementlarini modellashtirish katta hisoblash xarajatlarini talab qilganligi sababli, o'simliklarning havo oqimiga ta'siri fazoda o'rtacha hisoblanadi va masalaning qo'yilishiga tegishli yutilish va manba atamalarini qo'shish orqali hisobga olinadi:

$$\alpha(x, y, z, U) = -\rho C_d L(x, y, z) U u_i,$$

bu yerda ρ – havoning zichligi; C_d – qarshilik koeffitsienti ($C_d=0.3$); $L(x, y, z)$ – o‘simlik barg yuzasi zichligi profili (yoki birlik hajmdagi barg yuzasining o‘lchovi); U – havo oqimi tezligi; u_i – qaralayotgan yo‘nalishdagi tezligi.

$L(x, y, z)$ o‘simlik massasining birlik hajmiga yoki maydoniga to‘g‘ri keladigan umumiy barg yuzasi sifatida aniqlanadi:

$$L(x, y, z) = L_m \left(\frac{h - z_m}{h - z} \right)^n / \exp \left[n \left(1 - \frac{h - z_m}{h - z} \right) \right],$$

bu yerda

$$n = \begin{cases} 6 & 0 \leq z < z_m; \\ 0,5 & z_m \leq z \leq h; \end{cases}$$

L_m – o‘simliklar ichida barg maydonining maksimal zichligi; z – balandlik; z_m – balandlik, L_m ($z_m = 0,4 h$) bo‘lgan holda; h – o‘simliklar balandligi.

Ikkinchi paragrafda aerosol zarrachalarining atmosfera chegara qatlamida tarqalish masalasini yechimining hisoblash algoritmi o‘zgaruvchilarni almashtirish usulida ishlab chiqilgan. Uchinchi paragrafda esa fizik jarayonlarga ajratish usuli bilan qo‘yilgan masalani yechish algoritmini ishlab chiqish qaralgan.

Ko‘rinib turibdiki, (6) tenglamada uchta fizik jarayon aniq ajratilgan: birinchisi, moddaning atmosfera havo massasining harakat yo‘nalishi bo‘yicha ko‘chishi; ikkinchisi – atmosferada moddaning diffuziyasi, shuningdek, uchinchi jarayonni ham ajratish mumkin – asosan yuqori namlik tufayli moddaning atmosfera havo massasiga yutilishi. Bunday vaziyatni hisobga olgan holda, har bir vaqt qatlamida fizik jarayonlar bo‘yicha bo‘linish usulini qo‘llash juda oqilona bo‘ladi. Shuning uchun qo‘yilgan masalani samarali yechish uchun uni fizik jarayonlarga – ko‘chish, diffuziya va yutilish qismlariga ajratamiz.

Moddaning ko‘chish jarayoni uning trayektoriya bo‘ylab saqlanishini A masala sifatida ko‘rib chiqiladi:

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial t} + u \frac{\partial \theta_1}{\partial x} + v \frac{\partial \theta_1}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta_1}{\partial z} = \frac{1}{3} \delta Q \quad (11)$$

mos ravishda boshlang‘ich va chegaraviy shartlar

$$\theta_1|_{t=0} = \theta_3^n; \quad (12)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi (\theta_E - \theta_1); \quad \mu \frac{\partial \theta_1}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi (\theta_E - \theta_1); \quad (13)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi (\theta_E - \theta_1); \quad \mu \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi (\theta_E - \theta_1); \quad (14)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta_1}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_1 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_1}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi (\theta_E - \theta_1). \quad (15)$$

Atmosferada zararli moddalarning diffuziyasi jarayonini B masala sifatida ko‘rib chiqamiz:

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} = \mu \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \right) + \frac{1}{3} \delta Q \quad (16)$$

mos ravishda boshlang'ich va chegaraviy shartlar

$$\theta_2|_{t=0} = \theta_1^{n+1}; \quad (17)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_2}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad \mu \frac{\partial \theta_2}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad (18)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_2}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad \mu \frac{\partial \theta_2}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad (19)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_2 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi(\theta_E - \theta_2). \quad (20)$$

Atmosferada zararli moddalarning havo massasidagi zarrachalarning yutilishini va ushlab qolinishini hisobga olgan holda V masala sifatida ko'rib chiqamiz:

$$\frac{\partial \theta_3}{\partial t} + \sigma \theta_3 + \alpha \theta_3 = \frac{1}{3} \delta Q \quad (21)$$

boshlang'ich va chegaraviy shartlar

$$\theta_3|_{t=0} = \theta_2^{n+1}; \quad (22)$$

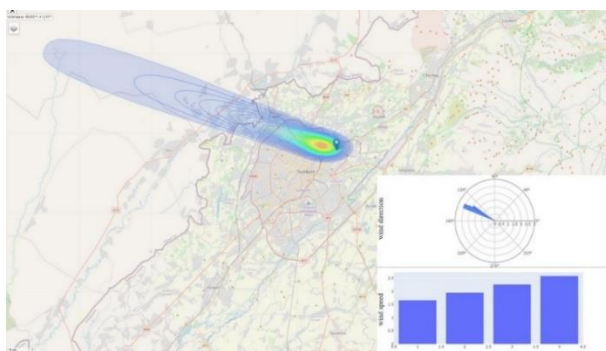
$$-\mu \frac{\partial \theta_3}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta_3); \quad \mu \frac{\partial \theta_3}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta_3); \quad (23)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_3}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta_3); \quad \mu \frac{\partial \theta_3}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta_3); \quad (24)$$

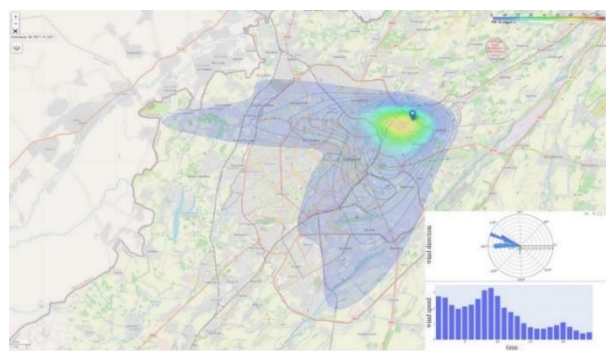
$$-\kappa \frac{\partial \theta_3}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_3 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_3}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi(\theta_E - \theta_3). \quad (25)$$

Shunday qilib, dastlabki masalani fizik jarayonlarga ajratgandan so'ng, uchta qism masala (11)-(15), (16)-(20) va (21)-(25) lar hosil bo'ladi, ularni chekli-ayirmalar usuli bilan yechish mumkin. Ammo bu yerda shuni ta'kidlash kerakki, A qism masalaning yechimi B qism masala uchun boshlang'ich shart, B qism masalaning yechimi esa V qism masala uchun boshlang'ich shart bo'lib xizmat qiladi, mos ravishda V qism masalaning yechimi keyingi vaqt qatlamida A qism masala uchun boshlang'ich shart bo'lib xizmat qiladi.

Bobning oxirgi paragrafida atmosferaning chegara qatlamidagi zararli moddalar konsentratsiyasining tarqalishini baholash va bashorat qilish uchun hisob-kitob tajribalari natijalari va grafiklar ko'rinishida keltirilgan.



1-rasm. $Q = 1000 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $H = 50 \text{ м}$; $t = 4$ soat bo'lganda atmosferadagi zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi dinamikasi.

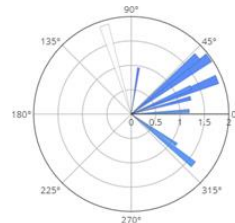


2-rasm. $Q = 1000 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $H = 50 \text{ м}$; $t = 24$ soat bo'lganda atmosferadagi zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi dinamikasi.

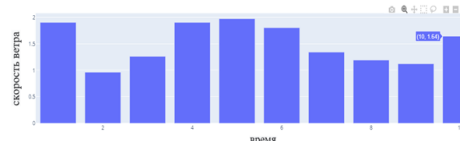


3-rasm. Uchta manba $Q = 800 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $Q = 1000 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $Q = 900 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $t = 10$ soat bo'lganda atmosferadagi zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi dinamikasi.

Скорости ветра в заданных направлениях

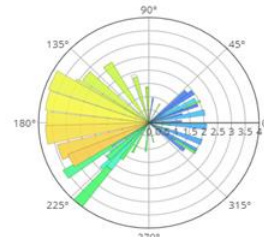


Скорости ветра за заданный промежуток времени

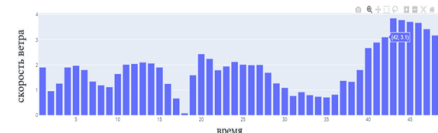


4-rasm. Uchta manba $Q = 800 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $Q = 1000 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $Q = 900 \text{ mg/m}^3\text{s}$; $t = 48$ soat bo'lganda atmosferadagi zararli moddalarning ko'chishi va diffuziyasi dinamikasi.

Скорости ветра в заданных направлениях



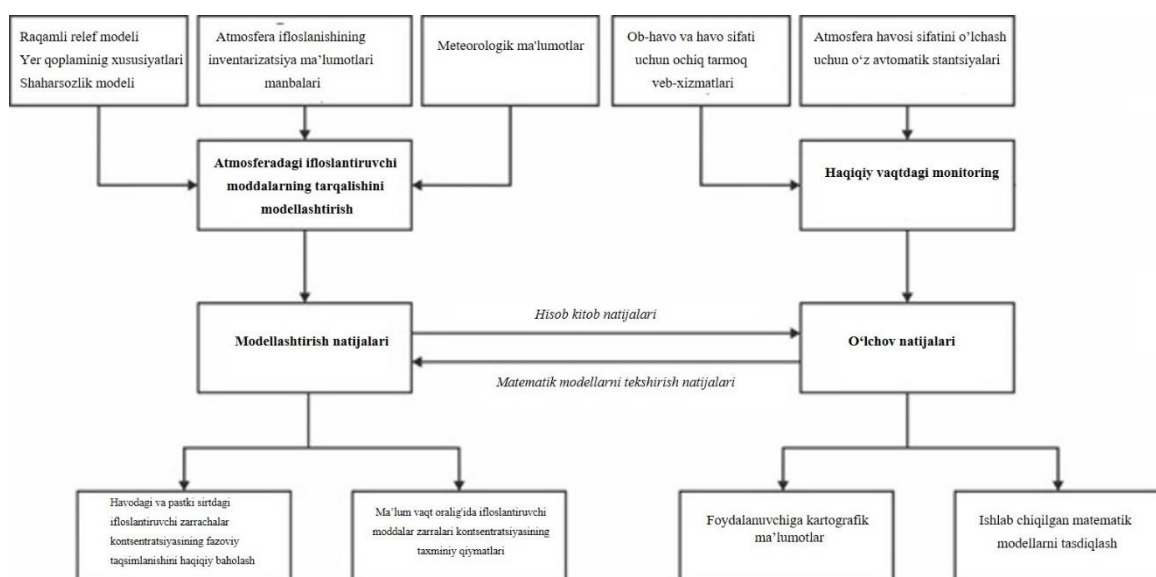
Скорости ветра за заданный промежуток времени



Hisoblash tajribalari natijalari shuni ko‘rsatdiki, atmosferadagi aerozollar kontsentratsiyasining o‘zgarishi sezilarli darajada kun davomida shamol tezligining haqiqiy o‘zgarishiga, zarrachalarning o‘simlik elementlari tomonidan yutilishini tavsiflovchi koeffitsientga va gorizonta diffuziya, vertikal turbulentlik koeffitsientiga bog‘liqligi aniqlandi. Shamol tezligining kattalashishi bilan zararli moddalarning kontsentratsiyasi manba atrofida to‘planishi kuzatilmaydi, tarqalish sohasi esa vaqt o‘tishi bilan kattalashadi.

Dissertatsiyaning «Sanoat hududlari atmosferasining ekologik holatini tahlil etish, bashoratlash va bashoratlash uchun dasturiy ta‘minot» deb nomlangan to‘rtinchi bobida atmosferaning ekologik holatini bashoratlash va monitoring qilish masalasining hisoblash tajribalarini avtomatlashtirish dasturini yaratish va funksional tamoyillari bayon qilingan.

Sanoat hududlarning atmosfera havosi sifatini monitoring qilish uchun ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minot havoning ifloslanishi, ob-havo sharoiti va zararli aralashmalar kontsentratsiyasining tarqalishini bashoratlash to‘g‘risida katta hajmdagi ma‘lumotlarni to‘plash va qayta ishlash orqali foydalanuvchilarga dolzarb ma‘lumotlarni taqdim etishni o‘z ichiga oladi, shuningdek tizim ma‘lumotlar bazasida belgilangan ma‘lumotlar majmuasini saqlaydi. Asosiy funksional bloklarning diagrammasi va tizim ichidagi ma‘lumotlar harakati 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. Atmosfera muhitini monitoring qilish tizimi doirasida ish jarayonlari va ma‘lumotlar aylanishi sxemasi.

Tadqiqot ob‘ektining axborot modelini ishlab chiqish va ma‘lumotlar bazasi tuzilmasini loyihalashda ishlab chiqilgan tizimdan kutilayotgan amaliy natijalarni hisobga olgan holda, amaldagi me‘yoriy hujjatlar qoidalari va tarmoq ma‘lumotnomalari nomenklaturasi hisobga olingan.

Sanoat hududlarida havo sifatini monitoring qilish uchun ishlab chiqilgan vebga-yo‘naltirilgan tizimning asosiy funksiyalari quyidagilardan iborat:

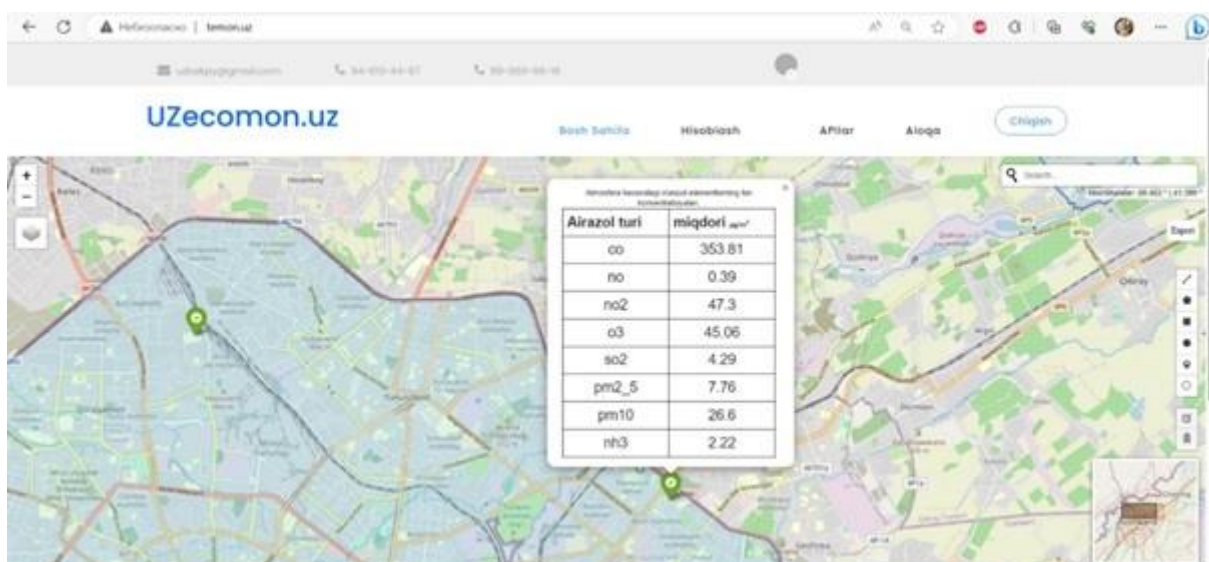
ma‘lumotlar bazasida havo ifloslanishining statsionar va mobil manbalari haqidagi ma‘lumotlarni kiritish va saqlash (5-rasm). Manba parametrlari tizimning admin qismida tegishli shakl yordamida kiritilishi mumkin;

ko‘rib chiqilayotgan hudud uchun asosiy ifloslantiruvchi moddalarning fon konsentratsiyasi to‘g‘risidagi ma‘lumotlarni avtomatik import va ko‘rsatish (5-rasm);

ob-havo veb-xizmatlaridan, geolokatsiyani o‘lchash stantsiyalaridan ham joriy ob-havo sharoiti haqidagi ma‘lumotlarni avtomatik import qilish;

sonli hisob-kitoblar uchun yer qoplami turlari tavsifi bilan raqamli balandlik modeli va tematik xaritalarni avtomatik import qilish.

raqamli relyef modelini va sonli hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun yer qoplamasi turlarini tavsiflovchi tematik xaritalarni avtomatik ravishda import qilish.



6-rasm. Dasturning asosiy oynasi.

"APIlar" bo‘limida havo ifloslanishi monitoringi ma‘lumotlari, shuningdek, modellashtirish natijalari foydalanuvchilar va mashina mijozlari uchun turli formatlarda mavjud: JSON, JSONL, XML va YAML.

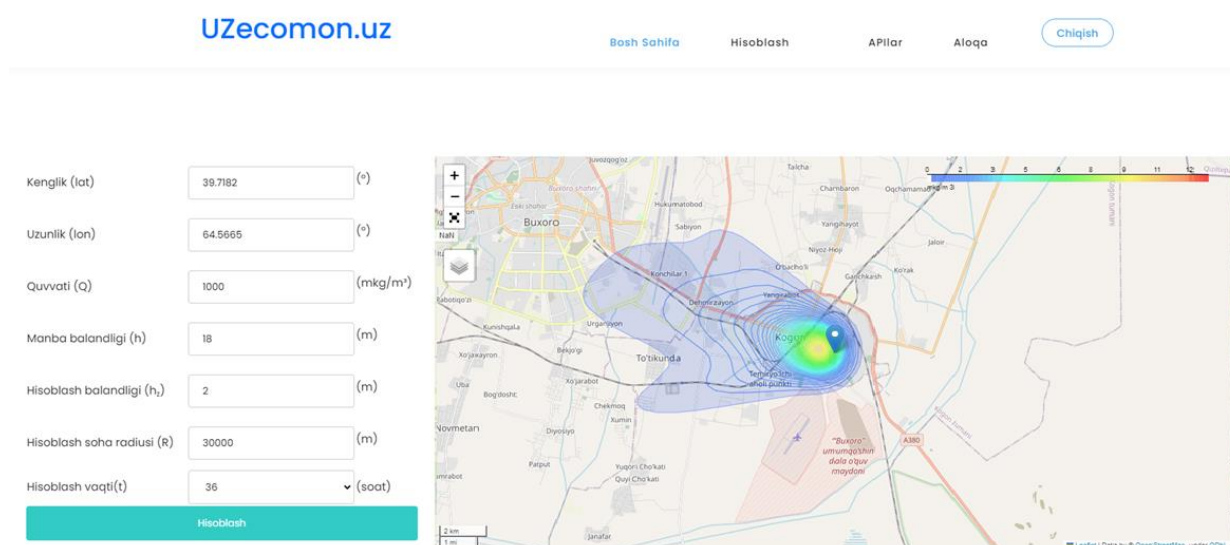
Menyuning istalgan bandini tanlashda yoki API ga dasturiy so‘rov yuborishda foydalanuvchi tanlangan formatda oladi (7-rasm).

```

1 // 20230606153919
2 // http://temon.uz/apijson/
3
4 {
5   {
6     "model": "mainapp.toshmon",
7     "pk": 1,
8     "fields": {
9       "vaqt": "2023-05-13T14:02:51.773Z",
10      "data_keys": "['co', 'no', 'no2', 'o3', 'so2', 'pm2_5', 'pm10', 'nh3']",
11      "data_values": "[213.62, 0.01, 0.17, 72.96, 0.75, 1.59, 2.64, 0]"
12    }
13  },
14  {
15    "model": "mainapp.toshmon",
16    "pk": 2,
17    "fields": {
18      "vaqt": "2023-05-13T14:03:51.705Z",
19      "data_keys": "['co', 'no', 'no2', 'o3', 'so2', 'pm2_5', 'pm10', 'nh3']",
20      "data_values": "[213.62, 0.01, 0.17, 72.96, 0.75, 1.59, 2.64, 0]"
21    }
22  },

```

7-rasm. JSON formatida asosiy ifloslantiruvchi moddalar kontsentratsiyasini o'lchash uchun avtomatik stantsiyadan ma'lumotlarni chiqarish.



8-rasm. Atmosferadagi ifloslantiruvchi moddalar kontsentratsiyasining berilgan balandlikda taqsimlanishini hisoblash natijalarini chiqarishga misol.

Axborot, matematik va dasturiy ta'minot ko'rinishida olingan natijalardan, masalan, sanoat hududlarida yangi qurilayotgan obyektlarni maqbul joylashtirish, shuningdek, atrof-muhitga sanoat chiqindilarining tarqalish ko'lamini, atmosferada va uning ostidagi sirtida zararli moddalarning konsentratsiyasini baholash uchun hamda ekologik vaziyatni buzish xavfini minimallashtirish to'g'risida qarorlar qabul qilishda samarali foydalanish mumkin.

XULOSA

«Sanoat hududlarning ekologik holatini monitoring va bashoratlash uchun modellar, hisoblash algoritmlari va axborot tizimlari» mavzusidagi dissertatsiya ishi doirasida olingan asosiy ilmiy natijalar quyidagilardan iborat:

1. Atmosferada zararli mayda dispers zarrachalarning tarqalish jarayonini tadqiq qilish va matematik modellariga bag'ishlangan adabiyotlarning tahlili amalga oshirildi.

2. Shaharlar va shahar aglomeratsiyalari atmosfera havzalarining potensial ifloslanish manbalari, shuningdek, sanoat hududlari uchun atmosfera havosi sifatining standart ko'rsatkichlari tahlili o'tkazildi. Yirik sanoatlashgan shaharlarda havoning ifloslanish xususiyatlari ko'rib chiqildi.

3. Atmosferada, shu jumladan sanoat hududlarida, shaharlarda va boshqa murakkab landshaftga ega shaharlashgan hududlarda aralashmalarning tarqalish jarayonini matematik modellashtirishning turli yondashuv va usullarining tahlili o'tkazildi.

4. Sanoat hududlari atmosferasiga ifloslantiruvchi moddalarning tarqalish jarayonini modellashtirish, monitoring va bashorat qilish uchun keng qo'llaniladigan bir qator dasturiy mahsulotlarning funksional imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

5. Turg'un cheklanmagan muhitda ifloslantiruvchi moddalarning tarqalishi jarayonining matematik modeli o'simlik elementlarini zarrachalarni ushlab qolishini hisobga olgan holda va masalani bir, ikki va uch o'lchovlarda yechish usullari ishlab chiqildi.

6. Aerosol zarralarining o'simlik elementlarini tomonidan yutilishini hisobga olgan holda atmosferaga tarqalishining ko'p o'lchovli matematik modeli va uning sonli algoritmi ishlab chiqildi.

7. Ob-havo sharoiti, zarrachalarning cho'kish tezligi, o'simlik elementlari tomonidan zarrachalarni yutilishini hisobga olgan holda atmosferadagi mayda zarrachalarning diffuzion ko'chishining takomillashtirilgan matematik modeli ishlab chiqildi va masalani yechishda fizik jarayonlarga bo'linish usuli hamda o'zgaruvchilarni almashtirishning sonli algoritmlari ishlab chiqildi.

8. Fitomassaning balandligi va zichligini hisobga olgan holda o'simlik elementlari tomonidan aerosol zarralarini yutilishini tavsiflovchi funksional bog'liqligi olindi.

9. Atmosferaning chegaraviy qatlamida zararli moddalar konsentratsiyasining tarqalishini baholash va bashorat qilish vazifalari bo'yicha hisoblash tajribalari o'tkazildi.

10. Atrof-muhitni nazorat qilish va sanitariya me'yorlariga rioya qilish vazifalarida qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash uchun sanoat hududlarida atmosfera havosining sifatini kuzatish va bashorat qilish uchun vebga-yo'naltirilgan geoaxborot tizimi ishlab chiqildi.

11. Dissertatsiya tadqiqotlari natijalari ruxsat etilgan maksimal sanitariya me'yorlarini hisobga olgan holda aerosol chiqindilari konsentratsiyasi darajasini

baholash va bashorat qilish uchun Buxoro viloyatining bir qator sanoat ob'yektlari va tabiiy resurs boshqarmasi faoliyatiga muvaffaqiyatli joriy etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ Phd.13/30.12.2021.Т.142.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАЗАРОВ ШАХЗОД ЭРКИНОВИЧ

**МОДЕЛИ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

05.01.07– Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Бухара – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2023.2. PhD/T3648.

Диссертация выполнена в Бухарском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.airi.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Равшанов Нормакмад
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Мухаммадиева Дилдора Кабиловна
доктор технических наук, доцент

Урунбаев Джасур Эркинович
доктор философии по физико-математическим наукам, доцент

Ведущая организация:

Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Защита диссертации состоится «12» декабрь 2023 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета Phd.13/30.12.2021. T.142.01 при Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98; e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (регистрационный номер № 35). (Адрес: 100125, г. Ташкент, М.Улугбекский район, Буз-2, дом 17А. Тел.: (99871) 263-41-98).

Автореферат диссертации разослан «30» ноябрь 2023 года.
(протокол рассылки № 8 от «24» ноябрь 2023 г.).



Л.Ф. Сулюкова
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Ф.М. Нуралиев
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Ш.А. Садуллаева
Председатель научного семинара
при научном совете
по присуждению ученых степеней,
доктор физико-математических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире уделяется большое внимание разработке и усовершенствованию математического аппарата и компьютерных систем для исследования процессов транспорта и диффузии загрязняющих примесей в атмосфере. В рамках данного научного направления, особый интерес вызывают задачи оценки и прогнозирования уровней загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий, когда на исследуемый процесс массопереноса воздействует множество дополнительных факторов: городская застройка, разнообразие видов источников загрязнения, площадь зеленого покрова и т.д. Проблемы, связанные с дальнейшим усовершенствованием методов математического и компьютерного моделирования для решения задач мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы урбанизированных территорий, уже несколько десятилетий остаются наиболее актуальными во всех промышленно развитых и развивающихся странах, включая США, Канаду, страны Южной Америки, Европейского союза, Юго-восточной Азии, Китай, Индию, Россию, Австралию и другие.

Целевые научные изыскания, направленные на разработку и усовершенствование математических моделей, численных алгоритмов и компьютерных систем моделирования для оценки и прогнозирования загрязнения атмосферы вредными выбросами, проводятся коллективами ученых во всем мире. Результаты проводимой научной работы могут обеспечить возможность выявления новых закономерностей о течении экологических процессов в окружающей среде промышленных урбанизированных территорий, точнее прогнозировать негативные изменения вследствие загрязнения нижних слоев атмосферы токсичными выбросами из стационарных и мобильных источников.

В Узбекистане, в виду насущности проблем изменения климата, повышенного загрязнения атмосферы, органами государственного управления активно реализуются комплексные меры по переходу к «зеленой» экономике, включая усовершенствование общегосударственной системы контроля санитарных норм атмосферного воздуха. Так, в стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы отмечается «...наблюдение за окружающей средой, прогнозирование уровня ее загрязненности, постоянное обеспечение информацией государственного экологического контроля, осуществление мониторинга за состоянием загрязняющих источников и их воздействием на окружающую среду ...»¹.

Успешное выполнение указанных задач не представляется возможным без дальнейшего развития методов математического моделирования и усовершенствования, на их основе, компьютерных систем, используемых исследователями и специалистами экологических служб для оценки,

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы»

мониторинга и прогнозирования санитарных норм атмосферного воздуха, раннего предупреждения о негативных изменениях экологической обстановки вследствие воздействия техногенных и природных источников загрязнения.

Результаты, данного диссертационного исследования, в определенной мере служат выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы», №УП-5024 от 21 апреля 2017 года «О совершенствовании системы государственного управления в сфере экологии и охраны окружающей среды», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-436 от 2 декабря 2022 года «О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «зеленую» экономику до 2030 года», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №737 от 5 сентября 2019 года «О совершенствовании системы мониторинга окружающей природной среды в Республики Узбекистан», а также в прочих нормативно-правовых документах, принятых в сферах экологии, охраны окружающей среды, науке и технологиях.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Как показывает анализ современного состояния исследуемой научной проблематики, решение конкретных прикладных задач экологии и охраны атмосферного воздуха, прежде всего, требуют создания конструктивной системной методологии математического моделирования сложных процессов массопереноса в атмосфере. Использование стройного математического аппарата проблемы, в итоге обеспечивает возможность проведения оценок и прогнозов экологического состояния промышленных и урбанизированных территорий, направленных на предотвращение последствий от нарушения санитарно-гигиенических норм, а также на принятие взвешенных управленческих решений.

Вопросы математического моделирования процессов распространения вредных веществ в атмосфере, в том числе, урбанизированных территорий изучались в работах G.A. Briggs, S.R. Hanna, E. Weber, P. Zambelli, R. Lange, Р.И. Оникула, Н.Л. Бызовой, М.Е. Берлянда, С.А. Солодкова, Е.Л. Гениховича, Ю.А. Анохиной и других. Проблемы разработки автоматизированных систем для моделирования, анализа и прогнозирования экологического состояния атмосферного воздуха активно прорабатывались под руководством Г.В. Аверина, А.А. Любимова, В.Ю. Волкова, Ю.Д. Эдельштейна, В.В. Бугровского, А.В. Бизикина.

В Узбекистане, разработкой математических моделей, вычислительных методов и алгоритмов, а также соответствующих программных средств для решения задач переноса и диффузии выбросов вредных примесей в атмосфере занимались и продолжают заниматься коллективы ученых под руководством

Ф.Б. Абуталиева, К.С. Каримбердиевой, М.Л. Арушанова, Н. Равшанова, Б.С. Телемуратовой, Р. Мустафаевой, М.М. Халматова, Т.В. Ботирова и других.

Из анализа многочисленных научных публикаций можно сделать вывод о том, что процессы транспорта и рассеивания выбросов вредных примесей в атмосфере подвержены влиянию множества факторов, метеорологические условия, орографические свойства территории, параметры источников загрязнения атмосферы, характеристики выбросов вредных примесей, физико-механические и химические свойства загрязняющих веществ и т.д. Значимость и влияние указанных факторов на исследуемые процессы, с точки зрения математического моделирования, детально и многократно изучены учеными по всему миру.

Тем не менее, в рамках данного научного направления по-прежнему имеют место определенные пробелы. Существующие математические модели процессов переноса и диффузии загрязняющих примесей в атмосфере не всегда применимы для решения задач оценки и прогноза уровней концентрации загрязнений урбанизированных территорий, так как не учитывают изменения существенных факторов, присущих городским условиям. В частности, недостаточно исследованы вопросы разработки гидродинамических моделей и численных алгоритмов решения задач оценки и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом влияния зеленого покрова, захвата частиц распространяющейся примеси элементами растительности, а также влияния особенностей городской застройки.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Бухарского государственного университета, Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта и Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» в рамках проектов: № А-ОТ-2021-108 «Разработка информационно-аналитической системы мониторинга и прогнозирования экологического состояния окружающей среды региона Приаралья» (2021-2023), № АL-4724510231 «Разработка программного обеспечения для системы мониторинга качества атмосферного воздуха в городе Ташкенте с учетом изменений климатических параметров и городской инфраструктуры» (2022-2023).

Целью исследования является разработка и усовершенствование математических моделей, численных алгоритмов и программного обеспечения для исследования процесса диффузионного переноса выбросов вредных примесей в атмосфере промышленных регионов.

Задачи исследования:

создание информационной модели и базы данных для мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных регионов;

разработка математических моделей процесса диффузии загрязняющей примеси в неподвижной, неограниченной среде и методов решения задачи в одно-, двух- и трёхмерной постановках с учетом захвата частиц элементами растительности;

разработка многомерной математической модели диффузии аэрозольных частиц атмосфере с учетом поглощения частиц элементами растительности и численного алгоритма решения задачи;

вывод функциональной зависимости, характеризующей захват аэрозольных частиц элементами растительности с учетом высоты и плотности фитомассы;

разработка математической модели и численных алгоритмов решения задачи диффузионного переноса мелкодисперсных частиц в атмосфере с учетом метеоусловий, скорости осаждения частиц, захвата частиц элементами растительности;

разработка веб-ориентированной геоинформационной системы для мониторинга и прогнозирования качества атмосферного воздуха в промышленных регионах, а также поддержки принятия решений по реализации мер экологического контроля и соблюдения санитарных норм.

Объектом исследования является процесс диффузионного переноса вредных примесей в пограничном слое атмосферы промышленных регионов и урбанизированных территорий.

Предметом исследования являются математические модели, численные алгоритмы и программные комплексы для анализа и прогнозирования процессов переноса и диффузии вредных выбросов в атмосфере.

Методы исследования. В ходе диссертационного исследования применялись методы вычислительной математики математического моделирования и вычислительного эксперимента, а также технологии объектно-ориентированного программирования для разработки компьютерных программ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны математические модели процесса диффузии загрязняющей примеси в неподвижной неограниченной среде и методы решения задачи в одно-, двух- и трёхмерной постановках с учетом захвата частиц элементами растительности;

разработаны многомерная математическая модель диффузии аэрозольных частиц атмосфере с учетом поглощения частиц элементами растительности и численный алгоритм решения задачи;

получена функциональная зависимость, характеризующая захват аэрозольных частиц элементами растительности с учетом высоты и плотности фитомассы;

разработаны усовершенствованная математическая модель и численные алгоритмы решения задачи диффузионного переноса мелкодисперсных частиц в атмосфере с учетом метеоусловий, скорости осаждения частиц, захвата частиц элементами растительности.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: на основе разработанного математического аппарата создано программное обеспечение для расчета и визуализации концентрации частиц вредных примесей в атмосфере и на подстилающей поверхности промышленных территорий с учетом метеопараметров, физико-механических свойств частиц, скорости осаждения частиц, а также фактора захвата частиц элементами растительности;

разработанное программное обеспечение позволило увеличить на 9-13% точность оценки и прогнозирования уровней концентрации частиц загрязняющих примесей, что в свою очередь обеспечило возможность поддержки принятия своевременных решений по уменьшению рисков нарушения санитарных норм со стороны действующих промышленных объектов, а также оптимальному размещению новых производственных объектов в Бухарской области.

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что уравнения диффузионного переноса субстанции в атмосфере и краевые условия задач сформулированы в строгом соответствии с законами баланса и сохранения массы, энергии и импульса. При использовании численных методов обеспечены необходимые точности аппроксимации и сходимость вычислительного процесса, а результаты численных экспериментов не противоречат физической природе исследуемого процесса.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке и усовершенствовании математических моделей процесса диффузионного переноса частиц загрязняющих примесей в атмосфере с учетом метеоусловий, физико-механических частиц, а также фактора захвата частиц элементами растительности, а также в разработке более эффективных численных алгоритмов высокого порядка аппроксимации, основанных на использовании преимуществ методов замены переменных и физического расщепления.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования обоснована разработкой программного комплекса для решения задач мониторинга и прогнозирования процесса распространения твердых мелкодисперсных частиц и газовых примесей в пограничном слое атмосферы, оценкой негативного воздействия вредных промышленных выбросов на окружающую среду и поддержкой принятия управленческих решений по реализации необходимых природоохранных мероприятий.

Внедрение результатов исследования. На основе применения математических моделей, численных алгоритмов и их программного обеспечения для анализа, оценки и прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных регионов:

математическое и программное обеспечение для расчета и визуализации концентрации взвешенных мелкодисперсных частиц в атмосфере и осевших на подстилающую поверхность земли с учетом скорости ветра по трем направлениям, скорости осаждения аэрозольных частиц, а также фактора захвата частиц элементами растительности внедрены в деятельности ООО «GRAND POLIMER PLAST» (Справка Хокимията Бухарской области Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 года за № 24/5525). В результате внедрения обеспечена возможность увеличения на 9-10% точности оценки концентрации в атмосферном воздухе вредных мелкодисперсных частиц, выбрасываемых при работе газовых котлов и при сжигании углеводородного топлива для производства полиэтиленовой продукции;

математические модели, вычислительные алгоритмы и программное средство для расчета концентрации вредных аэрозольных примесей в пограничном слое атмосферы и на подстилающей поверхности земли с учетом захвата частиц элементами растительности, физико-механических свойств загрязняющих частиц, метеоусловий внедрены в ООО «TO'LA ORTIQ RAJAB STROY SERVIS» (Справка Хокимията Бухарской области Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 года за № 24/5525). В результате внедрения научной разработки обеспечена возможность увеличения на 9-11% точности оценки концентрации в атмосферном воздухе мелкодисперсных частиц неорганической пыли;

математическое и программное обеспечение для автоматизации расчетов по определению концентрации вредных аэрозольных частиц в пограничном слое атмосферы и на подстилающей поверхности земли с учетом захвата частиц элементами растительности внедрено в ООО «ELBETON» (Справка Хокимията Бухарской области Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 года за № 24/5525). В результате внедрения обеспечена возможность увеличения на 8-11% точности оценки концентрации в атмосферном воздухе мелкодисперсных частиц неорганической пыли, выбрасываемых при транспортировке, загрузке/отгрузке сухих строительных смесей, а также при работе дробильных установок для производства щебня;

математическая модель и программное средство для анализа, мониторинга и прогнозирования процессов переноса и диффузии вредных примесей в атмосфере внедрены в деятельности Управление природных ресурсов Бухарской области (Справка Хокимията Бухарской области Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 года за № 24/5525). Внедрение результатов исследования позволило увеличить на 12-13% точность прогнозирования уровня концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе промышленных районов Бухарской области.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 4 республиканских научных конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из которых 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики

Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 2 в зарубежных и 5 в республиканских журналах, а также получены 3 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** раскрывается актуальность темы диссертационного исследования, указаны его цель и задачи, а также объект и предмет исследования, отмечено соответствие темы диссертации основным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведены научная и практическая значимость полученных результатов диссертационного исследования, сведения об их опубликованности и внедрении в деятельности ряда хозяйствующих субъектов республики.

Первая глава диссертации **«Анализ современного состояния проблем математического моделирования процессов диффузионного переноса примесей в атмосфере»** состоит из пяти параграфов. В первом параграфе представлен анализ потенциальных источников загрязнения атмосферных бассейнов городов и городских агломераций, а также нормативные показатели качества атмосферного воздуха для промышленных регионов. Во втором параграфе проведен анализ особенности загрязнения атмосферы в условиях крупных промышленно развитых городов. В третьем параграфе выполнен анализ существующих математических моделей для расчета концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых различными типами источников. Четвертый параграф раскрывает функциональные возможности, а также преимущества и недостатки ряда наиболее распространенных программных продуктов для моделирования процессов переноса и диффузии загрязняющих выбросов в атмосфере. В пятом параграфе главы сформулированы цель и задачи исследования.

Вторая глава диссертационной работы **«Математическое моделирование диффузионного переноса частиц вредных примесей с учетом влияния зеленого покрова»** состоит из четырех параграфов. Первый параграф посвящен исследованию процесса распространения вредных аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы на основе математической модели в одномерной постановке с учетом факторов захвата и поглощения вредных веществ в атмосфере. Полученное аналитическое решение одномерного уравнения диффузии для точечного источника с массой выброса в неподвижной среде было реализовано с помощью программного средства. Во втором параграфе рассмотрена аналогичная задача в двухмерной постановке. Предложенная модель описывает процесс диффузии выброса загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы, когда скорость воздушного потока равна нулю. Приведены результаты вычислительных экспериментов по прогнозированию изменений концентрации загрязняющих

веществ вокруг источника выброса в зависимости от основных параметров математической модели для одномерного и двумерного случаев. Третий параграф посвящен разработке трехмерной математической модели распространения субстанции от мгновенного точечного источника в атмосфере без учета конвективного переноса. Численные расчеты были проведены при различных мощностях источника и их мощностей в области решения задачи загрязнения. В четвертом параграфе разработана многомерной математической модели диффузии аэрозольных частиц атмосфере с учетом поглощения частиц элементами растительности окружающей средой и численный алгоритм решения задачи. Данная модель включает в себя уравнение гидромеханики:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \mu \left[\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right] - \theta \sigma + \delta Q \quad (1)$$

с соответствующими начальным и краевыми условиями:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad (2)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (3)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (4)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(\theta_E - \theta), \quad (5)$$

где θ – концентрация вредных веществ в атмосфере; t – время; θ^0 – концентрация вредных веществ в атмосфере; θ_E – концентрация, поступающая через границы рассматриваемой области; x, y, z – система координат; σ – коэффициент поглощения вредных веществ в атмосфере; μ, κ – коэффициенты диффузии и турбулентности; Q – мощность источников; δ – функция Дирака; ξ – параметр приведения к размерности; β – коэффициент взаимодействия частиц с подстилающей поверхностью; α – коэффициент, характеризующий захват частиц элементами растительности. f_0 – объемный расход частиц, уносимых набегающим потоком с подстилающей поверхности.

Поставленная задача (1)-(5) решена численно, с привлечением конечно разностного метода. Программная реализации модели (1) - (5) и численного алгоритма позволяет прогнозировать распределение концентрации вредных веществ в атмосфере по времени.

Третья глава диссертации «**Численные алгоритмы решения задач оценки и прогнозирования полей концентрации загрязняющих примесей в пограничном слое атмосферы**» посвящена разработке математической модели и численных алгоритмов решения задачи диффузионного переноса

мелкодисперсных частиц в атмосфере с учетом метеоусловий, скорости осаждения частиц, а также такого существенного параметра как захват частиц элементами растительности.

С учетом принятых предположений и допущений о характере процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере, в диссертационном исследовании предлагается математическая модель, описываемая нижеследующим многомерным уравнением:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \theta(\sigma + \alpha) = \\ = \mu \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + \delta Q \end{aligned} \quad (6)$$

с соответствующими начальным и краевыми условиями:

$$\theta|_{t=0} = \theta^0; \quad (7)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (8)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta); \quad \mu \frac{\partial \theta}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta); \quad (9)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta\theta - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=H_z} = \xi(\theta_E - \theta), \quad (10)$$

где w_g – скорость осаждения частиц; u, v, w – составляющие скорости ветра по направлени x, y, z .

Поскольку моделирование элементов растительности, таких как ветви и листья, требует больших вычислительных затрат, влияние растительности на воздушный поток усредняется по пространству и учитывается путем добавления соответствующих членов поглощения и источника к постановке задачи:

$$\alpha(x, y, z, U) = -\rho C_d L(x, y, z) U u_i,$$

где ρ – плотность воздуха (кг/м^3); C_d – коэффициент лобового сопротивления ($C_d=0.3$); $L(x, y, z)$ – профиль плотности листовой поверхности растительности (или показатель площади поверхности листьев на единицу объема); U – скорость воздушного потока; u_i – скорость в интересующем направлении.

$L(x, y, z)$ определяется как общая площадь листовой поверхности, приходящаяся на единицу объема или площадь растительной массы:

$$L(x, y, z) = L_m \left(\frac{h - z_m}{h - z} \right)^n / \exp \left[n \left(1 - \frac{h - z_m}{h - z} \right) \right],$$

где

$$n = \begin{cases} 6 & 0 \leq z < z_m; \\ 0,5 & z_m \leq z \leq h; \end{cases}$$

L_m – максимальная плотность площади листьев в пределах растительности; z – высота; z_m – высота, на которой L_m ($z_m = 0,4 h$); h – высота растительности.

Во втором параграфе разработан вычислительный алгоритм решения задачи распространения аэрозольных частиц в пограничном слое атмосферы методом замены переменных. А в третьем параграфе рассматривается разработка алгоритма решения поставленной задачи методом расщепления по физическим процессам.

Здесь можно отметить, в уравнении (6) очевидным образом выделяются три физических процесса: первый – перенос субстанции по направлению движения воздушной массы атмосферы; второй – диффузия субстанции в атмосфере, и третий – поглощение субстанции воздушной массой атмосферы (в основном, за счет повышенной влажности). Учитывая данное обстоятельство, вполне обоснованным будет использование метода расщепления по физическим процессам на каждом временном слое. Поэтому для эффективного решения поставленной задачи расщепим её по физическим процессами – на конвекционную, диффузионную часть и на часть поглощения.

Процесс переноса субстанции с ее сохранением вдоль траектории будем рассматривать как задачу А:

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial t} + u \frac{\partial \theta_1}{\partial x} + v \frac{\partial \theta_1}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial \theta_1}{\partial z} = \frac{1}{3} \delta Q \quad (11)$$

с начальным и граничными условиями

$$\theta_1|_{t=0} = \theta_3^n; \quad (12)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta_1); \quad \mu \frac{\partial \theta_1}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta_1); \quad (13)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta_1); \quad \mu \frac{\partial \theta_1}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta_1); \quad (14)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta_1}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_1 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_1}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi(\theta_E - \theta_1). \quad (15)$$

Процесс диффузии субстанции в атмосфере без учета поглощения частиц в воздушной массе рассмотрим, как задачу Б:

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial t} = \mu \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \right) + \frac{1}{3} \delta Q \quad (16)$$

с начальным и граничными условиями

$$\theta_2|_{t=0} = \theta_1^{n+1}; \quad (17)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_2}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad \mu \frac{\partial \theta_2}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad (18)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_2}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad \mu \frac{\partial \theta_2}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(\theta_E - \theta_2); \quad (19)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_2 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_2}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi (\theta_E - \theta_2). \quad (20)$$

С учетом поглощения и захвата частиц вредных веществ в атмосфере, задача В выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial \theta_3}{\partial t} + \sigma \theta_3 + \alpha \theta_3 = \frac{1}{3} \delta Q \quad (21)$$

с начальным и граничными условиями

$$\theta_3|_{t=0} = \theta_2^{n+1}; \quad (22)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_3}{\partial x} \Big|_{x=0} = \xi (\theta_E - \theta_3); \quad \mu \frac{\partial \theta_3}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi (\theta_E - \theta_3); \quad (23)$$

$$-\mu \frac{\partial \theta_3}{\partial y} \Big|_{y=0} = \xi (\theta_E - \theta_3); \quad \mu \frac{\partial \theta_3}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi (\theta_E - \theta_3); \quad (24)$$

$$-\kappa \frac{\partial \theta_3}{\partial z} \Big|_{z=0} = (\beta \theta_3 - f_0); \quad \kappa \frac{\partial \theta_3}{\partial z} \Big|_{z=L_z} = \xi (\theta_E - \theta_3). \quad (25)$$

Таким образом, после расщепления исходной задачи по физическим процессам, мы получили три подзадачи (11) - (15), (16) - (20) и (21) - (25), которые можно решать независимо друг от друга конечно-разностным методом. Следует отметить, что решение подзадачи А, является начальным условием для подзадачи Б, а решение подзадачи Б служит начальным условием для подзадачи В, соответственно решение подзадачи В служит начальным условием для подзадачи А на следующем временном слое.

В последнем параграфе главы приведены результаты вычислительных экспериментов по задаче оценки и прогнозирования распределения концентрация вредных веществ в пограничном слое атмосферы в виде диаграмм и их интерпретации (рис. 1-4).

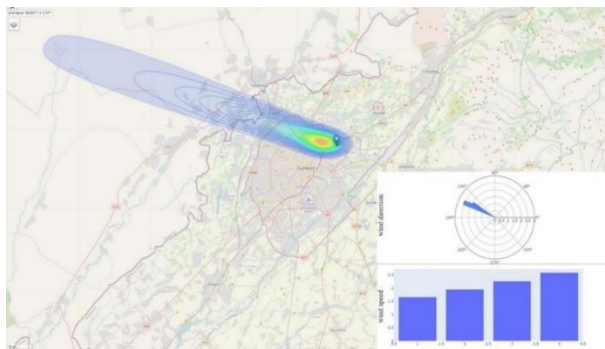


Рис. 1. Динамика переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере при $Q = 1000 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $H = 50 \text{ м}$; $t = 4 \text{ ч}$.

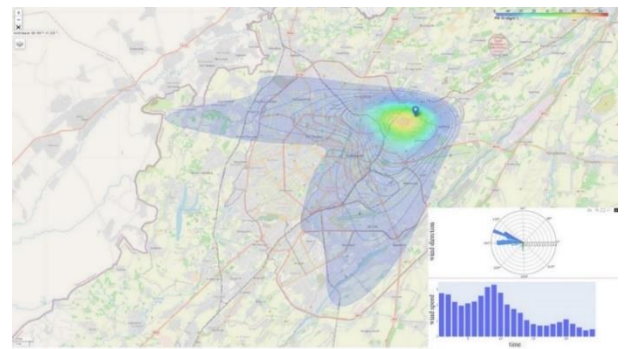


Рис. 2. Динамика переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере при $Q = 1000 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $H = 50 \text{ м}$; $t = 24 \text{ ч}$.

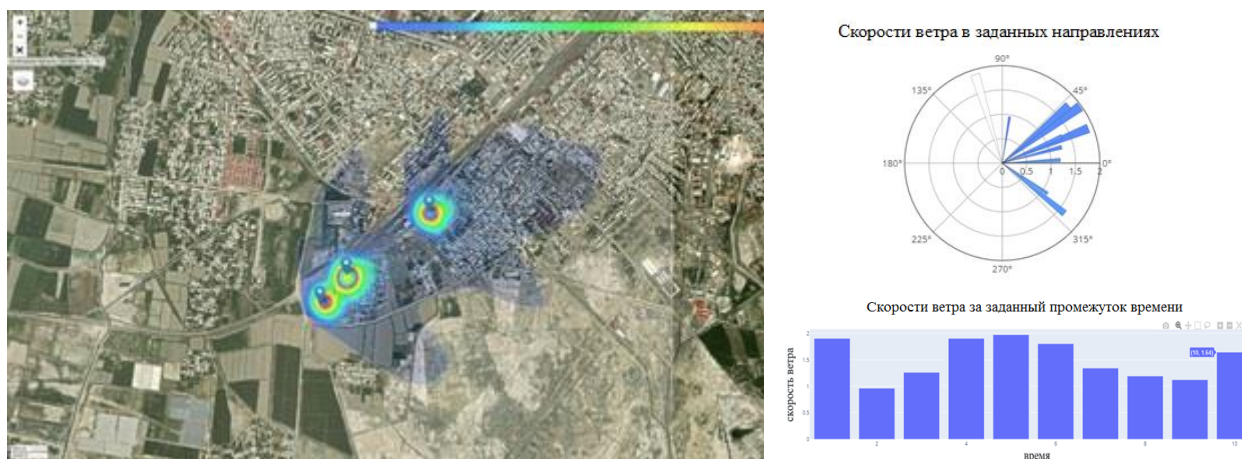


Рис. 3. Динамика переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере при три источника $Q = 800 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $Q = 1000 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $Q = 900 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $t = 10 \text{ ч}$.



Рис. 4. Динамика переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере при три источника $Q_1=800 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $Q_2 =1000 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $Q_3 =900 \text{ мг/м}^3\text{с}$; $t=48 \text{ ч}$.

Как показали результаты вычислительных экспериментов, изменение концентрации аэрозолей в атмосфере, существенно зависит от реального изменения скорости ветра по суткам, коэффициента, характеризующего захват частиц элементами растительности и коэффициента диффузии по горизонтали, а также коэффициента турбулентности по вертикали. Концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы со временем изменяется в зависимости от реальных скоростей ветра. При увеличении скорости ветра накопления концентрации загрязняющих веществ вокруг источника не происходит, а область распространения загрязняющих веществ со временем увеличивается.

В четвертой главе «Программное обеспечение для анализа, оценки и прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных территорий» изложены принципы создания и функциональные возможности программного обеспечения для автоматизации расчетов по задачам мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы.

Разработанное программное обеспечение для мониторинга качества

атмосферного воздуха промышленных территорий, предполагает предоставление пользователям актуальной информации, путем сбора и обработки большого количества данных о загрязнении атмосферы, метеоусловиях и прогнозе распространения концентрации вредных примесей, а также хранения указанного массива информации в базе данных системы. Схема основных функциональных блоков и движения данных в рамках системы представлена на рис. 5.



Рис. 5. Схема рабочих процессов и циркуляции данных в рамках системы экологического мониторинга атмосферы.

При разработке информационной модели объекта исследования и проектировании структуры базы данных, с учетом предполагаемого практического выхода разрабатываемой системы, были приняты во внимание положения действующих нормативно-правовых документов и номенклатуры отраслевых справочников.

К числу основных функций разработанной веб-ориентированной системы мониторинга качества атмосферного воздуха промышленных территорий относятся:

ввод и сохранение в базе данных информации о стационарных и мобильных источниках загрязнения атмосферы (рис. 5). Параметры источников можно ввести, используя соответствующую форму в административной части системы;

автоматический импорт и отображение данных о фоновой концентрации основных загрязняющих веществ для рассматриваемой территории (рис. 5);

автоматический импорт данных о текущих метеоусловиях, как со стороны погодных веб-сервисов, так и со стороны измерительных станций по геолокации;

автоматический импорт цифровой модели рельефа и тематических карт с описанием типов наземного покрова для проведения численных расчетов.

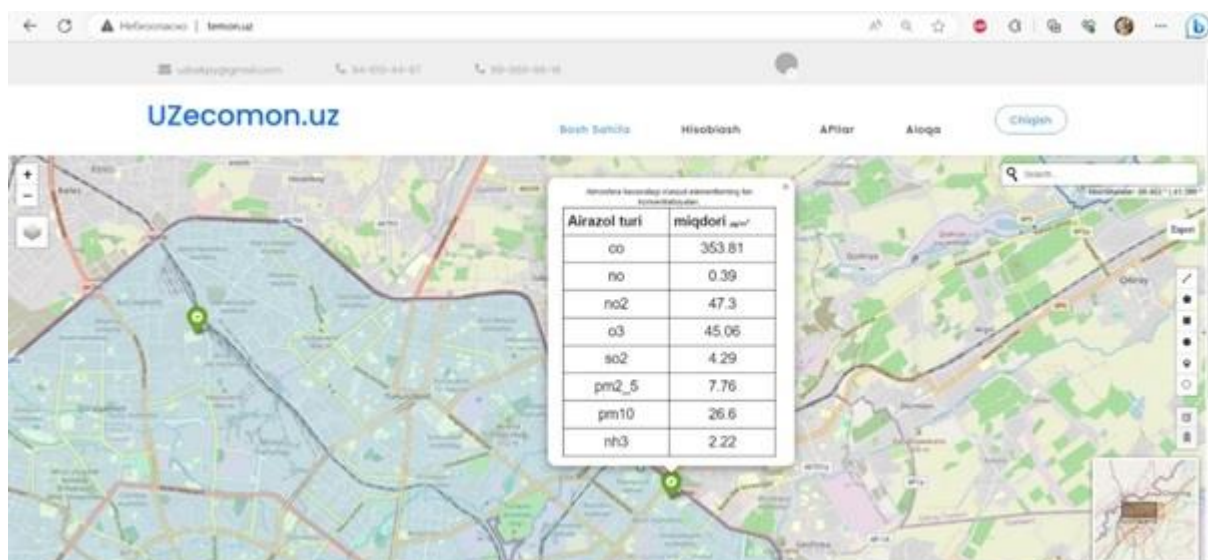


Рис. 6. Главное окно программы.

В разделе «APIlar», данные мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, а также результаты моделирования доступны для пользователей и машинных клиентов в различных форматах: JSON, JSONL, XML и YAML. При выборе любого пункта в меню либо при программном запросе к API, пользователь получает вывод в выбранном формате (рис. 7).

```

← → ↻ Не защищено | temon.uz/apijson/
1 // 20230606153919
2 // http://temon.uz/apijson/
3
4 {
5   {
6     "model": "mainapp.toshmon",
7     "pk": 1,
8     "fields": {
9       "vaqt": "2023-05-13T14:02:51.773Z",
10      "data_keys": ["co", "no", "no2", "o3", "so2", "pm2_5", "pm10", "nh3"],
11      "data_values": "[213.62, 0.01, 0.17, 72.96, 0.75, 1.59, 2.64, 0]"
12    }
13  },
14  {
15    "model": "mainapp.toshmon",
16    "pk": 2,
17    "fields": {
18      "vaqt": "2023-05-13T14:03:51.705Z",
19      "data_keys": ["co", "no", "no2", "o3", "so2", "pm2_5", "pm10", "nh3"],
20      "data_values": "[213.62, 0.01, 0.17, 72.96, 0.75, 1.59, 2.64, 0]"
21    }
22  },

```

Рис. 7. Вывод данных с автоматической станции измерения концентрации основных загрязняющих веществ в формате JSON.

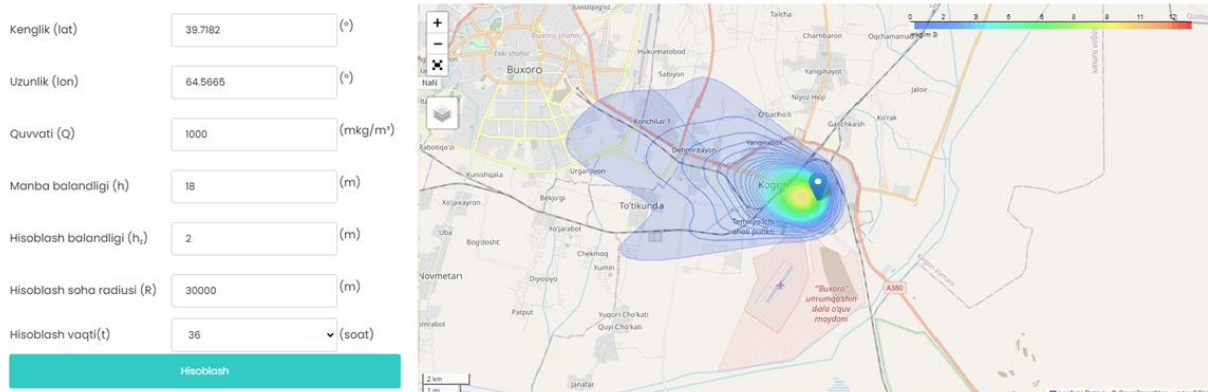


Рис. 8. Пример вывода результатов расчетов распределения концентрации загрязняющих веществ в атмосфере на заданной высоте.

Полученные результаты в виде информационного, математического и программного обеспечений могут быть успешно использованы, например, для оптимального размещения вновь строящихся объектов в промышленных регионах, а также для оценки масштаба распространения промышленных выбросов в окружающую среду, концентрации вредных веществ в атмосфере и на подстилающей поверхности с последующим принятием решений по минимизации рисков нарушения экологической ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в рамках диссертационной работы «Модели, вычислительные алгоритмы и информационные системы для мониторинга и прогнозирования экологического состояния промышленных территорий», сводятся к следующему:

1. Проведен подробный обзор литературы, посвященной исследованиям и математическим моделям процесса распространения вредных мелкодисперсных частиц в атмосфере.

2. Проведен анализ потенциальных источников загрязнения атмосферных бассейнов городов и городских агломераций, а также нормативные показатели качества атмосферного воздуха для промышленных территорий. Рассмотрены особенности загрязнения атмосферы в условиях крупных промышленно развитых городов.

3. Выполнен анализ различных подходов и методов математического моделирования процесса распространения примесей в атмосфере, в том числе в промышленных регионах, в условиях городской застройки, и прочих урбанизированных территорий со сложным ландшафтом.

4. Рассмотрены функциональные возможности ряда широко распространенных программных продуктов для моделирования, мониторинга

и прогнозирования процесса распространения загрязняющих веществ атмосфере промышленных территорий.

5. Разработаны математические модели процесса диффузии загрязняющей примеси в неподвижной неограниченной среде и методы решения задачи в одно-, двух- и трёхмерной постановках с учетом захвата частиц элементами растительности.

6. Разработаны многомерная математическая модель диффузии аэрозольных частиц атмосфере с учетом поглощения частиц элементами растительности и численный алгоритм решения задачи.

7. Разработаны усовершенствованная математическая модель диффузионного переноса мелкодисперсных частиц в атмосфере с учетом метеоусловий, скорости осаждения частиц, захвата частиц элементами растительности и численные алгоритмы решения задачи на основе методов замены переменных и физического расщепления.

8. Получена функциональная зависимость, характеризующая захват аэрозольных частиц элементами растительности с учетом высоты и плотности фитомассы.

9. Проведены вычислительные эксперименты по задачам оценки и прогнозирования распределения концентрация вредных веществ в пограничном слое атмосферы.

10. Разработана веб-ориентированная геоинформационная система для мониторинга и прогнозирования качества атмосферного воздуха промышленных территорий и поддержки принятия решений в задачах экологического контроля и соблюдения санитарных норм.

11. Результаты диссертационного исследования успешно внедрены в деятельности ряда промышленных объектов, а также в Бухарском областном управлении Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан для оценки и прогнозирования уровней концентрации аэрозольных выбросов с учетом предельно допустимых санитарных норм.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
Phd.13/30.12.2021.T.142.01 AT RESEARCH INSTITUTE FOR
DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

BUKHARA STATE UNIVERSITY

NAZAROV SHAHZOD ERKINOVICH

**MODELS, COMPUTATIONAL ALGORITHMS AND INFORMATION
SYSTEMS FOR MONITORING AND FORECASTING THE
ECOLOGICAL STATE OF INDUSTRIAL AREAS**

05.01.07 – Mathematical modeling. Numerical methods and software complexes

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

The theme of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.2. PhD/T3648.

The dissertation has been prepared at Bukhara state university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.airi.uz) and the website of «ZiyoNet» Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Ravshanov Normakhmad
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Muhammadiyeva Dildora Kabilovna
doctor of technical sciences, docent

Urunbayev Jasur Erkinovich
doctor of philosophy on physical and mathematical sciences, docent

Leading organization:

The Samarkand branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

The defense will take place « 12 » december 2023 at 14⁰⁰ the meeting of Scientific council No. Phd.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute of Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Research Institute of Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence (is registered under No 35). (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98).

Abstract of dissertation sent out on « 30 » november 2023 y.

(mailing report No. 8 on « 14 » november 2023 y.).



L.F. Sulyukova
Chairman of the Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

F.M. Nuraliev
Scientific Secretary of the Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

Sh.A. Sadullayeva
Chairman of the Scientific Seminar Under the Scientific Council Awarding Scientific Degrees, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Docent

INTRODUCTION (abstract of the PhD thesis)

The aim of the research work is the development and improvement of mathematical models, numerical algorithms and software for studying the process of diffusion transfer of emissions of harmful impurities in the atmosphere of industrial regions.

The object of research work is the process of diffusion transfer of harmful impurities in the boundary layer of the atmosphere of industrial regions and urbanized areas.

The scientific novelty of the research work is as follows:

mathematical models of the process of diffusion of pollutants in a stationary unlimited environment and methods for solving the problem in one-, two- and three-dimensional formulations taking into account the capture of particles by vegetation elements have been developed;

a multidimensional mathematical model of the diffusion of aerosol particles into the atmosphere has been developed, taking into account the absorption of particles by vegetation elements, and a numerical algorithm for solving the problem;

a functional dependence was obtained characterizing the capture of aerosol particles by vegetation elements, taking into account the height and density of the phytomass;

an improved mathematical model and numerical algorithms have been developed for solving the problem of diffusion transfer of fine particles in the atmosphere, taking into account weather conditions, the rate of particle deposition, and the capture of particles by vegetation elements.

Implementation of the research results. Based on the use of mathematical models, numerical algorithms and their software for the analysis, assessment and forecasting of the environmental state of the atmosphere in industrial regions:

mathematical and software for calculating and visualizing the concentration of suspended fine particles in the atmosphere and deposited on the underlying surface of the earth, taking into account wind speed in three directions, the deposition rate of aerosol particles, as well as the factor of particle capture by vegetation elements, have been introduced into the activities of “GRAND POLIMER PLAST” LLC (Reference No. 24/5525 dated September 8, 2023 of the Bukhara regional khokimiyat). As a result of implementation, it is possible to increase by 9-10% the accuracy of assessing the concentration in the atmospheric air of harmful fine particles emitted during the operation of gas boilers and during the combustion of hydrocarbon fuels for the production of polyethylene products;

mathematical models, computational algorithms and software for calculating the concentration of harmful aerosol impurities in the boundary layer of the atmosphere and on the underlying surface of the earth, taking into account the capture of particles by vegetation elements, the physical, mechanical and chemical properties of polluting particles, weather conditions, and orography of the area, have been implemented at “TO‘LA ORTIQ RAJAB STROY SERVIS” LLC (Reference No. 24/5525 dated September 8, 2023 of the Bukhara regional khokimiyat). As a result of the implementation of scientific development, it is possible to increase by

9-11% the accuracy of estimating the concentration of fine particles of inorganic dust in the atmospheric air;

mathematical and software for automating calculations to determine the concentration of harmful aerosol particles in the boundary layer of the atmosphere and on the underlying surface of the earth, taking into account the capture of particles by vegetation elements, was implemented at “ELBETON” LLC (Reference No. 24/5525 dated September 8, 2023 of the Bukhara regional khokimiyat). As a result of implementation, it is possible to increase by 8-11% the accuracy of assessing the concentration in the atmospheric air of fine particles of inorganic dust emitted during transportation, loading/unloading of dry construction mixtures, as well as during the operation of crushing plants for the production of crushed stone;

a mathematical model and software tool for analysis, monitoring and forecasting of the processes of transfer and diffusion of harmful impurities in the atmosphere were introduced in the activities of the Department for Ecology and Environmental Protection of the Bukhara Region ((Reference No. 24/5525 dated September 8, 2023 of the Bukhara regional khokimiyat). The implementation of the research results made it possible to increase the accuracy of forecasting the level of concentration of harmful substances in the atmospheric air of industrial areas of the Bukhara region by 12-13%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Равшанов Н.К., Назаров Ш.Э. Математическое моделирование процесса распространения мелкодисперсных аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы // Информационные технологии моделирования и управления. – 2022. – № 4(130). – 285-293. (05.00.00; № 43).
2. Shafiev T., Nazarov Sh. Studies of the influence of vegetation cover on the process of transfer and diffusion of harmful substances in the atmosphere //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 431. – С. 01059. P.1-11 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343101059>. (№3; Scopus; IF=0.28).
3. Равшанов Н., Назаров Ш.Э., Расулмухаммедов А. Исследование основных параметров процессе диффузии вредных веществ в атмосфере // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – № 2/1(40). – С. 174-191. (05.00.00; № 23).
4. Равшанов Н., Назаров Ш., Боборахимов Б. Трехмерная модель процесса диффузии загрязняющегося вещества в неподвижной неограниченной среде // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – № 2/1(40). – С. 161-173. (05.00.00; № 23).
5. Шафиев Т.Р., Назаров Ш.Э. Исследования влияния растительного покрова на процесс переноса и диффузия загрязняющих вредных веществ в атмосфере // Развитие науки и технологий. –№ 3(23) 2023, Бухара, Узбекистан, стр.194-205.
6. Назаров Ш.Э., Журабоева О.С. Математическая модель и эффективный численный алгоритм для мониторинга и прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере с учётом захвата частиц растительности // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – №5(43). с.72-84. (05.00.00; № 23).
7. Равшанов Н., Назаров Ш., Боборахимов Б. Модель и аналитическое решение задач конвективного переноса и диффузии загрязняющегося вещества в атмосфере // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2022. – № 3(41). – С. 34-47. (05.00.00; № 23).

II бўлим (II часть; II part)

8. Равшанов Н., Шафиев Т. Назаров.Ш. Разработка математический модели и программного комплекса для прогнозирования концентрации вредных веществ в атмосфере // Scientific collection “Interconf.” 2021. P. 186.

9. Равшанов.Н., Назаров.Ш.Э. Разработка математической модели процесса распространения аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы // Проблемы применения современных информационных, коммуникационных технологий и IT-образования: сборник докладов республиканской научно-практической конференции: Самарканд, 9 апреля 2022 г. – С. 94-96.

10. Равшанов Н., Назаров Ш.Э., Боборахимов Б. Моделирование процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере с учетом захвата частиц элементами растительности // Экологические чтения – 2022: материалы XIII нац. науч.-практ. конф. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – С. 282-288.

11. Равшанов Н., Назаров Ш.Э., Журабоева О.С. Численное исследование процесса распространения вредных веществ в атмосфере с учетом захвата частиц элементами растительности // Современное состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении: сборник докладов республиканской научно-технической конференции, г. Самарканд, 26-27 октября 2022 г.: в 2 ч.– Ташкент: Изд-во НИИ РЦТТИ, 2022. – С. 329-335.

12. Мурадов Ф., Назаров Ш.Э., Насруллаев П. Сопряженные уравнения переноса и диффузии аэрозольных частиц в атмосфере с учетом захвата частиц элементами растительности // Экологические чтения – 2023: материалы XIII нац. науч.-практ. конф. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – С. 352-356.

13. Равшанов Н., Шафиев Т.Р., Назаров Ш.Э., Боборахимов Б.И. Математическая модель процесс переноса и диффузия загрязняющих вредных веществ в атмосфере с учетом захвата аэрозольных частиц элементами растительности // Проблемы машиноведения. – 2023. – С. 97-101.

14. Назаров.Э.С., Назаров.Ш.Э. Разработка математической модели, анализ и прогнозирование динамики распространения загрязняющих веществ в атмосфере. // вопросы инновационного развития науки, образования и техники: Международная научно-практическая онлайн конференция: Андижан, 12 апреля 2022 г.– С. 307-309.

15. Назаров.Ш.Э. Development of a mathematical model, analysis and prediction of the dynamics of the spread of pollutants in the atmosphere // Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги — озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истикболлари: II-Халқаро илмий ва илмий-техник анжумани: Ташкент, 22-23 апреля 2022 г.– С. 309-310.

16. Равшанов Н., Назаров Ш., Боборахимов Б. Разработка математическая модель процесса распространения аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы с учетом неоднородной поверхности земли // Современные проблемы прикладной математики и информационных технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Бухара: Изд-во БухГУ, 2022. – С. 351-352.

17. Равшанов Н., Назаров Ш.Э., Боборахимов Б.И., Назаров Э.С. Программа для ЭВМ «AIR-DIF.1.0.» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 16477. 27.05.2022.

18. Боборахимов Б.И., Назаров Ш.Э. Программа для ЭВМ «Eco-monitor 0.1» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 18428. 07.09.2022.

19. Боборахимов Б.И., Назаров Ш.Э. Программа для ЭВМ «Iqlim va shahar infratuzilmasining o'zgarishini hisobga olgan holda Toshkent shahrida atmosfera havosi sifati monitoring tizimi uchun dasturiy ta'minot» // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 24924. 24.05.2023.

Avtoreferat «Hisoblash va amaliy matematika muammolari» tahririyatida tahrirdan o‘tqazildi va o‘zbek, rus tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.